

УДК 621.43.057.2:662.756.3

**В.Г. СЕМЁНОВ<sup>1</sup>, А.И. АТАМАСЬ<sup>2</sup>, В.В. СЕМЁНОВА-КУЛИШ<sup>3</sup>, С.В. РУДАЧЕНКО<sup>4</sup>**<sup>1</sup>*Национальный технический университет "ХПИ, Харьков, Украина*<sup>2</sup>*Кременчугский государственный политехнический университет им. М. Остроградского, Украина*<sup>3</sup>*Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, Украина*<sup>4</sup>*НПО "Виктор", Харьков, Украина*

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СОСТАВА ТОПЛИВА НА ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДИЗЕЛЯ

Рассмотрен расчётно-экспериментальный подход к оценке влияния состава бинарной смеси дизельного и биодизельного топлив на экономические показатели вихрекамерного дизеля. В качестве основного оценочного параметра принят эффективный коэффициент полезного действия, т. к. рассматривается экономичность двигателя при работе на топливах с различными значениями низшей теплоты сгорания. Приведены результаты расчётного исследования влияния коэффициента эффективного тепловыделения на показатели цикла дизеля. Установлено, что с повышением концентрации биодизельного топлива в бинарной смеси с дизельным топливом, коэффициент эффективного тепловыделения и эффективный КПД повышаются. Приведены результаты сопоставления расчётных и экспериментальных показателей работы двигателя на чистом дизельном топливе и бинарной смеси дизельного топлива с биодизельным.

**биодизельное топливо, дизельное топливо, бинарная смесь, коэффициент эффективного тепловыделения, эффективный КПД**

### Введение

Украина относится к энергодефицитным странам, так как покрывает свои потребности в топливно-энергетических ресурсах лишь на 53 %. Зависимость от импорта нефти рассматривается большинством развитых стран как вопрос национальной и энергетической безопасности, а использование нефтепродуктов как источников энергии несёт в себе значительную экологическую опасность. Таким образом, зависимость от импорта нефтепродуктов, цены на которые непрерывно растут, а также значительное ухудшение экологической ситуации стимулирует интенсивный поиск альтернативных видов топлив.

Частично проблема может быть решена путём применения биодизельного топлива (БТ) из возобновляемых сырьевых ресурсов. БТ – это экологически чистый вид топлива, получаемый из жиров растительного и животного происхождения, и используемый для полной или частичной замены нефтяного дизельного топлива (ДТ). Наибольшее внимание следует уделять получению БТ из различных отхо-

дов, содержащих животные или растительные жиры, так как выращивание с этой целью масличных культур (рапса, подсолнечника и т. д.) в больших количествах, при нынешнем развитии сельского хозяйства и экономики в Украине, может нанести серьёзный ущерб пищевой промышленности. В связи с этим, в настоящее время целесообразно использовать не чистое БТ, а бинарные смеси ДТ + БТ. При переводе дизельных двигателей на такие смеси интерес представляет изменение их экономичности в зависимости от концентрации БТ в смеси. Как известно из ряда литературных источников [2 – 7], низшая теплота сгорания БТ ниже этой величины у ДТ. Поэтому для оценки экономичности дизельного двигателя при работе на различных смесях дизельного и биодизельного топлив предпочтительнее использовать эффективный КПД.

**Целью данной работы** является исследование изменения эффективного КПД вихрекамерного дизеля в зависимости от концентрации БТ в бинарной смеси ДТ + БТ, на которой он работает.

### Материал и результаты исследований

Изменение эффективного КПД при работе двигателя на различных видах топлив во многом будет зависеть от изменения коэффициента эффективного тепловыделения  $\xi$ .

В упрощённом тепловом расчёте цикла дизеля по Гриневецкому-Мазингу он отображает качество

процесса сгорания и влияет на величину максимальной температуры  $T_Z$ , индикаторный  $\eta_i$  и эффективный  $\eta_e$  КПД дизеля и, как следствие, на его экономичность [1].

В табл. 1 приведены результаты теплового расчёта вихрекамерного дизеля ЗДГА при различных значениях коэффициента  $\xi$ .

Таблица 1

Результаты расчётного исследования влияния коэффициента эффективного тепловыделения на показатели цикла дизеля

$\xi$	$N_e$ , кВт	$B_u$ , кг/ч	$g_e$ , г/кВт·ч	$\alpha$	$\eta_i$ , %	$\eta_e$ , %	$T_Z$ , К	$\phi_z$ , °ПКВ	$\rho$	$\delta$	$T_p$ , К	$P_p$ , кПа
0,55	15,43	4,66	302,0	1,47	38,3	28,1	1877	373,7	1,263	14,65	1263	464
0,65	15,42	4,44	288,1	1,55	40,2	29,4	1980	374,7	1,329	13,92	1191	437
0,75	15,44	4,27	276,3	1,61	41,9	30,7	2076	376,5	1,391	13,29	1130	414
0,85	15,39	4,08	265,0	1,68	43,6	31,9	2162	377,2	1,448	12,78	1068	391

При проведении тепловых расчётов были приняты следующие исходные данные:

- частота вращения коленчатого вала двигателя  $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$ ;
- коэффициент наполнения  $\eta_v = 0,95$ ;
- степень повышения давления  $\lambda = 1,51$ ;
- давление в конце сгорания  $P_Z = 8 \text{ МПа}$ ;
- топливо дизельное,  $Q_H = 42,5 \text{ МДж/кг}$ .

Из табл. 1 видно, что при практически одинаковой мощности  $N_e$ , с повышением величины  $\xi$  часовой  $B_u$  и удельный эффективный  $g_e$  расходы топлива уменьшаются, а индикаторный  $\eta_i$  и эффективный  $\eta_e$  КПД двигателя – повышаются. Повышение индикаторных и эффективных показателей двигателя связано с увеличением длительности подвода теплоты (рис. 1) и повышением температуры  $T_Z$  в конце сгорания при снижении температуры  $T_p$  в конце расширения.

На рис. 1 приведены фрагменты индикаторных диаграмм цикла при  $\xi = 0,55$  и  $\xi = 0,85$ , а на рис. 2 – аналогичные зависимости температур в цилиндре от угла  $\phi$  поворота коленчатого вала (ПКВ).

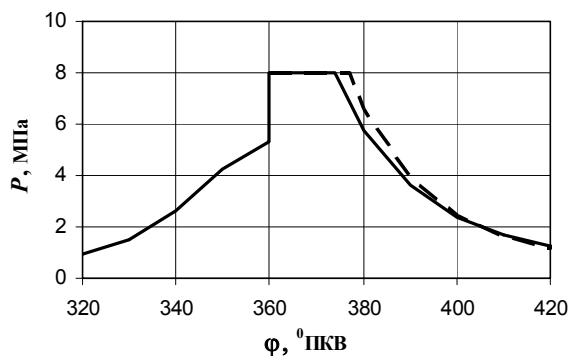


Рис. 1. Индикаторные диаграммы двигателя  
—  $\xi = 0,55$ ; - - -  $\xi = 0,85$

На основании экспериментальных исследований работы дизельных двигателей на ДТ и БТ, результаты которых приведены в работах [2 – 7], установлено следующее. По мере увеличения процентного (по объёму) содержания БТ в бинарной смеси с ДТ прямо пропорционально увеличивается эффективный КПД  $\eta_e$  вихрекамерных дизелей.

Для удобства оценки изменения  $\eta_e$  введём величину  $\delta\eta_e$ , равную

$$\delta\eta_e = \frac{\eta_e^{БТ}}{\eta_e^{ДТ}}, \quad (1)$$

где  $\eta_e^{BC}$  – эффективный КПД двигателя при работе на бинарной смеси ДТ и БТ;  $\eta_e^{DT}$  – эффективный КПД двигателя при работе на ДТ.

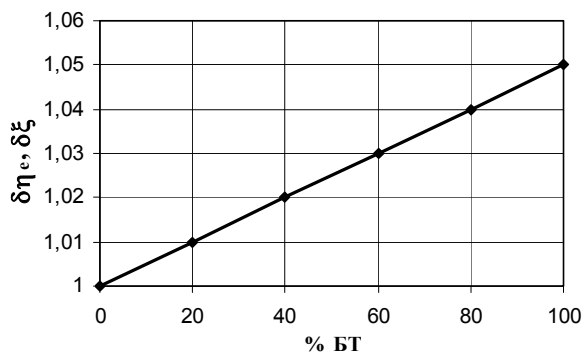
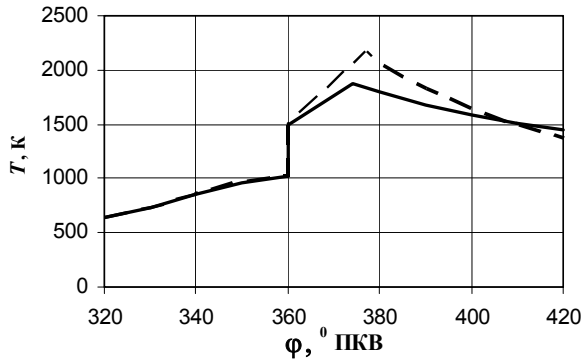


Рис. 2. Зависимости температуры в цилиндре от угла ПКВ

При использовании 100 % БТ величина  $\delta\eta_e$  увеличивается на 4,5 – 5,5 % по сравнению с ДТ (рис. 3). Приняв во внимание то, что механический КПД двигателя при  $n = const$ ,  $N_e = const$  и различных видах топлив величина неизменная, запишем

$$\eta_e = f(\eta_i) = f(\xi). \quad (2)$$

Таким образом, можем предположить, что отно-

сительная величина  $\delta\xi$  изменяется идентично относительной величины  $\delta\eta_e$  (рис. 3).

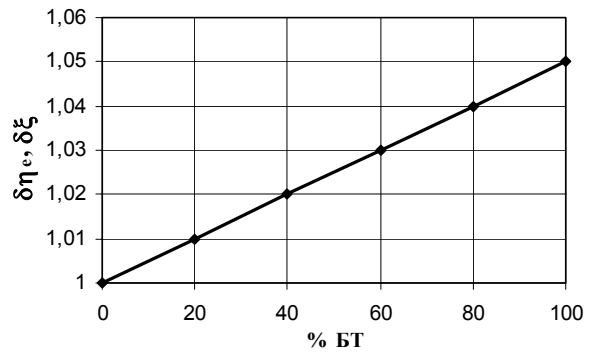


Рис. 3. Зависимость  $\delta\eta_e$  и  $\delta\xi$  от концентрации БТ в бинарной смеси с ДТ

Проведём сопоставление данных расчётных и экспериментальных исследований цикла дизеля ЗДТА при работе на чистом ДТ и бинарной смеси В30 (70% ДТ + 30% БТ). При работе данного двигателя на чистом ДТ коэффициент  $\xi$  составляет 0,55.

Согласно графику на рис. 3, при работе двигателя на смеси В30 он повысится на 1,5%, и составит 0,558. Расчёт рабочего процесса двигателя при работе на смеси В30 проведен с учётом повышения  $\xi$  на 1,5%.

В табл.2 приведены результаты расчётных и экспериментальных исследований показателей работы двигателя ЗДТА при его работе на ДТ и бинарной смеси с содержанием БТ 30 % по объёму. Низшая теплотворная способность данного образца БТ составляет 37,2 МДж/кг, испытываемой бинарной смеси – 40,4 МДж/кг. Остальные исходные данные приведены выше.

Таблица 2

Результаты сопоставления расчётных и экспериментальных показателей работы дизеля ЗДТА

Состав топлива	$N_e$ , кВт	$B_u$ , кг/ч	$g_e$ , г/кВт·ч	$\alpha$	$T_Z$ , К	$\xi$	$\eta_i$ , %	$\eta_m$ , %	$\eta_e$ , %
100% ДТ расчёт / эксперимент	15,4 / 15,4	4,66 / 4,65	302,0 / 301,1	1,47 / 1,49	1877 / -	0,55 / -	0,383 / -	0,703 / 0,7	28,05 / 28,13
В30 расчёт / эксперимент	14,7 / 14,7	4,60 / 4,59	312,4 / 312,1	1,55 / 1,56	1860 / -	0,558 / -	0,388 / -	0,703 / 0,7	28,52 / 28,55

Постоянство степени повышения давления в ходе эксперимента осуществлялось регулировкой угла опережения впрыска топлива. Это необходимо для максимального приближения экспериментального цикла дизеля к расчётному.

Повышение эффективного КПД по экспериментальным данным, приведенным в таблице 2, составляет 1,5%, также как и повышение коэффициента  $\xi$ . Расхождения между расчётными и экспериментальными данными не превышают нескольких десятых долей процента.

### **Выводы**

Таким образом, в ходе проведённых исследований установлено, что при работе вихрекамерного дизеля ЗДТА на бинарных смесях БТ с ДТ его эффективный КПД повышается с повышением концентрации БТ в смеси. Повышение эффективного КПД происходит идентично повышению коэффициента эффективного тепловыделения. Рост коэффициента эффективного тепловыделения можно объяснить более полным сгоранием БТ за счёт наличия в его молекулах кислорода. Для предварительной оценки влияния состава бинарной смеси ДТ и БТ на показатели работы двигателя можно использовать методику расчёта цикла дизеля по Гриневецкому-Мазингу.

### **Литература**

1. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей: Учебник для ВУЗов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / Д.Н. Вырубов, Н.А. Иващенко, В.И. Ивин и др.; Под ред. А.С. Орлина, Н.Г. Круглова. – М.: Машиностроение, 1983 – 372 с.

2. Смайлис В., Сенчила В., Беренштейн К. Моторные испытания РМЭ на высокооборотном дизеле воздушного охлаждения // Двигателестроение. – 2005. – № 4. – С. 45-49.

3. Korbitz W. Status and development of biodiesel production and projects in Europe // SAE Techn / Pap. Ser. – 1995. – № 952762. – P. 249-254.

4. Семёнов В.Г. Анализ показателей работы дизелей на нефтяных и альтернативных топливах растительного происхождения // Вісник Національного технічного університету “ХПІ”: Зб. наук. праць. –Х.: НТУ “ХПІ”, 2002. – Вип. 3. – С. 177-197.

5. Семёнов В.Г., Васильев И.П. Сравнение экономических и экологических показателей дизеля при работе на биодизельном топливе разных сортов // Сборник научных трудов по материалам Межд. конф. Двигатель – 2007, посвящённой 100-летию школы двигателестроения МГТУ им. Н.Э. Баумана. Под ред. Н.А. Иващенко, В.Н. Костюкова, А.П. Науменка, Л.В. Грехова. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – С. 338-343.

6. Семёнов В.Г., Лылка М.Н. Экспериментальная оценка влияния состава бинарных смесей биодизельного и дизельного топлива на показатели дизельного двигателя // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета и Северо-Восточного научного центра Транспортной академии Украины: Сб. научн. тр. – 2007. – Вып. 37. – С. 111-115.

7. Девянин С.Н., Марков В.А., Семёнов В.Г. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей. – Х.: Новое слово, 2007. – 452 с.

*Поступила в редакцию 15.05.2008*

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. А.П. Солтус, Кременчугский государственный политехнический университет им. М. Остроградского, Кременчуг.