

4. Плотников, С. А. Разработка числовых методов определения свойств новых топлив / С. А. Плотников, А. Н. Карташевич // Вестник машиностроения. – 2018. – № 3. – С. 7–10.

5. Карташевич, А. Н. Исследование свойств альтернативных топлив на основе рапсового масла / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, П. Н. Черемисинов // Вестник БГСХА. – 2017. – № 3. – С. 144–146.

6. Шапоров, В. А. Исследование процесса сгорания дизельного двигателя 4ЧН 11,0/12,5 при работе на смесях дизельного топлива с биогазом / В. А. Шапоров // Вестник БГСХА. – 2020. – № 3. – С. 182–187.

Аннотация. Что бы оценить характер рабочего процесса двигателя внутреннего сгорания, необходимо иметь запись индикаторной диаграммы. Для повышения качества и достоверности научных данных разработан подход индицирования двигателя. Подход основан на применении датчика динамического давления PS01 с зарядовым выходом, обладающего способностью регистрации высокоскоростных импульсных процессов при долговременной стабильности в широком динамическом диапазоне. Включение датчика в цепь усилителя заряда и модульную систему сбора данных позволяет регистрировать вид индикаторной диаграммы на мониторе компьютера в режиме реального времени.

Ключевые слова: подход, индикаторная диаграмма, данные, сигнал, цикл.

УДК 662.774.2

ОБРАБОТКА ИНДИКАТОРНЫХ ДИАГРАММ

В. А. ШАПОРЕВ, ассистент

Р. С. ДАРГЕЛЬ, ассистент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

Введение. Одними из основных путей по снижению загрязнения окружающей среды при работе автотракторной техники можно отметить следующие: снижение расхода топлива, улучшение качества рабочего процесса двигателей внутреннего сгорания и распространение автотракторной техники, работающей на альтернативных возобновляемых видах топлива [1].

Значительное отрицательное воздействие автотракторной техники на окружающую среду можно снизить, используя двух топливные системы питания. Такие системы питания позволяют работать двигате-

лям по газожидкостному циклу. В качестве газообразного топлива можно применять биогаз. Так как биогаз является одним из возобновляемых источников. Биогаз дает хорошую возможность полностью или частично заместить топливо нефтяного происхождения. Ведь известно, что применения биотоплив очень положительно воздействует на парниковый эффект и снижает вредные выбросы с ОГ [2, 3].

Рассмотрим процесс сгорания, обработку и построение индикаторных диаграмм дизельного двигателя 4ЧН 11,0/12,5 при работе по газожидкостному циклу на смесях ДТ с БГ.

Основная часть. Период задержки воспламенения φ_i (τ_i) в дизельном двигателе определяется по индикаторной диаграмме как угол или время от момента начала впрыскивания до момента начала заметного повышения давления, фиксируемого по моменту отрыва кривой нарастания давления при сгорании от кривого давления прокрутки. На данном участке интенсивность процессов стока и выделения теплоты за счет испарения и сгорания примерно одинакова. Процессом теплоотдачи в стенки, выгоранием топлива и его влиянием на скорость тепловыделения можно пренебречь.

При работе дизеля 4ЧН 11,0/12,5 (Д-245.5S2) на смесях 85 % ДТ + 15 % БГ, 70 % ДТ + 30 % БГ введем несколько упрощающих расчет допущений. Для заданных условий фиксируем показатель адиабаты сжатия на уровне $n_1 = 1,32$. Температуру T_a в конце впуска также зафиксировалась для каждого состава, теплоемкость воздуха C_v принимаем постоянной для всех режимов работы дизеля (рис. 1).

Выражение для расчета периода задержки воспламенения смесей 85 % ДТ + 15 % БГ, 70 % ДТ + 30 % БГ по нагрузочным и скоростным характеристикам принимает следующий вид [4]:

$$\bar{\varphi}_i = \frac{\varphi_i}{\varphi_{впр}} = \sqrt{6 \cdot n \cdot 10^{-4}} \left\{ \frac{1 - \Theta_{HB}}{a} \cdot \Theta_{он.впр}^p + 0,085 \cdot \left(2 + \frac{\varphi_{впр}}{\Theta_{он.впр}} \right) \cdot \frac{\sqrt{a_1 - 1}}{\Psi \cdot \Theta_{он.впр}} \right\}, \quad (1)$$

где a , a_1 – коэффициенты, зависящие от конструктивных параметров дизеля и параметров топливоподачи;

Ψ – относительная скорость химических реакций (отношения характеристик выделения и стока теплоты);

$\varphi_{впр}$ – длительности впрыскивания топлива;

$\Theta_{он.впр}$ – угла опережения впрыскивания топлива;

Θ_{HB} – безразмерной температуры в момент начала впрыскивания;

φ_i – период задержки воспламенения в градусах п. к. в.;

n – частота вращения коленчатого вала (мин^{-1});

$\Theta_{\text{оп.впр}}^P$ – расчетный угол опережения впрыскивания топлива.

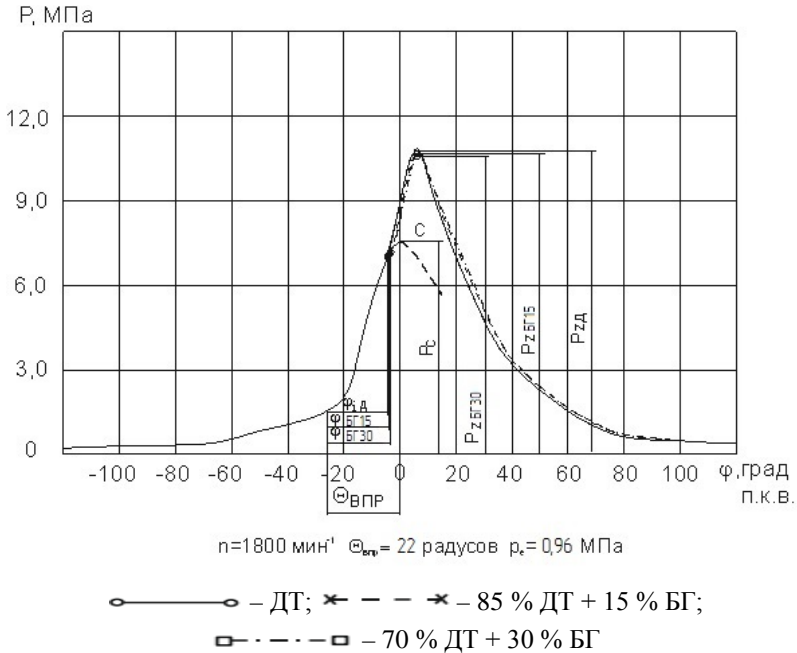


Рис. 1. Влияние применения смесей 85 % ДТ + 15 % БГ, 70 % ДТ + 30 % БГ на индикаторные диаграммы дизельного двигателя 4ЧН 11,0/12,5

Максимального давления цикла P_z определяем в зависимости от количества испарившегося за период задержки воспламенения топлива. Для предварительного расчета можно воспользуемся зависимостью [4]:

$$P_z = P_c + 5,39 \cdot 10^{-4} \cdot m_{v,i} \cdot H_u \cdot (n_1 - 1) / V_c, \quad (2)$$

где P_c – давление в конце сжатия (МПа);

$m_{v,i}$ – количество топлива, испаряющегося за период задержки воспламенения (г);

H_u – теплота сгорания топлива (кДж/кг);

n_1 – показатель сжатия;
 V_c – объем камеры сжатия (м^3).

Количество топлива, испаряющегося за период задержки воспламенения $m_{v,i}$ определим по формуле [4]:

$$m_{v,i} \approx (45 \dots 55 \%) \cdot (q_{ц. ДТ} + q_{ц. БГ}), \quad (3)$$

где $q_{ц. ДТ}$ – цикловая подача ДТ;

$q_{ц. БГ}$ – цикловая подача БГ.

Максимальную скорость нарастания давления $(dp / d\phi)_{\max}$ и среднюю скорость нарастания давления $(\Delta p / d\phi)_{\text{ср}}$, определим по известной зависимости с учетом характерных особенностей суммарного топлива [4]:

$$\left(\frac{dp}{d\phi} \right)_{\max} = \frac{6 \cdot n \cdot 10^{-3}}{\sqrt{K_{T,\Sigma} \cdot d_{20,\Sigma}^{20}}} \cdot \frac{P_z \cdot P'}{\varphi_i} \cdot \left(\frac{m_{v,i}}{q_{цДТ}} \cdot \frac{1 + q_{цБГ} / (q_{цДТ} \cdot \alpha)}{1 + q_{цБГ} / q_{цДТ}} \cdot \bar{\tau}_i \cdot \frac{100}{ЦЧ_{\Sigma}} \right), \quad (4)$$

где $K_{T,\Sigma}$ – фактор, характеризующий свойства топлива;

$d_{20,\Sigma}^{20}$ – коэффициент, характеризующий отношение плотности топлива;

P' – теоретическое давление конца сжатия (МПа);

$\bar{\tau}_i$ – время (с);

$ЦЧ_{\Sigma}$ – суммарное цетановое число топлива.

$$\left(\frac{\Delta p}{d\phi} \right)_{\max} = (P_z \cdot P'_c) \cdot (\varphi_z + \Theta_{оп.спр}^P - \varphi_i), \quad (5)$$

где P_z – максимального давления цикла;

φ_z – угол нарастания давления.

Анализируя график, видно, что при увеличении содержания в смеси БГ, кривая сдвигается в сторону поздних углов φ_i . Соответственно, $\varphi_{i ДТ} = 20,2$ градуса, а значения углов, соответствующих действительному моменту впрыскивания при работе дизеля на смесях 85 % ДТ + 15 % БГ, 70 % ДТ + 30 % БГ равны $\varphi_{i БГ15} = 21,3$ градуса и $\varphi_{i БГ30} = 21,9$ градус. По аналогии наблюдается снижение давления P_z с увеличением концентрации БГ в смеси.

Заключение. Применение новых составов топлив 85 % ДТ + 15 % БГ и 70 % ДТ + 30 % БГ вызывает снижение жесткости процесса сго-

рания и максимального давления цикла дизеля. Кривая давления незначительно сдвигается в сторону поздних углов φ_i . Следует то, что с увеличением содержания БГ в смесевых составах замедляется процесс сгорания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шапорев, В. А. Исследование эффективных и экологических показателей дизеля на смесях дизельного топлива с биогазом / В. А. Шапорев, А. Н. Карташевич // Вестник БГСХА. – 2020. – № 1. – С. 122–126.

2. О возобновляемых источниках энергии: Закон Респ. Беларусь от 27 декабря 2010 г. № 204-З с изм. и доп. от 09 января 2017 г. // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2011. – № 2. – 2/1756.

3. Альтернативные виды топлива для двигателей / А.Н. Карташевич [и др.] // Горки: БГСХА – 2012. – С. 376.

4. Аднан, И. Ш. Расчет периода задержки воспламенения в дизеле в условиях двухфазного смесеобразования / И. Ш. Аднан, Г. М. Камфер, В. Н. Луканин // Совершенствование автотракторных двигателей внутреннего сгорания: труды МАДИ. – Москва, 1985. – 325 с.

Аннотация. Статья посвящена исследованию процесса сгорания, обработке и построению индикаторных диаграмм дизельного двигателя 4ЧН 11,0/12,5 при работе по газожидкостному циклу на смесях ДТ с БГ.

Ключевые слова: индикаторная диаграмма, давление, дизель, биогаз, данные.

УДК 621.43.057

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО БИОТОПЛИВА В АВТОТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЯХ

А. И. ШИПИН¹, аспирант

Р. С. ДАРГЕЛЬ², аспирант

¹ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет»,
Киров, Российская Федерация;

²УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

Введение. В последние годы расширяется применение биотоплив в двигателях внутреннего сгорания. В процессе эксплуатации двигателя значительное внимание уделяется вопросам его эффективной, экономичной работы, а также эмиссии отработавших газов в окружающую среду [1, 4].