

ИЗМЕНЕНИЕ МОЩНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПРИ ПЕРЕВОДЕ ИХ НА БИОГАЗОВОЕ ТОПЛИВО

Федянов Е. А., д.т.н., профессор
Зарубин А. В., магистрант
Волгоградский государственный технический университет

В настоящее время продолжается поиск новых видов топлива, которые в ближайшей перспективе смогли бы стать альтернативой топливам нефтяного происхождения для поршневых двигателей внутреннего сгорания. В числе прочих рассматривают биогазовые топлива, которые получают при переработке различных видов органических отходов. Технологически процесс получения биогазового топлива несложен, и в некоторых случаях, например при получении биогаза в местах утилизации твердых бытовых отходов, оборудование ограничивается системой сбора этого газа.

В зависимости от источника получения биогазового топлива его состав может заметно различаться по содержанию как горючих компонентов, так и балласта. Объемная доля основного горючего компонента биогаза – метана, может быть от 55 до 85%. Объемная доля диоксида углерода лежит в пределах от 15 до 45%. Соответственно содержанию горючих компонентов меняется теплота сгорания. Она составляет от 21 до 27,2 МДж/м³. По теплоте сгорания 1 м³ биогаза эквивалентен 0,8 м³ природного газа, 0,7 кг мазута, 0,6 кг бензина. Теплофизические характеристики основных компонентов биогаза, а также биогазового топлива в целом даны в табл.1 [1].

Таблица 1 – Состав и характеристики биогаза

Характеристика	Компоненты биогаза				Биогазовая смесь (60%CH ₄ +40%CO ₂)
	CH ₄	CO ₂	H ₂	H ₂ S	
Объемная доля, %	55...70	27...44	<1	<3	100
Объемная теплота сгорания, МДж/м ³	35,8	-	10,8	22,8	21,5
Предел воспламеняемости по концентрации в воздухе, %	5...15	-	4...80	4...45	6...12
Температура воспламенения, °С	65...750	-	585	-	650...750
Критическое давление, МПа	4,7	7,5	1,3	8,9	7,5...8,9
Критическая температура, °С	-82,5	31,0	-	100,0	-2,5
Нормальная плотность, г/л	0,72	1,93	0,09	1,54	1,2
Критическая плотность, г/л	102	468	31	349	320
Плотность относительно воздуха	0,55	2,5	0,07	1,2	0,83

Значения критической температуры компонентов биогаза приведены с тем, чтобы оценить условия и возможности перевода биогаза в капельножидкое состояние.

Вариативность состава биогаза различного происхождения затрудняет однозначную оценку целесообразности его использования в качестве топлива для поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС), в первую очередь автомобильных, без

предварительного рафинирования и переработки в биометан. Для проведения такой оценки нами проведены теоретические исследования с целью определения снижения мощности поршневых ДВС с принудительным искровым зажиганием при переводе их на биогазовые топлива различного происхождения. Сравнивались мощностные показатели четырехцилиндрового двигателя с рабочим объемом 1,5 л при его работе на бензине, чистом метане и четырех разновидностях биогаза. Эти четыре разновидности биогаза следующие: из твердых бытовых отходов; из канализационных стоков, из отходов животноводческих хозяйств; из растительных отходов. Состав перечисленных выше разновидностей биогаза представлен в таблице 2. В этой же таблице даны значения теплоты сгорания, вычисленные исходя из состава биогаза по формуле

$$Q_n = 0,3582 \cdot \text{CH}_4 + 0,108 \cdot \text{H}_2 + 0,234 \cdot \text{H}_2\text{S}, \quad (1)$$

где CH_4 , H_2 , H_2S – объемное содержание в процентах соответствующих компонентов.

Таблица 2 – Состав биогаза в зависимости от происхождения

Сырье для производства биогаза	Компоненты биогаза, %					Теплота сгорания, МДж/м ³
	CH ₄	CO ₂	H ₂	H ₂ S	N ₂	
Канализационные стоки	60-65	30-35	2-4	-	-	22,5
Твердые бытовые отходы	50	46	2	-	2	18,1
Отходы животноводческих хозяйств	48-84	30	-	-	-	25,1
Растительные отходы	65	35	-	-	-	23,3

Для вычисления мощности двигателя использована разработанная на кафедре "Теплотехника и гидравлика" ВолгГТУ математическая модель [2] индикаторного процесса поршневого ДВС с искровым зажиганием. Система основных уравнений включает в себя уравнения состояния и сохранения энергии для каждой из зон: зоны исходной топливовоздушной смеси и зоны продуктов сгорания, а также уравнение сохранения массы в камере сгорания. Динамика выгорания топлива и, соответственно, выделения теплоты вычислялась на основе величины скорости распространения турбулентного пламени. Последняя, в свою очередь, определялась исходя из представления о распространении турбулентного пламени по механизму "погружения". При таком представлении скорость распространения пламени зависит от параметров турбулентности в камере сгорания и от величины нормальной скорости распространения ламинарного пламени в топливовоздушной смеси. Значения нормальной скорости распространения пламени были получены на основе экспериментальных данных с учетом изменения состава биогазового топлива.

С помощью указанной модели были проведены расчеты скоростных характеристик индикаторной мощности двигателя для каждого из перечисленных выше видов топлива. Результаты расчетов представлены на рис. 1.

Как следует из анализа полученных результатов, при переводе двигателя с бензина на метан снижение мощности доходит до 30%. При работе на биогазе, полученном из отходов животноводческих хозяйств, мощность снижается еще на 5,6%. Для остальных видов биогаза снижение мощности еще существеннее, и при работе на биогазе из твердых бытовых отходов доходит до 50% по сравнению с бензином.

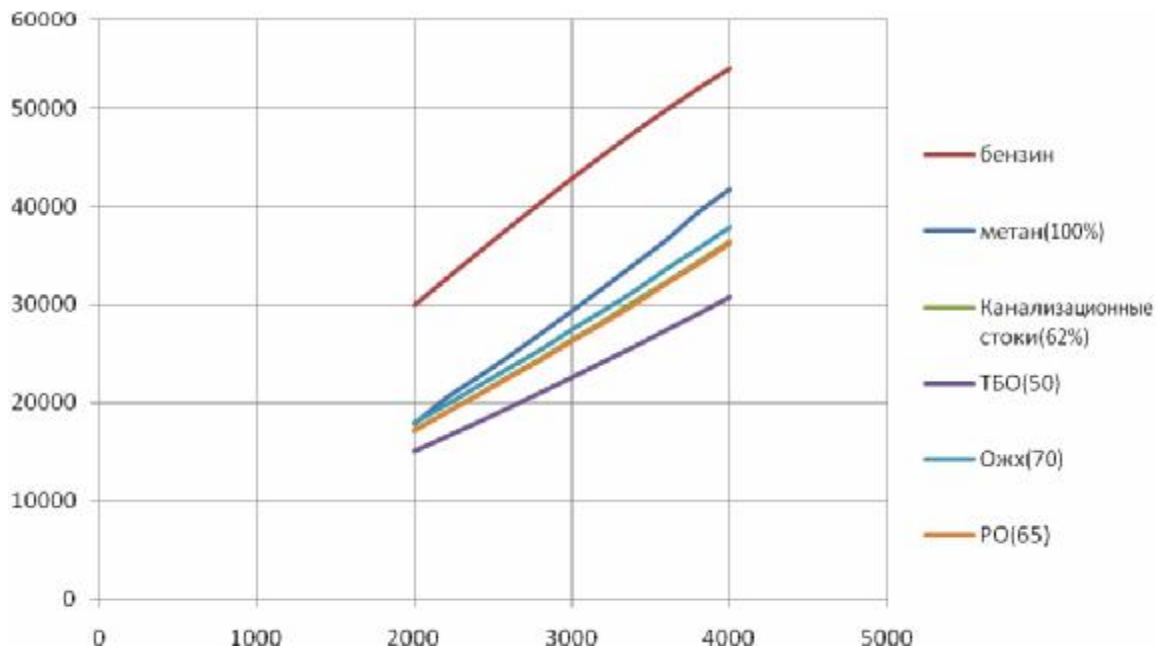


Рис. 1. Внешняя скоростная характеристика двигателя при работе на различных видах топлива

Так как метаном более чем в пять раз превышает снижение мощности, наблюдаемое при замене метана биогазом, полученным из отходов животноводства, то предварительное рафинирование этого вида биогазового топлива и превращение его в биометан вряд ли экономически целесообразно. Что касается других разновидностей биогазового топлива, то вопрос о целесообразности их обогащения метаном для использования в качестве топлива для ДВС требует более детального и конкретного технико-экономического анализа.

Во всех случаях перевода двигателей на газовые топлива, основным горючим компонентом которых является метан, необходимо для восстановления значения мощности до уровня бензинового двигателя увеличивать рабочий объем или применять наддув.

Список использованной литературы:

1. Баадер, В. Биогаз: теория и практика. Баадер В., Доне Е., Бренндерфер М. – М.: Колос, 1982. – 148 с.
2. Федянов, Е.А. Моделирование рабочего процесса ДВС с искровым зажиганием на режиме холостого хода с учётом влияния коэффициента остаточных газов / Е.А. Федянов, К.В. Приходьков, В.Н. Костычев// Прогресс транспортных средств и систем - 2009: матер. междунар. н.-пр. конф., Волгоград, 13-15 окт. 2009 г.: в 2 ч. Ч. 1 / ВолгГТУ [и др.]. - Волгоград, 2009. - С. 265-266.