

# ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БЕНЗИНОВОГО ДВИГАТЕЛЯ 2Ч 7,2/6 ПУТЁМ ДОБАВКИ СИНТЕЗ-ГАЗА

Андрей Познанский<sup>1</sup>, Александр Митрофанов<sup>2</sup>, Аркадий Проскурин<sup>3</sup>

## IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE 2 CYLINDER 4-STROKE ENGINE 7,2/6 WITH ADDITIVES SYNTHESIS GAS

Andrii Poznanskyi<sup>1</sup>, Oleksandr Mytrofanov<sup>2</sup>, Arkadii Proskurin<sup>3</sup>

**Abstract.** In this article, based on a study analyzes the operation of the 2 cylinder 4-stroke engine 7,2/6 with spark ignition and external mixture formation on gasoline with additives of synthesis gas. Given the indicator diagram when the engine working on a load characteristic with additives of synthesis gas – 25...65%. It has been established that with the amount of synthesis gas added to gasoline in the range 25...65% - the relative heat release rate grow up 7...16%. The feasibility of using synthesis gas additives to gasoline has been economically confirmed. Hourly savings when operating a gasoline engine with synthesis gas additives (25 ... 65%) is 24 ... 48% of the cost of gasoline.

**Keywords:** synthesis gas, bioethanol, gasoline, the indicator diagram, the internal combustion engine, additives synthesis gas.

### 1. Введение

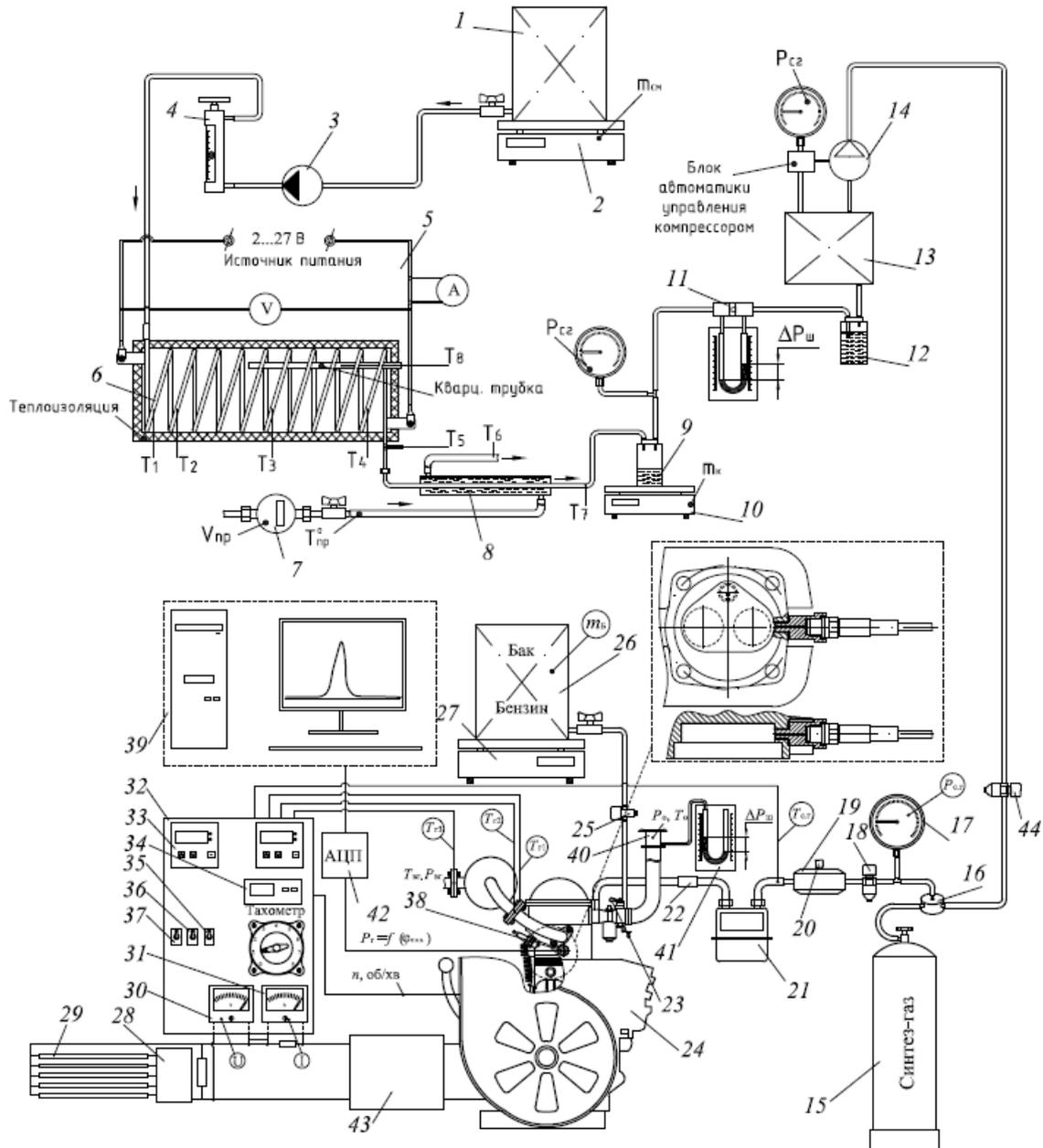
В последнее время наиболее перспективным направлением в развитии и производстве малотоксичных и высокоэффективных рабочих процессов энергетических установок с ДВС является формирование рабочих процессов с использованием альтернативных видов топлива, при сгорании которых минимизируются выбросы токсичных продуктов. Применение альтернативных топлив позволяет экономить ресурсы традиционного топлива и повышать эффективность двигателей в целом [1, 2].

Одним из перспективных видов альтернативных топлив для ДВС, полученных из возобновляемых источников сырья, является синтез-газ [3]. Преимущественно основными компонентами синтез-газа являются водород ( $H_2$ ) и монооксид углерода ( $CO$ ), однако в зависимости от исходного сырья и способов получения, в состав также могут входить – метан ( $CH_4$ ), этилен ( $C_2H_4$ ), этан ( $C_2H_6$ ) и др. компоненты. Благодаря наличию в составе синтез-газа водорода значительно улучшаются экологические показатели работы двигателя [4]. При применении термохимической утилизации тепла отходящих газов двигателя для получения синтез-газа возможно значительно повысить экономичность и эффективность двигателя в целом [5]. Однако есть и существенный недостаток, который сдерживает широкое использование синтез-газа в качестве самостоятельного топлива в ДВС. Это пониженная удельная теплота сгорания синтез-газа по сравнению с традиционными топливами (25–30 МДж/кг), что приводит к снижению мощности двигателя. Одним из возможных решений проблемы, связанной с потерей мощности, при работе ДВС на синтез-газе является использование синтез-газа в качестве добавки к основному топливу – бензину.

Процесс смесеобразования и сгорания бензина с добавками синтез-газа в цилиндре двигателя не достаточно изучен и требует теоретического и экспериментального исследования для определения рациональных параметров рабочего цикла ДВС.

### 2. Изложение

Одним из методов исследования рабочего процесса ДВС является физическое моделирование, которое позволяет получить достаточно точные результаты. Исследования рабочего процесса были проведены на экспериментальной установке с двигателем 2Ч 7,2/6 (рис. 1). Основные параметры бензинового двигателя 2Ч 7,2/6 с искровым зажиганием и внешним смесеобразованием, работающего на трехфазный генератор переменного тока, представлены в таблице.



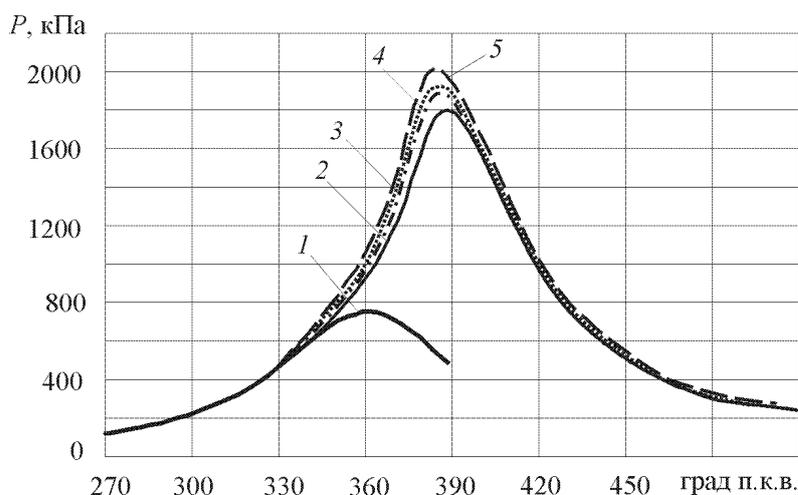
**Рис. 1.** Экспериментальная установка на базе двигателя с искровым зажиганием 2Ч 7,2/6:

1 – бак с этанолом; 2, 10, 27 – весы; 3 – насос подачи этанола в реактор; 4 – ротаметр; 5 – источник питания; 6 – термохимический реактор прямого пропускания тока; 7 – насос подачи охлаждающей воды; 8 – теплообменник типа «труба в трубе»; 9 – реторта сбора конденсата; 11 – расходомерная шайба; 12 – водяной затвор; 13 – ресивер; 14 – компрессор; 15 – баллон с синтез-газом; 16 – общий ресивер; 17 – манометр; 18, 44 – электромагнитный газовый клапан с фильтром; 19 – редуктор низкого давления; 20 – электромагнитный клапан; 21 – газовый счетчик; 22 – регулятор качества смеси; 23 – дроссельная заслонка; 24 – двигатель с искровым зажиганием 2Ч 7,2 / 6; 25 – электромагнитный бензиновый клапан; 26 – бак с топливом; 28 – система управления нагрузкой; 29 – блок ТЭНов; 30 – вольтметр; 31 – амперметр; 32 – панель приборов; 33 – прибор 2TRM1; 34 – тахометр; 35 – тумблер включения бензинового электромагнитного клапана; 36 – тумблер включения электромагнитного газового клапана; 37 – тумблер включения электромагнитного газового пускового клапана; 38 – датчик давления; 39 – ПК; 40 – расходомерная шайба; 41 – U-образный манометр; 42 – аналого-цифровой преобразователь; 43 – генератор переменного тока

№ п.п.	Параметр	Единица измерения	Значение
1	Количество цилиндров	шт.	2
2	Рабочий объем цилиндров	см <sup>3</sup>	490
3	Диаметр цилиндра	мм	72
4	Ход поршня	мм	60
5	Степень сжатия	–	6
6	Частота вращения коленчатого вала	об/мин	3000
7	Эффективная мощность	кВт	5,88
8	Удельный эффективный расход топлива	кг/(кВт·ч)	0,435

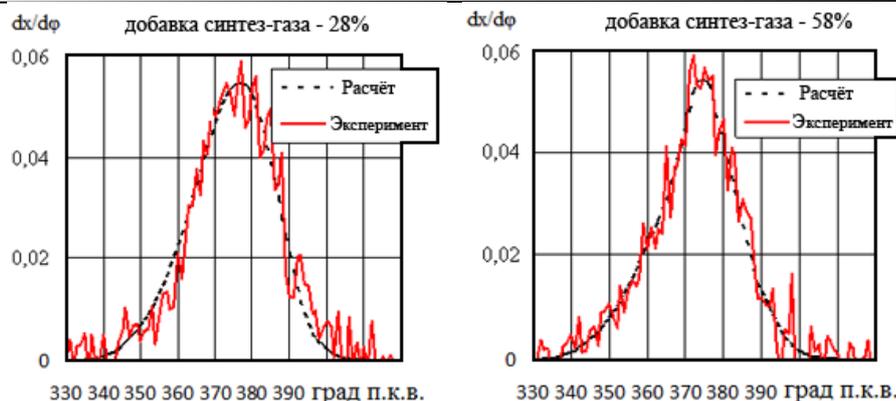
Используемый для работы двигателя синтез-газ получен на подсистеме установки путем термохимического преобразования биоэтанола. Основными компонентами синтез-газа являются  $H_2$  (43%),  $CO$  (34%) и  $CH_4$  (23%). Расчетная удельная теплота сгорания синтез-газа – 28,79 МДж/кг, плотность – 0,63 кг/м<sup>3</sup>.

Экспериментальные данные получены при добавках синтез-газа к бензину в диапазоне 25...65% по массе. На рис. 2 представлен ряд индикаторных диаграмм, снятых при разных добавках синтез-газа к бензину по массе. При этом коэффициент избытка воздуха  $\alpha$  лежал в пределах 1,1...1,22, а частота вращения коленчатого вала – 3000 об/мин.



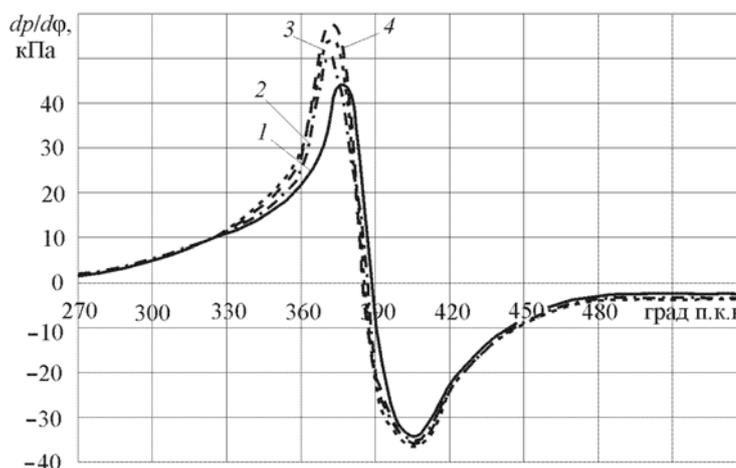
**Рис. 2.** Индикаторная диаграмма двигателя 2Ч 7,2/6 при разных добавках синтез-газа к бензину:  
 1 – линия сжатия без сгорания; 2 – бензин;  
 3, 4, 5 – добавка синтез-газа 25%, 32% и 65 % соответственно

На основе анализа и обработки экспериментальных индикаторных диаграмм получены характеристики тепловыделения для двигателя 2Ч 7,2/6 при использовании массовой добавки синтез-газа к бензину в диапазоне 25...65%. Относительная скорость тепловыделения при этом на 7...16% выше по сравнению с работой двигателя на бензине, причем рост величины добавки синтез-газа приводит к росту относительной скорости тепловыделения (рис. 3).



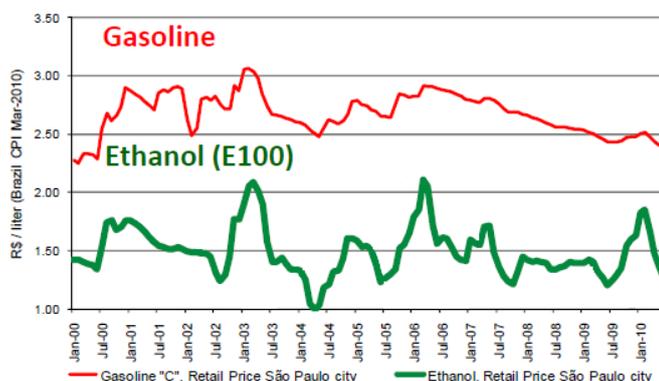
**Рис. 3.** Расчетные и экспериментальные характеристики тепловыделения при работе двигателя 24 7,2 / 6 на бензине с добавками синтез-газа

На рис.4 представлено изменение скорости нарастания давления  $dp/dφ$  в зависимости от добавок синтез-газа. При величине добавки синтез-газа к бензину в диапазоне 25...65% по массе, скорость нарастания давления возрастает на 15...31% по сравнению с работой двигателя на бензине, причем увеличение добавки синтез-газа приводит к росту скорости нарастания давления.



**Рис. 4.** Изменение скорости нарастания давления в зависимости от разных добавок синтез-газа: 1 – бензин; 2, 3, 4 – добавка синтез-газа 25, 32, 65 % соответственно

При определении экономического эффекта от использования в двигателе 24 7,2/6 альтернативного топлива сравнивалась себестоимость бензинового и альтернативного топлива. Соотношение цены бензина и этанола в мире приведены на рис. 5 [6]



**Рис. 5.** Соотношение цены бензина и этанола в мире

Согласно данным, стоимость бензина составляет – 2,5 бразильских реалов/л, этанола – 1,5 бразильских реалов/л. Конвертировав бразильской реал в украинскую гривну, получим стоимость бензина – 21,24 грн./л, этанола – 12,74 грн./л. При 100% конверсии этанола, соотношение этанол/синтез-газ – 1:1. То есть себестоимость 1 кг синтез-газа – 10,05 грн. Выполнив расчёты по стоимости и потреблению альтернативного топлива, получаем экономию при эксплуатации двигателя 2Ч 7,2/6 на бензине с добавками синтез-газа (25...65%) – 24...48% от стоимости бензина.

### 3. Заключение

1. При использовании добавок синтез-газа к бензину в диапазоне 25...65% по массе наблюдается увеличение относительной скорости тепловыделения на 7...16% по сравнению с работой двигателя на бензине, причем рост величины добавки синтез-газа приводит к росту относительной скорости тепловыделения.
2. В диапазоне добавки синтез-газа к бензину 25...65% по массе, скорость нарастания давления возрастает на 15...31% по сравнению с работой двигателя на бензине, причем увеличение добавки синтез-газа приводит к росту скорости нарастания давления.
3. Экономически подтверждена целесообразность использования добавок синтез-газа к бензину для двигателя 2Ч 7,2/6. Часовая экономия при эксплуатации двигателя на бензине с добавками синтез-газа (25...65%) составляет 24...48% от стоимости бензина.

### Литература:

1. Danilov A. M. Alternativnyie topliva: dostoinstva i nedostatki. Problemyi primeneniya / A. M. Danilov, E. F. Kaminskiy, V. A. Havkin // Rossiyskiy himicheskiy zhurnal. – 2003. – Т. 47, # 6. – С. 4–11.
2. Vnukova V. N. Alternativne palivo yak osnova resursozberezhennya I ekobezpeki avtotransportu / V. N. Vnukova, M. V. Barun // Energoberezhenie. Energetika. Energoaudit. – 2011. – # 9 (91). – С. 45–55.
3. Shkalova, V. P. Primenenie netraditsionnyih topliv v dizelyah [Tekst] / V. P. Shkalova. – М. : NIAD, 1986. – 85 s.
4. Hripach, N.A. Termodinamicheskiy analiz rabocheho tsikla dvigatelya s termohimicheskim generirovaniem vodorodnogo topliva [Tekst] / N.A. Hripach, V.F. Kamenev, V.M. Fomin [i dr.] // Alternativnaya energetika i ekologiya. – 2006. – #4 (36) – С. 45–50.
5. Nosach, V. G. Povyshenie effektivnosti ispolzovaniya prirodnogo gaza v teploenergetike s pomoschyu termohimicheskoy regeneratsii [Tekst] / V. G. Nosach, A. A. Shrayber // Promyshlennaya teplotehnika. – 2009. – Т.31, #3 – С. 42–50.
6. Consumer Choice Between Gasoline and Sugarcane Ethanol [elektronniy resurs] // Alberto Salvo, Northwestern University January 2011, Transportation Center. – Rezhim dostupu: [http://www.transportation.northwestern.edu/docs/2011/2011.01.20.Salvo\\_Presentation.pdf](http://www.transportation.northwestern.edu/docs/2011/2011.01.20.Salvo_Presentation.pdf). – Data dostupa 15.03.2017. – Nazva z ekranu.

За контакты: 1. Познанский Андрей Станиславович – преподаватель кафедры инженерной механики и технологии машиностроения Национального университета кораблестроения им. адм. Макарова, Николаев, Украина, e-mail: [andreypoznansky@gmail.com](mailto:andreypoznansky@gmail.com).

2. Митрофанов Александр Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры двигателей внутреннего сгорания Национального университета кораблестроения им. адм. Макарова, Николаев, Украина, e-mail: [m.aleksandr.s@mail.ru](mailto:m.aleksandr.s@mail.ru).

3. Проскурин Аркадий Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры двигателей внутреннего сгорания Национального университета кораблестроения им. адм. Макарова, Николаев, Украина, e-mail: [arkadii.proskurin@nuos.edu.ua](mailto:arkadii.proskurin@nuos.edu.ua).