

ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

УДК 621.43

УЛУЧШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ПУТЕМ ПОДАЧИ
СЖИЖЕННОГО ТОПЛИВА ВО ВПУСКНОЙ КОЛЛЕКТОР

**Ф.И. Абрамчук, проф., д.т.н., А.П. Кузьменко, доц., к.т.н., М.В. Бойчук, асп.,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет**

Аннотация. Представлены результаты расчетного исследования показателей процесса наполнения двигателя 4 ГЧ 7,5/7,35 при подаче различных топлив во впускной патрубок в жидком виде. Проведен анализ коэффициента наполнения и изменения температуры.

Ключевые слова: двигатель, жидкие топлива, теплота парообразования топлив, горючая смесь, теплоемкость.

ПОКРАЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ДВИГУНІВ ШЛЯХОМ ПОДАЧІ
ЗРІДЖЕНОГО ПАЛИВА У ВПУСКНИЙ КОЛЕКТОР

**Ф.І. Абрамчук, проф., д.т.н., А.П. Кузьменко, доц., к.т.н., М.В. Бойчук, асп.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет**

Анотація. Наведено результати розрахункового дослідження показників процесу наповнення двигуна 4 ГЧ 7,5/7,35 при подачі різних видів палива у впускний патрубок у рідкому вигляді. Проведено аналіз коефіцієнта наповнення і зміни температури.

Ключові слова: двигун, рідкі палива, теплота пароутворення палив, пальна суміш, теплоємність.

IMPROVEMENT OF ENGINE INDICATORS BY SUPPLYING LIQUID FUEL INTO
THE INLET MANIFOLD

**F. Abramchuk, DSc., Prof., A. Kuzmenko, PhD., Assoc. Prof., M. Boychuk,
Postgraduate Student, Kharkiv National Automobile and Highway University**

Abstract. The results of the computational study of realizing the process of filling the four-stroke piston internal combustion engine 4 GCh 7.5/7.35 by feeding different types of fuel into the intake pipe in the liquid form are given. The process of fuel evaporation is analyzed, and the specified filling ratio and the temperature change of the charge are determined.

Key words: engine, liquid fuel, heat of fuel vaporization, flammable mixture, heat capacity.

Введение

При эксплуатации газовых двигателей внутреннего сгорания с подачей газа в газообразном состоянии замечено, что мощность падает на 8–15 %, по сравнению с бензиновыми прототипами. Использование газовой аппаратуры 5-го поколения позволяет существен-

но снизить потери мощности, даже в некоторых случаях увеличить ее за счет подачи газа в жидкой фазе. После впрыска жидкого газа через форсунки он начинает испаряться, при этом существенно понижая температуру во впускном патрубке, что, в свою очередь, повышает коэффициент наполнения, а следовательно, и мощность двигателя.

В данной статье представлены результаты расчетного исследования снижения температуры на впуске, за счет испарения различных жидких топлив, и увеличения коэффициента наполнения.

Анализ публикаций

В работах [1, 2] снижение температуры при испарении топлива во впускной системе определяется значением скрытой теплоты испарения топлива, составом горючей смеси и ее теплоемкостью

$$\Delta t_{\text{исп}} = \frac{r_{\delta}}{C_p \cdot \alpha \cdot M'_0}, \quad (1)$$

где r_{δ} – скрытая теплота испарения, кДж/(кг·К); C_p – мольная теплоемкость смеси, кДж/(кмоль·К); α – коэффициент избытка воздуха; M'_0 – теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива в кмольях.

Используя справочные данные работ [3, 4], можно для различных топлив определить снижение температуры при испарении топлива, которое при помощи форсунки подается во впускной коллектор.

В работе [4] предложен метод определения снижения температуры при помощи термодинамического анализа процесса испарения жидкого топлива, которое подается во впускной коллектор. В этом подходе используется диаграмма зависимости энтальпии от температуры и давления, а также упрощение, что процесс испарения – адиабатно-изобарный. При этом используется уравнение

$$C_p(t_1 - t_2) = \bar{h}_2(d_{n2} - d_{n1}), \quad (2)$$

где C_p – удельная изобарная теплоемкость смеси, кДж/(кг·К); t_1 – температура воздуха до начала испарения, °С; t_2 – температура смеси после испарения топлива, °С; \bar{h}_2 – средняя энтальпия топлива между начальным и конечным значениями, кДж/кг; d_{n2} – относительное количество тепла в смеси в конце испарения, кгТ/кгВ; d_{n1} – относительное количество тепла в смеси в начале испарения, кгТ/кгВ.

Очевидно, что первый подход – более простой и удобный для расчетной оценки снижения температуры при впрыске жидкого топлива, поэтому именно он использовался в данной работе. По справочным данным [5–7] были построены табл. 1 и 2.

Таблица 1 Физико-химические свойства топлив

Свойства	Единицы измерения	Бензин	Метан (CH ₄)	Пропан (C ₃ H ₈)	Бутан (C ₄ H ₁₀)	Водород (H ₂)	Метанол (CH ₃ OH)	Этанол (C ₂ H ₅ OH)
Низшая теплота сгорания	МДж/кг	44	52,8	45,8	45,4	120	19,5	25
Молярная масса	$\frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$	115	16,043	44,096	58,123	2,016	32,04	46,069
Теплота испарения	кДж/кг	320	510	345,67	335,79	450	1100	840
Теплоемкость	$\frac{\text{кДж}}{\text{кмоль} \cdot \text{К}}$	189,46	26,716	62,056	86,959	20,39	77,77	109,8
Октановое число		95-98	99-130	110-120	110-120	45-70	156	132

Таблица 2 Физико-химические свойства стехиометрических топливовоздушных смесей

Свойства	Единицы измерения	Бензин	Метан (CH ₄)	Пропан (C ₃ H ₈)	Бутан (C ₄ H ₁₀)	Водород (H ₂)	Метанол (CH ₃ OH)	Этанол (C ₂ H ₅ OH)
Объемная доля в смеси	%	1,958	9,057	3,99	3,10	29,58	10,96	6,14
	кг/м ³	1,36	1,24	1,32	1,33	0,94	1,225	1,28
Теоретически необходимое количество воздуха для полного сгорания топлива	кг/кг	14,95	16,65	16	15,77	34,23	6,63	9,06
	кмоль/кг	0,512	0,595	0,541	0,533	1,19	0,223	0,310
	м ³ /м ³	50,06	10,1	24,04	31,25	2,38	8,12	15,27
Теплота сгорания	МДж/м ³	3,79	3,41	2,95	2,96	3,19	3,76	3,59
Изобарная теплоемкость при н.у.	кДж/(кмоль·К)	23,818	21,473	22,555	22,959	20,778	27,756	26,621

Эти таблицы позволяют проанализировать физико-химические свойства используемых автомобильных топлив.

Цель и постановка задачи

Целью исследования является определение температуры свежего заряда на впуске и коэффициента наполнения двигателя, при условии подачи в коллектор различных топлив в жидком состоянии.

Для достижения этой цели необходимо решить такие задачи:

1. Определить изменение температуры заряда при испарении жидкого топлива;

2. Учитывая снижение температуры в коллекторе, определить коэффициент наполнения для расчетного режима.

Результаты расчетного исследования

В расчетном исследовании принято допущение, что процесс испарения топлива – адиабатно-изобарный: $dQ=0$ и $dp=0$. Исследуя зависимость (1), для различных топлив получены значения снижения температур при подаче топлив в жидком агрегатном состоянии во впускной коллектор. Исходными взяты параметры смеси на впуске при использовании пропана в газообразном состоянии. Результаты расчетов снижения температур приведены в табл. 3.

Таблица 3 Расчетные значения снижения температуры свежего заряда и коэффициента наполнения

Свойства	Единицы измерения	Бензин	Метан (CH ₄)	Пропан (C ₃ H ₈)	Бутан (C ₄ H ₁₀)	Водород (H ₂)	Метанол (CH ₃ OH)	Этанол (C ₂ H ₅ OH)
Снижение температуры свежего заряда	К	19,1	28,1	20,3	19,7	12,7	133,3	75,7
Коэффициент наполнения		0,771	0,776	0,769	0,768	0,684	1,307	0,972

Видно, что наибольший эффект снижения температуры при испарении жидкого топлива происходит при подаче жидкого метана, этанола и метанола. Эти топлива имеют большую теплоту испарения. Жидкий метан имеет теплоту испарения, равную 510 кДж/кг, этанол – 840 кДж/кг и метанол – 1100 кДж/кг. Падение температуры при подаче метана равно 28 К, этанола – 75,6 К и метанола – 133 К.

Снижение температуры при испарении топлива во впускном ресивере приводит к увеличению коэффициента наполнения. Как видно из табл. 1, существенно повышен η_v для этанола и метанола. Для этанола коэффициент наполнения стремится к единице, а для метанола он больше единицы.

Выводы

Подача сжиженного топлива во впускной коллектор позволяет снизить температуру смеси на впуске, что повышает коэффициент наполнения двигателя, а следовательно, и его мощность.

Это явление необходимо учитывать при выборе системы зажигания двигателя.

Литература

1. Дьяченко В.Г. Теория двигателей внутреннего сгорания: учебник / В.Г. Дьяченко. – Х.: ХНАДУ, 2009. – 500 с.
2. Гуреев А.А. Применение автомобильных бензинов / А.А. Гуреев. – М.: Химия, 1972. – 368 с.
3. Иссерлин А.С. Основы сжигания газовых топлив: справочное пособие / А.С. Иссерлин. – Л.: Недра, 1987. – 336 с.
4. Петренко В.Г. Термодинамічний аналіз процесу впорскування зрідженого пропану до двигуна внутрішнього згорання / В.Г. Петренко, А.С. Соломоха, П.О. Бараташ // Энергетика, економіка, технології, екологія. – 2015. – №2. – С. 58–63.
5. Удельная теплота парообразования (сводная таблица) при давлении 101,3 кПа и справочная температура кипения в град С для этого давления. – Режим доступа: <http://tehtab.ru/Guide/GuidePhysics/GuidePhysicsHeatAndTemperature/Specifi>

cHeatOfEvaporation/LathentHeatOfVaporization/.

6. Свойства вещества: метанол. – Режим доступа: [http://chemister.ru/ Database/properties.php?id=2](http://chemister.ru/Database/properties.php?id=2).
7. Свойства вещества: этанол. – Режим доступа: <http://chemister.ru/Database/properties.php?dbid=1&id=3>.

References

1. Dyachenko V. G. *Teoriya dvigatelej vnutrenego sgoraniya* [Theory of internal combustion engines]. Kharkov, KhNADU Publ., 2009. 500 p.
2. Gureev A.A. *Primenenie avtomobil'nyh benzinov* [The Application of cartion of gasoline]. Moscow, Himiya Publ., 1972. 368 p.
3. Isserlin, A.S. *Osnovy szhiganiya gazovyh topliv* [Fundamentals of combustion gas out of the fuel]. Leningrad, Nedra Publ., 1987. 336 p.
4. Petrenko V.G., Solomakha A. S., Baratas P. O. *Termodinamichnij analiz procesu vporskuvannya zridzhenogo propanu do dviguna vnutrishn'ogo zgoryannya* [Thermodynamic analysis of the process of injection of liquefied propane to the internal combustion engine]. *Energetyka, ekonomyc, technology, ecology*, 2015. no. 2. pp. 58–63.
5. *Udel'naya teplota paroobrazovaniya (svodnaya tablica) pri davlenii 101,3 kPa i spravochnaya temperatura kipeniya v grad C dlya ehtogo davleniya* [The latent heat of vaporization (pivot table) at a pressure of 101.3 kPa and a reference temperature boiling point in ° C for the pressure]. Available at: [http://tehtab.ru/ Guide/GuidePhysics/GuidePhysicsHeatAndTemperature/SpecificHeatOfEvaporation/LathentHeatOfVaporization/](http://tehtab.ru/Guide/GuidePhysics/GuidePhysicsHeatAndTemperature/SpecificHeatOfEvaporation/LathentHeatOfVaporization/).
6. *Svoystva veshchestva: metanol* [Properties of substances: methanol]. Available at: <http://chemister.ru/Database/properties.php?id=2>.
7. *Svoystva veshchestva: ehtanol* [Properties of substance: ethanol]. Available at: <http://chemister.ru/Database/properties.php?dbid=1&id=3>.

Рецензент: В.П. Волков, профессор, д.т.н., ХНАДУ.
