

Опанасюк Є.Г., Бегерський Д.Б., Опанасюк О.Є.
Житомирський державний технологічний університет

ПОКРАЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ДВЗ ШЛЯХОМ СТВОРЕННЯ РОЗРІДЖЕННЯ В ВИПУСКНОМУ КОЛЕКТОРІ

У статті представлено результати теоретичних досліджень впливу тиску відпрацьованих газів на процеси газообміну та впливу характеристик процесів газообміну на показники роботи двигуна. Для підтвердження результатів теоретичних досліджень, проведено експериментальні дослідження впливу тиску у випускній системі на показники роботи двигуна. Показано, що зменшення тиску у випускній системі призводить до збільшення потужності двигуна. Пояснено збільшення витрати палива при зменшенні тиску у випускній системі та запропоновано варіанти вирішення цієї проблеми.

Ключові слова: двигун внутрішнього згорання, система випуску відпрацьованих газів, коефіцієнт наповнення, коефіцієнт залишкових газів, тиск наприкінці випуску.

Вступ

Однією з головних задач, що стоять перед науковцями в галузі двигунобудування, є удосконалення робочих процесів двигунів, зокрема процесу газообміну. Основним із методів завжди було покращення наповнення циліндрів двигуна горючою сумішшю та очищення циліндрів двигуна від відпрацьованих газів. Говорячи про покращення наповнення, то тут існує багато методів поліпшення: збільшення розмірів впускних клапанів; використання нагнітачів та турбін; подача палива під тиском (використання форсунок; відкривання впускних клапанів ще до початку впускного такту; використання подвійних клапанів та ін.. Але, якщо мова йде про покращення випуску відпрацьованих газів то тут ми можемо побачити тільки раннє відкриття клапанів та збільшення кількості клапанів. Тому доцільним є такий метод покращення випуску відпрацьованих газів, як створення розрідження в випускному колекторі, що в свою чергу допоможе очистити циліндри двигуна більш швидше та якісніше [2, 3, 4, 6].

Теоретичні дослідження процесів газообміну ДВЗ

З форм. 1 [1] видно, що ефективна потужність двигуна з примусовим запалюванням

$$N_e = \frac{V_n \cdot i \cdot n}{30\tau} \cdot \frac{H_i}{\alpha \cdot l_0} \rho_k \cdot \eta_V \cdot \eta_i \cdot \eta_M, \quad (1)$$

де: V_n - робочий об'єм циліндрів;

i - кількість циліндрів;

n - кількість обертів колінчастого валу двигуна за хв.;

τ - такніть двигуна;

H_i - нижча теплота згорання палива;

α - коефіцієнт надміру повітря;

l_0 - теоретичного необхідного кількість повітря для згорання 1 кг палива;

ρ_k - густина заряду на впуску;

η_V - коефіцієнт наповнення;

η_i - індикаторний к.к.д.;

η_M - механічний к.к.д.;

прямо пропорційно залежить від коефіцієнту наповнення.

В той же час з методики розрахунку процесу впуску [1] видно, що коефіцієнт наповнювання зростає зі збільшенням тиску наприкінці впуску і знижується із збільшенням тиску випуску.

Тиск випуску також впливає на чисельне значення коефіцієнту залишкових газів [1], а саме, зі збільшенням тиску наприкінці випуску значення коефіцієнту залишкових газів зростає.

На рис 1, представлено графічну залежність коефіцієнта залишкових газів γ_r від величини тиску наприкінці випуску [8, 9].

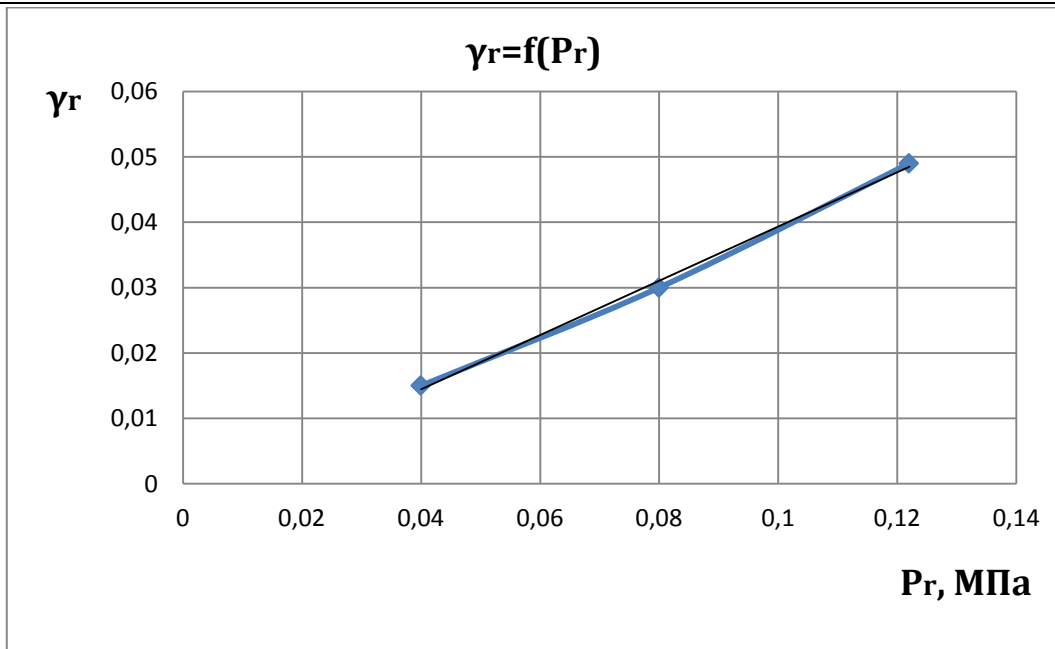
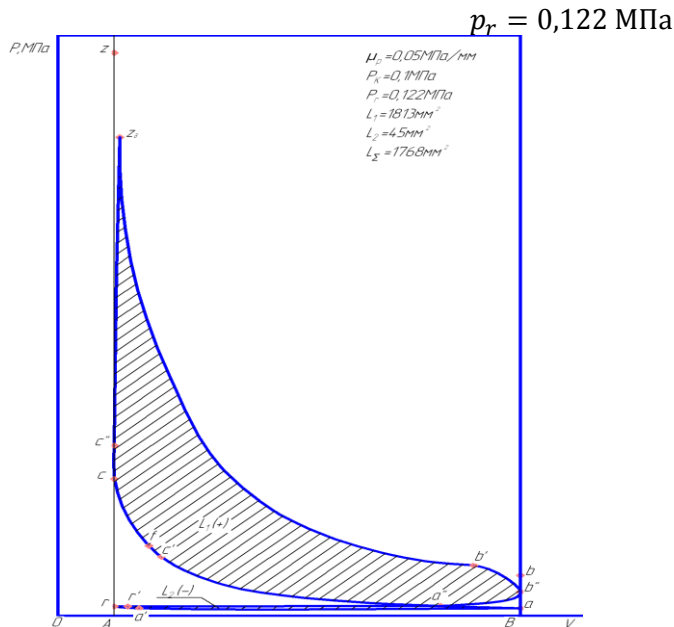


Рис.1. Залежність коефіцієнта залишкових газів γ_r від тиску залишкових газів P_r

З графіку 1 видно, що для покращення показників газообміну та, у підсумку, збільшення потужності двигуна доцільно зменшити тиск у циліндрі двигуна наприкінці випуску.

Проведений тепловий розрахунок двигуна на основі вихідних даних (потужність, частота обертання колінчастого валу та міра стиску) бензинового двигуна 13N. За результатами аналізу згорнутих індикаторних діаграм з встановленими значеннями тиску наприкінці випуску $P_r = 0,122$ МПа. (рис. 2а.), $P_r = 0,08$ МПа. (рис. 2б.) та $P_r = 0,04$ МПа. (рис. 2в.) зростання площі L_{Σ} , яка пропорційна індикаторній роботі циклу [8, 9].



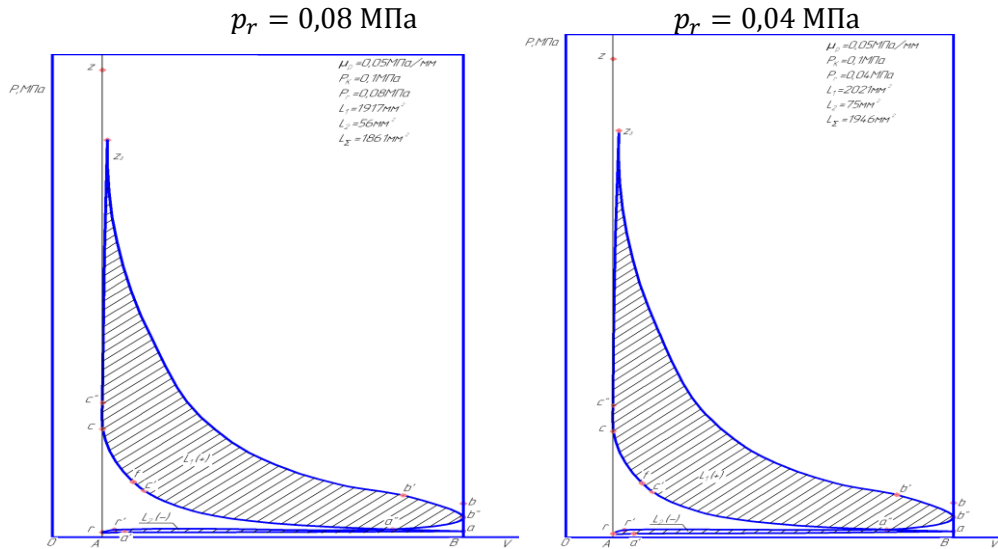


Рис.2. Згорнуті індикаторні діаграми

Отримані результати зведені до табл.1

Таблиця 1

Результати теоретичних досліджень роботи двигуна при різних значеннях p_r

Тиск випуску, P_r , МПа.	наприкінці	Площа, еквівалентна роботі циклу, мм^2	Відхилення від P_{r1} , %
$P_r = 0,122$		1768	-
$P_r = 0,08$		1861	5,26
$P_r = 0,04$		1946	10,07

Визначено також розрахунковим шляхом питому годину витрату палива, що зросла при зменшенні P_r (з 0,08 МПа до 0,04 МПа) на 3,6% при зростанні індикаторної потужності на 5,5%.

Експериментальні дослідження впливу тиску у випускній системі ДВЗ на показники його роботи

Для перевірки коректності аналітичних досліджень впливу розрідження на витрату палива проведені експериментальні дослідження. Експериментальні дослідження проведені на автомобілі Опель-кадет з двигуном 13N, схема якого представлена на рис. 3.

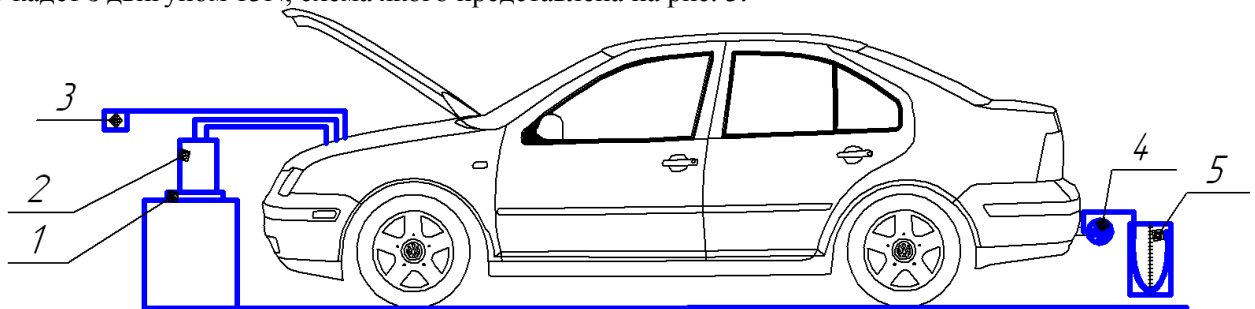


Рис.3.7. Схема установки для проведення дослідів
1-вимірювальне обладнання (ваги); 2-система живлення двигуна;
3-датчик холода; 4-вентилятор; 5-барометр (вакууметр)

Рис. 3. Схема установки для проведення дослідів
1 – вимірювальне обладнання (ваги); 2 – система живлення двигуна; 3 – датчик холода; 4 – вентилятор; 5 – барометр (вакууметр).

Вимірювання витрати палива здійснено ваговим методом (рис. 4), для чого відбирання палива для двигуна проводилось з бачка, встановленого на цифрових вагах на 5 кг з ціною поділки 1 г.



Рис.4. Система для визначення витрати палива ваговим методом

Для створення розрідження у системі випуску відпрацьованих газів на випускную трубу глушника встановлено вентилятор (рис. 5).



Рис.5. Зовнішній вигляд монтованого вентилятора

Для створення розрідження у системі випуску відпрацьованих газів на випускную трубу глушника встановлено вентилятор (рис. 6).



Рис. 6. Пристрій для вимірювання розрідження у системі випуску.

Дослід проводився 6 разів, час проведення дослідів 10хв., на різних обертах двигуна з вентилятором та без нього.

1. $n_1 = 600$ об/хв.;
2. $n_2 = 2400$ об/хв.;
3. $n_3 = 3600$ об/хв.;

Результати досліджень при роботі двигуна без навантаження представлені на рис. 7-9.

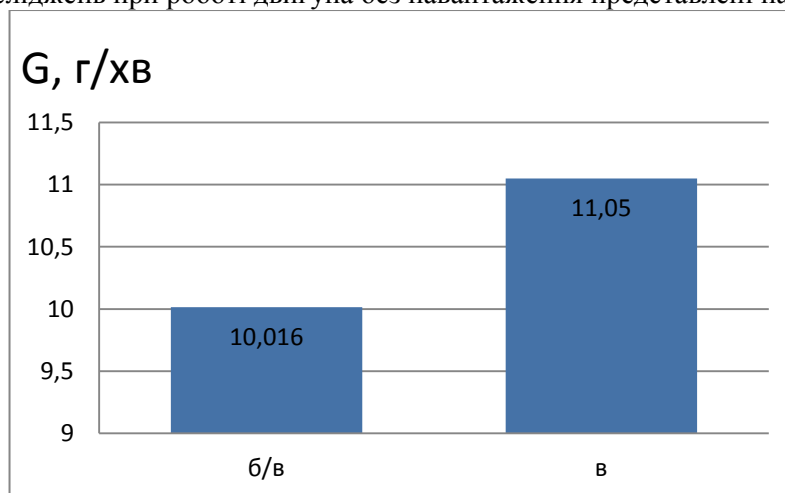


Рис.7. Витрати палива при розрідженні 147кПа і без розрідження при частоті n_1

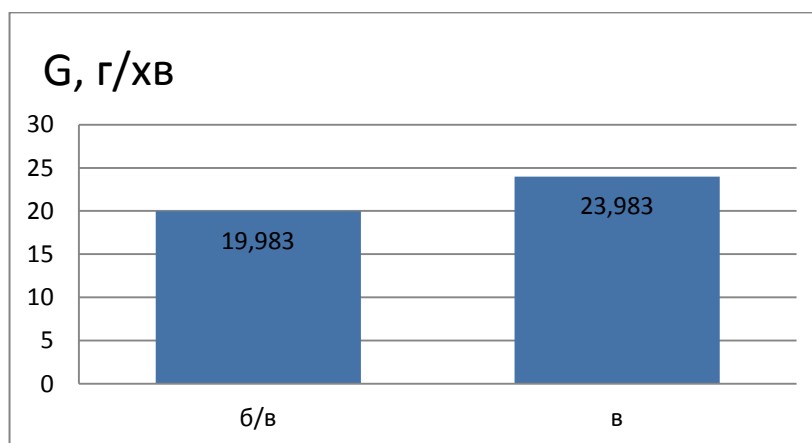
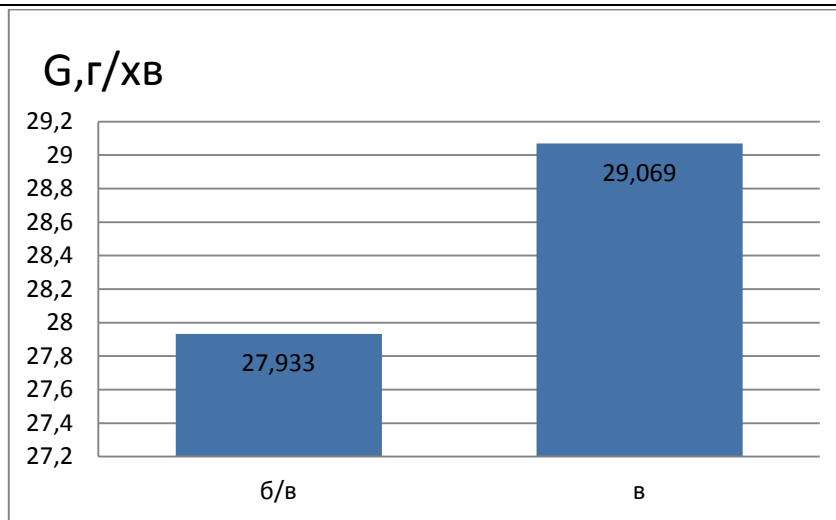


Рис.8. Витрати палива при розрідженні 186 кПа і без розрідження при частоті n_2

Рис.9. Витрати палива при розрідженні 118 кПа і без розрідження при частоті n_3

З наведених діаграм видно, що при частоті обертання $n_1 = 600$ об/хв. і створенні розрідження 147 Па витрата палива зростає на 10,3%; при частоті обертання колінчастого валу двигуна $n_2 = 2400$ об/хв. і – розрідженні 186 Па – на 20 %; при частоті $n_3 = 3600$ об/хв. (розрідження 118 Па) – на 4,05%. При цьому чітко простежується тенденція зростання витрати палива від збільшення розрідження у випускній системі двигуна.

Причинами збільшення витрати палива при роботі двигуна 13N з використанням створення розрідження у випускному колекторі з метою покращення показників газообміну є особливості його конструкції, до яких слід відносити наступні :

- фіксовані фази газорозподілу (кути випередження і запізнення відкриття і закривання клапанів не залежать від частоти обертання і на вантажності двигуна; наявність періоду перекриття фаз наприкінці випуску і на початку впуску (проводить в цей період до передачі розрідження з випускного до впускного тракту, зокрема до змішувальної камери карбюратора;))

- залежність витрати палива через жиклера холостого ходу головної дозуючої системи і системи економайзера;

- відсутність ефективної системи регулювання подачі палива і повітря для створення необхідного складу горючої суміші залежно від частоти обертання колінчастого валу і завантаженості двигуна.

Проведені випробування карбюраторного двигуна з фіксованими фазами газорозподілу показали зростання витрати пального практично на всьому діапазоні частот обертання колінчастого валу двигуна, що пов'язане зі зростанням розрідження у змішувальній камері карбюратора в той час коли обидва клапани відкриті (перекриття фаз). При цьому витрата палива зростає при збільшенні частоти обертання колінчастого валу двигуна. При проведенні дослідів на холостому ході при частоті n_1 витрата палива менша, при частоті n_2 пальне подається через головну дозуючу систему плюс холостий хід, при частоті n_3 додатково починає працювати система економайзера. Цим пояснюється збільшення витрати палива при проведенні дослідів рис. 1.

Витрата палива, що проходить через жиклер карбюратора, визначається за формулою:

$$G_{\text{пал}} = \mu_{\text{ж}} f_{\text{ж}} \sqrt{2\Delta P_{\text{д}} \cdot \rho_{\text{пал}}}$$

де: $\mu_{\text{ж}} = 0,75 \dots 0,85$ – коефіцієнт витрати жиклера;

$f_{\text{ж}}$ – площа прохідного перерізу жиклера, м^2 ;

$\Delta P_{\text{д}}$ – розрідження в дифузорі, $\text{Н}/\text{м}^2$;

$\rho_{\text{пал}}$ – густина палива, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Якщо записати формулу у вигляді

$$G_{\text{пал}} = \mu_{\text{ж}} f_{\text{ж}} \sqrt{2\rho_{\text{пал}}} \cdot \sqrt{\Delta P_{\text{д}}}$$

і зазначити, що величини $\mu_{ж}$, $f_{ж}$, $\sqrt{2\rho_{пал}}$ є постійними, то , після заміни частини виразу $\mu_{ж}f_{ж}\sqrt{2\rho_{пал}}$ на певний коефіцієнт N_K , отримаємо залежність витрати палива через жиклер від розрідження в дифузорі карбюратора:

$$G_{пал} = N_K \cdot \sqrt{\Delta P_d}$$

Графічно ця залежність в загальному вигляді має наступний характер, зображений на рис. 10 [5]

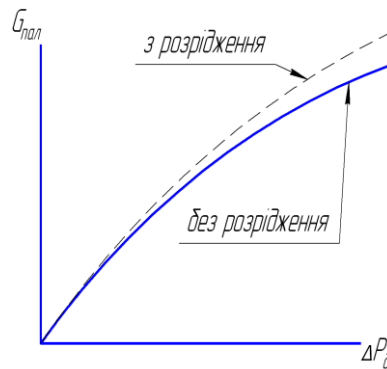


Рис.10. Залежність витрати палива через жиклер від розрідження в дифузорі карбюратора

При проведенні дослідів на холостому ходу при частоті n_1 витрата палива менша, при частоті n_2 пальне подається через головну дозуючу систему плюс холостий хід, при частоті n_3 додатково починає працювати система економайзера. Цим пояснюється збільшення витрати палива при проведенні дослідів рис.11. [5]

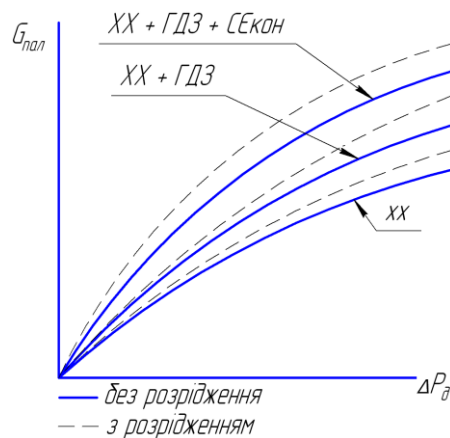


Рис.11. Залежність витрати палива через жиклери від розрідження в дифузорі карбюратора при різних частотах обертання колінчастого вала

Цей метод не є ідеальним для карбюраторного двигуна тому, що проводячи дослід було виявлено те, що коли за допомогою насоса створювали розрідження в випускному колекторі , в момент перекриття клапанів, воно передавалось і в камеру змішування карбюратора , що в свою чергу спричиняло збільшення витрат палива . Але це можна було б легко компенсувати , але для цього потрібно змінювати технічні показники системи живлення (рівень пального в поплавковій камері , поперечні перерізи жиклерів, налаштування системи живлення карбюратора до необхідних параметрів).

Враховуючи той фактор ,що переважна більшість двигунобудівників використовує інжекторні системи живлення [10], відмовившись від карбюраторних, задача використання розрідження у системах випуску відпрацьованих газів спрощується за рахунок того, що регулювання складу суміші здійснюється бортовим комп'ютером в залежності від частоти обертання колінчастого вала двигуна та ступеня використання потужності. Зміна подачі палива і повітря для створення горючої суміші здійснюється відповідно до лямда-зонду, який доречі також знаходиться в випускному колекторі , як і насос який буде створювати розрідження. У випадку використання інжекторної системи живлення

можна зробити висновок, що побічного впливу системи створення розрідження у випускному колекторі на роботу двигуна не очікується тому, що лямда-зонд аналізує склад суміші не по фізичним показникам (температура, тиск, вологість і т.д.) [10], а тільки по наявності кисню в складі відпрацьованих газів, регулюючи суміш до більш ідеального складу

1. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є., Тимченко І.І. Автомобільні двигуни: Підручник. – К.: Арістей, 2004. – 476 с.
2. Белов П.М., Бурячко В.Р., Акатов Е.И. Двигатели армейских машин. Часть первая: Теория. – М.: Воениздат, 1971. – 512 с.
3. Белов П.М., Бурячко В.Р., Акатов Е.И. Двигатели армейских машин. Часть вторая: Конструкция и расчет. – М.: Воениздат, 1972. – 568 с.
4. Двигатели внутреннего сгорания. Теория поршневых и комбинированных двигателей / Под ред. А.С.Орлина, М.Г.Круглова. – М.: Машиностроение, 1983. – 375 с.
5. Захарчук В.І. Основи теорії, конструкції та розрахунку автомобільних двигунів: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Луцьк: ЛДТУ, 2007. – 216 с.
6. Колчин А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: Учебное пособие для вузов / А.И. Колчин, В.П. Демидов. – 4-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2008. – 496 с.
7. Опанасюк Є.Г., Бегерський Д.Б., Опанасюк О.Є. Спосіб підвищення ефективності роботи двигуна внутрішнього згорання./ Патент на винахід №103439 – 2013.
8. Опанасюк Є.Г., Бегерський Д.Б., Опанасюк О.Є. Характеристики роботи двигуна з регульованим тиском відпрацьованих газів Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за галузями знань «Машинобудування та металообробка», «Інженерна механіка», «Металургія та матеріалознавство») /Випуск 46.- Луцьк: НТУ, 2014. -С.382-385.
9. Опанасюк Є.Г., Бегерський Д.Б., Опанасюк О.Є. Аналітичні дослідження впливу процесу газообміну на показники роботи двигуна Науковий журнал «Вісник Житомирського державного технологічного університету». – 2014. – № 2 (69). / Технічні науки. – С. 168 – 175.
10. Росс Твег Системы впрыска бензина. – М.: Издательство «За рулем», 1996. – 144 с.

REFERENCES

1. Abramchuk F.I., Hutarevych Yu.F., Dolhanov K.Ie., & Tymchenko I.I. (2004) Avtomobilni dvyhuny: Pidruchnyk. K.: Aristei, 476 p.
2. Belov P.M., Buriachko V.R., & Akatov E.Y. (1971) Dvyhately armeiskykh mashyn. Chast pervaia: Teoriia. M.: Voennydat, 512 p.
3. Belov P.M., Buriachko V.R., & Akatov E.Y. (1972) Dvyhately armeiskykh mashyn. Chast vtoraiia: Konstruktsiia y raschet. M.: Voennydat, 568 p.
4. Orlyna A.S. & Kruhlova M.H. (1983) Dvyhately vnutrenneho shoranyia. Teoriia porshnevnykh y kombynirovaniykh dvyhatelei. M.: Mashynostroeniye, 375 p.
5. Zakharchuk V.I. (2007) Osnovy teorii, konstrukttsii ta rozrakhunku avtomobilnykh dvyhuniv: Navchalnyi posibnyk dlia studentiv vyshchyykh navchalnykh zakladiv. Lutsk: LDTU, 216 p.
6. Kolchyn A.Y. Demydov V.P. (2008) Raschet avtomobylnykh y traktornykh dvyhatelei: Uchebnoe posobyie dlia vuzov M.: Vysshaiia shkola, 496 p.
7. Opanasiuk Ye.H., Beherskyi D.B., & Opanasiuk O.Ie. (2013) Sposib pidvyshchennia efektyvnosti roboty dvyhuna vnutrishnoho zghoriannia. Patent na vynakhid №103439.
8. Opanasiuk Ye.H., Beherskyi D.B., & Opanasiuk O.Ie. (2014) Kharakterystyky roboty dvyhuna z rehulovanyim tyskom vidpratsovanykh haziv Naukovi notatky. Mizhvuzivskyi zbirnyk (za haluziamy znan «Mashynobuduvannia ta metaloobrobka», «Inzhenerna mekhanika», «Metalurhiia ta materialoznavstvo») Vypusk 46, pp.382-385.
9. Opanasiuk Ye.H., Beherskyi D.B., & Opanasiuk O.Ie. (2014) Analitychni doslidzhennia vplyvu protsesu hazoobminu na pokaznyky roboty dvyhuna Naukovyi zhurnal «Visnyk Zhytomyrskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu». № 2 (69). pp. 168 – 175.
10. Ross Tveh (1996) Systemy vpryska benzyna. M.: Yzdatelstvo «Za rulem», 144 p.

Опанасюк Є.Г., Бегерський Д.Б., Опанасюк О.Є. Улучшение показателей работы двс путем создания разрежения в выпускном коллекторе

В статье представлены результаты теоретических исследований влияния давления отработавших газов на процессы газообмена и влияния характеристик процессов газообмена на показатели работы двигателя. Для подтверждения результатов теоретических исследований, проведены экспериментальные исследования влияния давления в выпускной системе на показатели работы двигателя. Показано, что уменьшение давления в выпускной системе приводит к увеличению мощности двигателя. Объяснено увеличение расхода топлива при уменьшении давления в выпускной системе и предложены варианты решения этой проблемы.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, системы выпуска отработавших газов, коэффициент наполнения, коэффициент остаточных газов, давление в конце выпуска.

E. Opanasyuk, D. Beherskiy, O. Opanasyuk Improvement in internal combustion engine performance by creating a vacuum in the exhaust manifold

Based on analysis of current research conclusions about the relevance of research topic. The article presents the results of theoretical studies of the impact pressure of the exhaust gases on the process of gas exchange and influence processes of gas exchange characteristics on the performance of the engine. It was shown that reducing the pressure at the end of the process issue, leading to increased filling ratio and reduction in the residual gas. To confirm the results of theoretical research, experimental researches influence of pressure in the exhaust system on the performance of the engine. Presented equipment used in conducting experimental studies described method of experimental research. It was shown that reducing the pressure in the exhaust system results in increased engine power and increase fuel consumption. Based on analysis of current research, found reasons for increase in fuel consumption while reducing the pressure in the exhaust system, namely fixed phase timing; availability period overlapping phases output end and the beginning of the inlet; dependence of jet fuel through the idling of the main metering system and economizer; the lack of effective regulation fuel and air to create the required fuel mixture composition depending on the speed of the crankshaft and engine load. Thus we can conclude that in the case of power injection systems create dilution in the exhaust manifold increase in fuel consumption is not expected that lambda probe analyzes the composition of the mixture is not in physical parameters (temperature, pressure, humidity, etc.), and only the presence of oxygen in the exhaust gases, adjusting the mixture to a perfect composition

Keywords: internal combustion engines, exhaust system, filling ratio, coefficient of residual gas, pressure at the end of release.

АВТОРИ:

ОПАНАСЮК Євген Григорович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій, Житомирський державний технологічний університет, e-mail: amts_oeg@ztu.edu.ua

БЕГЕРСЬКИЙ Дмитро Богданович, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій, Житомирський державний технологічний університет, e-mail: begerskiy@gmail.com

ОПАНАСЮК Олександр Євгенович, пошукач кафедри автомобілів і транспортних технологій, Житомирський державний технологічний університет, e-mail: amts_oeg@ztu.edu.ua

АВТОРЫ:

ОПАНАСЮК Евгений Григорьевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автомобилей и транспортных технологий, Житомирский государственный технологический университет, e-mail: amts_oeg@ztu.edu.ua

БЕГЕРСКИЙ Дмитрий Богданович, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и транспортных технологий, Житомирский государственный технологический университет, e-mail: begerskiy@gmail.com

ОПАНАСЮК Александр Евгениевич, соискатель кафедры автомобилей и транспортных технологий, Житомирский государственный технологический университет, e-mail: amts_oeg@ztu.edu.ua

AUTHORS:

Eugen OPANASIUK, Ph.D. in Engineering, Assoc. Professor of cars and transport technologies Department, Zhytomyr State Technological University, e-mail: amts_oeg@ztu.edu.ua

Dmitry BEHERSKYY, Ph.D. in Engineering, Assoc. Professor of cars and transport technologies Department, e-mail: begerskiy@gmail.com

Alexander OPANASIUK., Applicant of cars and transport technologies Department, e-mail: amts_oeg@ztu.edu.ua