

ВПЛИВ ПРОФІЛЮ ВПУСКНОГО КУЛАЧКА НА ЕФЕКТИВНІ ПОКАЗНИКИ БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА

Слинько Г.І.¹, Оглуздін С.Ю.², Сухонос Р.Ф.^{1✉}, Слинько В.В.¹

¹ Національний університет «Запорізька політехніка», Україна

² АТ «Мотор Січ», Україна

Анотація

Ключові слова:

діаграма часу-перетину клапана, коефіцієнт залишкових газів, коефіцієнт наповнення, кулачок розподільного валу

Метою роботи є дослідження впливу зміни профілю кулачків розподільного валу на ефективні показники двигуна малолітражного автомобіля для драг-рейсінгу. Дослідження виконувалось за 4-етапною розрахунковою методикою. Наукова новизна роботи: встановлено величину впливу повного часу-перерізу впускного клапану (зміненого за рахунок збільшення площі профілю кулачка – збільшення дуги у вершині кулачка, збільшення дуг при підйомі та при опусканні кулачка) на коефіцієнт наповнення та ефективні показники 4-тактного двигуна з іскровим запалюванням, що працює на номінальному режимі. Результати досліджень можуть використовуватись при модернізації серійних двигунів при їх підготовці до автоперегонів; при проектуванні нових двигунів для спортивних автомобілів; в навчальному процесі студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування».

Вступ

Сукупність параметрів газорозподільного механізму (ГРМ) є одним з факторів, що обмежують ефективність 4-тактних двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) на різних режимах. Форма профілю впускного та випускного кулачків розподільного валу, а також їх положення між собою можуть забезпечити двигуну більшу ефективність лише на певних режимах роботи. Більша частина сучасних ДВЗ для легкових автомобілів, особливо малолітражних, налаштована на роботу на малих та середніх обертах («міський режим»). Для використання таких ДВЗ для автомобільних перегонів, коли переважають режими роботи на великих обертах, необхідно оптимізувати фази газорозподілу, в тому числі робити кулачки більш широкими, змінювати кут між кулачками. При цьому суттєво змінюються ефективні показники ДВЗ. Це актуальне питання і розглянуто в даній роботі.

Розроблена методика дослідження впливу зміни профілю кулачків розподільного валу на ефективні показники бензинового атмосферного двигуна, яка може бути використана при підготовці спортивних автомобілів для драг-рейсінгу класу SL;

За результатами досліджень встановлено

величину впливу повного часу-перерізу впускного клапану (зміненого за рахунок збільшення площі профілю кулачка – збільшення дуги у вершині кулачка, збільшення дуг при підйомі та при опусканні кулачка) на коефіцієнт наповнення та ефективні показники (потужність N_e , питома витрата палива g_e , середній тиск p_e , ККД η_e) 4-тактного двигуна з іскровим запалюванням, що працює на номінальному режимі.

Актуальність досліджень

Питання впливу параметрів ГРМ на ефективність ДВЗ на різних режимах вивчалось багатьма вченими. Цей вплив значно залежить від конструктивних особливостей кожного окремого ДВЗ, тобто необхідно враховувати багато чинників, тому розрахункові моделі зазвичай достатньо складні.

Тому в даній роботі поставлено наступні задачі:

- визначити вплив профілю кулачка розподільного валу на ефективний переріз клапанних органів 4-тактного бензинового двигуна;
- визначити вплив профілю впускного кулачка розподільного валу на величини коефіцієнта наповнення η_v та коефіцієнт залишкових

газів γ_r бензинового ДВЗ;

– визначити та дослідити вплив профілю впускного кулачка на ефективні показники бензинового 4-тактного 4-циліндрового ДВЗ для легкового автомобіля.

Викладення основного матеріалу

Дослідження впливу зміни профілю кулачків розподільного валу на ефективні показники бензинового двигуна для драг-рейсінгу виконуємо за розробленою методикою, яка композиційно складається із 4-х основних розрахункових блоків:

1) Розрахунок механізму газорозподілу базового двигуна за методикою та згідно до рекомендацій [1].

Розраховано розміри прохідних перерізів у сідлі клапана та у горловині, визначено максимальну висоту підйому клапана $h_{max} = 7,05$ мм. Після цього побудовано профіль випуклого кулачка із симетричним профілем, далі побудовано діаграми підйому, швидкості та прискорення штовхача (рис. 1). На основі отриманих даних розраховано та побудовано діаграму часу-перетину клапана (рис. 2). Головним результатом розрахунку є величина повного часу-перерізу клапана $A = 1,229$ мм²·с.

2) Розрахунок системи впуску базового двигуна за методикою та згідно до рекомендацій [2].

Знаючи характеристики двигуна та його системи газорозподілу, розраховано ряд показників повітря на впуску: швидкість звуку за нормальних умов $a_s = 343,1$ м·с⁻¹; критерій Струхалія $S_h = 0,045$; критерій, який характеризує середню швидкість течії через щілину впускного клапана 1,166. Далі розраховано геометричні розміри впускного колектора: діаметр $d = 0,039$ м та ефективну довжину трубопроводу $L = 0,319$ м.

Головним результатом 2-го розрахункового блоку є значення коефіцієнта наповнення $\eta_v = 0,724$ та коефіцієнта залишкових газів $\gamma_r = 0,06$.

3) Розрахунок термодинамічного циклу двигуна на номінальному режимі при відомих значеннях η_v і γ_r . Результатом теплового розрахунку є індикаторні та ефективні показники двигуна. Тепловий розрахунок виконуємо за допомогою комп'ютерної програми Engine Calculation [3, 4]. Дані для введення в програму обираються з технічної характеристики двигуна та розраховано за методикою [5].

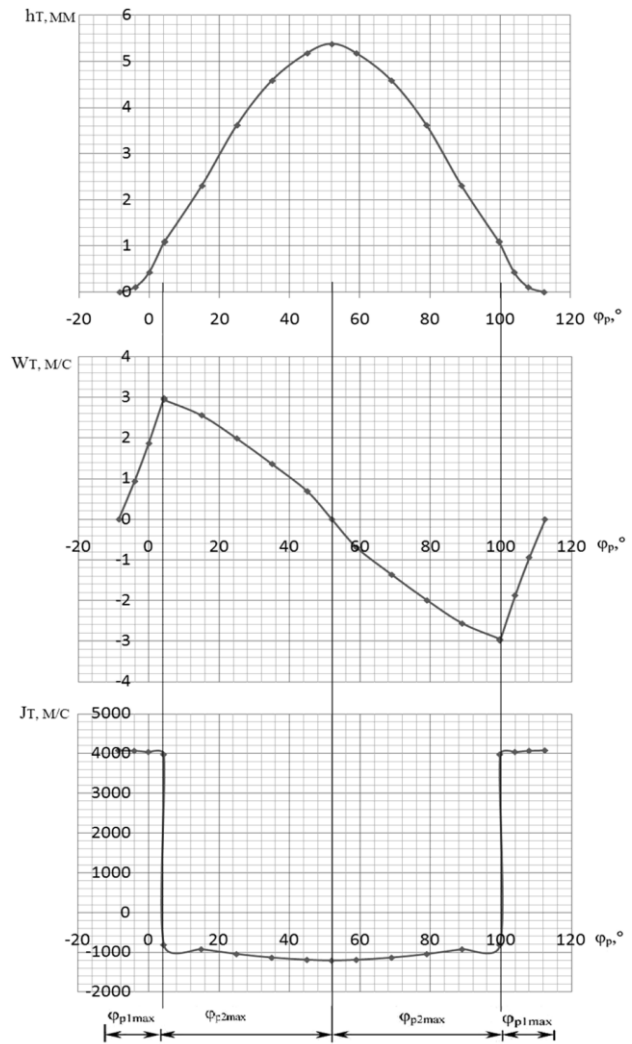


Рисунок 1. Діаграма підйому h_r , швидкості W_t та прискорення J_t штовхача від кута повороту розподільного валу

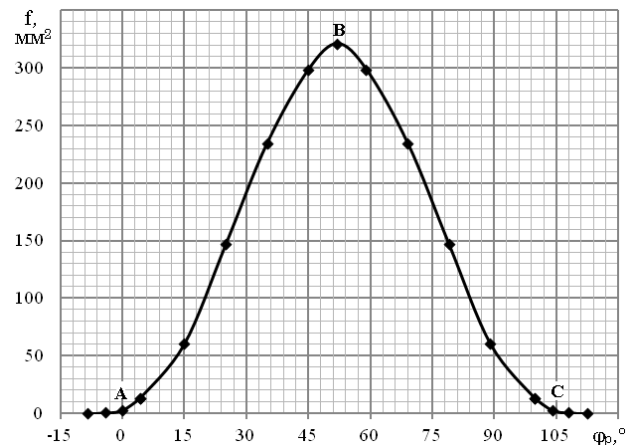


Рисунок 2. Діаграма часу-перетину клапана

4) Для забезпечення кращого наповнення на великих обертах двигуна змінено профіль кулачка впускного клапана – змінюємо діаграму часу-перетину клапана (рис. 3). Кулачок робиться більш «широким».

За зміненими діаграмами часу-перерізу

клапана (рис. 4) розраховано величини повного часу-перерізу клапана, та відповідні їх величини η_v (табл. 1). Порівнюючи отримані результати, бачимо, що для двигуна з дослідним кулачком № 2 величина коефіцієнта наповнення η_v більше на 0,011 (на 1,52 %), а з дослідним кулачком № 3 – більше на 0,022 (на 3,04 %) відносно значення базового двигуна ($\eta_v = 0,724$).

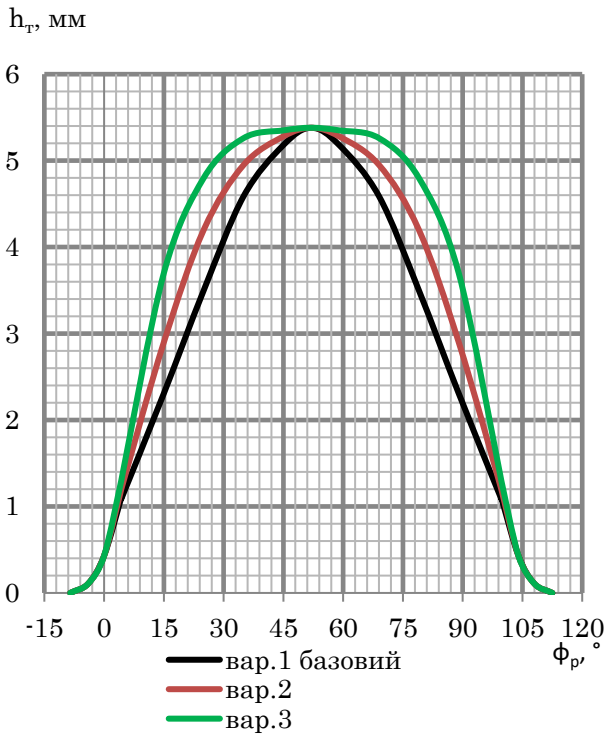


Рисунок 3. Діаграма підйому штовхача від кута повороту розподільного валу

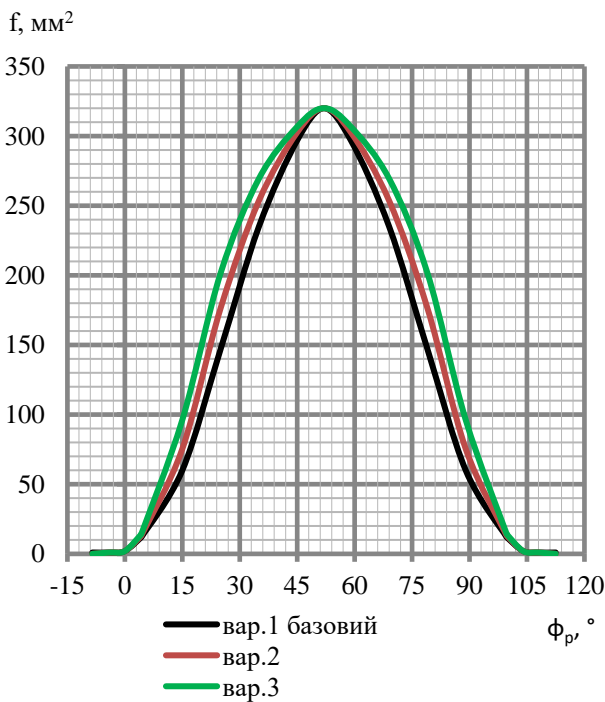


Рисунок 4. Діаграма часу-перетину клапана

Таблиця 1. Порівняльна таблиця результатів

Назва розрахункових характеристик	Розрахункові значення характеристик за варіантами кулачків розподільного валу		
	№ 1 (базовий)	дослідницькі	
		№ 2	№ 3
A, мм ² ·с	1,229	1,288	1,344
η_v	0,724	0,735	0,746

Далі вже безпосередньо досліджено вплив зміни профілю кулачків розподільного валу на ефективні показники двигуна (табл. 2).

Таблиця 2. Ефективні показники двигуна на номінальному режимі, при різних впускних кулачках розподільного валу

Назва розрахункових характеристик	Розрахункові значення характеристик за варіантами кулачків розподільного валу		
	№ 1 (базовий)	дослідницькі	
		№ 2	№ 3
N_e , кВт	52,28	53,12	53,97
p_e , МПа	0,816	0,829	0,842
g_e , кг/(кВт·год)	0,2790	0,2789	0,2786
η_e	0,341	0,342	0,342

Висновки

З отриманих результатів (табл. 2) випливає, що збільшення площі прохідного перерізу клапана для дослідного кулачка (вар. № 3) порівняно з базовим кулачком № 1 забезпечує наступні зміни показників двигуна на номінальному режимі:

- ефективна потужність двигуна N_e зростає на 3,23 %;
- середній ефективний тиск p_e зростає на 3,19 %;
- ефективна питома витрата палива g_e зменшується на 0,14 %;
- ефективний ККД двигуна η_e зростає на 0,29 %.

Профіль дослідного кулачка (вар. № 3) забезпечує кращі характеристики двигуна для драг-рейсінгу при роботі на номінальному режимі (при $n = 5800$ хв⁻¹), ніж базовий кулачок (вар. № 1) і дослідницький кулачок (вар. № 2)

Література

[1] Колчин А.И., Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: Учеб. пособие для вузов. 4-е изд., стер. М.: Высш. шк., 2008. 496 с.

[2] Харитонов, В.В. Повышение коэффициента наполнения двигателя с учетом требований регламента «FS»: маг. диссертация. Тольятти, 2018. 81 с.

[3] Слинько Г.І., Сухонос Р.Ф., Иванов П.Є. Комп'ютерна програма для теплового розрахунку робочого циклу двигуна внутрішнього згорання. Інформаційні технології: теорія і практика: II Всеукр. Інтернет-конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених, 4 квітня 2019 р.: Матеріали. Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. С. 96–97.

[4] Slynko G., Sukhonos R., Ivanov P. Computer Program for Calculation of the Operating Cycle of Internal Combustion Engine. Тиждень науки-2019. Транспортний факультет: щоріч. наук.-практ. конф., 15-19 квітня 2019 р. : тези доп. / Редкол.: В.В. Наумик (відпов. ред.). Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. С. 74–75.

[5] Методичні вказівки до курсового проекту з дисципліни «Теорія ДВЗ» для студентів спеціальності 7(8).05050304 «Двигуни внутрішнього згорання» всіх форм навчання / Укл.: Г.І. Слинько, Я.О. Єгоров. Запоріжжя: ЗНТУ, 2015. 50 с.

Віра Слинько, старший викладач кафедри «Двигуни внутрішнього згорання», НУ «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна, [ORCID ID: 0000-0002-4553-8387](https://orcid.org/0000-0002-4553-8387).



Відомості про авторів

Георгій Слинько, д.т.н., професор, завідувач кафедри «Двигуни внутрішнього згорання», НУ «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна, [ORCID ID: 0000-0002-1954-8530](https://orcid.org/0000-0002-1954-8530).



Сергій Оглуздін, магістр, майстер цеху, АТ «Мотор Січ», Запоріжжя, Україна.



Роман Сухонос, магістр, старший викладач кафедри «Двигуни внутрішнього згорання», НУ «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна, [ORCID ID: 0000-0001-9683-3389](https://orcid.org/0000-0001-9683-3389).

