

# ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СКЛАДУ БЕНЗИНОВОДОМЕТАНОЛЬНОЇ ПАЛИВНОЇ СУМІШІ НА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ 4-ТАКТНОГО ДВЗ НА ЧАСТКОВОМУ РЕЖИМІ

## Вступ

Додавання дистильованої води і метилового спирту (метанолу) до паливоповітряної суміші двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) часто використовується для додаткового охолодження двигуна і тимчасового підвищення його характеристик (форсажу). Цей спосіб набув широкого поширення на авіаційних двигунах під час Другої світової війни. Завдяки відносно великій теплоємності води при її додаванні охолоджується впускне повітря і елементи системи впуску, що дозволяє конструктивно підвищити ступінь стиснення без виникнення детонації. Це, а також збільшене октанове число спирту зменшує термічне навантаження на деталі двигуна. При згорянні паливо-повітряної суміші краплі води, що знаходяться в ній, скипають, при цьому утворюється пара, що збільшує індикаторний тиск в циліндрах.

Таким чином, впорскування дистильованої води і метанолу – це можливість віддалити момент появи детонації, що дозволяє підняти тиск в циліндрах і тим самим підвищити ККД двигуна. За умови світових тенденцій економії нафти та газу і жорстких екологічних вимог до ДВЗ, на думку багатьох вчених, використання спиртових палив є перспективним. Вирішення проблем, пов'язаних з прогресуючим зниженням розвіданих запасів нафти на Землі та необхідністю у підвищенні ефективних показників ДВЗ, вимагає нових зважених підходів, заснованих на використанні альтернативних видів палива та їх сумішей для роботи ДВЗ.

## Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Науково-дослідні установи та моторобудівні підприємства багатьох країн світу вже кілька десятиліть проводять дослідження, спрямовані на покращення техніко-економічних показників ДВЗ і заміну традиційних рідких вуглеводневих палив, зокрема, спиртами [1].

До теперішнього часу роботи по впровадженню на автотранспорті спиртових палив постійно розширювалися і, якщо в початковий період вони проводилися переважно з метою підвищення потужності двигунів, то в подальшому набули більшого значення через можливу економію обмежених нафтових ресурсів і зниження негативного впливу відпрацьованих газів ДВЗ на навколишнє середовище [2]. Серед різних спиртів і їх сумішей найбільшого поширення в якості моторного палива отримали метанол і етанол.

Високі антидетонаційні якості визначають переважне використання спиртів у ДВЗ з примусовим (іскровим) запалюванням. При цьому при переведенні автомобілів на роботу на чистих спиртах (або на паливах із високим вмістом спирту) необхідно проводити ряд заходів: збільшення місткості паливного бака (для збереження міжзаправочного пробігу), збільшення ступеня стиснення двигуна до 12...15 з метою повного використання детонаційної стійкості палива, заміна окремих деталей на виготовлені з корозійностійких матеріалів, зміна регулювань системи живлення на більш високу витрату палива (відповідно до стехіометрії) і більшу ступінь збіднення суміші.

На автомобільному транспорті метиловий або деревинний спирт (метанол) спершу набув поширення на гоночних автомобілях завдяки високому октановому числу (понад 105 одиниць за дослідницьким методом) і низькій пожежонебезпеці. Метанол може використовуватися в чистому вигляді або у суміші з бензином (наприклад, паливо М85 – 85 % метанолу, 15 % бензину).

Об'ємна і масова енергоємність (теплота згорання) спиртів на 40...50 % нижче в порівнянні з бензином. Але при цьому теплопродуктивність спиртоповітряних і паливоповітряних сумішей при їх згоранні в ДВЗ відрізняється менш суттєво. Високе значення теплоти випаровування спирту сприяє покращенню наповнення циліндрів двигуна, зниженню його теплонавантаження, підвищенню повноти згорання спиртоповітряної суміші, що в результаті сприяє зростанню потужності двигуна на 10...15 % [2].

З енергетичної точки зору переваги спиртів полягають головним чином у високому ККД робочого процесу і високій детонаційній стійкості. Величина ККД спиртового двигуна вище бензинового у всьому діапазоні робочих сумішей, завдяки чому питома витрата енергії на одиницю потужності знижується.

Головним експлуатаційним недоліком спиртобензинової суміші є її підвищена схильність до розшарування при потраплянні до суміші води. Зі збільшенням її змісту на 0,01...0,02 % в бензинах, що містять 5...15 % метанолу, температура помутніння (розшарування) підвищується на 5...10 °С. Це змушує використовувати в їх складі спеціальні стабілізатори (складні спирти, сивушні масла і т.п.).

Поряд з позитивною екологічною ефективністю використання спиртових сумішей слід зазначити і такі негативні явища, як підвищені викиди альдегідів (для метанолу характерні викиди формальдегіду) і випаровування вуглеводневих сполук. Мінімальні викиди альдегідів відповідають стехіометричному складу

паливної суміші і зростають при її збідненні або збагаченні. В середньому викиди альдегідів при роботі на спиртах приблизно в 2...4 рази більші, ніж при роботі двигуна на бензині. Їх викиди знижуються при добавці до спиртів води (до 5 %) і присадок до палива (до 0,8 % аніліну), підігрівом повітря у системі впуску.

Численні дослідження показали принципову можливість застосування метанолу в якості добавки до бензину. Це підвищує октанове число паливної суміші, покращує процес згорання палива завдяки утворенню радикалів, що активують ланцюгові реакції окислення. В дослідженні [3], застосування метанолу в якості добавки до бензину позитивно впливає на зміни крутного моменту та ефективної потужності бензинового ДВЗ. Однак паливна економічність дещо знижується, в той же час екологічні показники продуктів згорання поліпшуються. При додаванні метанолу в малих кількостях (до 5 %) не виникає необхідності в зміні конструкції двигунів. При більшому вмісті метанолу в бензині вже потрібні конструктивні зміни двигунів і заміна матеріалів окремих деталей системи живлення.

Є значний досвід експлуатації автомобілів ЗІЛ-130 на бензині БМ-15 зі стабілізатором. Для забезпечення стабільності бензинів з метанолом при виробництві, зберіганні та застосуванні необхідно запобігати потраплянню в них води; використовувати стабілізуючі добавки; вводити метанол в бензин безпосередньо перед заправкою автомобіля [4].

Горючу суміш БМ необхідно збагачувати: для згорання 1 кг метанолу потрібно 6,7 кг повітря, а для згорання 1 кг бензину – 14,7 кг. У випадку інжекторного двигуна при використанні палива БМ необхідно перепрограмувати електронний блок керування, на карбюраторних двигунах достатньо зміни регулювань карбюратора гвинтами [5].

Наукові роботи щодо визначення впливу метанолу або метанолу з водою на техніко-економічні показники ДВЗ стосуються переважно експериментальних двигунів, налаштованих для отримання найкращих результатів. Результати досліджень щодо ефективності використання метанолу на серійних ДВЗ, в тому числі застарілих конструкцій, не пристосованих для цього, практично відсутні.

#### **Мета і завдання дослідження**

В роботі вирішуються наступні задачі:

- за допомогою програмного комплексу ДИЗЕЛЬ-РК визначити вплив добавки метанолу та води на ефективні показники бензинового ДВЗ з іскровим запалюванням;
- переобладнати ДВЗ з іскровим запалюванням для роботи на паливах «бензин-метанол-вода» різного складу та провести експериментальні дослідження;
- експериментально визначити вплив добавки метанолу та води (в різних пропорціях) на ефективні показники бензинового ДВЗ з іскровим запалюванням;
- визначити оптимальне співвідношення компонентів палива «бензин-метанол-вода» для двигуна ВА3-2101.

#### **Матеріали та методи досліджень**

##### *Методика досліджень*

Для визначення впливу складу бензино-метаноло-водяної паливної суміші на показники чотиритактного двигуна внутрішнього згорання підготовлено декілька сумішей з різною концентрацією компонентів.

Досліджувані концентрації водометанольної суміші:

- суміш А – 25 % метанолу та 75 % води;
- суміш Б – 50 % метанолу та 50 % води;
- суміш В – 75 % метанолу та 25 % води.

Досліджувані концентрації водометанольної суміші з бензином:

- А7,5 – 92,5 % бензину та 7,5 % суміші А;
- А15 – 85 % бензину та 15 % суміші А;
- Б7,5 – 92,5 % бензину та 7,5 % суміші Б;
- Б15 – 85 % бензину та 15 % суміші Б;
- В7,5 – 92,5 % бензину та 7,5 % суміші В;
- В15 – 85 % бензину та 15 % суміші В.

Об'ємний та масовий склад паливних сумішей «бензин-метанол-вода» наведено в таблиці 1.

Згідно до першої із задач дослідження, проведено тепловий розрахунок чотиритактного бензинового двигуна ВА3-2101 за допомогою програмного комплексу «ДИЗЕЛЬ-РК» [6]. За допомогою функції зміни палив задано властивості паливних сумішей відповідно до таблиці 1.

**Таблиця 1** – Перелік досліджуваних сумішей та їх склад (Б – бензин, М – метанол, В – вода)

Паливо чи паливна суміш	Склад досліджуваної суміші у % (за об'ємом)			Склад досліджуваної суміші, г		
	Б	М	В	Б	М	В
Бензин	100	0	0	725	0	0
A7,5	92,5	1,875	5,625	671	14	56
A15	85	3,75	11,25	616	29	111
B7,5	92,5	3,75	3,75	671	29	37
B15	85	7,5	7,5	616	57	74
V7,5	92,5	5,625	1,875	671	43	19
V15	85	11,25	3,75	616	86	37

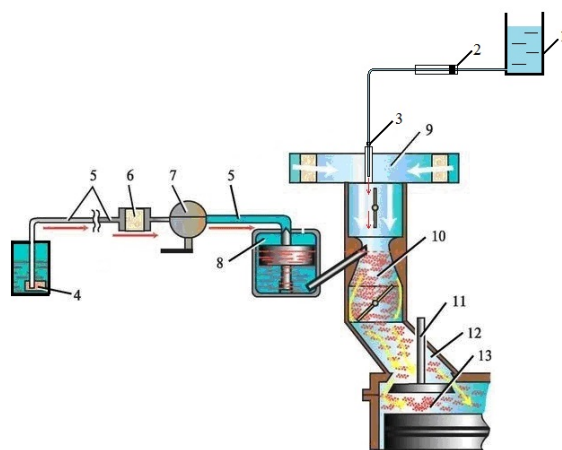
Згідно до поставленої задачі, проведено експериментальне дослідження впливу концентрації водометанольної суміші на техніко-економічні показники 4-тактного ДВЗ з іскровим запалюванням. Експерименти проводились на кафедрі двигунів внутрішнього згорання НУ «Запорізька політехніка» на навантажувальному випробувальному стенді. Об'єкт досліджень – двигун ВА3-2101 в комплектації «нетто» згідно до ГОСТ 14846-81 «Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний». На час проведення експериментів двигун оснащено двокамерним карбюратором 2101-1107010 типу «Вебер». Базове паливо – бензин А-95-Євро5 ДСТУ 7687:2015 з октановим числом 95...96 одиниць. Мاستило в системі мащення 10W-40, охолоджуюча рідина – ТОСОЛ-А40. Проведено налаштування оптимального кута випередження запалювання, кількості та якості паливовітряної суміші при роботі двигуна на бензині. Для різних паливних сумішей ці регулювання не змінювались.

Для проведення необхідного комплексу випробувань наявний двигун було модернізовано:

- до штатної системи впуску в корпус повітряного фільтра було встановлено дозатор для подачі дистильованої води в первинну камеру карбюратора;
- систему паливopодачі змінено так, щоб мати можливість оперативно змінювати мірні ємності з паливними сумішами різного складу.

Схема використаного способу подачі дистильованої води та метанолу з бензином до камери згорання наведена на рисунку 1.

При роботі двигуна бензин з метанолом, у вигляді суміші, подаються з паливної ємності 4 за допомогою насоса 7 через трубопровід 5 і фільтр 6 до поплавкової камери карбюратора 8. При наявності розрідження паливна суміш через жиклер та трубку розпилювача потрапляє в дифузор змішувальної камери 10, де в певній пропорції змішується з повітрям та краплями води. Повітря поступає з атмосфери через повітряний фільтр 9. Дистильована вода під атмосферним тиском з ємності 1 через дозатор 2 та голку 3 подається самопливом до камери 10. Утворена в карбюраторі горюча суміш по впускному трубопроводу 12 повз впускний клапан 11 потрапляє до камери згорання 13, де змішується із залишковими газами в циліндрі.



**Рис. 1.** Схема подачі дистильованої води та метанолу з бензином до карбюраторного ДВЗ:

- 1 – ємність з водою; 2 – дозатор подачі води; 3 – голка; 4 – паливна ємність; 5 – паливopовід;  
 6 – фільтр очищення палива; 7 – паливний насос; 8 – поплавкова камера карбюратора; 9 – повітряний фільтр;  
 10 – змішувальна камера карбюратора; 11 – впускний клапан; 12 – впускний трубопровід; 13 – камера згорання

Крутний момент з двигуна через зчеплення передається на індукторний гальмівний пристрій ІТ-22, який дозволяє створювати навантаження на двигун в широких межах. Джерелом струму для гальма є акумуляторна батарея та генератор двигуна.

Для порівняльної оцінки впливу складу паливної суміші на показники двигуна обрано швидкісну характеристику – графічну залежність основних показників його роботи (потужність  $N_e$ , крутний момент  $M_{кр}$ , годинна  $G_m$  та питома  $g_e$  витрата палива) від частоти обертання  $n$  при сталому положенні дросельної заслінки. Порядок зняття часткової швидкісної характеристики двигуна – згідно до ГОСТ 14846-81, обробка результатів – відповідно до [7].

### Результати розрахунків

Для визначення впливу концентрації водометанольної суміші з бензином на робочий процес і техніко-економічні показники чотиритактного бензинового ДВЗ в програмному комплексі «ДИЗЕЛЬ-РК» проведено тепловий розрахунок двигуна ВА3-2101 на швидкісних режимах від холостого ходу до номінальних обертів ( $5600 \text{ хв}^{-1}$ ) з концентраціями досліджуваної суміші та бензину відповідно до таблиці 1. Результати розрахунків наведені в таблиці 2. Для ілюстрації результатів на рисунку 2 показано графіки потужності та крутного моменту двигуна при роботі на бензині і сумішах А7,5 та А15.

**Таблиця 2** – Розрахункові показники двигуна ВА3-2101 на номінальному режимі при роботі на бензині та бензин-метанол-водяних сумішах різного складу

Показники ДВЗ	Бензин	Суміші з різним вмістом метанолу і води					
		А7,5	А15	Б7,5	Б15	В7,5	В15
Ефективна потужність, кВт	49,353	50,498	52,012	50,536	51,654	50,397	51,394
Крутний момент, Н·м	84,165	86,118	88,699	86,182	88,088	85,944	87,645
Циклова подача палива, мг	22,18	23,68	26,07	23,45	25,34	23,16	24,68
Питома ефективна витрата палива, г/(кВт·год)	301,97	297,79	319,62	294,53	312,47	291,43	305,53
Середній індикаторний тиск, бар	11,35	11,585	11,897	11,591	11,820	11,561	11,763
Середній ефективний тиск, бар	8,831	9,036	9,306	9,042	9,242	9,017	9,196
Ефективний ККД	0,2710	0,2720	0,2731	0,2720	0,2728	0,2719	0,2726
Індикаторний ККД	0,3483	0,3488	0,3491	0,3487	0,3489	0,3486	0,3487
Механічний ККД	0,7780	0,7799	0,7822	0,7801	0,7819	0,7800	0,7817

Узагальнивши результати розрахунків можна зробити наступні висновки:

- застосування сумішей А7,5 та А15 позитивно впливає на ефективну потужність та крутний момент двигуна, збільшуючи їх на 2,4 % та 5,5 % відповідно, в порівнянні з використанням бензину на номінальному режимі роботи двигуна.

- при застосуванні суміші А7,5 зменшується питома витрата палива на 2 %, а годинна витрата палива збільшується на 0,5 %. При застосуванні суміші А15 збільшується питома витрата палива на 5 % та годинна витрата палива зростає на 10 %, що є негативною ознакою цієї суміші.

- застосування суміші Б7,5 дає позитивний вплив на ефективну потужність, збільшуючи її на 2,3 %, та на крутний момент двигуна, збільшуючи його на 2,6 %, при застосуванні суміші Б15 також збільшується ефективна потужність та крутний момент двигуна на 5 % та 5,5 % відповідно, в порівнянні з базовим використанням бензину.

- при застосуванні суміші В7,5 зменшується питома витрата палива на 3 % та зменшується годинна витрата палива на 0,7 %. При застосуванні суміші В15 збільшується питома витрата палива та годинна витрата палива зростає на 3 % та 8 % відповідно, що також є негативною ознакою цієї суміші.

Узагальнивши результати розрахунків можна зробити наступні висновки:

- застосування сумішей А7,5 та А15 позитивно впливає на ефективну потужність та крутний момент двигуна, збільшуючи їх на 2,4 % та 5,5 % відповідно, в порівнянні з використанням бензину на номінальному режимі роботи двигуна;

- при застосуванні суміші А7,5 зменшується питома витрата палива на 2 %, а годинна витрата палива збільшується на 0,5 %. При застосуванні суміші А15 збільшується питома витрата палива на 5 % та годинна витрата палива зростає на 10 %, що є негативною ознакою цієї суміші;

- застосування суміші В7,5 дає позитивний вплив на ефективну потужність, збільшуючи її на 2,3 %, та на крутний момент двигуна, збільшуючи його на 2,6 %, при застосуванні суміші В15 також збільшується ефективна потужність та крутний момент двигуна на 5 % та 5,5 % відповідно, в порівнянні з базовим використанням бензину;

- при застосуванні суміші В7,5 зменшується питома витрата палива на 3 % та зменшується годинна витрата палива на 0,7 %. При застосуванні суміші В15 збільшується питома витрата палива та годинна витрата палива зростає на 3 % та 8 % відповідно, що також є негативною ознакою цієї суміші;

- при застосуванні суміші В7,5 збільшується ефективна потужність на 2,1 %, також збільшується крутний момент двигуна на 2,4 %, а при застосуванні суміші В15 ефективна потужність та крутний момент двигуна збільшуються на 4,5 % та 5 % відповідно, в порівнянні з використанням бензину на номінальному режимі роботи двигуна;

- при застосуванні суміші В7,5 питома витрата палива зменшується на 4 %, а годинна – на 1,6 %. При застосуванні суміші В15 питома витрата палива збільшується на 0,8 %, а годинна – на 5 %.

Отримані результати цілком пояснюються положеннями теорії ДВЗ та досліджень [8, 9]. Додавання води в склад паливної суміші позитивно впливає на збільшення коефіцієнта наповнення та зменшення коефіцієнта залишкових газів у циліндрі. Застосування метанолу збільшує швидкість горіння палива, що позитивно впливає на потужність ДВЗ.

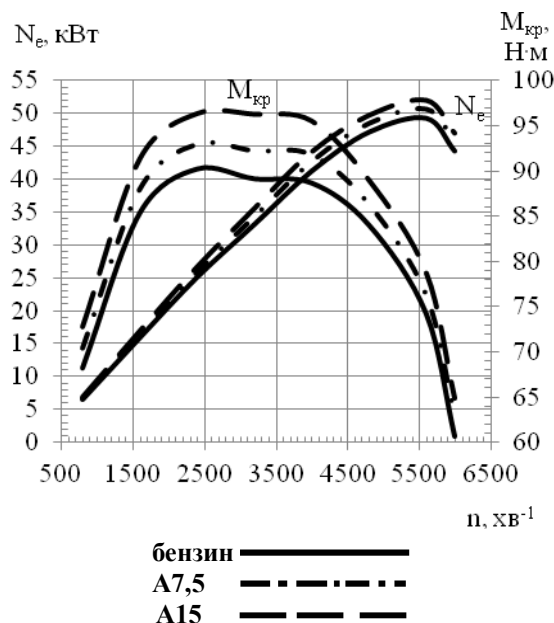


Рис. 2. Розрахункова зовнішня швидкісна характеристика (потужність  $N_e$  та крутний момент  $M_{кр}$ ) двигуна ВАЗ-2101 при роботі на бензині і сумішах А7,5 та А15

### Експерименти

Проведено ряд експериментів щодо впливу палива із різним вмістом води та метанолу на показники двигуна ВАЗ-2101. При зміні паливної суміші налаштування двигуна залишались незмінними. Під час зняття показників педаль керування дроселем була зафіксована натиснутою на 45 %. Випробування проходили за наступних атмосферних умов: тиск 102,1 кПа, температура 24,5 °С, відносна вологість 93 %. Під час проведення експерименту реєстровано дані за наступними характеристиками: частота обертання колінчастого валу  $n$ ,  $xv^{-1}$ ; показники гальмівного пристрою  $P_{ваз}$ , кгс; час витрати дози палива  $\tau$ , с; тиск оливи  $P_m$ , бар; температура охолоджуючої рідини  $t_{ох}$ , °С; струм гальмівного пристрою  $I_m$ , А; тиск у впускному колекторі  $P_{вак}$ , Па.

За результатами випробувань розраховано показники двигуна (ефективна потужність  $N_e$ ; крутний момент  $M_{кр}$ ; питома витрата палива  $g_e$ ; годинна витрата палива  $G_m$ ) та побудовані часткові швидкісні характеристики ВАЗ-2101 (див. рисунки 3–6).

Як видно з графіка (див. рис. 3), використання сумішей В7,5, А15, В7,5, А7,5 має позитивний вплив на ефективну потужність двигуна ВАЗ-2101 при незначних змінах в конструкції. При застосуванні суміші В7,5

двигун розвиває 12,8 кВт потужності при номінальних обертах 3300 хв<sup>-1</sup>, що більше на 1,9 кВт від базового двигуна з бензином. При застосуванні суміші А15 двигун видає 12,47 кВт при номінальних обертах 2900 хв<sup>-1</sup>. Застосування сумішей А7,5 та В7,5 дає змогу отримати 11,24 кВт та 12,3 кВт потужності при номінальних обертах 2500 хв<sup>-1</sup> та 2700 хв<sup>-1</sup> відповідно.

Застосування сумішей В15 та В15 дає негативний вплив на ефективну потужність двигуна, тому для використання цих сумішей потрібне переналаштування карбюратора: змінити регулювання кількості та якості подачі палива.

Як видно з графіка (див. рис. 4), використання сумішей В7,5; А15; В7,5; А7,5 дає позитивний вплив на крутний момент чотиритактного ДВЗ. При застосуванні суміші А15 двигун видає 58,86 Н·м крутного моменту при обертах колінчастого валу 1300 хв<sup>-1</sup>, що більше на 5,89 Н·м від базового двигуна з бензином. При застосуванні суміші В7,5 двигун видає 57,09 Н·м при обертах 1200 хв<sup>-1</sup>. Застосування сумішей А7,5 та В7,5 дає змогу отримати 54,74 Н·м та 57,09 Н·м крутного моменту при обертах колінчастого валу 1000 хв<sup>-1</sup> та 900 хв<sup>-1</sup> відповідно.

Застосування сумішей В15 та В15 дає негативний вплив на крутний момент двигуна, тому для використання цих сумішей потрібне переналаштування кількості та якості суміші гвинтами карбюратора.

З графіка (див. рис. 5) видно, що використання сумішей дає позитивний вплив на питому витрату палива чотиритактного ДВЗ. При застосуванні різних сумішей питома витрата палива знижується до 25 г/(кВт·год) при частоті обертання колінчастого валу 1500 хв<sup>-1</sup> в порівнянні з базовим двигуном, який має питому витрату палива 345 г/(кВт·год) при частоті обертання колінчастого валу 1500 хв<sup>-1</sup>.

Використання сумішей В7,5 та А15 збільшує годинну витрату палива двигуна (див. рис. 6) приблизно на 0,15 кг/год та 0,5 кг/год при частоті обертання колінчастого валу 3000 хв<sup>-1</sup> відповідно. При застосуванні сумішей А7,5; В7,5; В15 та В15 годинна витрата палива зменшується до 1,0 кг/год при 3000 хв<sup>-1</sup>.

При застосуванні сумішей В15 та В15 зменшується годинна витрата палива, що пояснюється збідненою сумішшю, на якій працював двигун, адже для згорання 1 кг метанолу потрібно 6,7 кг повітря, а для згорання 1 кг бензину потрібно 14,7 кг повітря.

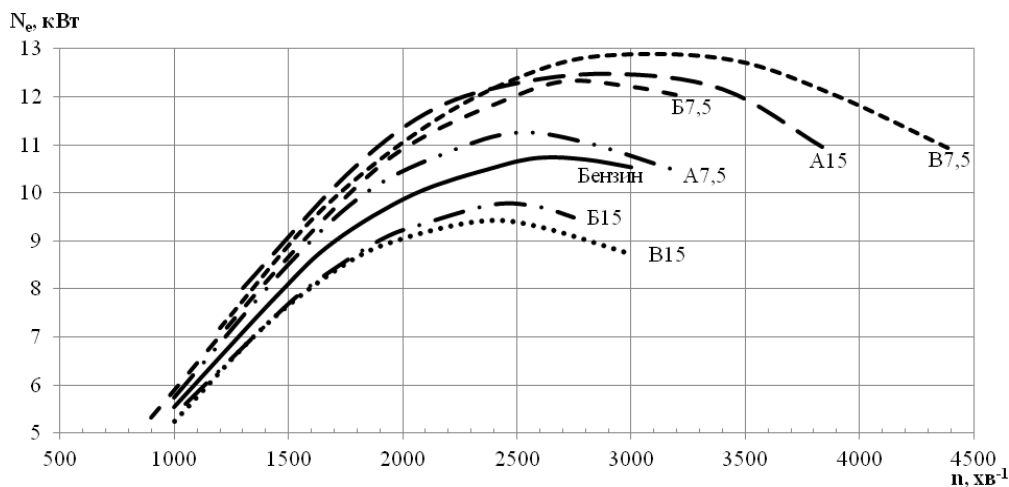
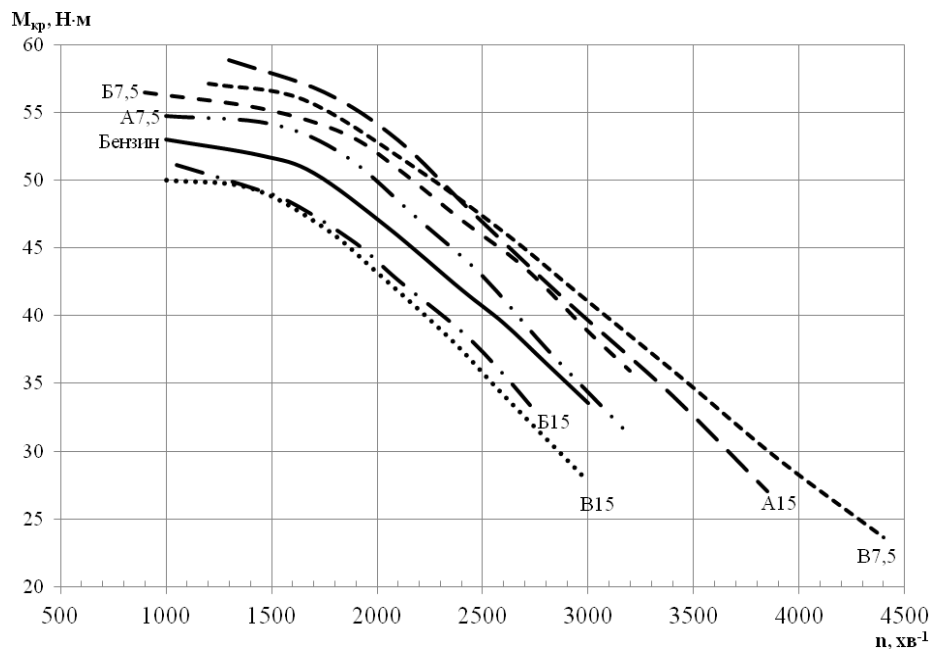


Рис. 3. Порівняння ефективної потужності базового та модернізованого двигуна на різних сумішах від кількості обертів колінчастого валу

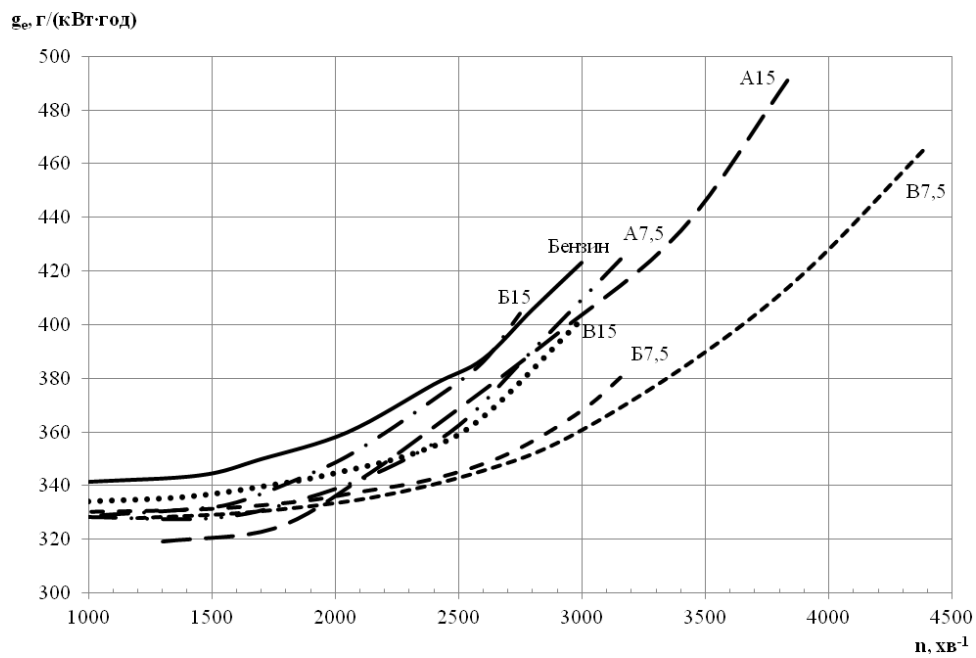
### Результати досліджень

Для порівняння теоретичних та експериментальних даних показників потужності та економічності двигуна при роботі на частковому навантажувальному режимі на сумішевих паливах різного складу побудовано гістограми, де представлені значення ефективної потужності (див. рис. 7) та питомої витрати палива (див. рис. 8).

З рисунків 7 та 8 видно, що результати теоретичних та експериментальних досліджень відрізняються в межах ± 1,24 %, що є прийнятним.



**Рис. 4.** Порівняння крутного моменту базового та модернізованого двигуна на різних сумішах від кількості обертів колінчастого валу



**Рис. 5.** Порівняння питомої витрати палива базового та модернізованого двигуна на різних сумішах від кількості обертів колінчастого валу

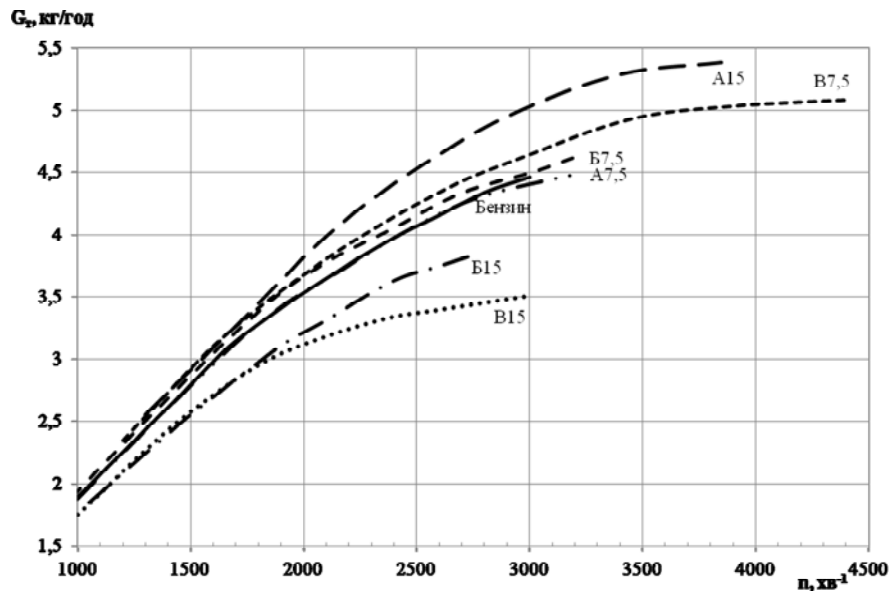


Рис. 6. Порівняння годинної витрати палива базового та модернізованого двигуна на різних сумішах від кількості обертів колінчастого валу

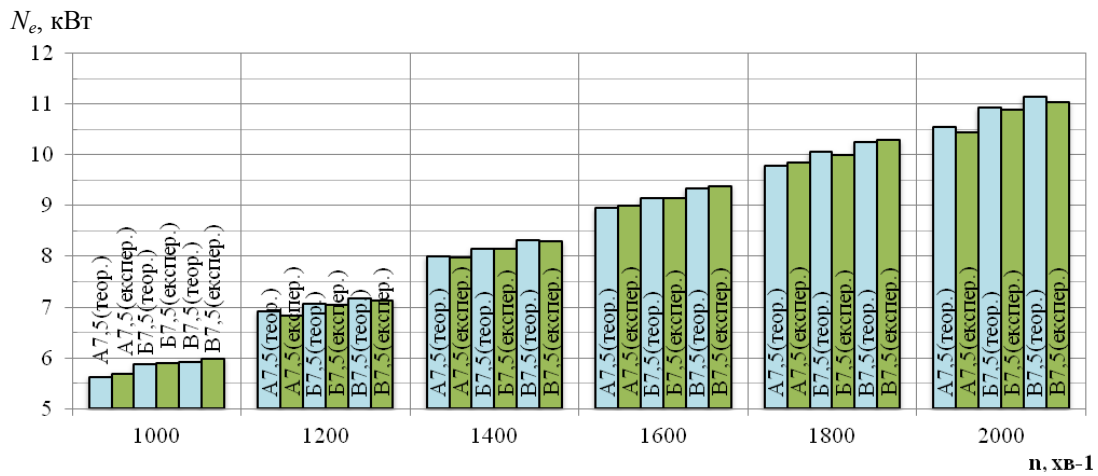


Рис. 7. Порівняння теоретичних та експериментальних даних ефективної потужності

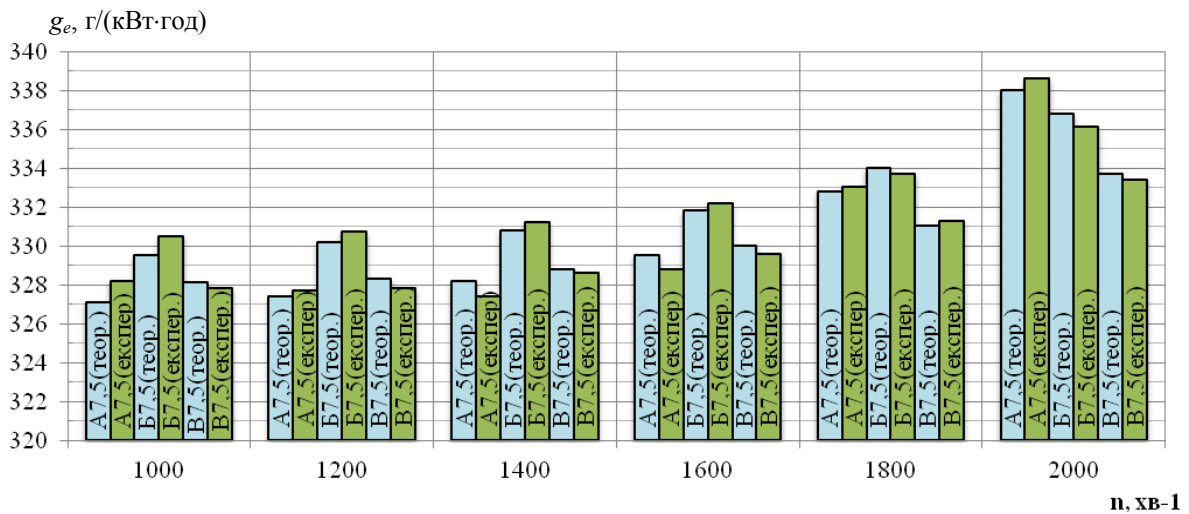


Рис. 8. Порівняння теоретичних та експериментальних даних питомої витрати палива



## Висновки

Аналіз існуючих видів палива, а також методів і засобів для поліпшення техніко-економічних показників чотиритактних бензинових двигунів підтвердив ефективність застосування водометанольних сумішей з бензином та актуальність дослідження питання.

Виконано тепловий розрахунок та проведено моделювання роботи двигуна на паливній сумішах різного складу в програмному комплексі ДИЗЕЛЬ-РК. Додавання дистильованої води та метанолу до бензину позитивно впливають на робочий процес чотиритактного ДВЗ з іскровим запалюванням, збільшуючи тиск в циліндрі та індикаторну роботу двигуна до 7 %, в залежності від концентрації дистильованої води та метанолу в паливі.

Виконано розрахунково-теоретичний аналіз параметрів робочого циклу і показників роботи чотиритактного карбюраторного двигуна ВА3-2101 при роботі за зовнішньою характеристикою та з частковим навантаженням на бензині та паливній суміші «бензин-метанол-вода». Виконано стендові дослідження бензинового двигуна ВА3-2101 при подачі водометанольної суміші різного складу. Отримано залежності ефективної потужності  $N_e$ , крутного моменту  $M_{кр}$ , питомої  $g_e$  та годинної  $G_t$  витрати палива бензинового двигуна і двигуна з подачею води та метанолу при роботі по частковій швидкісній характеристиці.

На всіх режимах роботи двигуна відзначалося поліпшення ефективних показників при застосуванні 7,5 % сумішей в порівнянні з базовими характеристиками. При застосуванні 15 % сумішей, окрім суміші А15, відзначалося погіршення ефективних показників. Найбільшу ефективну потужність дає використання суміші В7,5 (12,8 кВт) при  $n = 3300 \text{ хв}^{-1}$ . Найбільший крутний момент дає використання суміші А15 (58,86 Н·м) при  $n = 1300 \text{ хв}^{-1}$ , та найменшу питому витрату палива (320 г/(кВт·год) при  $n = 1800 \text{ хв}^{-1}$ ). Під час лабораторних досліджень виявлено нестабільну роботу двигуна при застосуванні суміші А15 та більш «м'яку» роботу при застосуванні суміші В7,5.

Загалом встановлено, що зі збільшенням вмісту метанолу у паливі необхідне переналаштування карбюратора, також бажано регулювати кут випередження запалювання.

Порівняльна характеристика теоретичних і експериментальних даних показала, що ефективна потужність та крутний момент двигуна збільшуються при застосуванні сумішей А7,5; В7,5; В7,5 до 15 %, в залежності від концентрації водометанольної суміші з бензином, а питома витрата палива зменшується до 10 %. Виходячи з результатів досліджень, найкращі показники ефективної потужності, крутного моменту та питомої витрати палива забезпечуються при використанні суміші В7,5 (92,5 % бензину, 5,6 % метанолу, 1,9 % води за об'ємом), яку і рекомендовано для подальшого впровадження та використання.

## Список літератури

1. Influence of operating conditions on output exhaust emission and combustion variation of low compression ratio methanol injection / Н. Sigenobu, К. Yuzuru, S. Norihiro, К. Shuichi // SAE Techn. Pap. Ser. – 1991. – N 910866. – Р. 1–12.
2. Гайворонский В. Ф. Возможность использования водно-топливных эмульсий в двигателях внутреннего сгорания воздушного охлаждения / В. Ф. Гайворонский // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – № 6/9(48). – С. 20–22.
3. Слинько Г. І. Визначення впливу метанолу на зміни крутного моменту та ефективної потужності бензинового ДВЗ / Г. І. Слинько, В. В. Охрименко // Тиждень науки-2017 : наук.-практ. конф., 18–21 квітня 2017 р. : зб. тез доп. – В 5 т. – Т. 1 / Редкол. : В. В. Наумик (відпов. ред.) – Запоріжжя : ЗНТУ, 2017. – С. 133–134.
4. Яновский Л. С. Основы химмотологии : учебник / Л. С. Яновский, А. А. Харин, В. И. Бабкин. – М.-Берлин : Директ-Медиа, 2016. – 482 с.
5. Герасимчук Ю. Спирт в качестве топлива / Ю. Герасимчук // Автоцентр. – 2004. – Режим доступу : <https://www.autocentre.ua/opyt/tehnologii/spirt-v-kachestve-topliva-avtomobilialkogoliki-289906.html>
6. Программный комплекс ДИЗЕЛЬ-РК. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана. – Режим доступу : <https://www.diesel-rk.bmstu.ru>
7. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисциплін «Теорія ДВЗ» та «Основи теорії і динаміки автомобільних двигунів» для студентів спеціальностей 7(8).05050304 «Двигуни внутрішнього згорання», 7(8).05050305 «Колісні та гусеничні транспортні засоби» всіх форм навчання / Укл. : Г. І. Слинько, Р. Ф. Сухонос. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2015. – 58 с.

8. Автомобильный справочник : пер. с англ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 992 с.

9. Звонов В. А. Метанол как топливо для транспортных средств / В. А. Звонов, В. И. Черных, В. К. Балакин. – Харьков : Основа, 1990. – 150 с.

*Одержано 10.12.2021*

© Слинько Г. І.<sup>1</sup>, Сухонос Р. Ф.<sup>2</sup>, Охрименко В. В.<sup>3</sup>, Слинько В. В.<sup>4</sup>, Алмасв В. І.<sup>5</sup>  
<sup>1</sup> Д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри «Двигуни внутрішнього згорання»,  
<sup>2</sup> Магістр, старший викладач кафедри «Двигуни внутрішнього згорання»,  
<sup>3</sup> Магістр,  
<sup>4</sup> Старший викладач кафедри «Двигуни внутрішнього згорання»,  
<sup>5</sup> Завідувач навчальної лабораторії кафедри «Двигуни внутрішнього згорання»;  
Національний університет «Запорізька політехніка» м. Запоріжжя, Україна

**Slynko G, Sukhonos R., Okhrymenko V., Slynko V., Almaiev V.**

**Research of the influence of gasoline-methanol fuel mixture composition on the technical and economic performance of 4-stroke internal combustion engine in partial loading mode**