

О.В. Грицюк, А.П. Кузьменко, В.А. Дробязко, Д.І. Коваленко

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМ НАДДУВУ СУЧАСНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ДИЗЕЛІВ З УРАХУВАННЯМ ЗМІНИ ТИСКУ ПОВІТРЯНОГО ЗАРЯДУ ЗА ШВИДКІСНОЮ ХАРАКТЕРИСТИКОЮ

У сучасному світовому дизелебудуванні значною мірою вичерпано можливості підвищення ефективності внутрішньоциліндрових робочих процесів автомобільних малолітражних дизелів. Водночас питання оптимізації роботи дизельних двигунів у всьому діапазоні експлуатаційних режимів – від частоти обертання холостого ходу до номінальної частоти обертання колінчастого валу – залишається недостатньо дослідженим. Український двигунобудівний потенціал, не зважаючи на відсутність масового серійного виробництва, має значні напрацювання в галузі дослідження режимів роботи таких дизелів, що включають розробку критеріїв формування зовнішньої швидкісної характеристики та інноваційний підхід до проєктування систем наддуву сучасних автомобільних дизелів. Запропонований підхід базується на швидкісній характеристиці тиску повітряного заряду та передбачає використання сукупності сучасних програмних засобів для вирішення задачі дослідження і розробку схеми підключення агрегатів системи наддуву. Розроблені рішення мають потенціал для впровадження на світовому ринку проєктування сучасних автомобільних дизелів та підвищення конкурентоспроможності вітчизняних розробок у цій галузі. Як приклад дієздатності запропонованого підходу на основі отриманої аналітичної залежності для вітчизняного автомобільного шестициліндрового малолітражного дизеля 6ДТНА1 (6ЧН 8,8/8,2) проведено оптимізацію та побудовано необхідні графіки залежностей показників оптимального середнього ефективного тиску та раціонального тиску наддуву від частоти обертання колінчастого валу на режимах зовнішньої швидкісної характеристики. На підставі цих залежностей для вітчизняного малолітражного дизеля 6ДТНА1 вибрана прогресивна система наддуву та розроблена пропонуєма схема підключення її агрегатів.

Ключові слова: автомобільні дизелі; середній ефективний тиск; тиск наддуву; зовнішня швидкісна характеристика..

Вступ

Сучасне світове дизелебудування для вантажно-пасажирських автомобілів повною масою від 5 до 8 тонн та автобусів малого класу, типу вітчизняних «Богдан» та «Еталон», переживає епоху кардинальних змін, обумовлених введенням жорстких екологічних стандартів Євро-VII. Нові норми, що вже наближаються до набуття чинності, змушують виробників суттєво переосмислювати конструкцію дизельних силових установок [1].

Індустрія знаходиться на перехресті технологічних рішень, де традиційні дизельні двигуни мають відповідати найсуворішим вимогам щодо викидів при збереженні економічності та надійності, що особливо критично для комерційного транспорту [2]. Очікується продовження зростання вартості виробництва дизельних транспортних засобів через необхідність впровадження складних систем очищення відпрацьованих газів.

Водночас розвиток альтернативних силових установок створює потужну конкуренцію дизельним технологіям у сфері малотоннажного комерційного транспорту, що стимулює інновації та пошук оптимального балансу між екологічністю та експлуатаційними характеристиками. Сьогоднішні дизельні двигуни для цього сегменту представляють собою високотехнологічні агрегати з інтегрованими системами селективного каталітичного відновлення, сажовими фільтрами та інтелектуальними системами управління, що забезпечують відповідність

найсуворішим світовим стандартам.

А чи вичерпано усі можливості підвищення ефективності робочого процесу автомобільних дизелів безпосередньо у циліндрах двигуна і чи достатньо уваги приділено формуванню характеристик тиску повітряного заряду циліндрів на всіх експлуатаційних режимах роботи дизеля? Наближення до відповіді саме на ці запитання і є бажанням авторів цієї статті.

Актуальність та стан розробленості проблеми

Сучасні дизелі для виконання складних технічних вимог щодо автомобільного транспорту потребують попереднього формування своїх зовнішніх швидкісних характеристик у будь-якому потужнісному ряду [3, 4]. Всі фахівці двигунобудування розуміють, що потрібно формувати залежності потужності, крутного моменту, питомої витрати палива, тощо від частоти обертання колінчастого валу при роботі у всьому діапазоні зовнішньої швидкісної характеристики, але зовсім не існує такого поняття як зовнішня швидкісна характеристика (ЗШХ) тиску наддуву. В той же час у конструкцію надсучасного автомобільного дизеля потрібно закладати прогресивну систему наддуву. Тобто відсутність чіткого визначення ЗШХ тиску наддуву створює певну прогалину в проєктуванні сучасних дизельних двигунів.

Тим часом особисте знайомство авторів безпосередньо з матеріалами минулорічної презентації

фірми BMW GROUP (реklamний проспект виставки SZKOLENIE NAUCZYCIELE – KWIECIEŃ 2024) дало можливість проаналізувати сучасні конструкції агрегатів і схем систем наддуву автомобільних дизелів цієї фірми та побачити неабияку кількість варіацій агрегатів наддуву. Вершиною цих варіацій нового шестициліндрового дизельного двигуна BMW є нова двоступенева система турбонаддуву, що складається з чотирьох турбокомпресорів. Ця система наддуву продемонстрована на рис. 1, і вона суттєво перевершує складність попередніх рішень цієї фірми [5].

Як оцінити актуальність та новизну саме такого підходу до проектування систем наддуву сучасних шестициліндрових автомобільних дизелів?

Концентрація уваги саме на цьому запитанні привела авторів к їх особливому підходу, коли тиск наддуву розглядається як окрема цільова характеристика, а не лише як похідна інших параметрів. На думку авторів такий підхід є актуальним і дійсно прогресивним.

Це дозволяє на ранніх етапах проектування закласти саме ті характеристики наддуву, які забезпечать бажану форму кривих потужності та крутного моменту.

Для шестициліндрового вітчизняного дизеля серії ДТНА (6ЧН 8,8/8,2) [3,6] такий підхід особливо важливий, оскільки дозволяє точніше підібрати турбокомпресори для багатоступеневої системи наддуву та забезпечити оптимальний наддув у всьому діапазоні обертів колінчастого валу (КВ).

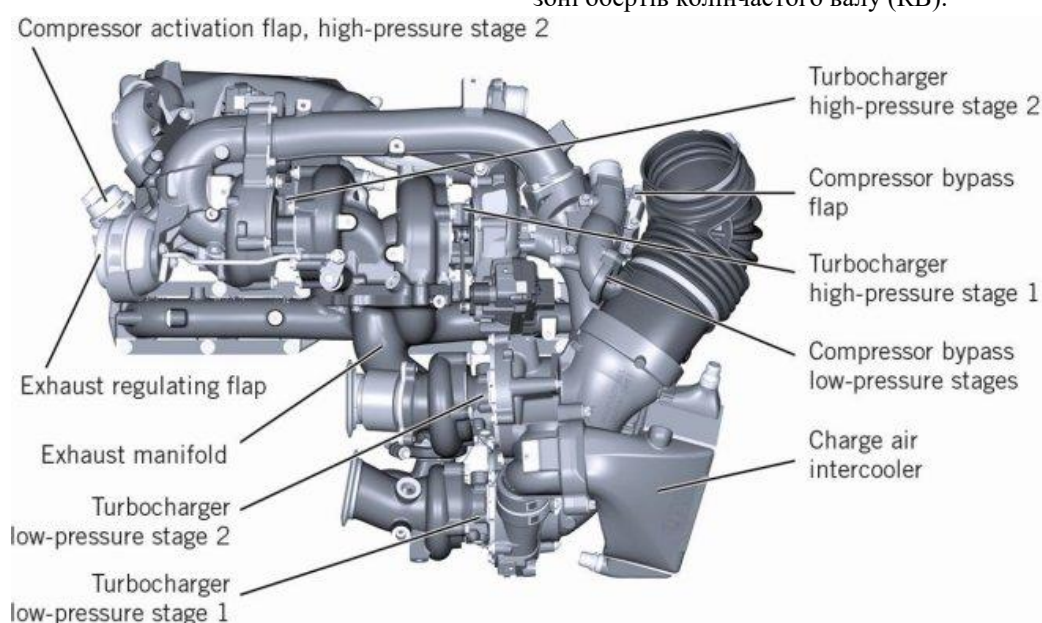


Рис. 1. Система наддуву надсучасного шестициліндрового дизеля BMW з чотирма ТК

Мета і завдання дослідження

Мета дослідження полягає у створенні особливого підходу до проектування систем наддуву сучасних автомобільних дизелів на основі швидкісної характеристики тиску повітряного заряду.

Для досягнення зазначеної мети на прикладі запропонування нової схеми підключення агрегатів системи наддуву для вітчизняного дизеля 6ДТНА1 було вирішено наступні завдання:

- поєднано сучасні програмні засоби для вирішення задачі дослідження;
- сформовано план-матриці розрахунку зовнішньої швидкісної характеристики тиску наддуву;
- визначено пропонуєму зовнішню характеристику тиску наддуву вітчизняного дизеля ;
- розроблено схему підключення агрегатів системи наддуву.

Поєднання сучасних програмних засобів для вирішення задачі дослідження

Прогнозуючи теперішній час, S. Akehurst та M. Piddock [7] визначили важливість моделювання багатofакторних показників для дослідження перспективних систем наддуву дизельних автомобільних двигунів майбутнього. За їх досить перспективним передбаченням для досягнення необхідного зменшення викидів CO₂ транспортними засобами відбувається перехід до підвищення питомої потужності та, відповідно, загальної ефективності автомобільного дизеля. З цієї метою здійснюється перехід до зменшення розмірів двигуна та впровадження значно вищих рівнів наддуву шляхом розвитку схемних рішень щодо застосування надвисоких дво- та триступневих наддувів.

На сьогоднішній день інженерний світ пропонує велику кількість програмних пакетів для розрахунків процесів, які відбуваються в двигуні внутрішнього згоряння. Математичні моделі постійно розвиваються, розширюючи коло розв'язуваних завдань. Результати розрахунку постійно порівнюються з експериментальними даними і здебільшого, з даними заводів - виробників двигунів. Напрямок створення вітчизняних малолітражних дизелів серії ДТНА набув величезний досвід фізичного моделювання робочих процесів з використанням одноциліндрових відсіків з різними схемами організації сумішоутворення [8, 9]. Ці методики для вітчизняних автомобільних дизелів застосовані з метою одержання даних для подальшого математичного моделювання процесів сумішоутворення і згоряння за допомогою програмного комплексу Simcenter Amesim розробки компанії Siemens [10]. Таке програмне забезпечення при наявності експериментальних даних щодо одного циліндру вже гарно апробовано за участю авторів і дозволило з високою точністю змодельовати робочий процес та гнучко налаштувати окремі його параметри [11]. При цьому інтересом дослідження був оптимальний для кожного поєднання змінних факторів параметр навантаження саме наддувного дизеля на кожній з розрахункових частот обертання при формуванні його зовнішньої швидкісної характеристики, а саме середній ефективний тиск P_e . Ос-

новною умовою оптимальності P_e для кожної частоти обертання КВ було визначення таких максимальних навантажень, подальше збільшення яких приводить до зростання ефективної витрати палива g_e , що також відповідає сучасній світовій концепції зменшення викидів CO_2 [2, 7].

Оригінальністю даної роботи є проведення аналізу залежності відпрацьованого оптимального показника середнього ефективного тиску від трьох змінних факторів, що мають безпосередній вплив на ефективність робочого процесу, а саме ступінь стиснення ϵ , тиск наддуву P_n , частота обертання колінчастого валу P_{kv} . При цьому попередньо оптимальні значення P_e визначені для кожної з 21-ої розрахункових точок план-матриці розрахунку зовнішньої швидкісної характеристики тиску наддуву.

Формування план-матриці розрахунку зовнішньої швидкісної характеристики тиску наддуву

Складений авторами розрахунковий ортогональний план другого порядку для трьох змінних, які варіюються на п'яти рівнях, наведено у табл.1.

Як видно з таблиці, дослідження охопило 100% діапазон частотних режимів роботи дизеля в експлуатації – від режимів навантаження при визначеній як мінімальна частота холостого ходу 800 хв^{-1} до частоти обертання КВ, яка відповідає режиму номінальної потужності.

Таблиця 1. План-матриця та результати розрахункового дослідження параметрів дизеля 6ДТНА1 на п'яти рівнях варіювання трьох незалежних факторів

Nзп	Нормовані фактори			Дійсні змінні			Оптимальні значення величини середнього ефективного тиску
	X1	X2	X3	$P_{kv}, \text{хв}^{-1}$	ϵ	$P_n, \text{МПа}$	$P_e, \text{МПа}$
1	1	1	1	4200	20	0,28	1,38
2	1	1	-1	4200	20	0,12	0,53
3	1	-1	1	4200	16	0,28	1,36
4	1	-1	-1	4200	16	0,12	0,51
5	-1	1	1	800	20	0,28	0,88
6	-1	1	-1	800	20	0,12	0,44
7	-1	-1	1	800	16	0,28	0,85
8	-1	-1	-1	800	16	0,12	0,42
9	0	0	0	2500	18	0,20	1,53
10	1	0	0	4200	18	0,20	1,35
11	-1	0	0	800	18	0,20	0,87
12	0	1	0	2500	20	0,20	1,44
13	0	-1	0	2500	16	0,20	1,42
14	0	0	1	2500	18	0,28	1,77
15	0	0	-1	2500	18	0,12	1,06
16	0,5	0	0	3350	18	0,20	1,63
17	-0,5	0	0	1650	18	0,20	1,44
18	0	0,5	0	2500	19	0,20	1,43
19	0	-0,5	0	2500	17	0,20	1,69
20	0	0	0,5	2500	18	0,24	1,64
21	0	0	-0,5	2500	18	0,16	1,36

Результати визначення пропонуємої зовнішньої характеристики тиску наддуву вітчизняного дизеля

Обробка та апроксимація результатів табл.1 проводилася в програмі Approximation_LSM розробки Харківського національного автомобільно-дорожнього університету за участю авторів цієї статті [12]. Даний комплекс дозволяє провести регресійний аналіз результатів експерименту за рахунок утворення відповідного поліному регресії, що наближено відтворює досліджуваний фізичний процес та подальший пошук його невідомих коефіцієнтів.

$$P_e = -13,4197 + 7,4563 \cdot 10^{-4} \cdot n_{\text{кв}} + 1,3585 \cdot \varepsilon + 13,2338 \cdot p_{\text{н}} - 1,5854 \cdot 10^{-4} \cdot n_{\text{кв}}^2 - 0,0378 \cdot \varepsilon^2 - 28,0253 \cdot p_{\text{н}}^2 - 3,6765 \cdot 10^{-7} \cdot n_{\text{кв}} \cdot \varepsilon + 0,0007628 \cdot n_{\text{кв}} \cdot p_{\text{н}} + 0,0078 \cdot \varepsilon \cdot p_{\text{н}}$$

В свою чергу аналітична залежність (1) дала авторам змогу отримати характеристику розташування оптимальних P_e дизеля 6ДТНА1 в повному діапазоні частотних режимів класичної зовнішньої швидкісної характеристики ДВЗ (рис.2).

Звісно, що при конкретних показниках $P_{\text{кв}}$ та ε кожному рішення щодо оптимального P_e відповідає своє цілком конкретне значення потрібного тиску наддуву $P_{\text{н}}$ (рис.3).

Степеневі поліноми являються найбільш розповсюдженими і потрібними в теорії математичного планування експерименту при дослідженні фізичних процесів в механічних, гідропневматичних та електричних системах.

Завдяки обробці результатів чергового розрахунку та їх апроксимації були знайдені коефіцієнти при трьох змінних та складено аналітичну залежність, яка вже надає можливість знайти оптимальні значення P_e не для 21-ої точки ортогонального плану, а для безлічі точок при будь-якому поєднанні трьох змінних факторів, які розглядалися в рамках даного дослідження:

Залежність рис.3 і є пропонуємо авторами зовнішня характеристика тиску наддуву автомобільного дизеля 6ДТНА1. Вона в свою чергу показує, що оптимізація тиску наддуву є можливою, незважаючи на велику складність математичного моделювання такої проблеми чисто у класичному вигляді традиційних підходів.

Зокрема, залежність рис.3 виявляє перехідні діапазони частот обертання КВ, де суттєві переходи у змінах тиску наддуву потребують відповідних вже конструктивних рішень щодо його забезпечення.

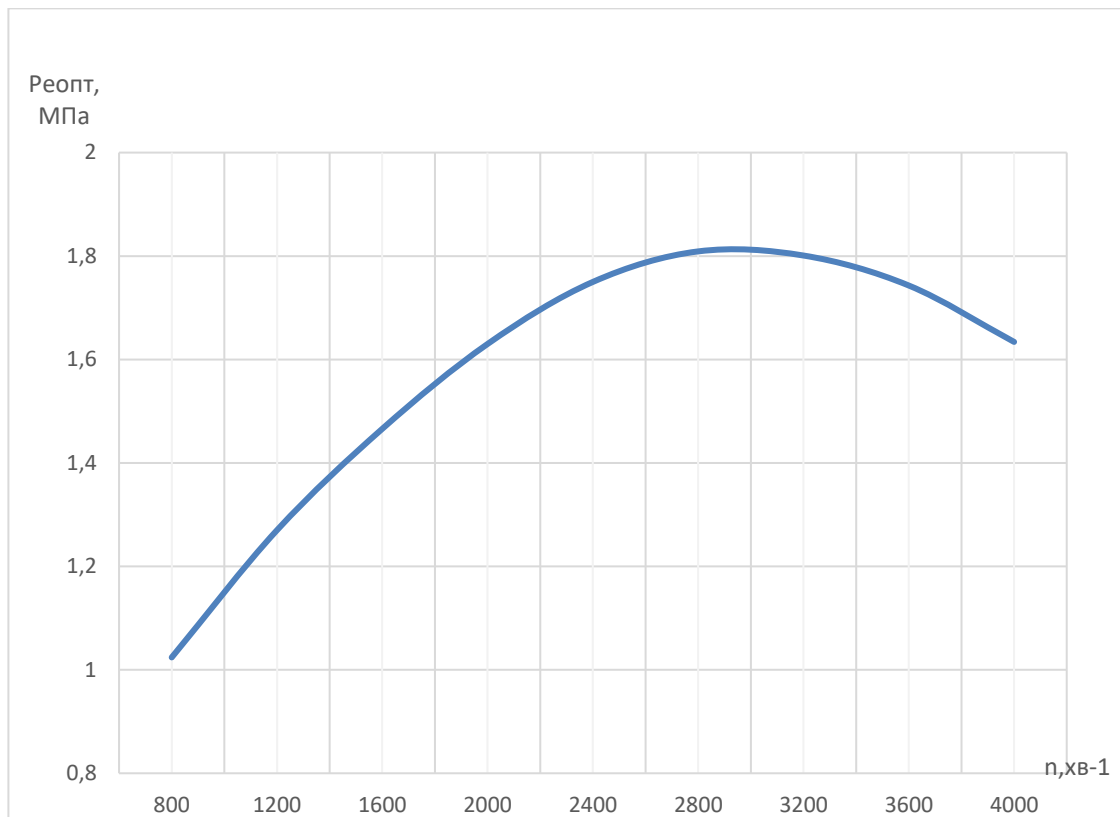


Рис. 2. Оптимізація показника середнього ефективного тиску автомобільного дизеля 6ДТНА1 в частотних режимах зовнішньої швидкісної характеристики

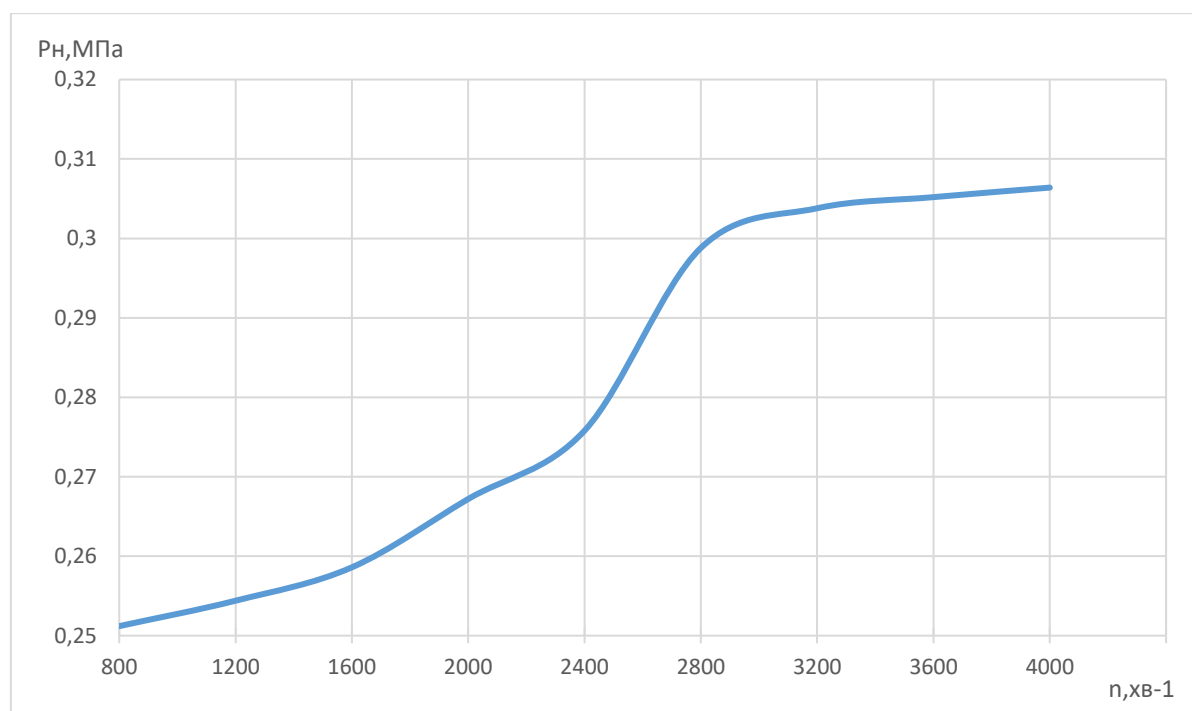


Рис. 3. Залежність показників тиску наддуву автомобільного дизеля 6ДТНА1 від частоти обертання КВ на режимах зовнішньої швидкісної характеристики

Розробка схеми підключення агрегатів системи наддуву

Вибір схеми підключення агрегатів системи надвисокого наддуву є багатофакторною інженерною задачею, що потребує глибокого системного аналізу та врахування численних експлуатаційних параметрів, але в першу чергу все ж таки потрібна саме знайдена у даній роботі залежність показників тиску наддуву від частоти обертання КВ на режимах зовнішньої швидкісної характеристики, яка для дизеля 6ДТНА1 і наведена на рис. 3.

Запропонований матеріал розкриває технічні аспекти проектування систем надвисокого наддуву для автомобільних дизельних двигунів з авторською технічною інтерпретацією складних інженерних рішень. Як видно з графіку на рис.3 на зовнішній характеристиці тиску наддуву вітчизняного автомобільного дизеля 6ДТНА1 залежність тиску наддуву від частоти обертання КВ має нелінійний характер. На графіку чітко простежуються чотири характерні зони:

1. Зона низьких частот обертання КВ (до 1600 хв-1): поступове зростання тиску наддуву.
2. Зона середніх частот обертання КВ (1600-2400 хв-1): більш інтенсивне, але все ще поступове зростання тиску.
3. Зона середніх частот обертання КВ (2400-2800 хв-1): різке зростання тиску.

4. Зона високих частот обертання КВ (2800-3800 хв-1): стабілізація наддуву у зв'язку з роботою перепускного клапану який скидає частину відпрацьованих газів.

Таким чином саме у діапазоні частот обертання КВ (2400-2600) хв-1 за командою датчика частоти його обертання повинен спрацювати блок електричних клапанів керування, а саме переводу з паралельного на надвисокий послідовний наддув як мінімум двох базових турбокомпресорів. При паралельній схемі роботи використовуються два однакових турбокомпресора, що працюють симетрично. Оскільки порядок роботи циліндрів шестициліндрового рядного автомобільного дизеля 6ДТНА1 є класичним (1-5-3-6-2-4), то на кожен з турбокомпресорів подається половина відпрацьованих газів двигуна як правило з індивідуального випускного колектору і від певних для кожної з турбін циліндрів.

Запропоновані у даній роботі принципові особливості компонування та схемотехнічні рішення при організації взаємодії двох однакових турбокомпресорів і проміжного охолоджувача повітря показані на рис. 4.

Паралельна схема характеризується незалежною роботою турбокомпресорів з розподіленням потоків відпрацьованих газів. Кожен турбокомпресор працює на власному впускному колекторі, що дозволяє досягти більшої рівномірності розподілу тиску та зменшити втрати на прохідних перетинах.

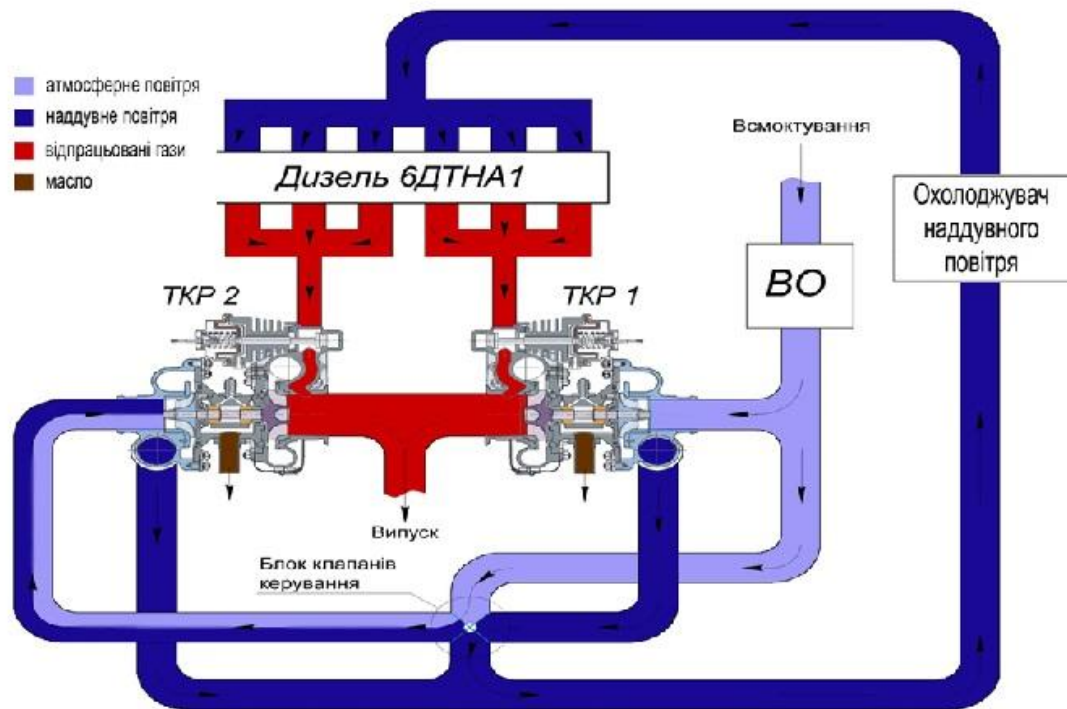


Рис. 4. Запропонована схема системи двоступеневого газотурбінного наддуву дизеля 6ДТНА1

Для ліквідації «турбоями» та забезпечення достатньо високого рівня тиску при частоті обертання від 800 до 1600 хв⁻¹ (перша зона наддуву) пропонується виключно у цій зоні загальний піддув електроприводним компресором, наприклад розробки

фірми BorgWarner (рис.5), який водночас буде акумулювати стиснуте повітря і на період різкого розгону автомобіля.



Рис. 5. Електропривідний компресор розробки фірми BorgWarner

Висновки

1. Сучасні дизелі для виконання складних технічних вимог щодо автомобільного транспорту потребують попереднього формування своїх зовнішніх швидкісних характеристик. При цьому певною прогалиною щодо їх проектування залишається відсутність як визначення так і формування ЗПХ тиску повітряного заряду для створення прогресивну систему наддуву.

2. У роботі засновано особливий підхід до проектування систем наддуву сучасних автомобільних дизелів на основі швидкісної характеристики тиску повітряного заряду від запропонування сукупності сучасних програмних заходів до схеми підключення агрегатів системи наддуву.

3. Як приклад дієздатності запропонованого підходу на основі отриманої аналітичної залежності для вітчизняного автомобільного дизеля 6ДТНА1 проведено оптимізацію та побудовано необхідні графіки залежностей показників максимального середнього ефективного тиску та раціонального тиску наддуву від частоти обертання КВ на режимах ЗПХ. На підставі цих залежностей для дизеля 6ДТНА1 вибрана прогресивна система наддуву та розроблена пропонуєма схема підключення її агрегатів.

Список літератури:

1. Марченко А.П. Еволюційний розвиток дизелів автотранспорту: екологічні та економічні показники / А.П. Марченко, І.В.Парсаданов, І.В. Рикова // Двигуни внутрішнього згоряння. – 2023. – №1. – С. 3-10. 2. Марченко А.П. Критерії оцінювання ефективності декарбонізації силових установок транспорту / А.П. Марченко, І.В.Парсаданов // Двигуни внутрішнього згоряння. – 2024. – №1. – С. 3-11. 3. Грицюк О.В. Аналіз присутності прогресивних рішень вітчизняного високообертового малолітражного дизеля у двигунах світового автомобільного транспорту / О.В. Грицюк // Розвиток транспорту. – 2024. – № 2(21). – С. 17-27. 4. Грицюк О.В. Аналіз розвитку підходів до моделювання ЗПХ автомобільного дизеля у вітчизняному двигунобудуванні / О.В. Грицюк, А.О. Сусли // Наукові праці Міжнародної науково-практичної конференції до Дня автомобіліста та дорожника "Сучасні технології в автомобілебудуванні, транспорті та при підготовці фахівців". – Харків: ХНАДУ, 2023. – С.115-119. 5. Steinparzer F. The New BMW Six-cylinder Top Engine with Innovative Turbocharging Concept / F. Steinparzer, D. Nefischer, D. Hiemesch, E. Rechberger // MTZ worldwide Issue 10/2016. – №10. – P. 38-44. 6. Техніко-економічне обґрунтування необхідності державної підтримки у виконанні інноваційно-інвестиційного проекту «Розроблення та впровадження у виробництво малолітражного автомобільного дизеля потужністю 100-175 к.с. подвійного призначення (Слобожанський дизель)»: монографія / Ф.І. Абрамчук, С.О. Альохін, М.Л. Белов та інші. – Харків: ХНАДУ, 2012. – 164 с. 7. S. Akehurst S. A Multiple Factor Simulation and Emulation Approach to Investigate Advanced Air Handling Systems for Future Diesel Engines / S. Akehurst, M. Piddock // Technical Papers – 2018–01–0297. – P. 17-

26. 8. Грицюк О.В. Теоретичні основи та практичні методи створення високообертового малолітражного дизеля багатопаливного призначення. Автореф. дис. ... д-ра техн. наук : спец. 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки / Грицюк Олександр Васильович ; НТУ «ХПІ». – Харків, 2010. – 39 с. 9. Врублевський О.М. Наукові основи вибору параметрів акумуляторної паливної апаратури з електронним керуванням для високообертового дизеля. Автореф. дис. д-ра техн. наук : спец. 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки / Врублевський Олександр Миколайович ; НТУ «ХПІ». – Харків, 2011. – 36 с. 10. Simcenter Amesim // Офіційний сайт Siemens. Режим доступу до сайту: <https://plm.sw.siemens.com/en-US/simcenter/systems-simulation/amesim/> 11. Грицюк О.В. Кількісна оцінка впливу середньостатистичного частотного режиму навантаження автомобільного дизеля на вибір схеми організації сумішеутворення // О.В.Грицюк, М.О.Сльмін / Сучасні технології на автомобільному транспорті та машинобудуванні: наукові праці міжнародної науково-практичної конференції. – Харків: ХНАДУ, 2019. – С. 177 - 180. 12. Свідомство про реєстрацію авторського права на твір №94461 Україна. Комп'ютерна програма «Approximation LSM» / Д.В. Левченко, О.В. Грицюк, А.О. Прохоренко (Україна); авторські майнові права належать: Левченко Д.В., Грицюк О.В., Прохоренко А.О., ХНАДУ; заявл. 08.11.2019; дата реєстрації 04.12.2019.

Bibliography (transliterated):

1. Marchenko, A.P. Parsadanov, I.V., Rykova, I.V. (2023), "Evolutionary development of motor transport diesels: environmental and economic indicators" ["Evolutsiyni rozvytok dyzeliv avtotransportu: ekolohichni ta ekonomichni pokaznyky"], Internal combustion engines, №1, P.3-10. <https://doi.org/10.20998/0419-8719.2023.1.01>. 2. Marchenko, A. P., & Parsadanov, I. V. (2024). "Criteria for assessing the effectiveness of transport power plants decarbonisation in accordance with implementation of the sustainable development concept" ["Kryterii otsiniuvannya efektyvnosti dekarbonizatsii slovykh ustanovok transportu"] Internal Combustion Engines, №1, p. 3–11. <https://doi.org/10.20998/0419-8719.2024.1.01.3>. 3. Grytsyuk, O. (2024). "Analysis of the presence of advanced solutions of the domestic high-revving small-capacity diesel in the engines of the world automobile transport" ["Analiz prysutnosti prohresyvykh rishen vitchyznianooho vysokoobertovoho malolitrzhnooho dyzela u dyvuhakh svitovoho avtomobilnoho transportu"] Transport Development, (2(21), 17-27. <https://doi.org/10.33082/td.2024.2-21.02> 4. Grytsyuk O.V., Susla A.O. (2023) Analysis of the development of approaches to modeling the engine powertrain of an automobile diesel in domestic engine manufacturing [Analiz rozvytku pidkhodiv do modeliuвання ZShKh avtomobilnoho dyzela u vitchyznianomu dvynobuduvannya]// Scientific papers of the International Scientific and Practical Conference for the Day of the Motorist and Road Worker "Modern Technologies in Automobile Manufacturing, Transport and in the Training of Specialists". – Kharkiv: KhNADU, 2023. – P.115-119. 5. Steinparzer, F., Nefischer, P., Hiemesch, D. et al. The New BMW Six-cylinder Top Engine with Innovative Turbocharging Concept. MTZ Worldw 77, 38–45 (2016). <https://doi.org/10.1007/s38313-016-0104-4>. 6. Abramchuk F.I., Alyokhin S.O., Bielov M.L. & others (2012) Technical and economic substantiation of the need for state support in the implementation of the innovation and investment project "Development and implementation in the production of a small car diesel engine with a capacity of 100-175 hp. dual purpose (Slobzhansky diesel)" [Tekhniko-ekonomichne obhgruntuvannya neobkhidnosti derzhavnoi pidtrymky u vykonanni innovatsiino-investytsiynoho projektu «Rozroblennia ta vprovadzhenia u vyrobnytstvo malolitrzhnooho avtomobilnoho dyzela potuzhnistiu 100-175 k.s. podviinoho pryznachennia (Slobzhanskyi dyzel)»], KhNADU, Kharkiv, 164 p. 7. Akehurst, S. and Piddock, M., "A Multiple Factor Simulation and Emulation Approach to Investigate Advanced Air Handling Systems for Future Diesel Engines," SAE Technical Paper 2008-01-0297, 2008, <https://doi.org/10.4271/2008-01-0297>. 8. Gricjuk A.V. (2010)

Theoretical Foundations and Practical Methods of Targeting a High-Visage Light-Duty Small-Bagato Diesel Engine : Author's thesis [Teoretichni osnovi ta praktichni metodi stvorennja visokoobertovogo malolitrazhnogo dizelja bagatocil'ovogo pryznachennja malolitrazhnogo dizelja : avtoref. dis. ... d-ra tehn. nauk], Kharkiv, pp. 39. 9. Vrublevskiy O.M. (2011) Scientific basis for selecting parameters of electronic controlled accumulator fuel equipment for high-speed diesel engines: Author's thesis [Naukovi osnovy vyboru parametriv akumulatornoj palyvnoi aparatury z elektronnym keruvanniam dlia vysokoobertovoho dyzelja: Avtoref. dys. d-ra tehn. nauk], Kharkiv, pp. 36. 10. Simcenter Amesim//Official Simens site, available at: <https://plm.sw.siemens.com/en-US/simcenter/systems-simulation/amesim/> 11. Grytsyuk O.V., Yelmin V.O. (2019) Quantitative assessment of the influence of the average frequency mode of

loading of automotive diesel on the choice of the mixture formation organization scheme [Kilkisna otsinka vplyvu serednostatystychnoho chas-totnoho rezhymu navantazhennia avtomobilnoho dyzelja na vybir skhemy orhanizatsii sumisheutvorenia] //Modern technologies in automotive transport and mechanical engineering: scientific works of the international scientific and practical conference. – Kharkiv: KhNADU, 2019. – P. 177 - 180. 12. Prokhorenko A.O., Levchenko D.V., Hrytsyuk O.V. Certificate of registration of copyright for the work No. 94461 Ukraine. "Computer program "Approximation LSM""["Kompiuterna prohrama «Approximation LSM»"] / (Ukraine); copyright belongs to: Prokhorenko A.O., Levchenko D.V., Hrytsyuk O.V., K NADU; application. 08.11.2019; registration date 04.12.2019.

Надійшла до редакції 15.07.2025 р.

Грицюк Олександр Васильович – доктор техн. наук, проф., професор кафедри двигунів внутрішнього згоряння харківського національного автомобільно-дорожнього університету, Харків, Україна, e-mail: dthkdb@ukr.net, <http://orcid.org/0000-0002-5596-6254>.

Кузьменко Анатолій Петрович – канд. техн. наук, доц., доцент кафедри двигунів внутрішнього згоряння харківського національного автомобільно-дорожнього університету, Харків, Україна, e-mail: kuzmatolja@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4029-4010>.

Дробязко Владислав Андрійович – студент магістратури кафедри двигунів внутрішнього згоряння Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, Харків, Україна, e-mail: Drobyazko2002@gmail.com.

Коваленко Дмитро Ігорович – студент магістратури кафедри двигунів внутрішнього згоряння Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, Харків, Україна, e-mail: kovalenkod028@gmail.com.

DESIGN FEATURES OF SUPERCHARGING SYSTEMS FOR MODERN AUTOMOTIVE DIESELS BASED ON AIR CHARGE PRESSURE SPEED CHARACTERISTICS

O.V. Grytsyuk, A.P. Kuzmenko, V.A. Drobyazko, D.I. Kovalenko

In modern global diesel engine manufacturing, the possibilities for improving the efficiency of in-cylinder working processes in automotive small-displacement diesel engines have been largely exhausted. At the same time, the issue of optimizing diesel engine operation across the entire range of operating modes – from idle speed to rated crankshaft rotational speed – remains insufficiently researched. Ukrainian engine manufacturing potential, despite the absence of mass production, has significant developments in the field of research into operating modes of such diesels, including the development of criteria for forming external speed characteristics and an innovative approach to designing supercharging systems for modern automotive diesel engines. The proposed approach is based on air charge pressure speed characteristics and involves the use of a combination of modern software tools for solving research problems and developing connection schemes for supercharging system components. The developed solutions have potential for implementation in the global market for modern automotive diesel design and for increasing the competitiveness of domestic developments in this field. As an example of the viability of the proposed approach, optimization has been conducted based on the obtained analytical dependence for the domestic automotive six-cylinder diesel engine 6DTNA1 (6ChN 8.8/8.2), and necessary graphs of dependencies between optimal brake mean effective pressure and rational supercharging pressure versus crankshaft rotational speed under external speed characteristic conditions have been constructed. Based on these dependencies, a progressive supercharging system has been selected for the domestic small-displacement diesel engine 6DTNA1, and a proposed connection scheme for its components has been developed.

Keywords: automotive diesels; brake mean effective pressure; supercharging pressure; external speed characteristic.