

ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 621.436.1

DOI <https://doi.org/10.33082/td.2025.3-26.01>

РОЗРОБКА УКРАЇНСЬКОГО АВТОМОБІЛЬНОГО МАЛОЛІТРАЖНОГО ДИЗЕЛЯ: 30 РОКІВ ЕВОЛЮЦІЇ ВІД МОТОЦИКЛЕТНОГО ДО АВТОБУСНОГО ДВИГУНА

О.В. Грицюк¹, О.О. Сулима²

¹ д-р техн. наук, професор, професор кафедри двигунів внутрішнього згорання,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна,
ORCID ID: 0000-0002-5596-6254

² магістр за спеціальністю «Системний аналіз і управління» НТУ «ХП»,
Senior Software Engineer at TapClicks, Харків, Україна

Анотація

Вступ. Тридцять років досвіду – це справжня скарбниця знань для будь-якої підгалузі машинобудування, у тому числі двигунобудування. Модульний ряд малолітражних рядних автомобільних дизелів від одного до шести циліндрів з найпопулярнішим зараз робочим об'ємом одного циліндра 0,5 дм³ уже протягом 30 років створює Харківське конструкторське бюро з двигунобудування, фактично заклавши фундамент такого конструктивного параметра. Минулі три десятиліття стали справжньою кузницею компетенцій для дизелебудівної галузі України, яка ніколи раніше не мала досвіду створення малолітражних автомобільних дизелів не для комерційної, не для спеціалізованої техніки. Надати читачам відповіді на питання щодо добре відпрацьованого портрета вітчизняного автомобільного дизеля, виготовлення певної партії різних марок вітчизняних двигунів та проведення їх випробувань у складі конкретних транспортних засобів і стало завданням авторів цієї статті. **Мета.** Ця стаття має на меті систематизувати набутий за 30 років досвід проектування модульного ряду вітчизняних автомобільних малолітражних дизелів для передачі знань наступному поколінню інженерів. **Результати.** Визначено, що створені за 30 років та апробовані у складі чотириколісних мотоциклів та автомобілів вітчизняні автомобільні малолітражні дизелі мають шість різних портретів, а саме ДТ, ДТН, ДТА, ДТНА, ДТНА1 і ДТНА2. Проте більш перспективними в майбутньому було визначено дизелі портрета ДТНА1. Тому саме вони були дуже гарно і в потрібному обсязі відпрацьовані, у тому числі під час експлуатації безпосередньо в об'єктах їх застосування. При цьому особливу увагу сконцентровано на визначальних випробуваннях автомобільного дизеля 4ДТНА1 у складі автобуса РУТА-25d та офіційних попередніх випробуваннях модернізованого автомобіля МА33 також із дизелем 4ДТНА1. **Висновки.** Визначено, що на сьогодні найбільш виправданою як технологічний досвід і створення компетенцій є розробка

малолітражних вітчизняних автомобільних дизелів портрета ДТНА1. При цьому найперспективнішими нішами для застосування дизелів марок такого портрета є спецтехніка, військові застосування та ринки з мени жорсткими екологічними вимогами, де простота й надійність важливіші за максимальну ефективність.

***Ключові слова:** малолітражні дизелі, портрет конструкції, модульний ряд, накопичений досвід, пріоритетне застосування.*

DEVELOPMENT OF UKRAINIAN AUTOMOTIVE SMALL-DISPLACEMENT DIESEL ENGINE: 30 YEARS OF EVOLUTION FROM MOTORCYCLE TO BUS ENGINE

O.V. Grytsyuk¹, O.O. Sulyma²

¹DSci., Prof., Professor of the Department of Internal Combustion Engines, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine,
ORCID ID: 0000-0002-5596-6254

²Master's degree in "Systems Analysis and Management" from NTU "KhPI" (National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"),
Senior Software Engineer at TapClicks, Kharkiv, Ukraine

Summary

Introduction. *Thirty years of experience represents a true treasure trove of knowledge for any subsector of mechanical engineering, including engine manufacturing. The modular series of small-displacement inline automotive diesel engines ranging from one to six cylinders, with the currently most popular displacement of 0.5 dm³ per cylinder, has been developed by the Kharkiv Design Bureau for Engine Manufacturing for 30 years, effectively laying the foundation for this design parameter. The past three decades have become a true forge of competencies for Ukraine's diesel engine industry, which had never previously had experience in developing small-displacement automotive diesel engines for either commercial or specialized vehicles. Providing readers with answers to questions regarding the well-developed profile of domestic automotive diesel engines, the manufacturing of specific batches of various domestic engine brands, and conducting their testing as part of specific vehicles became the objective of the authors of this article.* **Objective.** *This article aims to systematize the experience gained over 30 years in designing a modular series of domestic automotive small-displacement diesel engines for knowledge transfer to the next generation of engineers.* **Results.** *It has been determined that the domestic automotive small-displacement diesel engines developed over 30 years and tested in four-wheeled motorcycles and automobiles have six different profiles: DT, DTN, DTA, DTNA, DTNA1, and DTNA2. However, DTNA1 profile diesels were identified as more promising for the future. Therefore, these engines were thoroughly and adequately developed, including during operation directly in their application objects. Particular attention was focused on the definitive testing of the 4DTNA1 automotive diesel engine as part of the RUTA-25d bus and official preliminary testing of the modernized MA33 vehicle, also equipped with the 4DTNA1 diesel engine.* **Conclusions.** *It has been determined that currently, the development of small-displacement domestic automotive diesel engines with the DTNA1 profile is most justified as a technological experience and competency development. The most promising niches for applying diesel engines of this profile brand are specialized equipment, military*

applications, and markets with less stringent environmental requirements, where simplicity and reliability are more important than maximum efficiency.

Key words: *small-displacement diesel engines, design profile, modular series, accumulated experience, priority application.*

Вступ. У своїй минулорічній публікації [1] один з авторів цієї статті сконцентрував увагу на тому факті, що майже всі відомі автомобілебудівні фірми, починаючи з 2010 року й дотепер мають у своєму арсеналі моделі дизелів з робочим об'ємом одного циліндра 0,5 дм³. Але одним із перших у світі модульний ряд малолітражних рядних дизелів від одного до шести циліндрів з таким об'ємом циліндра створило Харківське конструкторське бюро з двигунобудування (ДП «ХКБД»), фактично заклавши фундамент такого конструктивного параметра. Історія цього нового напрямку робіт в українському дизелебудуванні почалася з двоциліндрової версії ще в 1989 році, і мало кому відомо, що, незважаючи на подальший широкий спектр застосування цих дизелів, об'єктом завдання для початку їх створення був чотириколісний мотоцикл [2], який належить до унікальної категорії транспортних засобів, що характеризуються наявністю чотирьох коліс, відкритою конструкцією, відсутністю кабіни та відносно компактними розмірами порівняно з автомобілями. У сучасній транспортній інфраструктурі чотириколісний мотоцикл (квадроцикл) посідає особливе місце, поєднуючи характеристики традиційних мотоциклів та деякі риси автомобілів. Тому двоциліндровий дизель у модифікації силової установки для квадроцикла здатен почати модульний ряд вітчизняних автомобільних дизелів розмірністю 8,8/8,2 з робочим об'ємом двох циліндрів 1 дм³.

Проте першими щодо апробації привода до руху коліс автомобілів стали наддувні модифікації ще тракторних дизелів первинної розмірності 7,9/8,2 у три- та чотирициліндровому виконанні (заводські індекси 3ДТН і 4ДТН). Вони першими були інтегровані із системами серійних автомобілів ЛуАЗ і «Волга» відповідно, їх уперше показали на виставці на честь 100-річчя від дня заснування теперішнього державного підприємства «Завод імені В. О. Малишева» в 1995 році [3] і там де-факто дали старт розробці українського автомобільного малолітражного дизеля вищезазначеної нової розмірності 8,8/8,2 (0,5 дм³ в одному циліндрі), додавши до заводського індексу літеру «А».

Минулі три десятиліття стали справжньою кузницею компетенцій для дизелебудівної галузі України, яка ніколи раніше не мала досвіду створення малолітражних автомобільних дизелів не для комерційної, не для спеціалізованої техніки.

Як розвиватися, коли домінує гасло, що ера дизельних двигунів добігає кінця? На якій елементній базі створювати вітчизняні малолітражні дизелі? У які транспортні засоби інтегрувати свої розробки? Надати читачам саме ті відповіді на ці питання, які сформували відпрацьований індивідуальний портрет автомобільних дизелів серії ДТНА, дали змогу виготовити певні партії вітчизняних двигунів та провести всі без винятку види їх випробувань у складі конкретних транспортних засобів, і стало завданням авторів цієї статті.

Мета – систематизувати набутий за 30 років досвід проектування модульного ряду вітчизняних автомобільних малолітражних дизелів для передачі знань наступному поколінню інженерів.

Результати. Проаналізувавши у джерелі [1] той суттєвий внесок у світовий розвиток автомобільного транспорту, який фактично відбувся паралельно з набуттям національних компетенцій під час створення та публічного висвітлення вагомих результатів різноманітних випробувань, ми вирішили узагальнити й залишити наступним поколінням увесь тридцятирічний досвід розробки вітчизняних автомобільних дизелів. Хоча повномасштабне комерційне впровадження не відбулося, накопичений досвід може стати основою для:

- розвитку спеціалізованих рішень для військової техніки;
- створення платформи для майбутніх інновацій у двигунобудуванні;
- формування експертизи для адаптації іноземних технологій;
- розробки гібридних рішень на стику традиційних та інноваційних підходів.

У світлі нещодавніх змін стратегії провідних автовиробників і пролонгації життєвого циклу дизельних двигунів такі альтернативні рішення можуть знайти своє місце в екосистемі майбутнього транспорту.

База автомобільного малолітражного дизелебудування

Базовим шляхом щодо визначального для ДВЗ вибору схеми організації сумішоутворення для єдиного типорозмірного (0,5 дм³ в одному циліндрі) уніфікованого ряду високооберткових малолітражних автомобільних дизелів серій ДТА (без наддуву) та ДТНА (з наддувом) стало попереднє рішення з вихорокамерного сумішоутворення (рис. 1), яке було вже реалізовано в серійному виробництві дизелів серії ДТ на ДП «Завод імені В. О. Малишева».

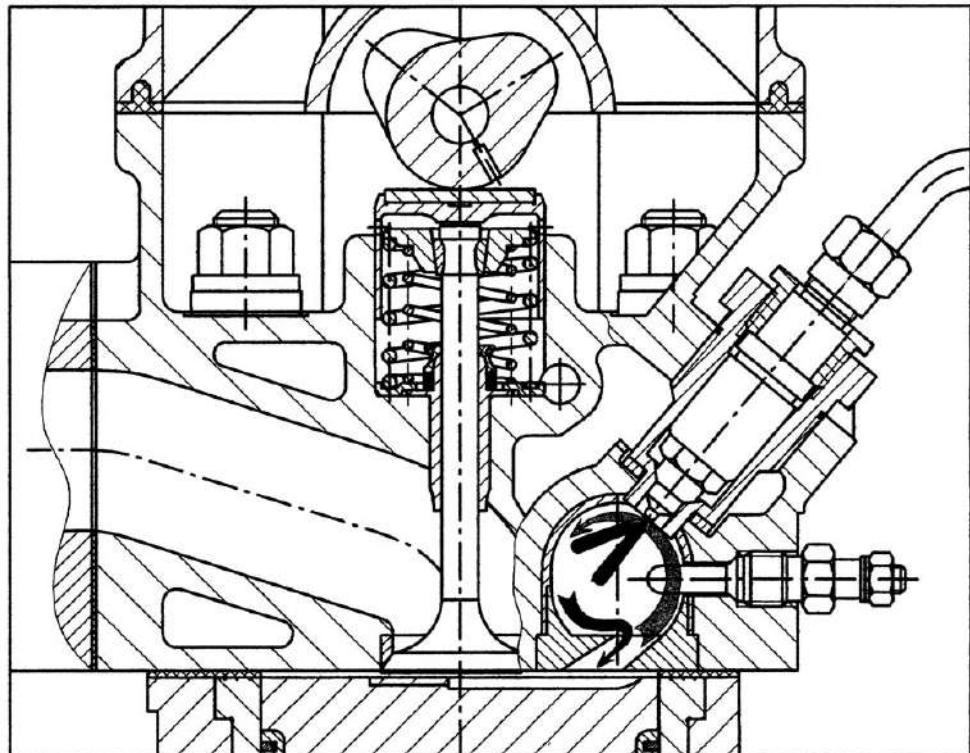


Рис. 1. Схема організації вихорокамерного сумішоутворення в дизелях серій ДТА і ДТНА

Саме за такою схемою були спроектовані автомобільні дизелі 2ДТАВ, 3ДТНА і 4ДТНА, та саме ї було найшвидше реалізувати в дослідних зразках і серійному виробництві. Від швидкості реалізації залежала можливість зайняти місце в подкапотних просторах уже розвинутого в Україні ринку автомобілів УАЗ та «Газель», і це мало великий резонанс, а інколи й обурення в розробників цих автомобілів, особливо головних конструкторів, які не оминули першу ж можливість побачити модернізовані дизелями ДТНА автомобілі безпосередньо в ХКБД. На думку авторів, саме це дало суттєвий поштовх для подальшої дизелізації вищезазначених автомобілів, але тільки зараз стає зрозумілим, а чому не українським дизелем. Проте особливу гордість ХКБД викликає майже двохсоттисячний пробіг автомобіля УАЗ-31512 з дослідним дизелем 4ДТНА№3 дорогами загального користування [1]. На думку авторів, це дуже велика рідкість для світового двигунобудування.

Створення власного портрета автомобільного малолітражного дизеля

Подальша «мозкова атака» [4–6] привела до безпосереднього впорскування палива, і вже в першому десятилітті теперішнього століття було паралельно відпрацьовано портрети дизелів ДТНА1 (рис. 2) і ДТНА2 (рис. 3) з безпосереднім упорскуванням палива та новими схемами сумішоутворення з двоклапанною та чотириклапанною головками циліндрів. При цьому розробка портрета ДТНА1 є найбільш виправданою як технологічний досвід та створення компетенцій. Для майбутнього найперспективніші ніші – це спецтехніка, військові застосування та ринки з менш жорсткими екологічними вимогами, де простота й надійність важливіші за максимальну ефективність.

Серед основних конструктивних відмінностей портрета ДТНА1 від авангардних автомобільних дизелів ДТНА такі:

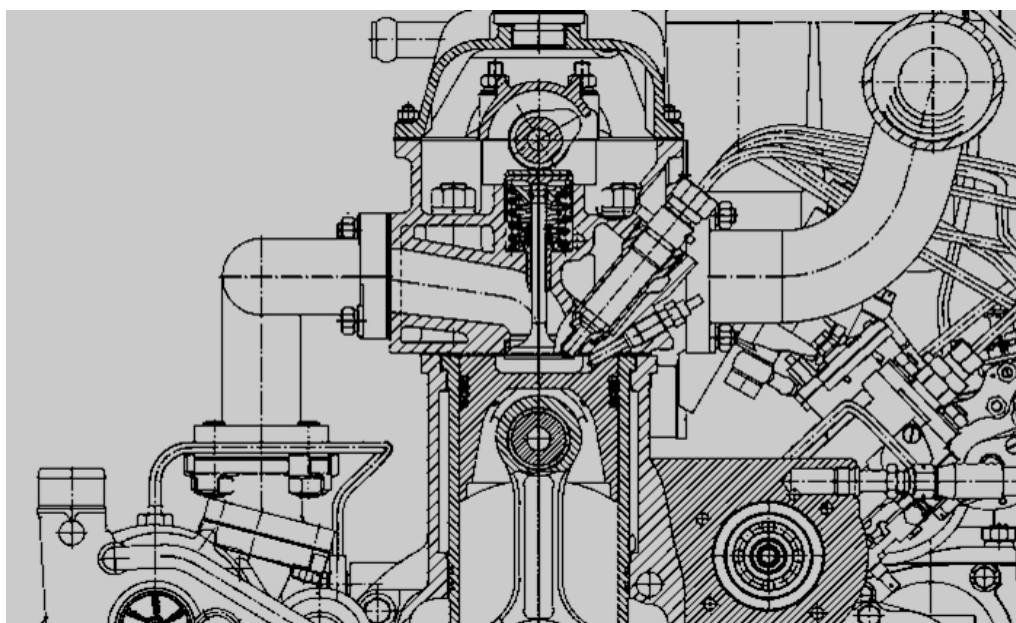


Рис. 2. Фрагмент поперечного перерізу дизеля портрета ДТНА1

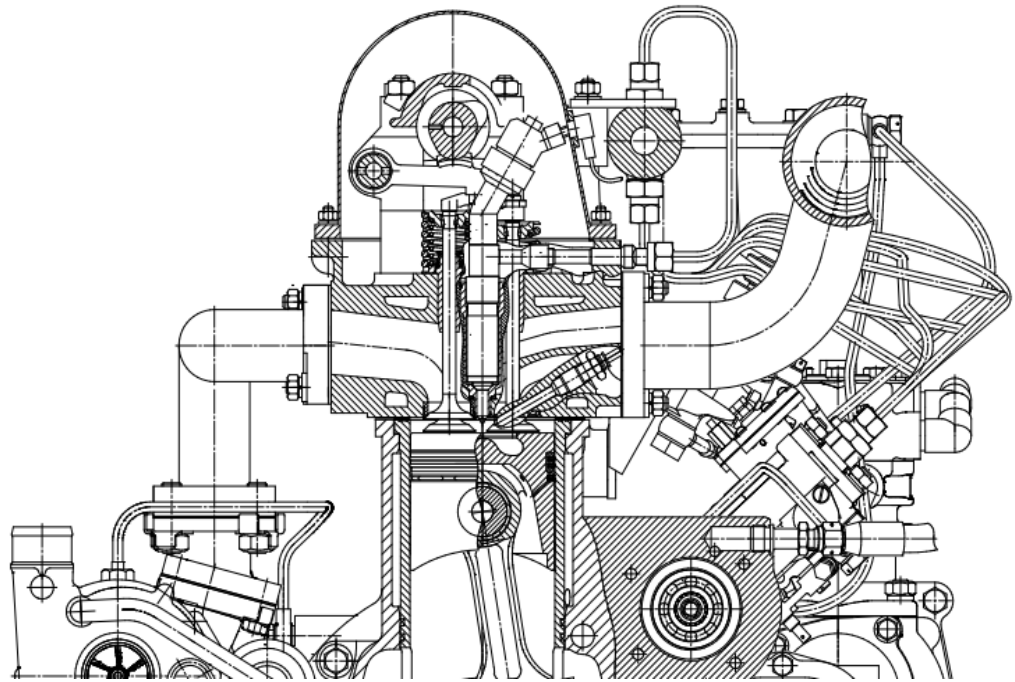


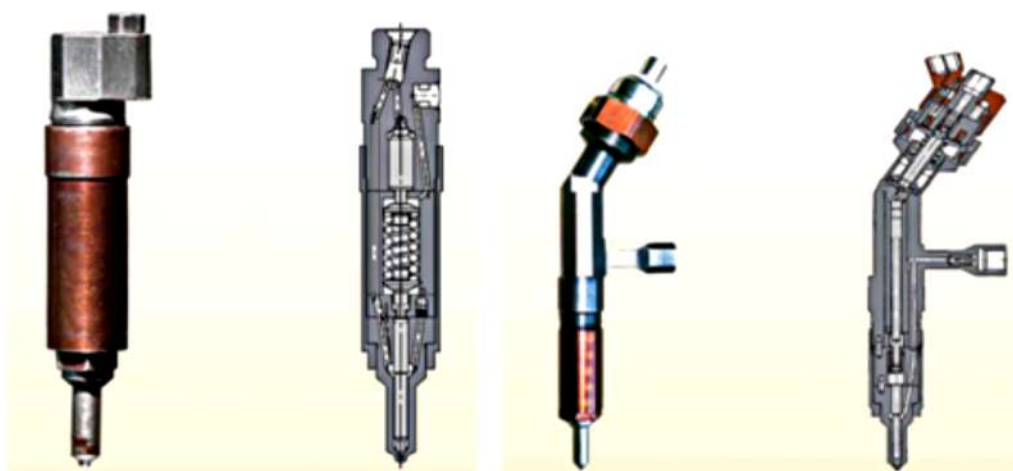
Рис. 3. Фрагмент поперечного перерізу дизеля портрета ДТНА2

- двоклапанна головка для безпосереднього упорскування палива зі зміщенням і нахилом осі форсунки відносно вертикальної осі циліндра;
- поршні з відкритою камерою згоряння з локальною турбулізацією заряду без зміщення осі її циліндричної частини від вертикальної осі циліндра;
- форсунки закритого типу з гідромеханічним способом керування голкою, диференційним поршнем і модулятором імпульсів тиску;
- розведені на дві сторони впускний і випускний тракти;
- проміжне охолодження наддувного повітря та регулювання тиску наддування залежно від частоти обертання та режиму роботи.

Портрет ДТНА2 (рис. 3) в основному варіанті оснащено вітчизняною акумуляторною паливною апаратурою з електронним управлінням паливоподачею. Це пропозиція суто для комерційного транспорту. Виготовлення дослідного зразка дизеля з таким портретом показало всі труднощі конкурування зі світовими лідерами в такому сегменті малолітражного дизелебудування й укріпило позицію створення та доведення до можливості серійного виробництва саме візитної картки українського малолітражного автомобільного дизеля – паливної апаратури типу НРМ (Hydraulik Pneumatik Mechanikal) [1; 8].

Обґрунтування необхідності механічної альтернативи системі Common Rail

Закриту форсунку з диференційним поршнем і модулятором імпульсів тиску вітчизняної паливної системи НРМ [1] порівняно з вітчизняною електрогідравлічною форсункою показано на рис. 4. До речі, обидві форсунки мають однакові посадочні місця щодо адаптера головки циліндрів. Тиск упорскування форсунки НРМ визначено для режимів форсування із середнім ефективним тиском $P_e = 0,66$ МПа за частоти обертання колінчастого вала 3000 хв⁻¹. Зі збільшенням



Тип	закрита, з диференціальним поршнем
Діаметр голки, мм	3,5
Тиск відкриття голки, МПа	18
Хід голки, мм	0,25
Діаметр розпилюючого отвору, мм	0,20
Кількість розпилюючих отворів	5
Тиск упорскування, МПа	70
Попередня подача режимів холостого ходу, мм ³ /цикл	2
Циклова подача, мм ³ /цикл	50

Тип	електрогідравлічна
Діаметр голки, мм	3,5
Хід голки, мм	0,25
Діаметр поршня, який управляє, мм	3,8
Діаметр розпилюючого отвору, мм	0,17
Кількість розпилюючих отворів	6
Тиск упорскування, МПа	140
Попередня подача, мм ³ /цикл	2
Циклова подача, мм ³ /цикл	50

Рис. 4. Форсунок паливних систем високого тиску дизелів портретів ДТНА1 і ДТНА2

форсування дизеля до $P_e = (1,1-1,3)$ МПа та частоти обертання до 4200 хв^{-1} максимальний тиск впорскування зростає до $P_f = (14-17)$ МПа і перевершує цей показник щодо електрогідравлічної форсунки.

Проте випробування перших дослідних зразків вітчизняних дизелів портрета ДТНА2 показало такі недоліки паливної системи високого тиску з електрогідравлічною форсункою:

1. Складність виробництва форсунок:
 - прецизійна обробка з допусками в мікронах;
 - дороге матеріалознавство для магнітопроводів;
 - складні алгоритми керування електромагнітними клапанами;
 - висока вартість діагностичного обладнання.
2. Енергетичні втрати:
 - паливний насос високого тиску споживає до 3–5 % потужності двигуна;
 - електромагнітні приводи форсунок потребують потужних драйверів;
 - постійний тиск у рампі навіть за холостого ходу.
3. Експлуатаційні проблеми:
 - чутливість до якості палива;
 - засмічення прецизійних каналів;
 - корозія високоточних деталей;
 - складна діагностика несправностей.

Увесь залучений до цієї проблеми потенціал українських науковців і інженерів [2] не зміг вирішити жодної із цих проблем, тому подальші зусилля були спрямовані суто на доведення до можливості серійного виробництва українських дизелів портрета ДТНА1 з великою повагою до безпосередніх випробувань в умовах реальних об'єктів застосування цих ДВЗ.

Досвід ходових випробувань

Як уже висвітлено у джерелі [1], для вітчизняних дизелів портрета ДТНА1 свідомо передбачено безпосередньо у складі об'єкта застосування двигуна навіть формування потрібної зовнішньої швидкісної характеристики. Крім того, взаємодія з таким об'єктом потребує і відпрацювання закладених у двигун та його системи конструктивних рішень. Це насамперед системи пуску, змащення, охолодження, паливоподачі, впуску повітря та впуску відпрацьованих газів. Стендові умови доводки конструкції ДВЗ здебільшого моделюють експлуатаційні умови, але стендові результати не можуть бути остаточними без об'єктивних оцінок.

Перспективні в майбутньому вітчизняні дизелі саме індивідуального портрета ДТНА1 дуже гарно і в потрібному обсязі відпрацьовані (з прийняттям рішення та впровадженням конструктивних чи регулювальних заходів) під час експлуатації в об'єктах, фото яких зібрані на рис. 5. Що стосується саме дизелів ДТНА1, то особливу увагу, на думку авторів, потрібно сконцентрувати на визначальних випробуваннях автомобільного дизеля 4ДТНА1 у складі автобуса РУТА-25d [9] та офіційних попередніх випробуваннях модернізованого автомобіля МА33 [10].

Особливістю визначальних випробувань є те, що їх результатом повинно бути рішення щодо можливості адаптації вже існуючого доведеного ДВЗ до моторного відділення того чи іншого транспортного засобу, який не було узгоджено під час підготовки ТЗ на розробку нового двигуна та прописано в технічних умовах на його постачання. Такі випробування щодо автомобільного дизеля 4ДТНА1 було проведено у складі автобуса РУТА-25d, у якому серійно використовується двигун Cummins ISF 2,8s. Програма та методика цих складних випробувань була узгоджена й затверджена на самому високому рівні державних цивільних і військових відомств.

Після проведення такого етапу доводочних випробувань, як попередні випробування дослідного зразка, двигун перед серійним виробництвом має пройти тривалі випробування у складі об'єкта майбутнього застосування. Таким прикладом є повсякденна експлуатація автомобіля ГАЗ-33021 «ГАЗель» (номер державної реєстрації АХ3668СТ) державним підприємством «Харківський автомобільний завод». Цей автомобіль (рис. 5) у 2015 році було модернізовано дослідним зразком вітчизняного дизеля 4ДТНА1 (№ 6414070110К), який пройшов попередні стендові випробування у 2011 році, а попередні об'єктові випробування – у 2017 році.

Приклад спроможності вітчизняного виробничого потенціалу освоїти виробництво дизелів перспективного портрета наведено в інформації найсучаснішого джерела [11].

Таким чином, «естафетну паличку» щодо 30 років досвіду створення вітчизняного малолітражного автомобільного дизеля у дво-, три-, чотири- та шестициліндровому виконанні можна як мінімум вважати донесеною до наступного покоління інженерів двигунобудування України.



Серійний зразок чотириколісного
мотоциклу ЗІМ-800Д з дизелем 2ДТМ
(фото ДП «ЗіМ» 1998 року)



Мікрокар ЗІМ-1902 з дизелем 2ДТАВ
(фото ДП «ХКБД» 2002 року)



ЛуАЗ-13021Д з дизелем 3ДТНА
(фото ДП «ХКБД» 1998 року)



ЛуАЗ-1901Д «Геолог» з дизелем 3ДТНА1
(фото з автошоу SIA 1999 року)



Автобус РУТА-25d з дизелем 4ДТНА1
(фото Краматорський аеродром 2013 року)



Автомобіль МА33 з дизелем 4ДТНА1
(фото ДП «ХАЗ» 2021 року)

*Рис. 5. Вітчизняні об'єкти відпрацювання дизелів портретів
ДТ, ДТА, ДТНА і ДТНА1*

Висновки. Систематизований набутий за 30 років досвід проєктування модульного ряду вітчизняних автомобільних малолітражних дизелів дає змогу сформулювати такі основні висновки:

1. Створені й апробовані у складі чотириколісних мотоциклів та автомобілів вітчизняні автомобільні малолітражні дизелі мають шість індивідуальних портретів, а саме ДТ, ДТН, ДТА, ДТНА, ДТНА1 і ДТНА2.

2. На сьогодні розробка портрета ДТНА1 є найбільш виправданою як технологічний досвід і створення компетенцій.

3. Для майбутнього найперспективніші ніші для застосування вітчизняних дизелів портрету ДТНА1 – це спецтехніка, військові застосування та ринки з менш жорсткими екологічними вимогами, де простота та надійність важливіші за максимальну ефективність.

4. Хоча повномасштабне комерційне впровадження вітчизняних автомобільних дизелів не відбулося, накопичений досвід може стати основою для:

- розвитку спеціалізованих рішень для військової техніки;
- створення платформи для майбутніх інновацій у двигунобудуванні;
- формування експертизи для адаптації іноземних технологій;
- розробки гібридних рішень на стику традиційних та інноваційних підходів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Грицюк О. В. Аналіз присутності прогресивних рішень вітчизняного високообертового малолітражного дизеля у двигунах світового автомобільного транспорту. *Розвиток транспорту*. 2024. № 2 (21). С. 17–27. DOI: 10.33082/td.2024.2-21.02.
2. Грицюк О. В., Парсаданов І. В., Мотора О. А. Новий напрямок у дизелебудуванні України. *Двигуни внутрішнього згорання*. 2011. № 1. С. 48–53.
3. Рязанцев М. К. Мотори та долі. Про час та про себе. Харків : ХНАДУ. 2009. 272 с. ISBN 978-966-303-273-3.
4. Грицюк О. В. Теоретичні основи та практичні методи створення високообертового малолітражного дизеля багатоцільового призначення : автореф. дис. доктора техн. наук : спец. 05.05.03 –двигуни та енергетичні установки. НТУ «ХПІ». Харків, 2010. 39 с.
5. 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. НТУ «ХПІ». Харків, 2011. 36 с.
6. Овчинніков О. О. Покращення показників високообертового автомобільного дизеля шляхом раціонального управління паливopoдачею. Автореф. дис. канд.-та техн. наук: спец. 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки. ХНАДУ. Харків. 2016. 20 с.
7. Ревелюк І. С. Вибір та обґрунтування параметрів силіконового демпфера крутильних коливань колінчастого вала високообертового

- дизеля : автореф. дис. канд-та техн. наук : спец. 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки. ХНАДУ. Харків, 2018. 20 с.
8. Грицюк О.В. Відповідальність головного конструктора за долю розробки. Збірник статей головного конструктора зі створення малолітражних дизелів. Saarbrucken, 2017. 90 с. ISBN 978-620-2-00678-1.
 9. Grytsyuk, O., Vrublevskiy, O. Investigations of diesel engine in the road test. *Diagnostyka*. 2018. Vol. 19 (2). P. 89–94. DOI: 10.29354/diag/90279.
 10. Акт попередніх випробувань автомобілів УАЗ та ГАЗ, модернізованих шляхом встановлення вітчизняного малолітражного дизеля. Харків : НВП Дизель Груп, 2017. 78 с.
 11. Грицюк О. В., Кузьменко А. П., Лазченко Б. О., Копилов В. В. Науково-технічний і виробничий потенціал України щодо виготовлення наукоємної продукції дизелебудування. Двигуни внутрішнього згоряння. 2024. № 2. С. 31–41. DOI: 10.20998/0419-8719.2024.2.05.

REFERENCES

1. Grytsyuk, O.V. (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 prohresyvnykh rishen vitchyznianoho vysokoobertovoho malolitrazhnoho dyzelia u dyvhunakh svitovoho avtomobilnoho transportu]. *Rozvytok transportu – Transport Development*, 2 (21), 17–27.
2. Grytsyuk, O.V., Parsadanov, I.V., Motora, O.A. (2011). A new direction in diesel construction in Ukraine [Novyi napriamok u dyzelebuduvanni Ukrainy]. *Internal combustion engines*, 1, 48–53.
3. Ryazantsev M.K. (2009). *Motors and Destinies. About Time and About Myself* [Motory ta doli. Pro chas ta pro sebe]. KhNAHU, Kharkiv, 272 p.
4. Grytsyuk, O.V. (2010). Theoretical foundations and practical methods of creating a high-revving low-displacement multi-purpose diesel engine [Teoretychni osnovy ta praktychni metody stvorennia vysokoobertovoho malolitrazhnoho dyzelia bahatotsilovoho pryznachennia]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Kharkiv, 39 p.
5. Vrublevskiy, O.M. (2011). Scientific basis for selecting parameters of electronic controlled accumulator fuel equipment for high-speed diesel engines [Naukovi osnovy vyboru parametriv akumuliatornoj palyvnoi aparatury z elektronnym keruvanniam dlia vysokoobertovoho dyzelia]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Kharkiv, 36 p.
6. Ovchinnikov, O.O. (2016). Improving the performance of a high-speed automotive diesel engine through rational fuel supply management [Pokrashchenia pokaznykiv vysokoobertovoho avtomobilnoho dyzelia shliakhom ratsionalnoho upravlinnia palyvopodacheiu]. *Extended abstract of Candidate's thesis*. Kharkiv, 20 p.

7. Revelyuk, I.S. (2018). Selection and Substantiation of Parameters for a Silicone Torsional Vibration Damper of a High-Speed Diesel Engine Crankshaft [Vybir ta obgruntuvannya parametriv sylikonovoho dempfera krutylnykh kolyvan kolinchastoho vala vysokoobertovoho dyzelia]. *Extended abstract of Candidate's thesis*. Kharkiv, 20 p.
8. Grytsyuk, O.V. (2017). Responsibility of the chief designer for the fate of the development. A collection of articles by the chief designer on the creation of small diesel engines [Vidpovidalnist holovnoho konstruktora za doliu rozrobky. Zbirnyk statei holovnoho konstruktora zi stvorennia malolitrzhnykh dyzeliv]. Saarbrucken: LAMBERT Academic Publishing. 90 p.
9. Grytsyuk, O.V., Vrublevskyi, O.M. (2018). Investigations of diesel engine in the road test [Doslidzhennia dyzelnoho dvyhuna pid chas dorozhnykh vyprobuvan]. *Diagnostyka*, 19 (2), 89–94.
10. Kharkiv: STC Diesel Group, (2017) Preliminary Testing Report for UAZ and GAZ Vehicles Modified by Installing a Domestic Small-Displacement Diesel Engine [Akt poperednykh vyprobuvan avtomobiliv UAZ ta HAZ, modernizovanykh shliakhom vstanovlennia vitchyznianoho malolitrzhnoho dyzelia]. 78 p.
11. Grytsyuk, O.V., Kuzmenko, A.P., Lazchenko, B.O., Kopylov, V.V. (2024). Scientific-technical and production potential of Ukraine for the production of scientific products of diesel construction [Naukovo-tekhnichnyi i vyrobnychiy potentsial Ukrainy shchodo vyhotovlennia naukoiemnoi produktsii dyzelebuduvannia]. *Internal combustion engines*, 2, 31–41.

Дата першого надходження рукопису до видання: 04.07.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 05.08.2025

Дата публікації: 30.10.2025