

Відзив

офіційного опонента, д-ра техн. наук, проф. Тимошевського Б.Г. на дисертацію Шелестова Максима Сергійовича "Вибір та обґрунтування параметрів системи наддуву повітря високофорсованого двотактного дизеля спеціального призначення", яка представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 14 – електрична інженерія зі спеціальності 142 – енергетичне машинобудування

Актуальність. Незважаючи на високу досконалість та ефективність сучасних високофорсованих дизельних двигунів для об'єктів спеціального призначення, зокрема бронетанкової техніки, існує необхідність підвищення потужності та динаміки, зменшення витрат палива та покращення екологічних показників таких двигунів. Вирішенню цієї проблеми приділяється значна увага як вітчизняними, так й іноземними виробниками дизельних двигунів для зазначеної техніки. Враховуючи те, що бронетанкова техніка є одною з важливіших складових сухопутних збройних сил, вдосконалення цієї техніки, спрямоване на створення переваг як на полі бою так й на світовому ринку озброєнь є безумовно актуальним.

Одним з резервів підвищення потужності, паливної економічності дизельних двигунів для бронетанкової техніки є вдосконалення систем наддуву з метою забезпечення високого рівня форсування та, відповідно, покращення зазначених характеристик двигунів. Однак при вирішенні зазначеної проблеми виникають певні складності та протиріччя при узгодженні параметрів системи наддуву та її елементів. Аналіз вітчизняних та іноземних спеціальних літературних джерел свідчить про те, що до теперішнього часу зазначена проблема не знайшла раціонального вирішення. Дисертаційна робота Шелестова М.С., яка присвячена розробці раціональної двоступінчастої регульованої системи наддуву для двотактних комбінованих двигунів з приводним компресором, як раз й спрямована на вирішення зазначеної проблеми, що й визначає її безумовну актуальність та важливість для створення сучасних високоефективних та конкурентоспроможних дизелів для бронетанкової техніки.

Актуальність роботи підтверджується також тим, що зазначена тематика є одною з пріоритетних, визначених у керівних документах та пов'язана з науково-дослідними та проектно-конструкторськими роботами, які виконувалися на держзамовлення для спеціальної техніки при участі автора.

Зміст роботи.

Загальний обсяг дисертації містить 172 сторінки, враховуючи рисунки, таблиці, додатки та перелік використаних літературних джерел.

У вступі автор достатньо переконливо висвітлив актуальність дисертаційної роботи, необхідність підвищення ефективності сучасних дизельних двигунів для бронетанкової техніки, визначив досягнення сучасної наукової школи танкобудування та окремо двигунобудування для цієї техніки. Висвітлені також напрямки та можливості вдосконалення танкових двигунів.

Автор також показав зв'язок тематики дисертації з науковими програмами стосовно танкового двигунобудування в плані виконання держбюджетних проектів. Сформулював основні завдання, визначив об'єкт та предмет дослідження, методи та методики, які застосовані в роботі, визначив наукову новизну та практичну цінність. Визначений також особистий внесок здобувача, який полягає у визначенні параметрів двоступеневої системи наддуву, які забезпечить раціональний рівень ефективності роботи танкового дизеля 6ДН12/2×12. В цьому ж розділі приділена увага щодо апробації результатів роботи у вигляді доповідей на міжнародних наукових конференціях, де зазначені результати отримали позитивну оцінку наукової спільноти.

Перший розділ роботи присвячений огляду та аналізу літературних даних щодо систем особливостей повітропостачання та використання різних систем наддуву дизельних двигунів бронетанкової техніки вітчизняного та іноземного виробництва. Наведений аналіз найбільш ефективних схемних та конструктивних рішень щодо танкових двигунів та їх систем, визначені переваги та недоліки, намічені найбільш доцільні напрямки вдосконалення цих двигунів. В цьому ж розділі визначені й перспективи впровадження регульованого наддуву для покращення максимального крутного моменту при низьких обертах, підтримання на постійному рівні максимального припустимого тиску в циліндрі двигуна, забезпечення раціонального використання приводного та газотурбінного компресора.

В цьому ж розділі приділена увага методам та пристроям щодо керування параметрами наддуву у високофорсованих дизелях, розглянуті конструктивні рішення систем двоступеневого наддуву, системи з використанням рециркуляції відпрацьованих газів, а також системи з двоступеневим реєстровим наддувом.

В результаті аналізу автор обґрунтовано робить висновки про найбільшу ефективність двоступеневої системи наддуву з використанням регулювання як турбін, так й компресорів. Такий підхід, на думку автора, розкриє потенційні можливості підвищення характеристик двигуна.

В другому розділі розглянуті питання підвищення ефективності системи повітропостачання перспективної силової установки з форсованим дизелем для бронетанкової техніки з метою забезпечення характеристик та параметрів, які необхідно забезпечити згідно вимог до зазначеної техніки.

Фізичним об'єктом досліджень обрана лінійка сучасних двигунів для бронетанкової техніки ДН12/2×12, широкий спектр яких розроблений в ДП "ХКБД". Розглянуті особливості схемних та конструктивних заходів щодо збільшення потужності для привода компресорів цих двигунів та визначені їх основні параметри.

На підставі аналізу визначені особливості забезпечення характеристик та основних параметрів при модернізації енергетичної установки бронетанкової техніки за рахунок високого ступеня форсування дизельного двигуна. Шляхом моделювання показані переваги перспективного дизеля 6ТД, обладнаного вдосконаленою системою наддуву над серійним двигуном 6ТД-2Е. В цьому ж

розділі наведені результати розробки системи двоступеневого наддуву з проміжним охолодженням наддувального повітря та системи регулювання турбіни та компресора дизеля 6ТД-2. Крім того показана перевага застосування багатоярусних робочих коліс.

Третій розділ присвячений математичному моделюванню робочого процесу у дизельному двигуні, який призначений для використання у бронетанковій техніці. Автором наведені загальні диференціальні рівняння процесів тепло- та масообміну в циліндрі двигуна, які спираються на закони збереження енергії та маси та, при доповненні відповідними співвідношеннями, можуть скласти математичну модель робочого процесу.

В цьому ж розділі наведений короткий аналіз відомих математичних моделей та програмних комплексів, які можуть бути застосовані для визначення параметрів робочого процесу в ДВЗ, визначені їх переваги та недоліки. Представлені також результати моделювання щодо зміни параметрів робочого тіла в процесі газообміну, зміни прохідного перетину продувних та випускних вікон, індикаторної діаграми, зміна маси та температури робочого тіла в циліндрі двотактного двигуна 6ДН12/2×12 потужністю 880 кВт. Автором також наведені деякі результати порівняння параметрів цього двигуна, які отримані експериментальних та розрахунковим шляхом. При цьому зазначається, що похибка розрахункових даних відносно експериментальних не перевищує 5% та робиться висновок про можливість використання зазначеної моделі для визначення параметрів перспективного модернізованого двигуна потужністю 1100 кВт.

У четвертому розділі дисертаційної роботи, який можна визначити, як основний, автор наводить результати експериментально-розрахункових досліджень ефективності застосування запропонованої двоступеневої системи наддуву високофорсованого дизеля потужністю 1100 кВт. Висвітлені порівняльні індикаторні діаграми для базового двигуна 6ТД-2 та модернізованого зразка 6ДН12/2×12, а також інтегральні характеристики тепловиділення на режимах максимальної потужності та максимального крутного моменту, зміни максимального тиску, температури, питомої витрати палива на режимах максимальної потужності. Крім того неведені дані щодо зміни потужності приводного компресора на відповідних режимах навантаження та крутного моменту.

Певна увага автором приділена розподілу ступеня підвищення тиску між приводним та вільним газотурбокомпресором. Показаний раціональний розподіл цього параметру у межах ступенів стиску між компресорами у діапазоні $\pi_{с,LP} / \pi_{с,HP} = 4$. Виконано також порівняння характеристик компресора високого тиску з двоступеневою системою наддуву зі стандартним компресором одноступінчастої системи наддуву.

Важливим представляється розрахункове дослідження параметрів модернізованого двигуна 6ДН12/2×12 на режимах максимального крутного моменту, що дозволило автору обрати найбільш раціональний варіант співвідношення цих параметрів.

В цьому ж розділі проаналізовано ефективність використання охолоджувача наддувного повітря та оцінений вплив такого охолоджувача на параметри робочого процесу в двигуні. Певна увага приділена сучасній методиці розрахунку охолоджувача, що дозволило отримати надійні результати щодо показників ефективності та масогабаритних характеристик.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації

Обґрунтованість наукових положень та висновків базується на використанні в процесі досліджень фундаментальних методів, які є достатньо випробуваними та широко відомі в науці. Автором досить коректно сформульована наукова задача та на її основі розроблено часткові завдання дослідження, які спрямовані на досягнення кінцевої мети роботи – покращення основних характеристик дизелів для бронетанкової техніки.

Дисертаційна робота носить переважно теоретичний характер з використанням сучасних розрахункових методик та пакетів прикладних комп'ютерних програм, що обумовлює достовірність отриманих даних та оснований на них висновків та рекомендацій.

Додатковим підтвердженням обґрунтованості положень та висновків роботи є те, що результати роботи неодноразово докладалися на міжнародних наукових конференціях різного рівня та отримали позитивну оцінку науковців та фахівців в галузі двигунобудування.

Таким чином можна вважати, що результати дисертаційної роботи, висновки та рекомендації є достатньо обґрунтованими та такими що не викликають сумніву.

Наукова новизна отриманих результатів

На жаль наведені автором у дисертаційній роботі та авторефераті формулювання наукової новизни не в повній мірі висвітлюють результати дослідження. На погляд опонента наукова новизна полягає в наступному:

1. Вперше запропоновано вдосконалену схему двоступеневого комбінованого наддуву з проміжним охолодженням наддувного повітря з системою регулювання турбіни, компресора для дизеля 6ДН12/2×12, що забезпечує підвищення потужності та крутного моменту двигуна на 15...20%, а також відповідного зменшення питомої витрати палива та покращення екологічних показників.
2. Вперше визначені раціональні параметрами робочого процесу дизеля 6ДН12/2×12 при використанні двоступеневого наддуву та експлуатації двигуна на режимі максимального крутного моменту, що забезпечує ефективність двигуна в цілому.
3. Уточнена геометрія поверхні теплопередачі охолоджувачів наддувного повітря першого та другого ступенів, що дозволило підвищити їх ефективність за рахунок вибору раціональних розмірів фронтальних поверхонь, глибини матриці та, відповідно, опору та швидкостей повітря.

4. Набула подальшого розвитку методика розрахунку охолоджувачів наддувного повітря, адаптована для розрахунків теплообмінних апаратів у двоступеневої системі наддуву.

Практична цінність роботи полягає у розробці комплексного підходу до вдосконалення дизельних двигунів для бронетанкової техніки шляхом їх форсування за рахунок впровадження двоступеневої системи керованого наддуву, що дозволяє підвищити потужність та крутний момент, зменшити питому витрату палива та покращити екологічні показники.

Результати дисертаційної роботи отримали належне впровадження в ДП "Завод імені Малишева" при створенні та доведенні двигунів. Отримані автором результати можуть бути впроваджені в інших проектних та двигунобудувних підприємствах, а також у навчальному процесі кафедри ДВЗ НТУ "ХП" при викладанні відповідних дисциплін, що підтверджується відповідними актами.

Повнота викладу результатів дослідження в опублікованих працях

Основні положення та результати дисертаційної роботи досить повно опубліковані у 6 наукових працях (з них 1 без співавторів). Апробація матеріалів дисертації здійснена на багатьох наукових конференціях, у тому разі й міжнародних де отримали позитивну оцінку фахівців. В цілому, рівень і кількість публікацій, а також апробації матеріалів дисертації на конференціях досить повно відображають зміст та результати дисертаційної роботи, відповідають вимогам, які ставляться до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

Автореферат є ідентичний за змістом основними положеннями дисертації й досить повно відображає її основні наукові результати.

Зауваження по роботі

1. У вступі не досить повно розкриті питання методів та методик, які були використані в роботі.

2. В цьому ж розділі недостатньо повно відображена наукова новизна роботи, незважаючи на те, що в роботі присутні достатньо вагомі нові наукові результати.

3. В дисертації здобувачем занадто глибоко розглянуто питання перспективних шляхів вдосконалення та модернізації танків Т-64БВ, які по суті не пов'язані безпосередньо з енергетичною установкою (підпункт 1.3). В цілому перший розділ є дещо перевантаженим.

4. В рамках аналізу сучасних тенденцій розвитку двигунобудування приділено недостатньо уваги розгляду робіт попередників, які займалися задачами підвищення питомої потужності двотактних дизелів з зустрічно рухомими поршнями. Доцільно було б розглянути окрім наддуву інші методи підвищення потужності.

5. В роботі розглянуто велику кількість сучасних програмних комплексів для моделювання робочих процесів двигунів, їх систем і механізмів, проте не надано достатньо повного обґрунтування вибору на користь розробки в рамках

роботи над дисертаційним дослідженням власного програмного комплексу для моделювання робочого процесу перспективного двотактного високофорсованого двигуна, що розглядається в дисертації.

6. В підрозділі 4.1 наведено дані про робочий процес перспективного дизеля. На цьому режимі було зменшено кут випередження впорскування палива, та не надано цьому обґрунтування. Вочевидь, це було зроблено з метою обмеження максимального тиску циклу. Проте, в тексті дисертації було б доцільно запропонувати заходи, які дають змогу досягти таких показників робочого процесу.

7. В дисертації вказано на необхідність застосування проміжних рідинних охолоджувачів наддувного повітря, розглянуто вплив діаметру водяних трубок та швидкості повітря крізь теплообмінник на характеристики теплообмінників заданої ефективності, проте не розглядається вплив кількості та конфігурації ребер охолодження на ефективність теплообмінників, а отже, і наявність потенціалу для додаткового покращення охолоджувачів, наприклад, виконання їх більш компактними з метою полегшення компоновки теплообмінників в моторно-трансмійному відділенні.

8. В четвертому розділі доцільно було б привести характеристичні карти лопаткових машин, що плануються до використання в системі двоступеневого наддуву дизеля та навести узгодження характеристик цих машин, з витратною характеристикою двигуна.

9. В тексті зустрічаються сленгові технічні терміни, використання яких є небажаним в дисертаційному дослідженні. Зокрема, терміни «пиловий знос» (доцільним було б замінити його на фразу «зношування деталей, що обумовлено надходженням пилу до пар тертя»), «частота обертів» (маючи на увазі «частоту обертання колінчастого валу»), тощо.

10. В дисертаційній роботі присутні не суттєві недоліки оформлення матеріалу: за текстом іноді зустрічаються друкарські, пунктуаційні та стилістичні помилки. В підрозділі 2.3 об'ємна витрата повітря через двигун вимірюється в кг/с, тобто в одиницях ваги, а не об'єму. Це можна пояснити друкарською помилкою при редагуванні тексту дисертації. На рисунках 1.15...1.21 частина позначень виконано іноземною мовою без надання перекладу.

Однак висловлені зауваження не носять принципового характеру та не зменшують високої оцінки дисертаційної роботи в цілому, її теоретичних та практичних результатів.

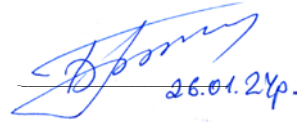
Дисертація та автореферат написані грамотно, ясною та зрозумілою мовою з використанням загальноприйнятої науково-технічної термінології.

Дисертаційна робота є самостійним, ґрунтовним та завершеним дослідженням, в якому вирішена актуальна науково-технічна задача підвищення ефективності високофорсованих турбопоршневих дизелів для бронетанкової техніки.

Дисертаційна робота повністю відповідає вимогам ДАК Міністерства освіти і науки України та "Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти,

наукової установи про присудження ступеня доктора філософії", затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 (із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 341 від 21.03.2022р. та № 502 від 19.05.2023р.), які ставляться до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії, а її автор – **Шелестов Максим Сергійович** – заслуговує присудження йому ступеня доктора філософії у галузі знань 14 – електрична інженерія зі спеціальності 142 – енергетичне машинобудування.

Офіційний опонент, професор кафедри
"Двигуни внутрішнього згоряння,
установки та технічна експлуатація"
Національного університету кораблебудування
імені адмірала Макарова, д-р техн. наук, професор



26.01.24р.

Тимошевський Б.Г.

Підпис завідувача кафедри "Двигуни внутрішнього згоряння"
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, д-ра
техн. наук, професора Тимошевський Б.Г. засвідчую:

Ректор
Національного університету
кораблебудування
імені адмірала Макарова,
д-р техн. наук, професор



Євген Грушляков