

УДК 621.4:62-5

Ткаченко В.М., Кухтик О.В.

¹ кандидат фіз.-мат. наук, доцент кафедри методики навчання математики, фізики та інформатики, ДВНЗ «ДДПУ»

e-mail: tkachenkovn2@gmail.com,

ORCID 0000-0003-1042-2656

² здобувач другого (магістерського) РВО за ОП «Середня освіта (Фізика)», ДВНЗ «ДДПУ»

e-mail: olegkuhtik58@gmail.com,

ORCID 0009-0003-7692-8673

ТИПИ ТЕПЛОВИХ ДВИГУНІВ, ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ ТА МОДЕРНІЗАЦІЯ

Стаття пропонує огляд головних різновидів теплових двигунів, галузей їх застосування та поточних напрямків вдосконалення. Розглянуто функціонування двигунів внутрішнього згоряння, парових машин і газових турбін. Проаналізовано їх позитивні та негативні риси, а також області застосування. Особливу увагу приділено впровадженню сучасних технологій, що сприяють покращенню ефективності, зменшенню споживання палива та зниженню шкідливого впливу на навколишнє середовище.

Ключові слова: тепловий двигун, двигун внутрішнього згоряння, парова машина, газова турбіна, модернізація, екологія, ефективність.

Вступ

Постановка проблеми. Питання збільшення ефективності теплових двигунів є надзвичайно важливим у сучасному технічному прогресі. Теплові двигуни широко застосовуються у різних сферах – від промисловості та сільськогосподарства до транспорту, забезпечуючи основну функцію – перетворення енергії палива, зокрема хімічної, на механічну роботу. В умовах зростаючих екологічних вимог та необхідності ефективного використання енергетичних ресурсів, модернізація цих двигунів набуває першочергового значення.

Актуальність дослідження обумовлена нагальною потребою в підвищенні коефіцієнта корисної дії теплових двигунів, мінімізації шкідливих викидів та відповідності сучасним екологічним нормам. Завдяки сучасним технологіям відкриваються можливості для оптимізації процесів згоряння, інтеграції електронних систем керування та впровадження передових систем очищення вихлопних газів, що сприяє покращенню екологічних показників та економічності роботи двигунів.

Метою цього дослідження є ретельний аналіз різновидів теплових двигунів; вивчення використання їх у різних галузях господарства; дослідження передових методів модернізації, що спрямовані на підвищення їх ефективності та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище; наведення розрахункової частини, яка демонструє практичне застосування теоретичних концепцій.

Основна частина

Теплові двигуни – це пристрої, що перетворюють теплову енергію палива на механічну роботу. Найпоширенішими типами теплових двигунів є:

- *Двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ)*
- *Парові двигуни,*
- *Газові турбіни,* Кожен тип двигуна має свої переваги та недоліки, що визначає сферу його застосування [2].

Двигуни внутрішнього згоряння включають бензинові, дизельні та газові мотори. Бензинові працюють за циклом Отто, де паливо займається від іскри, і характеризуються високою частотою обертів та меншим рівнем шуму. Дизельні двигуни функціонують за циклом Дизеля з самозайманням палива від стиснення. Вони більш економічні, але гучніші та виділяють більше оксидів азоту [6]. Газові двигуни використовують природний чи скраплений газ, що сприяє зменшенню шкідливих викидів. Парові машини використовують теплову енергію пари для руху поршня чи турбіни. Вони мають складну конструкцію та низький ККД, через що їх замінили двигунами внутрішнього згоряння. Газові турбіни функціонують на принципі розширення гарячих газів через лопаті турбіни, що забезпечує високу потужність. Ці турбіни активно використовуються в авіації та енергетиці. Кожен різновид двигуна має свої переваги та галузі застосування.

Теплові мотори мають вирішальне значення в багатьох секторах виробництва. Їх використовують для керування різними механізмами та виробництва електроенергії, особливо в місцях з обмеженим доступом або автономних умовах. У будівельній сфері теплові двигуни забезпечують роботу будівельної техніки, такої як екскаватори та бульдозери. Це дає змогу виконувати складні завдання швидко й результативно, навіть коли немає доступу до електромережі. В аграрному секторі трактори та комбайни обладнані двигунами внутрішнього згоряння, що збільшує ефективність роботи на полях. Транспортна галузь включає автомобілі, залізничний, авіаційний та морський транспорт, де теплові двигуни забезпечують високу потужність та мобільність [1; 5]. Завдяки цьому можливе швидке та результативне пересування на великі відстані. Значна автономність теплових двигунів робить їх незамінними в багатьох видах діяльності. Незважаючи на прогрес електротранспорту, теплові двигуни залишаються важливими завдяки своїй потужності та надійності. Вони є основою сучасного машинобудування та транспорту.

Сучасне вдосконалення теплових моторів націлене на збільшення їхньої продуктивності та турботи про довкілля. Головний шлях - впровадження електронних контролерів, що регулюють подачу пального та процес займання. Це покращує споживання палива та зменшує обсяг шкідливих викидів. Каталізатори ставлять для очищення вихлопу від оксидів азоту, вуглеводнів і чадного газу [2; 4]. Застосування сучасних матеріалів, наприклад, зносостійких сплавів та покриттів, зменшує тертя між

елементами та продовжує термін служби двигуна. Оптимізація робочих процесів та використання турбонаддуву дають змогу підвищити потужність та ефективність, не збільшуючи габарити двигуна [6]. Окрім цього, активно розвивається застосування альтернативних видів палива, таких як біодизель і скраплений газ [2; 6]. Це знижує залежність від викопного палива та мінімізує шкідливий вплив на навколишнє середовище. Завдяки цим змінам, сучасні теплові двигуни стають більш економічними, екологічно чистими та довговічними.

Вивчення теплових двигунів у школах є важливою частиною фізичної освіти, оскільки воно допомагає учням зрозуміти принципи перетворення енергії та їхнє практичне застосування. У шкільній програмі України ця тема зазвичай розглядається в 10-11 класах у рамках курсу фізики, зокрема в розділах, присвячених термодинаміці та тепловим явищам. Учні знайомляться з основними типами теплових двигунів, такими як двигуни внутрішнього згоряння, парові машини та газові турбіни, а також вивчають їхній вплив на навколишнє середовище. Ця тема інтегрується з іншими дисциплінами, такими як екологія та технології, що дозволяє учням отримати цілісне уявлення про роль теплових двигунів у сучасному світі.

Для закріплення теоретичних знань у школах проводяться різноманітні експерименти та практичні заняття. Наприклад, одним із поширених експериментів є демонстрація роботи моделі парового двигуна, де учні можуть спостерігати, як теплова енергія, отримана від нагрівання води, перетворюється на механічну роботу. Такий експеримент дозволяє наочно пояснити принципи термодинаміки, зокрема перший і другий закони. Крім того, використовуються моделі двигунів внутрішнього згоряння (наприклад, спрощені макети бензинового чи дизельного двигуна), які демонструють цикли Отто або Дизеля. Учні можуть досліджувати залежність ефективності двигуна від різних параметрів, таких як температура чи тиск, за допомогою лабораторних стендів.

Екологічний аспект роботи теплових двигунів також є важливою частиною шкільного вивчення. Учні старших класів аналізують вплив вихлопних газів на довкілля та досліджують методи зменшення шкідливих викидів, наприклад, за допомогою каталітичних нейтралізаторів. Для цього можуть проводитися експерименти з моделювання викидів, де використовуються датчики для вимірювання концентрації вуглекислого газу чи оксидів азоту. Такі заняття сприяють формуванню екологічної свідомості та розумінню важливості модернізації теплових двигунів для зменшення їхнього впливу на природу.

Вивчення теплових двигунів у школах не лише поглиблює знання учнів із фізики, а й розвиває їхнє критичне мислення та розуміння сучасних технологічних викликів. Практичні експерименти допомагають учням пов'язати теоретичні знання з реальними процесами, що використовуються в промисловості, транспорті та енергетиці.

РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

1. Обчислення потужності теплового двигуна внутрішнього згоряння

Щоб розрахувати потужність дизельного двигуна, застосовується формула, яка враховує теплоту згоряння пального та коефіцієнт корисної дії.

$$P = \frac{Q \cdot \eta \cdot m}{t}$$

де:

- P – потужність двигуна (Вт),
- Q – теплота згоряння пального (Дж/кг),
- η – коефіцієнт корисної дії (безрозмірне число),
- m – маса пального, що згоряє (кг),
- t – час роботи двигуна (с).

Вхідні дані:

- Теплота згоряння дизельного пального: $Q = 4,5 \times 10^7$ Дж/кг,
- Маса пального, що згоряє за 1 годину (60 хв): $m = 0,5$ кг,
- Коефіцієнт корисної дії: $\eta = 0,35$ (35%),
- Час роботи: $t = 3600$ с (1 година).

Розрахунок:

1. Знайдемо кількість тепла, яке виділяється при згорянні пального за 1 годину:

$$Q_{\text{всього}} = m \cdot Q = 0,5 \cdot 4,5 \times 10^7 = 2,5 \times 10^7 \text{ Дж}$$

2. Потужність двигуна:

$$P = \frac{2,5 \times 10^7 \cdot 0,35}{3600} = \frac{7,875 \times 10^6}{3600} \approx 2187,5 \text{ Вт}$$

Отже, потужність цього двигуна складає 2187,5 Вт.

2. Розрахунок витрат пального за годину роботи двигуна

Витрати пального можна розрахувати за допомогою потужності двигуна та ефективності згоряння.

Вхідні дані:

- Потужність двигуна: $P = 2187,5$ Вт,
- Коефіцієнт корисної дії: $\eta = 0,35$,
- Теплота згоряння пального: $Q = 4,5 \times 10^7$ Дж/кг.

Розрахунок:

$$m_{\text{паль}} = \frac{2187,5}{0,35 \cdot 4,5 \times 10^7} = \frac{2187,5}{1,575 \times 10^7} \approx 1,39 \times 10^{-4} \text{ кг/с.}$$

Загальні витрати пального за 1 годину

$$m_{\text{паль}} \cdot 3600 = 1,39 \times 10^{-4} \cdot 3600 = 0,5 \text{ кг.}$$

Отже витрати пального складають 0,5 кг/год.

3. Розрахунок викидів CO_2 від дизельного двигуна

Викиди CO_2 можна розрахувати за емісією CO_2 для дизельного пального, яка становить 2,6 кг CO_2 на 1 кг пального.

$$E_{CO_2} = m_{паль} \cdot \text{емісія } CO_2 \text{ на 1 кг пального.}$$

Вхідні дані:

- Витрати пального: $m_{паль} = 0,5$ кг/год,
- Емісія CO_2 для дизельного пального: 2,6 кг CO_2 на 1 кг пального.

$$E_{CO_2} = 0,5 \cdot 2,6 = 1,3 \text{ кг } CO_2 / \text{год.}$$

Отже, викиди CO_2 від цього двигуна складають 1,3 кг CO_2 / год.

4. Розрахунок ефективності каталітичного нейтралізатора

Якщо каталітичний нейтралізатор очищає 90% оксидів азоту (NO_x), то і ефективність очищення вихлопних газів складає **90%**. У підсумку маємо:

1. Потужність дизельного двигуна при заданих умовах складає **2187,5 Вт**.
2. Витрати пального на годину роботи складають **0,5 кг/год**.
3. Викиди CO_2 від роботи двигуна складають **1,3 кг CO_2 /год**.
4. Ефективність очищення вихлопних газів при використанні каталітичного нейтралізатора становить **90%**.

Розрахунки показали, що за заданих умов потужність дизельного двигуна складає близько 2,2 кВт. Витрати пального становлять 0,5 кг/год, що є типовим значенням для двигунів такого класу. Викиди CO_2 оцінені в 1,3 кг/год, що свідчить про значний вплив на навколишнє середовище під час тривалої експлуатації.

Застосування каталітичних нейтралізаторів дає змогу знизити рівень шкідливих викидів на 90%, що є важливим кроком у напрямі екологічної безпеки. Модернізація системи подачі палива та використання електронного управління також підвищують ефективність роботи двигуна.

Висновки

Основні типи теплових двигунів, включаючи двигуни внутрішнього згоряння, парові та газові турбіни знайшли широке застосування в різних галузях господарства. А їх характеристики: потужність, мобільність та здатність працювати автономно – обумовлюють сфери їх використання.

Ключовими напрямками модернізації теплових двигунів є впровадження електронних систем керування, каталітичних нейтралізаторів і нових матеріалів, що суттєво підвищують ефективність та знижують рівень шкідливих викидів.

Розрахункова частина підтвердила реальні показники потужності дизельного двигуна, споживання палива та викидів CO_2 , які відповідають сучасним технічним стандартам.

Література

1. Бойко В.І. Теплові двигуни: теорія і практика. – К.: Видавництво, 2020. – 320 с.
2. Іванов С.П., Коваленко О.М. Екологічні аспекти модернізації двигунів внутрішнього згоряння // Енергетика та навколишнє середовище. – 2021. – Вип. 3. – С. 45–52.
3. Петренко В.В. Двигуни внутрішнього згоряння: конструкція та експлуатація. – Львів: Видавництво Львівського національного університету, 2019. – 280 с.
4. ДСТУ ISO 8178-1:2017. Вимірювання викидів від двигунів внутрішнього згоряння. – Київ, 2017.
5. Johnson T. Internal Combustion Engines: Fundamentals and Applications. – New York: McGraw-Hill, 2018. – 400 p.
6. Козлов А.Г., Модернизация дизельных двигателей для снижения выбросов NOx // Техніка та технології. – 2022. – № 7. – С. 88–93.

Volodymyr M. Tkachenko, Oleh V. Kukhtik

Donbas State Pedagogical University, Sloviansk, Ukraine

Types of Heat Engines, Their Applications, and Modernization

The article provides an overview of the main types of heat engines, their areas of application, and current directions of improvement. It examines the operation of internal combustion engines, steam engines, and gas turbines. Their advantages and disadvantages, as well as fields of application, are analyzed. Special attention is given to the implementation of modern technologies that enhance efficiency, reduce fuel consumption, and minimize harmful environmental impact.

Keywords: *heat engine, internal combustion engine, steam engine, gas turbine, modernization, ecology, efficiency.*
