

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ПАЛИВНОГО СТРУМЕНЯ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ПЕРЕБІГУ ПРОЦЕСІВ ВНУТРІШНЬОГО СУМІШОУТВОРЕННЯ В ДВИГУНІ 1Д 8,2/8,7 З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ

Корогодський Володимир Анатолійович, докт. техн. наук, професор каф. ДВЗ, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: korohodskiy@ukr.net, ORCID: [0000-0002-1605-4631](https://orcid.org/0000-0002-1605-4631)

Манойло Володимир Максимович, докт. техн. наук, професор кафедра ДВЗ, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: volodimir.m.manoylo@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2208-4404

Мовчан Олексій Петрович, студент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: ad1m23mop@stud.khadi.kharkov.ua

Матиско Олексій Олександрович, аспірант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: nebitnekrashen2017@gmail.com, ORCID: [0000-0003-0376-1836](https://orcid.org/0000-0003-0376-1836)

Хомутов Максим Анатолійович, аспірант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: m.a.homutov@gmail.com, ORCID: [0009-0006-9184-7646](https://orcid.org/0009-0006-9184-7646)

Ефективним способом підвищення техніко-економічних та екологічних показників [1] двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) з примусовим запалюванням є застосування внутрішнього сумішоутворення при безпосередньому впорскуванні палива [2].

Організація внутрішнього сумішоутворення при застосуванні безпосереднього впорскування палива дозволяє більш ніж в 2 рази знизити витрату палива в результаті підвищення індикаторного ККД й до 30 % [3] за рахунок виключення втрати палива у випускну систему при перебігу процесів газообміну [4]. Крім того, згорання збідненої паливо-повітряної суміші з розшаруванням сприяє зменшенню кількості шкідливих речовин у відпрацьованих газах [5].

Тому дослідження процесів впливу параметрів паливного струменя на інтенсивність перебігу процесів внутрішнього сумішоутворення в двотактному двигуні 1Д 8,2/8,7 з іскровим запалюванням є актуальним.

Мета досліджень – зменшення часу випаровування палива при організації об'ємно-плівкового сумішоутворення.

Завдання дослідження: визначити раціональні кути розкриття паливного струменя з периферійним розташуванням частинок палива та розміщенням повітря в його середині при цикловій подачі, яка відповідає максимальній потужності двигуна.

Безпосереднє впорскування палива у циліндр двотактного двигуна 1Д 8,2/8,7 з іскровим запалюванням забезпечується паливним механічним насосом високого тиску з манжетним ущільненням плунжера за допомогою

паливної форсунки з клапанним розпилювачем (рис. 1), який формує структуру паливного струменя з периферійним розташуванням частинок палива та розміщенням повітря в його середині (рис. 2).

Розрахункове дослідження процесів випаровування палива при внутрішнього сумішоутворення [6] проводилося за методиками [7] та [8] при частоті обертання колінчастого валу двигуна та паливного насоса $n = 3000 \text{ хв}^{-1}$.

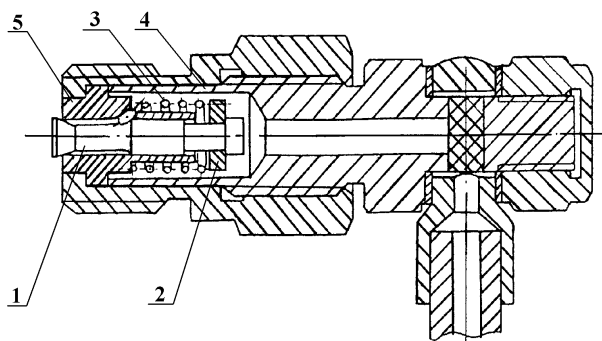


Рисунок 1 – Форсунка з клапанним розпилювачем:

- 1 – клапан; 2 – замок;
- 3 – пружина клапана; 4 – стакан;
- 5 – розпилювач (сідло клапана)

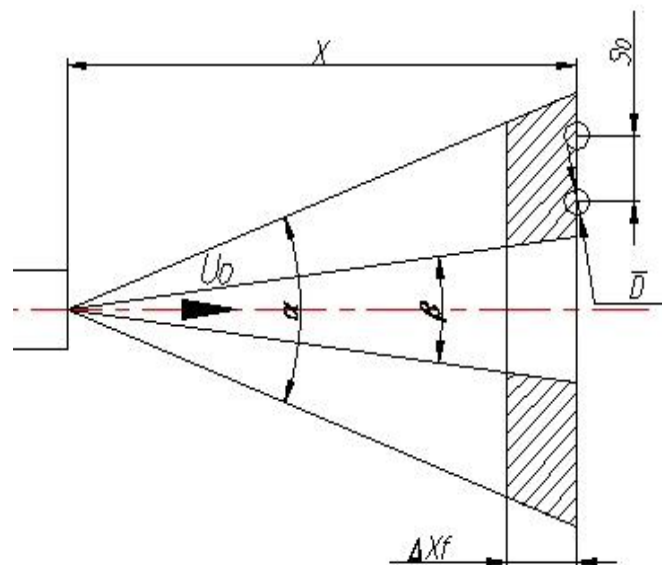


Рисунок 2 – Схема паливного струменя

В якості палива використано бензину А-92. Попередньо визначений раціональний рівень тиску впорскування палива склав $P_{впр} = 50 \text{ бар}$, циклова подача палива при максимальній потужності двигуна $V_{ц} = 22,97 \text{ мг/цикл}$.

При розрахунках процесів випаровування палива враховується сумарна швидкість руху повітряного заряду в камері згоряння (КЗ) з площею витискувача, яка складає $S_{вит} = 0,65 \cdot S_{порш}$ та зазором між днищем поршня та витискувачем $\delta = 4 \text{ мм}$ [9]. На ділянці перебігу процесу сумішоутворення ($200 \div 280 \text{ гр. п.к.в.}$) на такті стиску сумарна швидкість підвищується від 10 до 15 м/с.

Дослідження процесів сумішоутворення проводилося при різних значеннях зовнішнього (α) та внутрішнього (β) кутів розкриття паливного струменя:

$\alpha = 36^\circ, \beta = 10^\circ$ (рис. 3); $\alpha = 39^\circ, \beta = 11^\circ$ (рис. 4); $\alpha = 41^\circ, \beta = 11^\circ$ (рис. 5); $\alpha = 44^\circ, \beta = 12^\circ$ (рис. 6).

Збільшення розкриття зовнішнього кута паливного струменя α від 36 до 44° сприяє скороченню часу випаровування палива в процесі внутрішнього сумішоутворення з 276 до 260 гр. п.к.в. (рис. 3–6). При цьому, частка палива, яка випаровувалася в паливному струмені під час його руху в об'ємі КЗ збільшилась з 25 до 47%. Максимальне значення товщини паливної плівки

зменшилась від 93 до 51 мкм (244 гр. п.к.в.). Але збільшення розкриття зовнішнього кута паливного струменя α до 44° сприяє досягненню частинок палива стінок циліндра, що є небажаним, оскільки повного випаровування палива не відбувається та це призводить до інтенсифікації процесу зносу робочого циліндра.

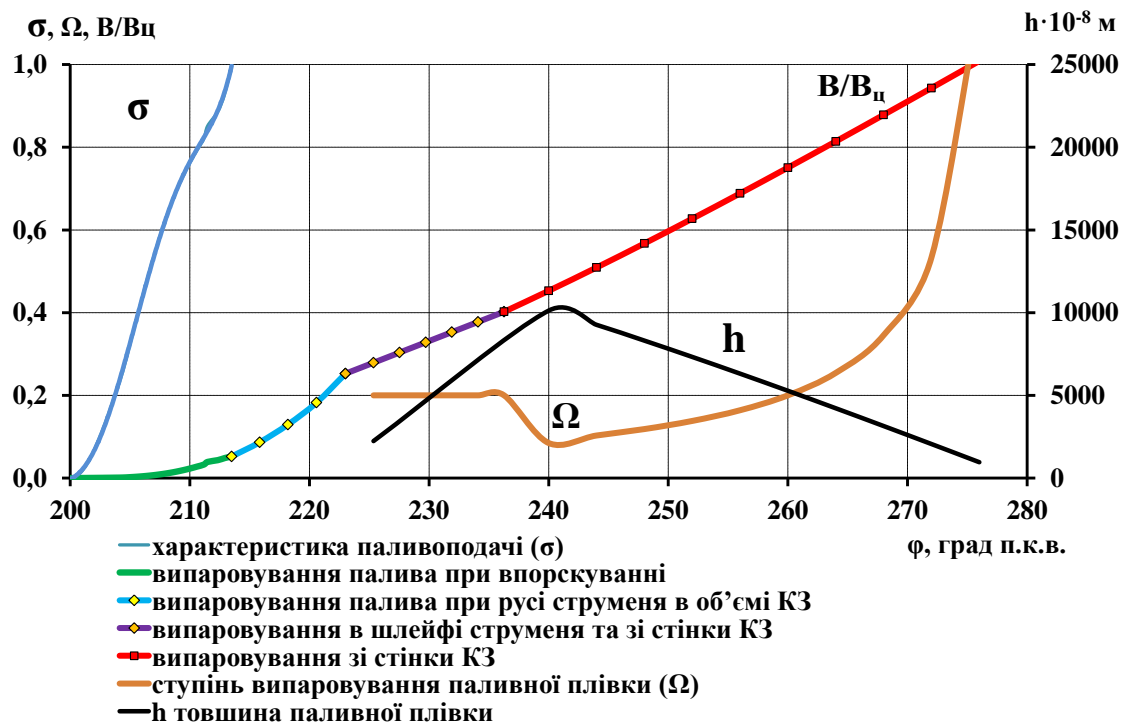


Рисунок 3 – Процеси випаровування палива при значеннях зовнішнього ($\alpha = 36^\circ$) та внутрішнього ($\beta = 10^\circ$) кутів розкриття паливного струменя

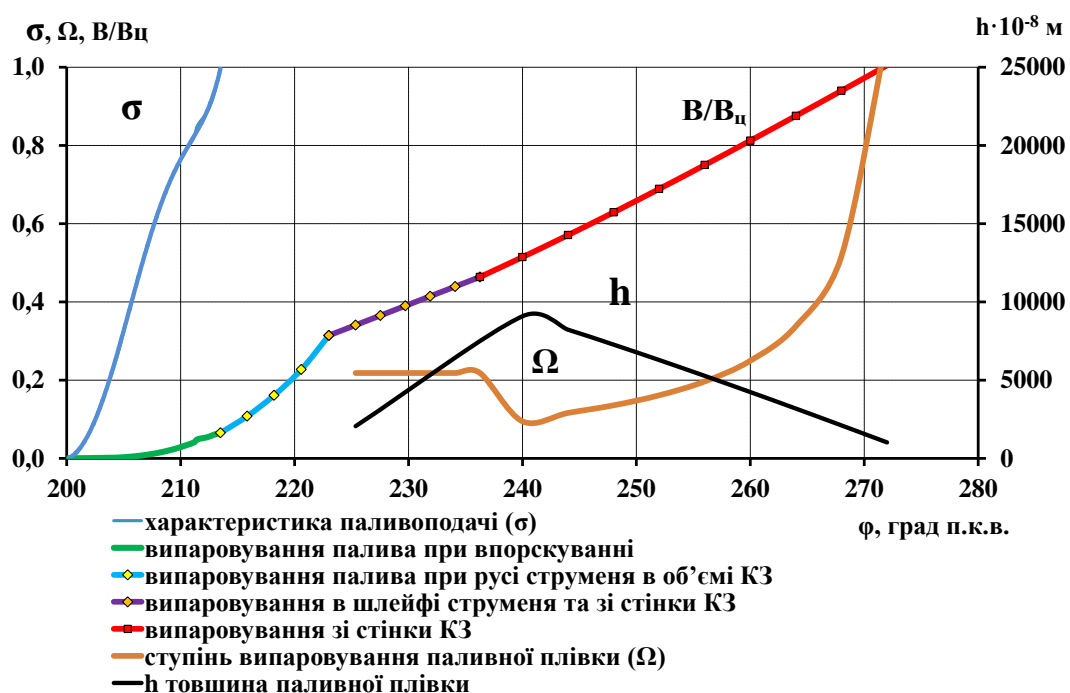


Рисунок 4 – Процеси випаровування палива при значеннях зовнішнього ($\alpha = 39^\circ$) та внутрішнього ($\beta = 11^\circ$) кутів розкриття паливного струменя

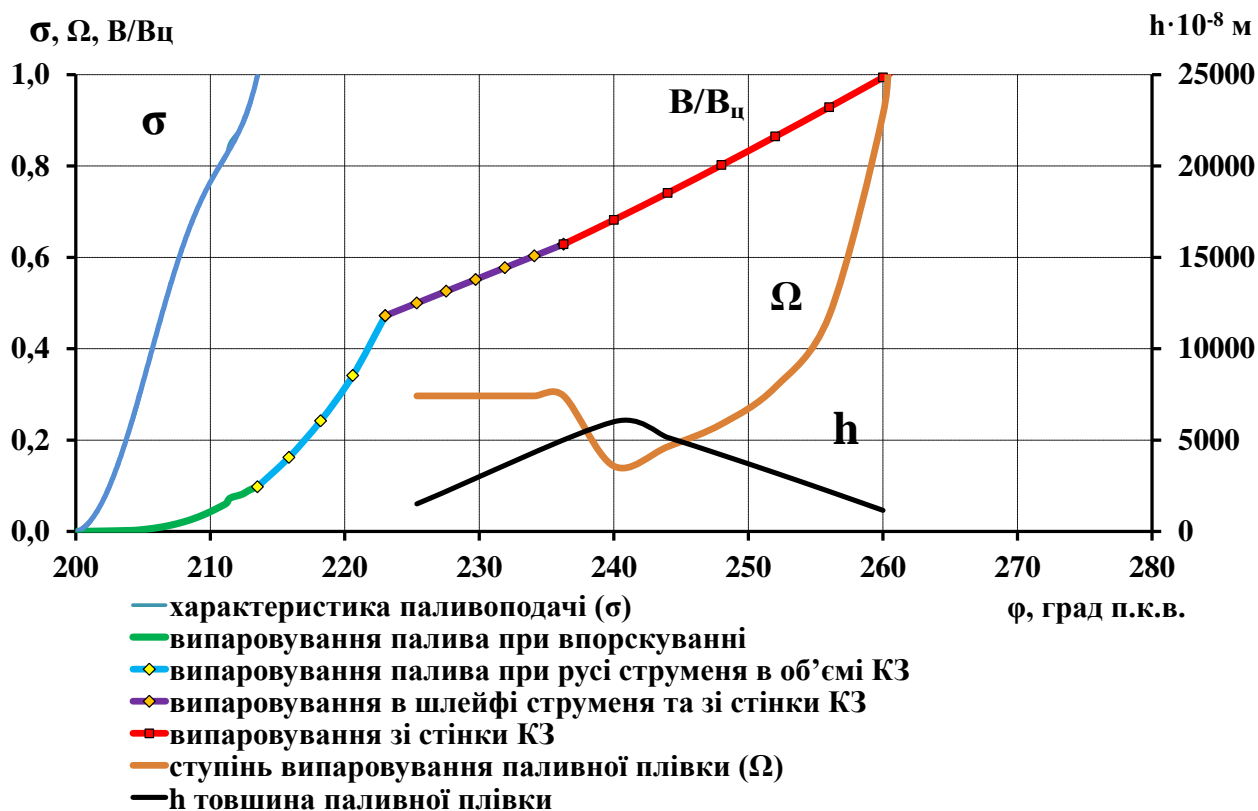


Рисунок 5 – Процеси випаровування палива при значеннях зовнішнього ($\alpha = 41^\circ$) та внутрішнього ($\beta = 11^\circ$) кутів розкриття паливного струменя

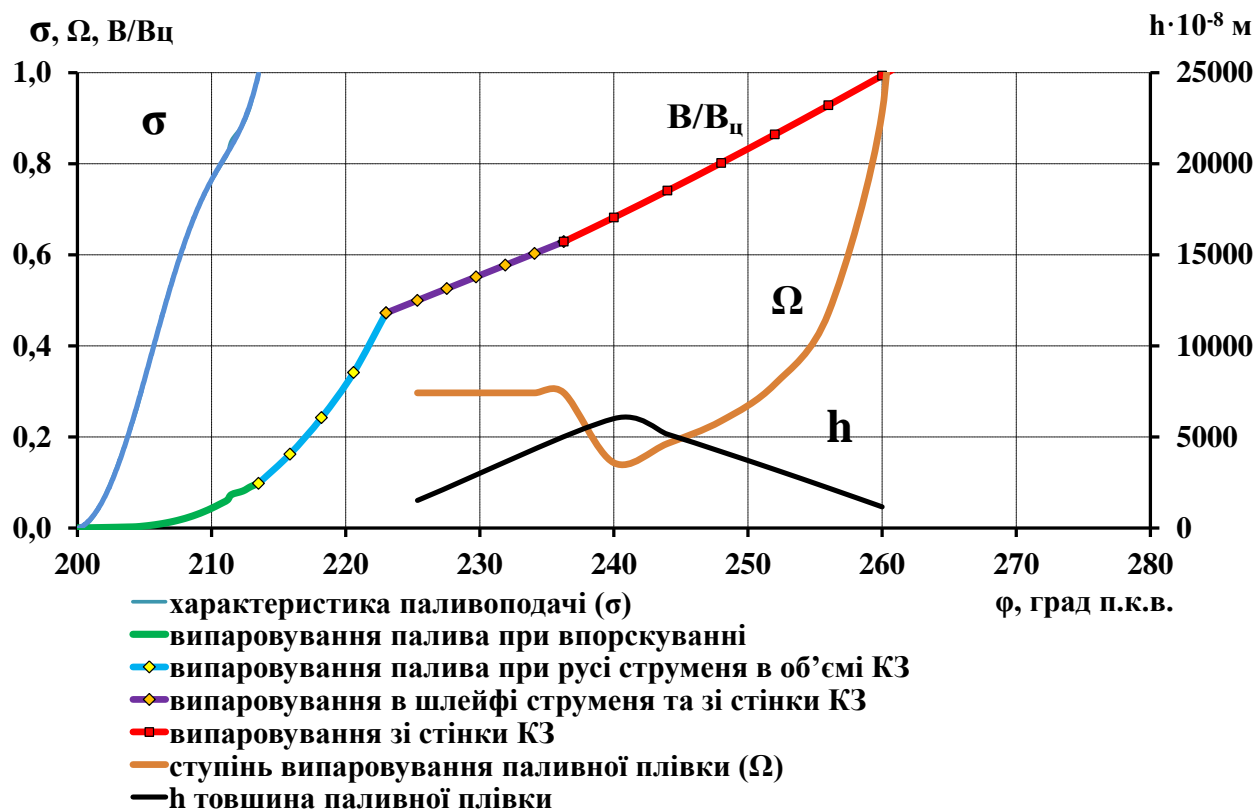


Рисунок 6 – Процеси випаровування палива при значеннях зовнішнього ($\alpha = 44^\circ$) та внутрішнього ($\beta = 12^\circ$) кутів розкриття паливного струменя

Забезпечення розкриття зовнішнього кута паливного струменя до $\alpha = 41^\circ$ та внутрішнього до $\beta = 11^\circ$ практично не змінює час перебігу процесів сумішоутворення (60 гр. п.к.в.) та дозволяє формувати паливну плівку виключно на $(\alpha = 44^\circ)$ та внутрішнього ($\beta = 12^\circ$) кутів розкриття паливного струменя поверхнях КЗ, що спряє повному випаровуванню палива, прийманню його участі в перебігу процесів згоряння й фактично виключає його втрати. При цьому значення $\alpha = 41^\circ$ та $\beta = 11^\circ$ відповідають експериментальним дослідженням, які проведені на паливній форсунці з клапаном розпилювачем, що застосовувався при моторних дослідженнях двигуна.

Висновки

В результаті аналітичних досліджень процесів внутрішнього сумішоутворення на двотактному двигуні 1Д 8,2/8,7 з іскровим запалюванням та безпосереднім впорскуванням палива визначені раціональні кути розкриття паливного струменя з периферійним розташуванням частинок палива та розміщенням повітря в його середині при цикловій подачі, яка відповідає максимальній потужності двигуна. Значення раціонального зовнішнього кута розкриття паливного струменя склало $\alpha = 41^\circ$ та раціонального внутрішнього кута – $\beta = 11^\circ$, що підтверджується експериментальними дослідженнями на двигуні.

Література

1. ISO 8178-1: 2020 Reciprocating internal combustion engines – Exhaust emission measurement – Part 1: Test-bed measurement systems of gaseous and particulate emissions [Electronic resource] / 4th ed., available at: <https://www.iso.org/standard/79330.html>.
2. Korohodskyi, V., Voronkov, A., Migal, V., Nikitchenko, I., Zenkin, E., Rublov, V. and Rudenko, N. (2020). Determining the criteria and the degree of the stratification of the air-fuel charge in a cylinder of a spark-ignition engine during injecting fuel. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* **977** 012002. doi: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/977/1/012002>
3. Korohodskyi, V., Voronkov, A., Rogovyi, A., Kryshtopa, S., Lysytsia, O., Fesenko, K., Bezridnyi, V., Rudenko, N. (2021). Influence of the stratified fuel-air charge pattern on economic and environmental indicators of a two-stroke engine with spark ignition. *AIP Conf. Proc.: Transport, Ecology - Sustainable Development EKO Varna*, 2021. No. 2439 (2021) 020011, doi: <https://doi.org/10.1063/5.0068466>
4. Корогодський В.А. Визначення раціонального циклу та способу організації робочого процесу двигуна за навантажувальною характеристикою. *Вісник ХНАДУ*, 2020. Вип. 90. С. 80–94, doi: <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2020.90.0.80>
5. Корогодский В.А. Повышение топливно-экологических показателей двухтактного ДВС с искровым зажиганием за счет совершенствования процессов внутреннего смесеобразования. *Двигуни внутрішнього згорання*. – Харків: НТУ "ХП". – 2013. – №2. – С. 22–26.

6. Korohodskyi, V., Leontiev, D., Rogovyi, A., Kryshtopa, S. et al. Research of Spark Ignition Engine and Internal Mixture Formation Using Single-Zone, Two-Zone and Three-Zone Calculation Model of It Working Process. *SAE Technical Paper* 2022-01-1000, 2022, doi: <https://doi.org/10.4271/2022-01-1000>

7. Корогодський В.А. Дослідження процесів масо – і теплообміну у паливному струмені з периферійним розподіленням палива / В.А. Корогодський, А.А. Хандримайлов, Є.С. Грайворонський. *Двигуни внутрішнього згорання*. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2010. – №2. – С. 22–27. <http://dvs.khpi.edu.ua/article/view/61358>

8. Корогодський В.А. Уточнення математичної моделі процесів масо – і теплообміну у паливному струмені з периферійним розподіленням палива зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 117. – С. 64-72.

9. Корогодський В.А. Визначення впливу конструктивних особливостей надпоршевого об'єму двотактного двигуна на інтенсивність руху робочого тіла в камері згорання / В.А. Корогодський, О.О. Усов, О.О. Матиско, М.А. Хомутов, О.А. Журавель // Сучасні технології в автомобілебудуванні, транспорті та при підготовці фахівців: Міжнар. наук.-практ. конф., 23-25 жовтня 2023 р.: наук. праці. – Харків: ХНАДУ, 2023. – С. 122–128.

УДК 641.43

ТЕПЛООБМІН У ДВИГУНІ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ

Нікітченко Ігор Миколайович, канд. техн. наук, доцент кафедри двигунів внутрішнього згорання, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: igor.nikitchenko@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9481-4296

Трофіменко Дмитро Олександрович, бакалавр,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: dimatrof59@gmail.com

Теплопередача є одним із головних факторів у двигунобудуванні, який може впливати на коефіцієнт корисної дії, на знос деталей та їх надійність. Головною метою дослідження теплопередачі в двигунобудуванні є покращення процесів теплообміну між деталями та середовищами у двигуні, а також зниження теплових втрат.

У двигуні внутрішнього згорання виникає тепло внаслідок згорання паливо-повітряної суміші [1]. Робоча суміш, що згоріла, набуває форми газу, омиває стінки, які обмежують внутрішній об'єм циліндра і тепло передається від внутрішньої поверхні до зовнішньої. Зовнішня поверхня циліндра омивається охолоджувальною рідиною. Це і є основою охолодження двигуна.

Теплообмін у двигуні тісно пов'язаний з конвективним теплообміном, оскільки газ завжди нагріватиме стінки циліндра, які охолоджуватимуться ззовні [2]. У цьому і загальна риса рідинної та повітряної систем охолодження,