

Корисна модель належить до галузі машинобудування, зокрема стосується систем мащення двигунів внутрішнього згоряння, і може бути використана у конструкціях одноциліндрових чотиритактних бензинових двигунів внутрішнього згоряння малої потужності об'ємом від 30 до 70 см³, які застосовуються в авіаційних поршневих двигунах, безпілотних літальних апаратах, авіамоделях, а також у портативних енергетичних і транспортних установках. Корисною моделлю є система мащення двигунів внутрішнього згоряння. Система мащення призначена для забезпечення рівномірного змащування всіх тертьових пар і вузлів двигуна без використання окремої масляної ванни або масляного насоса шляхом організації циркуляції паливно-повітряно-мастильної суміші у спільному внутрішньому просторі головки блока циліндра, газорозподільного механізму, колінчастого механізму та картера двигуна.

Відомі системи мащення двигунів внутрішнього згоряння, у яких змащення деталей і вузлів здійснюється за рахунок розбризкування мастила або подачі його під тиском із окремої масляної ванни чи насоса. Такі системи конструктивно складні, потребують герметичних контурів мастильних каналів, додаткових насосних агрегатів та збільшують масу двигуна.

Відомі також системи мащення, що реалізуються у двигунах змішаного типу змащування, коли мастильна компонента вводиться до складу паливно-повітряної суміші. Зокрема, у двигунах типу STIHL 4-MIX®, які поєднують принципи двотактного й чотиритактного циклів, мастило подається разом із паливом через карбюратор у камеру згоряння, де частково осідає на деталях кривошипно-шатунного механізму. (Веб-сайт "STIHL" ANDREAS STIHL AG & Co. KG: STIHL 4-MIX® Engine Technology. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.stihl.co.uk/en/stihl-technology/engine-technology/4-mix-engine>, дата звернення 02.11.2025 [1]). Однак у зазначених двигунах змащення елементів клапанного механізму та розподільного приводу є недостатнім, оскільки паливно-повітряно-мастильна суміш не надходить у внутрішній простір головки блока циліндра та в зону кулачкового механізму, а система не утворює замкнутого циркуляційного контуру по текучому середовищу.

Відомі також двигун авіаційний поршковий типу "NGH GF38" (Веб-сайт "THE MODELLING HUB RCME&": Engines NGH GF38 by Kevin Crozier 6 April 2021. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.modelflying.co.uk/ngh-gf38/>, дата звернення 04.11.2025 [2]) та двигун авіаційний поршковий типу "O.S. GF40" (Веб-сайт "O.S. ENGINES MFG. CO., LTD.": O.S. ENGINE GF40 INSTRUCTION MANUAL. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.os-engines.co.jp/english/line_up/engine/air/single/img/manual/39400.pdf?utm_source, дата звернення 02.11.2025 [3]), у яких реалізовані подібні принципи та системи змащення за допомогою паливно-мастильної суміші.

Недоліками цих систем мащення є відсутність конструктивного сполучення внутрішніх порожнин головки блока циліндра, газорозподільного механізму та картера двигуна, що призводить до неповного або нерівномірного змащення вузлів, утворення "сухих зон", локальних перегрівів та підвищеного зносу деталей, що, у свою чергу, вимагає здійснювати міжінтервальне технічне обслуговування двигунів (у тому числі здійснювати щонайменше демонтаж двигуна з авіамоделі, розбирання і змащування клапанних механізмів та елементів газорозподільного механізму) після кожних 2-4 годин експлуатації.

Найближчим аналогом корисної моделі є система мащення, що розкрита в конструкції "Двигун внутрішнього згоряння зі змішаним змащуванням" (патент Федеративної Республіки Німеччини на винахід № DE 102005039315 B4, МПК F01M3/00, публ. 18.06.2020 [4]). Описана система мащення двигуна внутрішнього згоряння містить паливний бак, карбюратор для формування паливно-повітряно-мастильної суміші, впускний колектор; головку блока циліндра із впускним трактом, який має вхідну трубчасту порожнину та клапанну порожнину із встановленим у ній впускним клапаном, а також окрему клапанну

порожнину із встановленим у ній випускним клапаном та випускний тракт; клапанну кришку, яка герметично закриває верхню частину головки блока циліндра і формує внутрішній простір головки блока циліндра під клапанною кришкою; механічно-пружинно-важільну систему газорозподільного механізму у кожусі; розподільний кулачковий вал з кулачками та зубчастим колесом під кришкою; колінчастий вал, шатун, поршень, циліндр і картер. У системі мащення описано чотиритактний двигун внутрішнього згоряння з подачею паливно-повітряно-мастильної суміші, утвореної в карбюраторі, до камери згоряння через випускний тракт. У цьому рішенні мастильна компонента суміші змащує переважно деталі кривошипно-шатунного механізму, тоді як клапанний механізм і привід розподільного вала отримують змащення лише за рахунок залишкових парів мастила та часткового розбризкування. Крім того, у конструкції "Двигуна внутрішнього згоряння зі змішаним змащуванням" внутрішні простори головки блока циліндра, кожуха газорозподільного механізму та картера не утворюють спільного внутрішнього простору, а сполучення між ними відбувається лише через вузькі технологічні канали для відведення картерних газів. У цій системі мащення відсутній засіб (отвір, канал), який би безпосередньо сполучав випускний тракт із внутрішнім простором головки блока циліндра під клапанною кришкою, тому паливно-повітряно-мастильна суміш не надходить у зону клапанного механізму в достатній кількості.

Зазначене конструктивне виконання не забезпечує утворення замкненого циркуляційного контуру по текучому середовищу, що обмежує рівномірність мащення, спричиняє локальні перегріву, підвищений знос елементів приводу клапанів і потребує технічного обслуговування через кожні декілька годин експлуатації.

Таким чином, аналіз відомого рівня техніки показує, що в наявних системах мащення двигунів внутрішнього згоряння відсутнє конструктивне рішення, яке б забезпечувало замкнену циркуляцію паливно-повітряно-мастильної суміші по всіх вузлах двигуна - від випускного тракту до картера - з гарантованим надходженням мастильної компоненти у внутрішній простір головки блока циліндра, до елементів газорозподільного механізму та до колінчастого механізму без використання окремої масляної ванни або масляного насоса.

В основу корисної моделі поставлена задача створити конструкцію системи мащення двигуна внутрішнього згоряння об'ємом від 30 до 70 см³, яка забезпечує стабільне та рівномірне мащення усіх вузлів і тертьових пар двигуна без використання окремої масляної ванни чи масляного насоса, із можливістю тривалої роботи двигуна в умовах підвищених навантажень і температурних коливань.

Задачею корисної моделі є також усунення недоліків відомих систем мащення, в яких мастильна компонента паливно-повітряної суміші не забезпечує замкненого циркуляційного контуру, що призводить до утворення "сухих зон", локальних перегрівів, підвищеного зносу елементів газорозподільного механізму та необхідності частого технічного обслуговування двигуна. Відповідно, актуальною задачею є створення та розробка такої системи мащення, в якій шлях паливно-повітряно-мастильної суміші проходить послідовно через усі ключові вузли - від карбюратора і випускного колектора до внутрішнього простору головки блока циліндра під клапанною кришкою, механічно-пружинно-важільної системи газорозподільного механізму, зубчастої передачі розподільного кулачкового вала, кривошипно-шатунного механізму, картера і стінок циліндра, з утворенням замкненого циклу циркуляції аерозольної мастильної фази, який забезпечує безперервне мащення та охолодження елементів системи.

Технічними результатами корисної моделі, які досягаються завдяки сукупності всіх, у тому числі й нових, суттєвих ознак, є:

- забезпечення постійної циркуляції паливно-повітряно-мастильної суміші в межах усіх вузлів двигуна - від випускного тракту до картера - без застосування окремої масляної ванни або масляного насоса;

- формування тонкої мастильної плівки на деталях клапанного механізму, механічно-пружинно-важільної системи газорозподільного механізму, зубчастих передач та кривошипно-шатунного механізму, що знижує тертя й теплове навантаження;
- зниження локальних перегрівів у зонах головки блока циліндра, клапанних порожнинах і картера;
- зниження зносу деталей клапанного механізму, розподільного кулачкового вала, колінчастого вала та стінок циліндра;
- збільшення ресурсу роботи двигунів внутрішнього згоряння об'ємом від 30 до 70 см³ до 100 годин і підвищення міжінтервального терміну технічного обслуговування до 20-50 годин без розбирання і ручного змащення;
- забезпечення стабільної роботи системи мащення в широкому діапазоні обертів колінчастого вала від 2000 до 9200 об/хв і при температурі навколишнього середовища від -17 до +42 °С;
- створення замкнутого газодинамічного контуру, у якому взаємодія зон пониженого та надлишкового тиску в камері згоряння, головці блока циліндра та картері підтримує природну рециркуляцію мастильних компонентів;
- підвищення енергетичної ефективності та довговічності двигуна внутрішнього згоряння за рахунок зменшення механічних втрат і стабілізації теплового режиму.

Поставлена задача вирішується тим, що у системі мащення двигуна внутрішнього згоряння, що містить паливний бак 1, карбюратор 2 для формування паливно-повітряно-мастильної суміші, впускний колектор 3, головку блока циліндра 4 із впускним трактом 5, який має вхідну трубчасту порожнину 6 та клапанну порожнину 7 із встановленим у ній впускним клапаном 10, а також окрему клапанну порожнину 25 із встановленим у ній випускним клапаном 11 та випускний тракт 26, клапанну кришку 8, яка герметично закриває верхню частину головки блока циліндра 4 і формує внутрішній простір головки блока циліндра 4 під клапанною кришкою 8, механічно-пружинно-важільну систему газорозподільного механізму 17 у кожусі 18, розподільний кулачковий вал 12 з кулачками 13, 14 та зубчастим колесом 15 під кришкою 16, колінчастий вал 19, шатун 21, поршень 22, циліндр 23 і картер 24, згідно з корисною моделлю, у тілі головки блока циліндра 4 виконаний наскрізний канал 9, який розташований у стінці клапанної порожнини 7 над тарілкою впускного клапана 10, і який сполучає вхідну трубчасту порожнину 6 впускного тракту 5 та клапанну порожнину 7 із внутрішнім простором головки блока циліндра 4 під клапанною кришкою 8, при цьому внутрішнім простором під клапанною кришкою 8, внутрішнім простором усередині кожуха 18 механічно-пружинно-важільної системи газорозподільного механізму 17, внутрішнім простором під кришкою 16 розподільного кулачкового вала 12 та внутрішнім простором картера 24 утворено спільний сполучений простір мащення, з'єднаний по текучому середовищу з впускним трактом 5 через зазначений наскрізний канал 9, при цьому наскрізний канал 9 виконаний і розташований під кутом у межах від 30° до 65° до поздовжньої осі головки блока циліндра 4, має діаметр у межах від 1,8 до 3,2 мм і виконаний з можливістю спрямування частини паливно-повітряно-мастильної суміші з купольної зони впускного тракту 5 у зазначений спільний сполучений простір мащення для забезпечення надходження аерозольної мастильної фази до елементів механічно-пружинно-важільної системи газорозподільного механізму 17, розподільного кулачкового вала 12, колінчастого вала 19 та картера 24, і система мащення сформована з взаємопов'язаних вузлів та елементів, сполучених по текучому середовищу в замкнений циркуляційний контур паливно-повітряно-мастильної суміші по шляху: паливний бак 1 - карбюратор 2 - впускний колектор 3 - впускний тракт 5 із вхідною трубчастою порожниною 6 - клапанна порожнина 7 з впускним клапаном 10 - наскрізний канал 9 - внутрішній простір під клапанною кришкою 8 - кожух 18 механічно-пружинно-важільної системи газорозподільного механізму 17 - кришка 16 розподільного кулачкового вала 12 з кулачками 13, 14 і зубчастим колесом 15 - колінчастий вал 19 - картер 24 - стінки циліндра 23 із

циклічним поверненням аерозолю паливно-повітряно-мастильної суміші у напрямку впускного тракту 5.

Кут розташування наскрізного каналу 9 становить 45° .

Діаметр наскрізного каналу 9 становить від 2,1 до 3,1 мм.

Розподільний кулачковий вал 12, зубчасте колесо 15 та кулачки 13, 14 виконані як єдина монолітна суцільноточена деталь.

Кулачки 13, 14 мають тангенціальний профіль із симетричними боковими сторонами.

Колінчастий вал 19 виконаний у вигляді монолітної суцільноточеної деталі, що містить кривошипну щоку, шатунну шийку та балансувальні противаги, при цьому передня частина колінчастого вала 19 виконана ступінчастою для встановлення та фіксації вузла кріплення, а в центральній частині колінчастого вала 19 розташовані поздовжні зубці 20, якими утворено пряме зубчасте зачеплення із зубчастим колесом 15 розподільного кулачкового вала 12 із забезпеченням кінематичного приводу газорозподільного механізму без проміжних передач, причому зазначене зачеплення розташоване всередині спільного сполученого простору мащення і пристосоване для одночасного змащення елементів цієї зубчастої пари паливно-повітряно-мастильною сумішшю.

Двигун внутрішнього згоряння є одноциліндровим чотиритактним із робочим об'ємом у межах від 30 до 70 см^3 .

Сукупність суттєвих ознак системи мащення двигуна внутрішнього згоряння об'ємом від 30 до 70 см^3 утворює єдиний замкнений простір мащення та забезпечує вирішення технічної задачі - стабільного і рівномірного мащення всіх вузлів і тертьових пар без окремої мастильної ванни та масляного насоса, з можливістю тривалої роботи двигуна в умовах підвищених навантажень і температурних коливань.

Система мащення двигуна внутрішнього згоряння утворена паливним баком 1, карбюратором 2, впускним колектором 3, головкою блока циліндра 4 з впускним трактом 5, який має вхідну трубчасту порожнину 6 та клапанну порожнину 7 із впускним клапаном 10, окремою клапанною порожниною 25 із випускним клапаном 11, випускним трактом 26, клапанною кришкою 8, кожухом 18 механічно-пружинно-важільної системи газорозподільного механізму 17, кришкою 16 розподільного кулачкового вала 12 та картером 24. Конструктивне об'єднання внутрішнього простору під клапанною кришкою 8, внутрішнього простору кожуха 18 механічно-пружинно-важільної системи газорозподільного механізму 17, простору під кришкою 16 розподільного кулачкового вала 12 та внутрішнього простору картера 24 у єдиний спільний простір мащення, який по текучому середовищу сполучений з вхідною трубчастою порожниною 6 впускного тракту 5, створює замкнену систему циркуляції паливно-повітряно-мастильної суміші.

Ключовою ознакою є наскрізний канал 9, виконаний у тілі головки блока циліндра 4, зокрема у стінці клапанної порожнини 7 над тарілкою впускного клапана 10, який безпосередньо сполучає вхідну трубчасту порожнину 6 впускного тракту 5 і клапанну порожнину 7 з внутрішнім простором головки блока циліндра 4 під клапанною кришкою 8. Розташування наскрізного каналу 9 під кутом у межах від 30° до 65° (переважно 45° до поздовжньої осі головки блока циліндра 4 та його діаметр у межах від 1,8 до 3,2 мм забезпечують кероване відведення частини паливно-повітряно-мастильної суміші з купольної зони вхідної трубчастої порожнини 6 у спільний простір мащення. У результаті формується стабільний потік аерозольної мастильної фази у внутрішньому просторі під клапанною кришкою 8, у кожусі 18 механічно-пружинно-важільної системи газорозподільного механізму 17, у зоні кулачків 13, 14 та зубчастого колеса 15 розподільного кулачкового вала 12, а також у картері 24 та на стінках циліндра 23. Це забезпечує рівномірний розподіл аерозолю, усунення "сухих зон", зменшення локальних перегрівів і зносу елементів газорозподільного механізму і кривошипно-шатунного механізму.

Сформований конструкцією двигуна замкнений шлях циркуляції паливно-повітряно-мастильної суміші проходить послідовно трасою: паливний бак 1 - карбюратор 2 - впускний

колектор 3 - впускний тракт 5 із входною трубчастою порожниною 6 - клапанна порожнина 7 з впускним клапаном 10 - наскрізний канал 9 - внутрішній простір під клапанною кришкою 8 - кожух 18 механічно-пружинно-важільної системи газорозподільного механізму 17 - простір під кришкою 16 розподільного кулачкового вала 12 з кулачками 13, 14 і зубчастим колесом 15 - колінчастий вал 19 - картер 24 - стінки циліндра 23, з циклічним поверненням аерозолі у напрямку впускного тракту 5. За рахунок газодинамічних пульсацій тиску, що виникають під час роботи двигуна, у цьому спільному об'ємі формується природна рециркуляція мастильних компонентів без застосування окремої масляної ванни чи масляного насоса, а мастильна компонента у складі паливно-повітряно-мастильної суміші постійно переноситься і осідає на поверхнях деталей.

Така замкнена газодинамічна циркуляція паливно-повітряно-мастильної суміші забезпечує: постійне формування тонкої мастильної плівки на деталях клапанного механізму, механічно-пружинно-важільної системи газорозподільного механізму 17, зубчастих передач та кривошипно-шатунного механізму; зниження тертя та теплових навантажень; усунення локальних перегрівів у зоні головки блока циліндра 4, у клапанних порожнинах 7, 25 і картері 24; зниження інтенсивності зносу розподільного кулачкового вала 12, колінчастого вала 19 та стінок циліндра 23. У сукупності це забезпечує збільшення ресурсу роботи двигунів внутрішнього згоряння об'ємом від 30 до 70 см³ до 100 годин, підвищення міжінтервального терміну технічного обслуговування до 20-50 годин без розбирання та ручного змащення, стабільну роботу системи мащення в діапазоні обертів колінчастого вала від 2000 до 9200 обертів за хвилину і при температурі навколишнього середовища від -17 до +42 °С, а також підвищення енергетичної ефективності та довговічності двигуна внутрішнього згоряння.

Таким чином, сукупність та нове функціональне поєднання зазначених конструктивних ознак системи мащення двигуна внутрішнього згоряння забезпечує прямий причинно-наслідковий зв'язок між запропонованою конструкцією та досягнутими технічними результатами і дозволяє повністю вирішити поставлену технічну задачу створення замкненої газодинамічної системи мащення без окремої масляної ванни та масляного насоса.

Корисна модель пояснюється схематичним зображенням системи, описом її вузлів, елементів, деталей та описом і прикладом роботи системи. При цьому, на кресленні представлено схематичне зображення системи мащення двигуна внутрішнього згоряння з показаними рухами паливно-повітряно-мастильної суміші.

Перелік послідовностей (вузлів, елементів, деталей системи мащення двигуна внутрішнього згоряння:

- 1 - паливний бак;
- 2 - карбюратор;
- 3 - впускний колектор;
- 4 - головка блока циліндра;
- 5 - впускний тракт головки блока циліндра 4;
- 6 - входна трубчаста порожнина впускного тракту 5;
- 7 - клапанна порожнина впускного клапану 10 в головці блока циліндра 4;
- 8 - клапанна кришка головки блока циліндра 4 (формує внутрішній простір, куди спрямовується паливно-повітряно-мастильна суміш);
- 9 - наскрізний канал у тілі головки блока циліндра 4 (сполучає впускний тракт 5 з внутрішнім простором під клапанною кришкою 8);
- 10 - впускний клапан;
- 11 - випускний клапан;
- 12 - розподільний кулачковий вал;
- 13, 14 - два кулачки розподільного кулачкового вала 12;
- 15 - зубчасте колесо розподільного кулачкового вала 12;
- 16 - кришка розподільного кулачкового вала 12;

- 17 - механічно-пружинно-важільна система газорозподільного механізму;
- 18 - кожух механічно-пружинно-важільної системи газорозподільного механізму 17;
- 19 - колінчастий вал;
- 20 - поздовжні зубці колінчастого вала 19;
- 21 - шатун;
- 22 - поршень;
- 23 - циліндр;
- 24 - картер;
- 25 - клапанна порожнина випускного клапану 11 в головці блока циліндра 4;
- 26 - випускний тракт головки блока циліндра 4.
- 27 - рух паливно-повітряно-мастильної суміші з паливного бака 1 до карбюратора 2, і далі через впускний колектор 3 у впускний тракт 5 головки блока циліндра 4;
- 28 - рух паливно-повітряно-мастильної суміші через впускний клапан 10 у циліндр 23;
- 29 - рух паливно-повітряно-мастильної суміші через наскрізний канал 9 у внутрішній простір головки блока циліндра 4 під клапанною кришкою 8 (29.1) з подальшим омиванням механічно-пружинно-важільної системи 17 (29.2) та кулачків 13, 14 і зубчастого колеса 15 розподільного кулачкового вала 12, поздовжніх зубців 20 колінчастого вала 19 (29.3), а також зі спрямуванням на стінки циліндра 23 та у картер 24 до шатуна 21 і поршня 22 (29.4);
- 30 - рух залишків паливно-повітряно-мастильної суміші із циліндра 23 у зворотному напрямку (пасивна циркуляція за рахунок газодинамічних пульсацій).

Статичний опис конструктивних елементів, деталей та вузлів системи мащення двигуна внутрішнього згорання.

Система мащення двигуна внутрішнього згорання призначена для забезпечення рівномірного мащення деталей і вузлів двигунів, наприклад, об'ємом від 30 до 70 см³, але не обмежується цими значеннями. Для пояснення конструкції та принципу роботи системи мащення далі, як приклад, наведена система мащення одноциліндрового чотиритактного авіаційного двигуна внутрішнього згорання.

Система мащення працює з тією самою паливно-повітряно-мастильною сумішшю, яка використовується для живлення двигуна. Суміш формується у карбюраторі 2 та подається через впускний колектор 3 до головки блока циліндра 4 (27, кресл.), а далі через впускний клапан 10 у циліндр 23 для здійснення робочого циклу двигуна внутрішнього згорання (кресл.).

Одночасно з роботою двигуна система мащення забезпечує циркуляцію паливно-повітряно-мастильної суміші в межах впускного тракту 5, внутрішнього простору головки блока циліндра 4 під клапанною кришкою 8, елементів газорозподільного механізму, колінчастого механізму та стінок циліндра 23 без застосування окремої масляної ванни або масляного насоса.

Усі базові елементи системи мащення наведено у переліку послідовностей і показано на кресленні. Конструктивно система мащення включає основні елементи, цифрові позиції яких відповідають кресленням системи.

Паливний бак 1 призначений для зберігання та подачі паливно-мастильної суміші, приготованої шляхом змішування бензину марки А95 або А100 з двотактним беззольним мастилом у співвідношенні 30:1 (але не обмежуючись цим). Паливний бак 1 з'єднаний із карбюратором 2, який призначений для приготування паливно-повітряно-мастильної суміші заданого складу. Вихід карбюратора 2 з'єднаний з впускним колектором 3. З виходу карбюратора 2 паливно-повітряно-мастильна суміш надходить у впускний колектор 3, що забезпечує стабільний потік суміші до головки блока циліндра 4. Впускний колектор 3 герметично стикується з впускним трактом 5 головки блока циліндра 4, утворюючи безперервний канал подачі приготованої у карбюраторі 2 паливно-повітряно-мастильної суміші до зони впускного клапана 10.

У тілі головки блока циліндра 4 виконано впускний тракт 5, що має вхідну трубчасту порожнину 6. Впускний тракт 5 продовжується до клапанної порожнини 7, у якій розміщений впускний клапан 10. Впускний тракт 5 сполучений з клапанною порожниною 7 впускного клапана. Впускний клапан 11 встановлений в окремій власній клапанній порожнині 25 головки блока циліндра 4. Клапанні порожнини 7 і 25 конструктивно розділені та виконані у складі головки блока циліндра 4 як самостійні простори для відповідних клапанів 10 та 11.

На верхній частині головки блока циліндра 4 встановлена клапанна кришка 8, яка герметично закриває клапанні порожнини 7 і 25, а також усю верхню частину головки блока циліндра 4. Клапанна кришка 8 формує внутрішній простір головки блока циліндра 4, у який, відповідно до конструкції системи мащення, надходить паливно-повітряно-мастильна суміш для мащення елементів газорозподільного механізму. Таким чином, внутрішній простір головки блока циліндра 4 під клапанною кришкою 8 є складовою загального об'єму мащення.

У тілі головки блока циліндра 4 виконано наскрізний канал 9, розташований у стінці клапанної порожнини 7 над тарілкою впускного клапана 10, тобто між клапанною порожниною 7 впускного клапана 10 і внутрішнім простором головки блока циліндра 4 під клапанною кришкою 8. Наскрізний канал 9 конструктивно з'єднує між собою вхідну трубчасту порожнину 6 впускного тракту 5, клапанну порожнину 7 впускного клапана 10 (яка сполучена з вхідною трубчастою порожниною 6 впускного тракту 5) та внутрішній простір головки блока циліндра 4 під клапанною кришкою 8, утворюючи наскрізний отвір для проходження паливно-повітряно-мастильної суміші у внутрішній простір головки блока циліндра 4 під клапанною кришкою 8. Наскрізний канал 9 розташований і орієнтований під кутом від 30° до 65° до поздовжньої осі головки блока циліндра 4, що забезпечує спрямування частини паливно-повітряно-мастильної суміші з купольної зони впускного тракту 5 у внутрішній простір головки блока циліндра 4 під клапанною кришкою 8. В окремих (переважних випадках реалізації корисної моделі) наскрізний канал 9 розташований і орієнтований під кутом 45° до поздовжньої осі головки блока циліндра 4. Діаметр наскрізного каналу 9 може бути виконаний в межах 1,8–3,2 міліметра, що забезпечує стабільний протік паливно-повітряно-мастильної суміші та формування тонкого мастильного аерозолі у просторі головки блока циліндра 4. В окремих випадках реалізації системи мащення, наприклад у складі авіаційних одноциліндрових чотиритактних двигунів з об'ємом циліндра близько 50 см^3 діаметр наскрізного каналу 9 становить від 2,1 до 3,1 мм. Конфігурація та положення наскрізного каналу 9 сприяють виведенню частини паливно-повітряно-мастильної суміші у зону клапанного механізму та формуванню плівкового мащення елементів приводу клапанів 10, 11.

Розподільний кулачковий вал 12 конструктивно винесений за межі внутрішнього простору головки блока циліндра 4 та розміщений у власному підшипниковому вузлі під кришкою 16 розподільного кулачкового вала. На розподільному кулачковому валу 12 встановлено зубчасте колесо 15 і два кулачки 13 та 14. В окремих випадках виконання системи мащення розподільний кулачковий вал 12 може бути виготовлений як єдина монолітна (суцільноточена деталь разом із зубчастим колесом 15 та двома кулачками 13 і 14. Також в окремих випадках реалізації корисної моделі два кулачки 13 і 14 можуть мати тангенціальний профіль із симетричними боковими сторонами без перекриття фаз між впуском і випуском, але не обмежуючись цим. Привід розподільного кулачкового вала 12 здійснюється безпосередньо від колінчастого вала 19 через його поздовжні зубці 20, які входять у зачеплення із зубчастим колесом 15 розподільного кулачкового вала 12, утворюючи пряму зубчасту передачу. Така кінематична схема мінімізує люфти в парі зачеплення та стабілізує фази газорозподілу.

Механічно-пружинно-важільна система газорозподільного механізму 17 розташована між розподільним кулачковим валом 12 і клапанами 10 та 11 і вміщена у кожусі 18. Вона

конструктивно містить штовхальні, важільні та пружинні елементи, які передають рух від кулачків 13 і 14 розподільного кулачкового вала 12 до клапанів 10 і 11, перетворюючи профільний обертальний рух кулачків 13, 14 на осьові переміщення штоків і двоплечих важелів клапанного механізму. Кожух 18 закриває частину механічно-пружинно-важільної системи. Кожух 18 встановлений у фронтальній області двигуна та відносно головки блока циліндра 4 таким чином, що його задня частина заходить у передні виїмки зовнішніх ребер охолодження блока циліндра 4 (для зменшення габаритів та покращення обтікання повітряним потоком), а передня частина забезпечує технологічний доступ до кришки 16 розподільного кулачкового вала 12. Вхідна ділянка механічно-пружинно-важільної системи газорозподільного механізму 17 зорієнтована до кулачків 13 і 14, а вихідні важелі й пружини з'єднані зі штоками відповідно впускного клапана 10 та впускного клапана 11. Така компоновка створює послідовний тракт мащення всіх тертьових пар системи, оскільки внутрішній простір кожуха 18 сполучений із внутрішнім простором під клапанною кришкою 8 і отримує паливно-повітряно-мастильну суміш через наскрізний канал 9.

Внутрішній простір під клапанною кришкою 8, внутрішній простір всередині кожуха 18 механічно-пружинно-важільної системи 17 газорозподільного механізму, внутрішній простір під кришкою 16 розподільного кулачкового вала 12 та внутрішній простір картера 24 конструктивно сполучені між собою й утворюють єдиний спільний простір мащення, у межах якого здійснюється циркуляція паливно-повітряно-мастильної суміші. Зазначений спільний внутрішній простір мащення з'єднаний по текучому середовищу з вхідною трубчастою порожниною 6 впускного тракту 5 через наскрізний канал 9, виконаний і розташований у стінці клапанної порожнини 7 над тарілкою впускного клапана 10 у головці блока циліндра 4. Така компоновка забезпечує наскрізне проходження аерозольної мастильної фази з області впускного тракту 5 до верхніх і нижніх вузлів двигуна, формуючи безперервний контур мащення без використання окремої масляної ванни.

У нижній частині двигуна внутрішнього згоряння розташований колінчастий вал 19 (у даному прикладі реалізації системи мащення), на поверхні якого виконані поздовжні зубці 20, що зчіплюються із зубчастим колесом 15 розподільного кулачкового вала 12. В окремих випадках реалізації конструктивних елементів системи мащення колінчастий вал 19 може бути виконаний у вигляді монолітної суцільноточеної деталі, що містить кривошипну шочку, шатунну шийку та балансувальні противаги, а передня частина колінчастого вала 19 виконана ступінчастою для встановлення та фіксації вузла кріплення, наприклад, повітряного гвинта. Поздовжні зубці 20 розташовані в центральній частині колінчастого вала 19 і призначені для прямого зачеплення із зубчастим колесом 15 розподільного кулачкового вала 12. Циліндр 23 разом із головкою блока циліндра 4 утворює робочу камеру згоряння. Картер 24 розташований у нижній частині двигуна і закриває кривошипно-шатунний механізм. Колінчастий вал 19 у поєднанні з шатуном 21 та поршнем 22 утворює кривошипно-шатунний механізм, який працює у взаємодії зі стінками циліндра 23 та картером 24, виконуючи функцію нижнього вузла системи мащення. У процесі роботи частина мастильної компоненти паливно-повітряно-мастильної суміші, що осідає на стінках циліндра 23 і у картері 24, повторно переноситься газодинамічними пульсаціями у напрямку до зони головки блока циліндра 4 та механічно-пружинно-важільної системи газорозподільного механізму 17, підтримуючи циркуляційне мащення елементів двигуна внутрішнього згоряння без окремої масляної ванни. Напрямки руху паливно-повітряно-мастильної суміші відповідають позначенням 27, 28, 29 та 30 у переліку послідовностей.

Таким чином, функціонально-просторовий контур системи мащення утворено послідовно з'єднаними вузлами: паливним баком 1 – карбюратором 2 – впускним колектором 3 – впускним трактом 5 із вхідною трубчастою порожниною 6 – клапанною порожниною 7 з впускним клапаном 10 – наскрізним каналом 9 – внутрішнім простором головки блока циліндра 4 під клапанною кришкою 8 – механічно-пружинно-важільною системою газорозподільного механізму 17 у кожусі 18 – кулачками 13, 14 і зубчастим колесом 15

розподільного кулачкового вала 12 під кришкою 16 – поздовжніми зубцями 20 колінчастого вала 19 – колінчастим валом 19 – стінками циліндра 23 – картером 24, з подальшим циклічним поверненням паливно-повітряно-мастильного аерозолу за рахунок пульсацій газодинамічного тиску та його повторним надходженням до впускного тракту 5. Окрема клапанна порожнина 25 головки блока циліндра 4 для впускного клапана 11 та окремий впускний тракт 26 головки блока циліндра 4 конструктивно розділені з клапанною порожниною 7 впускного клапана 10 і з вхідною трубчастою порожниною 6 впускного тракту 5, що виключає прямі перетоки й забезпечує кероване формування мастильної плівки у кожній зоні.

Отже, усі конструктивні елементи системи мащення двигуна внутрішнього згоряння взаємопов'язані між собою та утворюють безперервний маршрут руху паливно-повітряно-мастильної суміші від карбюратора 2 до робочої камери згоряння і внутрішніх вузлів двигуна, забезпечуючи їх мащення, охолодження та підвищення ресурсу роботи двигуна внутрішнього згоряння.

Робота системи мащення двигуна внутрішнього згоряння відбувається таким чином.

У паливному баку 1 попередньо готують паливно-мастильну суміш шляхом змішування бензину марки А95 або А100 з двотактним беззолним мастилом у співвідношенні, наприклад 30 : 1, але не обмежуючись цим. Під дією розрідження, створюваного тактами впуску, паливно-мастильна суміш надходить у карбюратор 2 (поз. 27, кресл.), де змішується з повітрям, утворюючи паливно-повітряно-мастильну суміш необхідного складу.

Із виходу карбюратора 2 паливно-повітряно-мастильна суміш подається у впускний колектор 3 (27, кресл.), який герметично стикується з впускним трактом 5 головки блока циліндра 4. Далі суміш проходить через вхідну трубчасту порожнину 6 впускного тракту 5 і надходить у клапанну порожнину 7, де через впускний клапан 10 потрапляє в циліндр 23 (28, кресл.). Одночасно частина паливно-повітряно-мастильної суміші спрямовується крізь наскрізний канал 9 під кутом в межах від 30° до 65° (у найкращих випадках реалізації корисної моделі під кутом 45° у внутрішній простір під клапанною кришкою 8 (29, кресл.). Це забезпечує надходження аерозольної фази мастила у зони механічно-пружинно-важільної системи 17 газорозподільного механізму, розміщені під клапанною кришкою 8 (29.1, кресл.) та у кожусі 18 (29.2, кресл.). Далі, під час роботи двигуна, ця частина паливно-повітряно-мастильної суміші потрапляє із внутрішнього простору під клапанною кришкою 8 у внутрішній простір кожуха 18 механічно-пружинно-важільної системи 17 газорозподільного механізму, потім у внутрішній простір під кришкою 16 розподільного кулачкового вала 12 та в картер 24. Таким чином, зазначені внутрішні простори зазначених вузлів утворюють спільний сполучений простір мащення, у межах якого забезпечується циркуляція паливно-повітряно-мастильної суміші по замкненому контуру. Завдяки з'єднанню цього простору з впускним трактом 5 через наскрізний канал 9, аерозольна мастильна фаза під дією газодинамічних пульсацій рівномірно розподіляється між усіма зонами — від головки блока циліндра 4 до картера 24 (і у зворотному напрямку також), забезпечуючи стабільне змащення вузлів і тертьових пар двигуна, про що зазначено далі.

Потік паливно-повітряно-мастильної суміші, потрапляючи на елементи клапанного механізму та на елементи механічно-пружинно-важільної системи 17, створює тонку мастильну плівку на контактних поверхнях штовхачів, пружин і двоплечих важелів, що знижує тертя елементів клапанного механізму та елементів механічно-пружинно-важільної системи 17 газорозподільного механізму і втрати потужності.

Під час першого такту впуску, коли поршень 22 рухається донизу, у камері згоряння утворюється зона пониженого тиску, що забезпечує ефективне всмоктування паливно-повітряно-мастильної суміші не лише через клапанну порожнину 7, а й через наскрізний канал 9 із впускного тракту 5 до внутрішнього простору головки блока циліндра 4 під клапанною кришкою 8. Таким чином формується первинний рух паливно-повітряно-

мастильної суміші зверху-донизу крізь усю систему - від головки блока циліндра 4 до картера 24.

Під час другого такту, коли впускний клапан 10 зачиняється і поршень 22 починає рух угору, утворюється інерційне "здавлювання" залишкової паливно-повітряно-мастильної суміші у впускному тракті 5, що спричиняє додаткове проштовхування аерозолі через наскрізний канал 9 у простір під клапанною кришкою 8. У цей момент у зоні над закритим впускним клапаном 10 створюється короточасний надлишковий тиск, який сприяє проникненню мастильної компоненти в механічно-пружинно-важільну систему 17 газорозподільного механізму та подальшому її перенесенню донизу — у картер 24.

Під час роботи двигуна і, відповідно, системи мащення, частина мастильної компоненти осідає у зоні зубчастого зачеплення між кулачками 13, 14, зубчастим колесом 15 розподільного кулачкового вала 12 та поздовжніми зубцями 20 колінчастого вала 19 (29.3, кресл.), змащуючи поверхні тертя передачі. При подальшій роботі двигуна утворений аерозоль і краплинна фаза мастила переносяться газодинамічними пульсаціями донизу - у зону циліндра 23 та картера 24, де змащуються стінки циліндра, шатун 21 і поршень 22 (29.4, кресл.). Надлишки мастильної плівки, які не згоріли під час робочого циклу, природно повертаються у вигляді туману до верхньої частини системи (30, кресл.) за рахунок змінного тиску та природних пульсацій у картері 24, утворюючи замкнений циркуляційний контур без використання масляної ванни або насоса у складі системи мащення двигуна внутрішнього згорання.

Таким чином, під час роботи двигуна і, відповідно, системи мащення, одночасно діють дві сили, що забезпечують постійний рух паливно-повітряно-мастильної суміші:

- всмоктування під дією розрідження у впускному тракті 5, клапанній порожнині 7, наскрізному каналі 9, у просторах механічно-пружинно-важільної системи 17 газорозподільного механізму та картера 24;

- інерційне здавлювання залишкової паливно-повітряно-мастильної суміші під дією атмосферного тиску та пульсацій під час закриття клапана 10.

У процесі роботи системи мащення двигуна внутрішнього згорання забезпечується безперервна зміна фаз:

- такт впуску і згорання формують основний потік аерозолі у вхідній трубчастій порожнині 6 впускного тракту 5 та клапанній порожнині 7 впускного клапана 10, де основна частина паливно-повітряно-мастильної суміші потрапляє в циліндр 23, а інша частина через наскрізний канал 9 - у внутрішній простір головки блока циліндра 4 під клапанною кришкою 8;

- зворотні пульсації в картері 24 сприяють зворотному підняттю паливно-повітряно-мастильного аерозолі у напрямку головки блока циліндра 4, забезпечуючи рециркуляцію мастила;

- у результаті формується стабільний замкнений контур мащення, який підтримує змащування всіх вузлів — від клапанного механізму у внутрішньому просторі головки блока циліндра 4 під клапанною кришкою 8 до механічно-пружинно-важільної системи 17 газорозподільного механізму та до кривошипно-шатунного механізму і стінок циліндра 23

Завдяки такій циркуляційній схемі система мащення забезпечує:

- рівномірне змащування усіх тертьових пар без утворення "сухих" зон;
- зниження локальних перегрівів головки блока циліндра 4 і картера 24;
- стабільність мастильної плівки в усьому робочому діапазоні обертів (2000–9200 об/хв);
- збільшення між інтервального ресурсу технічного обслуговування двигуна внутрішнього згорання об'ємом від 30 до 70 см³ до 20–50 годин без додаткового демонтажу або змащування.

Промислова придатність та приклад реалізації системи мащення.

Система мащення двигуна внутрішнього згорання є промислово придатною, оскільки конструктивно та технологічно може бути реалізована з використанням відомих матеріалів,

стандартних технологічних процесів і обладнання для виготовлення двигунів внутрішнього згоряння малої потужності.

Усі конструктивні елементи системи мащення — паливний бак 1, карбюратор 2, впускний колектор 3, головка блока циліндра 4 із впускним трактом 5 та вхідною трубчастою порожниною 6, клапанні порожнини 7 і 29, клапанна кришка 8, наскрізний канал 9, впускний клапан 10, випускний клапан 11, розподільний кулачковий вал 12 з кулачками 13 і 14 та зубчастим колесом 15, кришка 16 розподільного кулачкового вала, механічно-пружинно-важільна система газорозподільного механізму 17 у кожусі 18, колінчастий вал 19 із поздовжніми зубцями 20, шатун 21, поршень 22, циліндр 23 та картер 24 — належать до стандартних елементів конструкції двигунів внутрішнього згоряння й можуть бути виготовлені з використанням існуючих технологічних засобів серійного виробництва.

Ефективність і стабільність роботи системи мащення підтверджені експериментально на прикладі одноциліндрових чотиритактних авіаційних двигунів внутрішнього згоряння з робочим об'ємом $49,4 \text{ см}^3$ та з робочий об'ємом $40,62 \text{ см}^3$, у яких застосовано зазначену систему мащення без масляної ванни. Випробування показали, що реалізована схема системи мащення забезпечує сталу циркуляцію паливно-повітряно-мастильної суміші в усьому діапазоні обертів колінчастого вала від 2000 до 9200 об/хв, рівномірне змащування всіх тертьових пар, відсутність локальних перегрівів, а також підвищення ресурсу роботи двигуна внутрішнього згоряння до 100 годин і збільшення між інтервального терміну технічного обслуговування до 20–50 годин.

Таким чином, система мащення двигуна внутрішнього згоряння є технологічно відтворюваною, стабільною в експлуатації, придатною для промислового виробництва та може бути реалізована, наприклад, у складі одноциліндрових чотиритактних двигунів внутрішнього згоряння об'ємом від 30 до 70 см^3 , зокрема для авіаційних поршневих двигунів, які можуть бути застосовані у складі авіамоделей, безпілотних літальних апаратах та в інших компактних енергетичних установках. Крім авіаційних двигунів система мащення також може бути застосована у складі двигунів внутрішнього згоряння для інших портативних енергетичних, силових і транспортних установках.

Опис і приклад промислового застосування системи мащення наведений вище як кращий приклад здійснення.

Система мащення двигуна внутрішнього згоряння відповідає усім вимогам її застосування і загальноприйнятим правилам безпеки експлуатації подібних конструктивних систем у складі двигунів внутрішнього згоряння в різноманітних умовах роботи та експлуатації.

Джерела інформації:

1. Веб-сайт "STIHL" ANDREAS STIHL AG & Co. KG: STIHL 4-MIX® Engine Technology. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.stihl.co.uk/en/stihl-technology/engine-technology/4-mix-engine>, дата звернення 02.11.2025.

2. Веб-сайт "THE MODELLING HUB RCME&": Engines NGH GF38 by Kevin Crozier 6 April 2021. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.modelflying.co.uk/ngh-gf38/>, дата звернення 04.11.2025.

3. Веб-сайт "O.S. ENGINES MFG. CO., LTD.": O.S. ENGINE GF40 INSTRUCTION MANUAL. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.os-engines.co.jp/english/line_up/engine/air/single/img/manual/39400.pdf?utm_source, дата звернення 02.11.2025.

4. Патент Федеративної Республіки Німеччини на винахід № DE 102005039315 B4, МПК F01M 3/00, опубл. 18.06.2020 – найближчий аналог.

5. Веб-сайт "SAITO SEISAKUSHO CO., LTD.": SAITO FG-30B Instruction Manual. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.saito-mfg.com/PDF/instruction/eng/4st/FG-30Bhp.pdf>, дата звернення 07.11.2025.

