

УДК 62-233.133.003

Бажміна Е.А.¹, Васілоє П.В.²

¹ PhD, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Т-414 НУ «Запорізька політехніка»

РОЗПОДІЛЬЧИЙ ВАЛ: АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ, МАТЕРІАЛІВ І ЇХ ВПЛИВУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДВИГУНА ТА ЕКОЛОГІЧНІСТЬ

Розподільчий вал є одним з найважливіших компонентів газорозподільного механізму (ГРМ) двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ). Його основна функція полягає у забезпеченні своєчасного відкриття та закриття впускних і випускних клапанів відповідно до робочого циклу двигуна. Ефективність роботи розподільчого вала безпосередньо впливає на потужність, крутний момент, паливну економічність та екологічні показники ДВЗ. Протягом історії розвитку автомобілебудування конструкція розподільчих валів зазнала значних змін, спрямованих на оптимізацію характеристик двигунів.

Залежно від розташування відносно блоку циліндрів розрізняють нижньо- та верхньорозташовані розподільчі вали. Нижньорозташовані вали, що контактують з клапанами через штовхачі та коромисла, відрізняються простою конструкцією, але мають більшу кількість рухомих елементів, що може призводити до втрат на тертя та обмежень у швидкості обертання. Верхньорозташовані розподільчі вали, розташовані безпосередньо над головкою блоку циліндрів, забезпечують більш прямий привід клапанів, зменшуючи інерційні маси та підвищуючи точність керування фазами газорозподілу, що особливо важливо для високооберткових двигунів.

До розподільчих валів висуваються високі вимоги щодо міцності, зносостійкості та точності виготовлення. Традиційно для їхнього виробництва

використовують леговані сталі та високоміцні чавуни, що піддаються термічній обробці для підвищення твердості робочих поверхонь кулачків та шийок. Сучасні технології включають точне лиття, кування з подальшою механічною обробкою на верстатах з числовим програмним керуванням, що забезпечує високу точність профілю кулачків. У перспективі розглядається можливість застосування композиційних матеріалів, що дозволить зменшити масу розподільного вала та інерційні навантаження.

Профіль кулачків розподільного вала є визначальним фактором для фаз газорозподілу – моментів відкриття та закриття впускних і випускних клапанів, а також величини їхнього підйому. Оптимізація геометричних параметрів кулачків (висота, ширина, кут профілю) дозволяє налаштовувати характеристики двигуна відповідно до конкретних вимог. Кулачки з більшим підйомом та тривалістю відкриття клапанів сприяють збільшенню потужності на високих обертах, тоді як профілі з меншими параметрами забезпечують кращий крутний момент на низьких та середніх обертах, а також зниження витрати палива.

Передача обертання від колінчастого вала до розподільного вала здійснюється за допомогою різних типів приводів: ланцюгового, ремінного та шестерного. Ланцюгові приводи відрізняються високою надійністю та довговічністю, але можуть бути більш шумними та вимагати змащення. Ремінні приводи забезпечують тиху роботу та меншу вагу, але потребують періодичної заміни. Шестерні приводи характеризуються високою точністю передачі обертання та довговічністю, але є більш складними та дорогими у виробництві. Вибір типу привода залежить від конструктивних особливостей двигуна та вимог до його експлуатаційних характеристик.

Під час роботи двигуна розподільчий вал зазнає значних динамічних навантажень, зумовлених інерційними силами рухомих елементів ГРМ та опором пружин клапанів. Ці навантаження можуть призводити до вібрацій та зносу компонентів. Для їхнього зменшення застосовуються різні конструктивні рішення, такі як оптимізація маси розподільного вала, використання демпферів крутильних коливань та ретельне балансування.

Однією з ключових тенденцій у розвитку конструкції розподільчих валів є впровадження систем регулювання фаз газорозподілу. Ці системи дозволяють змінювати кутове положення розподільного вала відносно колінчастого вала в залежності від режиму роботи двигуна, оптимізуючи таким чином наповнення циліндрів та ефективність згоряння паливної суміші. Іншим важливим напрямком є розробка систем керування підйомом клапанів, які дозволяють змінювати величину підйому клапанів, що забезпечує більш точне дозування повітря та палива, особливо на часткових навантаженнях. Також активно розвиваються модульні та складені конструкції розподільчих валів, що дозволяють оптимізувати масу та вартість виробництва.

Ефективна робота розподільчого вала є критично важливою для надійності та довговічності ДВЗ. Діагностика технічного стану розподільчого вала включає візуальний огляд на предмет зносу кулачків та шийок, перевірку люфтів у підшипниках, а також контроль стану приводних елементів. Несправності розподільчого вала можуть проявлятися у зниженні потужності двигуна, нерівномірній роботі, підвищеному шумі та збільшенні витрати палива.

Оптимізація фаз газорозподілу та величини підйому клапанів за допомогою розподільчого вала відіграє важливу роль у зниженні рівня шкідливих викидів ДВЗ. Точне керування процесами впуску та випуску дозволяє покращити якість згоряння паливної суміші, зменшити утворення оксидів азоту, чадного газу та незгорілих вуглеводнів.

Подальший розвиток розподільчих валів спрямований на підвищення їхньої ефективності, зменшення маси та вартості виробництва. Перспективними напрямками є застосування нових високоміцних та зносостійких матеріалів, таких як порошкові метали та композити, а також впровадження передових технологій виробництва, включаючи адитивні технології (3D друк), що відкривають нові можливості для створення складних та оптимізованих конструкцій.