

**Зерно, движение, наклонная поверхность, вибро-бункер, комбайн.**

*The analytical expressions for calculation of basic kinematic parameters of motion along an interlayer grain surface (flat and incline) tipper vibrating hopper combines are obtained.*

**Grain, movement, incline surface, vibration-tipper, combine.**

УДК 621.43:001.573:621.43.013:621.43-3

## **МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ КЛАПАНА ДВЗ В СИСТЕМІ МАТЕМАТИСА**

**В.П. Ковбаса, доктор технічних наук**

**О.А. Бешун, кандидат технічних наук**

*Стаття присвячена математичному моделюванню руху клапана та газу через клапан в залежності від термодинамічних та кінематичних параметрів процесів газообміну в циліндрах двигунів внутрішнього згорання з використанням системи символної математики Mathematica.*

**Моделювання, рух, клапан, система.**

**Постановка проблеми.** Сучасне машинобудування характеризується стрімким розвитком мікропроцесорної техніки, що створює сприятливі умови для вдосконалення машин в цілому та їх систем, механізмів, агрегатів і вузлів зокрема. Не виключенням у цьому відношенні є і така галузь як двигунобудування. За останні 10...20 років створились умови для застосування в серійному виробництві електронних систем, які значно розширили спектр резервів покращення економічних, екологічних та інших важливих показників двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ), особливо при роботі на часткових та перехідних швидкісних і навантажувальних режимах і холостому ході, де вони далекі від оптимальних.

Перспективними напрямками вдосконалення ДВЗ в т.ч. й автотракторних на сьогоднішній день вважаються: покращення процесів згорання палива на часткових і перехідних режимах та оптимізація процесів газообміну з використанням механізмів газорозподілу нового покоління, бо традиційні механізми газорозподілу з механічним приводом клапанів обмежують можливості покращення техніко-економічних показників ДВЗ.

© В.П. Ковбаса, О.А. Бешун, 2012

Системи зміни фаз газорозподілу і ходу клапанів призначені для регулювання параметрів роботи газорозподільного механізму залежно від режимів роботи двигуна. Застосування таких систем забезпечує підвищення потужності і крутного моменту двигуна, покращення паливної економічності і зниження шкідливих викидів з відпрацьованими газами.

Враховуючи значні затрати часу і матеріальних ресурсів на проведення експериментальних робіт доцільно оптимізацію фаз газорозподілу при розробленні систем автоматичного управління клапанами газорозподілу з електрогідравлічним чи електромагнітним приводом виконувати в першу чергу на математичній моделі процесів газообміну, тому розроблення такої моделі є актуальною задачею.

**Аналіз останніх досліджень.** На сьогоднішній день відомо достатньо велика кількість математичних моделей, що дозволяють моделювати робочий процес ДВЗ, в т.ч. і процес газообміну [1-6] та інші. Слід відмітити, що до теперішнього часу відомі моделі будувалися з використанням численних припущень, зважаючи на надзвичайну складність задачі, та не враховували особливості альтернативного приводу клапанів газорозподілу (за винятком роботи [1]).

**Метою досліджень** є аналіз факторів та врахування особливостей альтернативних механізмів газорозподілу з електрогідравлічним чи електромагнітним приводом клапанів при математичному моделюванні процесів газообміну в поршневому ДВЗ.

**Результати досліджень.** До регульованих параметрів роботи газорозподільного механізму належать: моменти відкриття і закриття клапанів; тривалість відкриття клапанів; висота підйому клапанів. В сукупності ці параметри складають фази газорозподілу – тривалість процесів впуску і випуску, виражену через кут повороту колінчастого валу відносно відповідних мертвих точок. Фази газорозподілу в ДВЗ з «класичними» механізмами газорозподілу є сталими і визначаються формами кулачків розподільного валу, що задають закони руху клапанів. Широко відомо, що на різних режимах роботи двигуна фази газорозподілу доцільно оптимізувати. Так, при низьких частотах обертання фази газорозподілу повинні мати мінімальну тривалість («вузькі фази»), а при високих частотах обертання – навпаки, бути максимально «широкими» і при цьому забезпечувати перекриття процесів впуску і випуску.

Основними параметрами альтернативних механізмів газорозподілу, що оптимізуються, при конструюванні і доведенні двигуна є закони відкриття клапанів, фази газорозподілу, хід

клапанів, а також геометричні характеристики впускних і випускних трубопроводів (довжина, діаметр і конфігурація). При цьому слід зазначити неоднозначність самого визначення оптимальності параметрів системи газорозподілу, оскільки параметри, що задовольняють умові отримання найбільшої потужності, не завжди співпадають з параметрами, що відповідають мінімальній витраті палива. Останні, у свою чергу, можуть не бути задовільними з погляду токсичності викидів та інших властивостей двигуна. Тому визначення оптимальних параметрів доцільно виконувати за допомогою математичної моделі, в якій необхідно обов'язково враховувати тип, призначення двигуна, умови його експлуатації та інші фактори. Виконаємо короткий аналіз можливого впливу окремих факторів на ефективні та екологічні показники ДВЗ та ефектів, які мають місце при його роботі [1-6].

Оптимальний кут закриття впускного клапана в поєднанні з оптимальною довжиною і діаметром впускного трубопроводу для певної частоти обертання колінчастого валу вибирається з врахуванням двох протилежних явищ: з одного боку, при збільшенні кута помітно зростає час-переріз впускного клапана і наповнення покращується, з іншої ж сторони, можливий зворотний викид заряду.

Початок відкриття випускного клапана встановлюють таким, щоб отримати найбільшу корисну роботу газів в циліндрі. У разі надмірно великого кута випередження випуску корисна робота за такт розширення помітно зменшується, а якщо кут випередження дуже малий, то значно зростає негативна робота газів в процесі примусового випуску. В міру зростання частоти обертання колінчастого валу кут випередження випуску повинен збільшуватися.

Значний вплив на показники робочого процесу створює кількість залишкових газів в циліндрі. Якщо на режимах підвищених навантажень для отримання найбільшої потужності доцільне повне очищення циліндрів від продуктів згоряння, то при роботі на малих навантаженнях і холостому ході поліпшення робочого процесу досягається рециркуляцією відпрацьованих газів (особливо актуально для двигунів з безпосереднім впорскуванням палива, що експлуатуються при низькій температурі навколишнього повітря, зважаючи на високі значення коефіцієнта надлишку повітря).

Одним з важливих чинників, що впливають на протікання процесів наповнення і випуску, є закон руху клапана (рис. 1). Найвідчутніший вигравш по час-перерізу мають альтернативні електромагнітний та електрогідравлічний приводи клапанів, оскільки реалізований закон підйому клапана наближається до П-подібної форми. Тому можна прогнозувати, що заміна класичного приводу на альтернативний (при однаковому часі відкриття і максимальному підйомі клапана) приведе до збільшення крутного моменту на 3...5 %.

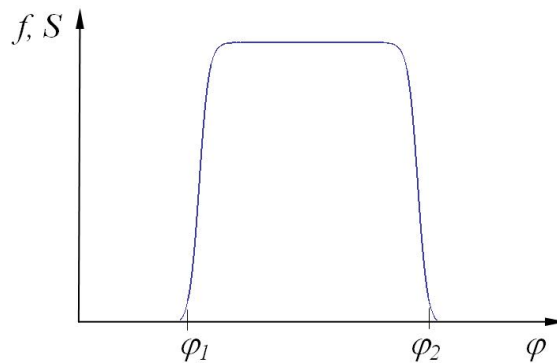


Рис. 1. Функція клапана ГРМ з електрогідравлічним або електромагнітним приводом.

При цьому виникає потреба в необхідності описання функції руху клапана аналітичною безперервною функцією, що може бути диференційованою та інтегрованою.

Функцію клапана представимо у вигляді вдох функцій Хевісайда, а саме:

$$v(\varphi)|_{\varphi \geq \varphi_1} = 1; v(\varphi)|_{\varphi \leq \varphi_1} = 0, \quad (1)$$

де  $\varphi_1$  - кут повороту вала, при якому відкривається клапан. При записі функції Хевісайда, що характеризує закриття клапана повинна бути використана функція з аргументом  $\varphi_2$ , який є кутом повороту закриття клапана.

Диференціальним значенням цієї функції є дельта функція Дірака:

$$\delta(\varphi)|_{\varphi = \varphi_1} = 1; \delta(\varphi)|_{\varphi \neq \varphi_1} = 0. \quad (2)$$

Наближено функція (1) може бути представлена виразом:

$$\frac{1}{2} (th[k(\frac{j - (j_1 + dj_1)}{2})] + th[k(\frac{-j + (j_2 + dj_2)}{2})]), \quad (3)$$

де  $dj_i$  – випередження або запізнення відкриття клапана;  $k$  – коефіцієнт крутизни фронту відповідно відкриття та закриття клапана.

Графічно функція (3), що реалізує рух клапана ГРМ з електрогідравлічним або електромагнітним приводом разом з функцією зміни об'єму циліндра представлена на рис. 2

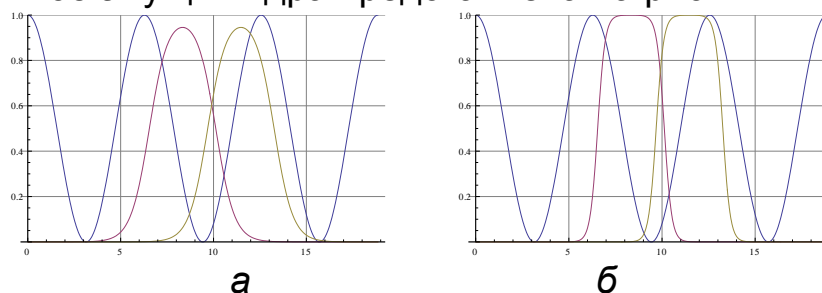


Рис. 2. Функції впускного і випускного клапанів ГРМ в поєднанні з залежністю зміни об'єму КЗ при різних значеннях  $k$  :

Функція (3) у диференціальній та інтегральній формах має вигляд:

$$\int \left( \frac{1}{2} (\operatorname{th}(\frac{1}{2}k(\varphi - (\delta\varphi_1 + \varphi_1))) + \operatorname{th}(\frac{1}{2}k((\delta\varphi_2 + \varphi_2) - \varphi))) \right) d\varphi = \frac{\operatorname{lg}(\operatorname{ch}(\frac{k\varphi}{2} - \frac{1}{2}k(\delta\varphi_1 + \varphi_1)))}{k} - \frac{\operatorname{lg}(\operatorname{ch}(\frac{k\varphi}{2} - \frac{1}{2}k(\delta\varphi_2 + \varphi_2)))}{k} \quad (4)$$

$$\frac{d}{d\varphi} \left( \frac{1}{2} (\operatorname{th}[k(\frac{\varphi - (\varphi_1 + \delta\varphi_1)}{2})] + \operatorname{th}[k(\frac{-\varphi + (\varphi_2 + \delta\varphi_2)}{2})]) \right) = \frac{1}{2} (\frac{1}{2}k \operatorname{sh}[\frac{1}{2}k(-\delta\varphi_1 + \varphi - \varphi_1)]^2 - \frac{1}{2}k \operatorname{sh}[\frac{1}{2}k(\delta\varphi_2 - \varphi + \varphi_2)]^2) \quad (5)$$

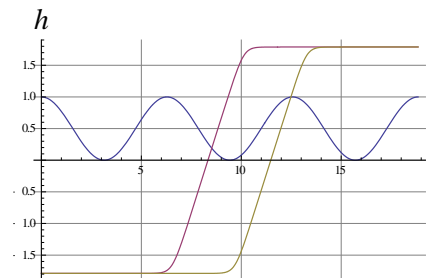
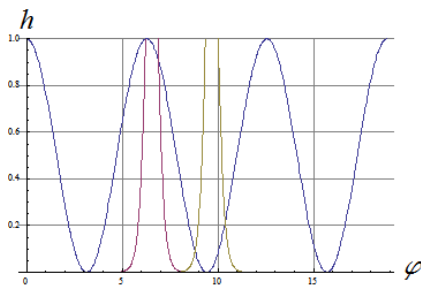


Рис. 3. Функції впускного і випускного клапанів ГРМ у диференціальній (5) і інтегральній (4) формах:

**Висновок.** Таким чином з використанням системи *mathematica* всі викладки стосовно застосування функцій, які необхідні для моделювання процесу газообміну аналізуються безх особливих ускладнень, що суттєво підвищує ефективність проведення теоретичних досліджень.

### Список літератури

1. Калугин С.П. Математическое моделирование процессов газообмена двигателя внутреннего сгорания / С.П. Калугин, В.Н. Балабин // Прикладная физика. – 2007. – №1. – С. 20–28.
2. Крайнюк А.И. Регулируемые системы газораспределения ДВС : монографія / А.И. Крайнюк. – Луганск: Изд-во СЛУ им. В. Даля, 2006. – 232 с.
3. Дьяченко В.Г. Газообмен в двигателях внутреннего сгорания : учеб. Пособие / В.Г. Дьяченко. – К.: УМК ВО, 1989. – 204 с.
4. Кавтарадзе Р.З. Теория поршневых двигателей. Специальные главы : учебник для вузов / Р.З. Кавтарадзе. – М.: Изд-во МВТУ, 2008. – 720 с.

5. Хмелёв Р.Н. Математическое и программное обеспечение системного подхода к исследованию и расчёту систем двигателей внутреннего сгорания : монография / Р.Н. Хмелёв. Тул. гос. ун-т. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2011. – 229 с.
6. Рудой Б.П. Расчёт на ЭВМ показателей газообмена ДВС / Б.П. Рудой, С.Р. Березин // Труды Уфимского авиационного института. – Уфа: УфАИ, 1979. – 66 с.

*Статья посвящена математическому моделированию движения клапана и газа через клапан в зависимости от термодинамических и кинематических параметров процессов газообмена в цилиндрах двигателей внутреннего сгорания с использованием системы символьной математики Mathematica.*

**Моделирование, движение, клапан, система.**

*The paper is devoted to mathematical modeling of movement of valve and gas via valve depending on thermodynamic and kinematic parameters of processes of gas exchange in cylinders of internal combustion engines with use of system of symbolical mathematics of Mathematica.*

**Modeling, movement, valve, system.**

УДК 614.8:631.3

## **УМОВИ ПРАЦІ ТА ПРОФІЛАКТИКА ПОРУШЕНЬ ІМУНОЛОГІЧНОЇ РЕАКТИВНОСТІ У ПРАЦІВНИКІВ ПІД ЧАС ДІЇ ХІМІЧНОГО ВИРОБНИЧОГО ФАКТОРУ**

***Т.О. Білько, кандидат біологічних наук***

*Стаття присвячена науковому обґрунтуванню доцільності застосування препаратів Тріовіт і Неоселен для профілактики порушень стану імунної системи на підставі дослідження імунного статусу працюючих в умовах дії низьких рівнів оксидів азоту.*

***Працівники хімічного виробництва, оксиди азоту, імунологічна реактивність, Тріовіт, Неоселен.***

**Постановка проблеми.** Вивчення впливу чинників виробничого середовища на здоров'я людини в даний час є важливим не тільки з погляду їх значення в розвитку професійних захворювань, але і з позиції визначення їх ролі у виникненні і перебігу ряду соматичних захворювань.

© Т.О. Білько, 2012