

Therefore, this article shows how you can compensate unnecessary delay. For this, on the basis of the received model of a dryer cascade type of boiling layer was calculated structure and parameters of special compensatory lag device to the Smith predictor and proved that parallel to its accession to the object will cover the transport delay.

**boiling layer, channels, lag, the Smith predictor, the transfer function matrix, the equation of state**

Одержано 01.04.14

УДК 62-356

**І.А. Швець, викл.**

*Первомайський політехнічний інститут національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, Первомайськ*

## Математичне моделювання процесів що відбуваються в робочій порожнині електромеханічного актуатора подачі палива

В статті описані процеси що відбуваються в робочій порожнині електромеханічного актуатора подачі палива (ЕМАПП), який є основним складовим елементом імпульсної фазованої системи подачі газового палива. Представлено математичні залежності, що описують характер протікання зазначених процесів, а також наведено результати отримані на основі їх обрахунку.

**баланс маси, стиснення палива, температурне розширення, актуатор, газовий потік, швидкість потоку, перепад тиску**

**И.А. Швец, препод.**

*Первомайский политехнический институт национального университета имени адмирала Макарова, Первомайск*

**Математическое моделирование процессов происходящих в рабочей полости электромеханического актуатора подачи топлива.**

В статье описаны процессы, происходящие в рабочей полости электромеханического актуатора подачи топлива (ЕМАПП), который является основным составляющим элементом импульсной фазированной системы подачи газового топлива. Представлены математические зависимости, описывающие характер протекания указанных процессов, а также приведены результаты, полученные на основе их расчета.

**баланс массы, сжатие топлива, температурное расширение, актуатор, газовый поток, скорость потока, перепад давления**

**Вступ.** Переробка сировини (лузга, тирса, солома та т.і.) для отримання альтернативних видів палива таких як біогаз, чадний газ та інших в сільській місцевості, дозволить значно розширити можливості застосування мобільних електростанцій малої та середньої циліндрової потужності для забезпечення власних потреб фермерського господарства. Переведення двигунів внутрішнього згоряння для машин сільськогосподарського призначення, головним чином тракторних та комбайнових з рідкого палива на газове, дозволить значно знизити матеріальні витрати на паливо-мастильні матеріали під час посівних та збиральних робіт.

© І.А. Швець, 2014

За наявності існуючого парку сільськогосподарської техніки з паливною апаратурою орієнтованою на використання рідкого палива, постає завдання ефективного конвертування зазначених двигунів з метою зменшення матеріальних, людських, експлуатаційних та інших видів витрат при переході на газове паливо.

**Постановка проблеми.** На сьогодні існує значна кількість перспективних конструкторських рішень систем подачі газового палива, які набули широкого застосування під час конвертації двигунів. Ефективна конвертація двигуна повинна забезпечити умови, за яких після встановлення нового газового обладнання, не погіршаться, а в деяких випадках навіть покращаться техніко – економічні показники двигуна. В зв'язку з цим питання забезпечення високоефективної конвертації двигунів є актуальною проблемою.

В сьогоднішніх умовах отримання високих техніко-економічних показників під час конвертації двигуна може бути досягнуто за рахунок реалізації наступних заходів:

- вдосконалення способу подачі газового палива;
- покращення принципу роботи системи подачі газового палива;
- вдосконалення конструкції елементів системи подачі газового палива.

Реалізація вищеописаних заходів дозволить: покращити точність та своєчасність дозування газового палива, зменшити втрати на перетікання газу, отримати раціональне конструктивне виконання системи без суттєво збільшення масо-габаритних параметрів та т.і.

Серед значної кількості конструктивних рішень систем подачі палива представлених в [2] та інших джерелах, більшість систем вирішують поставлені вище завдання за рахунок механічного або електромеханічного керування дозуючих елементів системи подачі газового палива.

Окремо необхідно відмітити фазовану імпульсну систему подачі газового палива, яка описана в роботі [1] і яка буде розглянута в даній статі. Завдяки удосконаленого способу подачі газового палива який вона реалізує, вирішується більшість вищезгаданих проблем, та з'являється можливість підвищити ефективності конвертації двигуна. Важливою перевагою даного способу над іншими є короткочасне імпульсне фазоване дозування газового палива у відповідності з режимом роботи та навантаження двигуна, за рахунок застосування синхронної роботи трьох електромеханічних актуаторів: формування амплітуди (ЕМАФА), подачі палива (ЕМАПП) та керування дросельною заслінкою (ЕМАКДЗ).

Враховуючи конструктивні особливості та особливості роботи такої системи, необхідність регулювання основних параметрів таких як: величина амплітуди тиску та тривалість імпульсу, представляється важливим отримати математичні залежності які дозволяють визначити параметри газового палива.

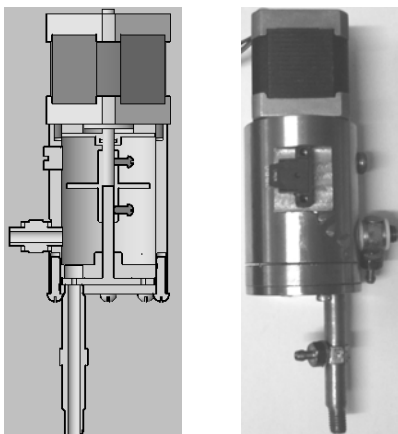


Рисунок 1 – 3-D модель та фото реального ЕМАПП

### Формулювання цілей

Враховуючи особливості короткочасного імпульсного дроселювання, а також можливої появи газодинамічних процесів в системі подачі газового палива, постають питання отримання математичних залежностей для опису процесів що відбуваються в робочій порожнині ЕМАПП.

### Виклад основного матеріалу

Серед трьох електромеханічних актуаторів: формування амплітуди тиску, керування дросельною заслінкою та подачі газового палива, на останній покладено головне завдання – синхронізувати рух

палива з повітряним потоком під час процесу наповнення циліндру, при цьому точність дозування газового палива залежатиме від геометрії дозуючого отвору, коефіцієнту витрати газу через нього, часу знаходження його у відкритому стані та тиску повітряного та газового потоків.

На рисунку 1 представлено 3-D модель та фото реального ЕМАПП. Головним елементом якого є ротор з отворами для дозування газового палива. Привод ротору здійснюється від крокового двигуна розташованого у верхній частині актуатору і для керування якого використовується мікроконтролер зв'язаний з персональним комп'ютером. Актуатор має робочу порожнину яка заповнюється робочим тілом – газовим паливом, таким чином даючи можливість стабілізувати тиск в ній, і виконуючи при цьому функцію накопичувача (акумулятора палива). Застосування крокових двигунів в якості приводних елементів дозволяє працювати системі без застосування зворотного зв'язку, але представлена система подачі газового передбачає необхідність відстеження положення початку, кінця та тривалості дроселювання газу, для чого в зазначений пристрій було уведено оптопару та диск з прорізами що відповідають положенню отворів дозування.

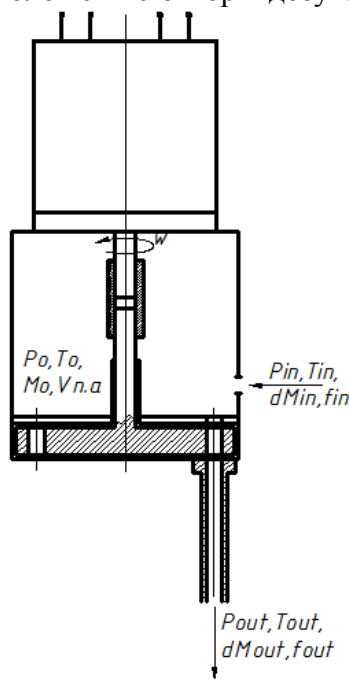


Рисунок 2 – Розрахункова схема ЕМАПП

На рисунку 2 представлено розрахункову схему ЕМАПП згідно якої в робочій порожнині актуатору знаходиться початкова кількість робочого тіла масою  $M_0$ , з початковою температурою  $T_0$  та під початковим тиском  $p_0$ . Сама робоча порожнина актуатора має об'єм  $V_{n.a.}$ . Зазначені початкові параметри можна вважати тими що не змінюються за умови положення дозуючого отвору в закритому положенні.

Газовий потік заданого рівня тиску  $p_{in}$  та температури  $T_{in}$  від ЕМАФА до робочої порожнини ЕМАПП потрапляє через боковий отвір в стінці актуатору, що свою чергу призводить до збільшення маси газового палива на величину  $dM_{in}$ , і як наслідок до зміни параметрів робочого тіла. Причому витрата газу що заповнює робочу порожнину визначається площею прохідного отвору  $f_{in}$

Відкриття дозуючого отвору актуатору відбувається внаслідок повороту ротору що приводиться в дію від крокового двигуна, кутова частота обертання якого дорівнює  $\omega = \frac{\pi \cdot n_p}{30}$ . Це в свою призводить співпадання

отвору дозування в роторі та статорі ЕМАПП і до виходу газового потоку з робочої порожнини з параметрами  $p_{out}$  та  $T_{out}$  в імпульсний канал з високою швидкістю. Внаслідок цього робоча порожнина актуатору розвантажується, і маса робочого тіла зменшується на величину  $dM_{out}$ . Таким чином головне рівняння що визначає витратні характеристики пристрою представляє собою рівняння балансу маси робочого тіла:

$$M_{n.a} = M_0 + dM_{in} - dM_{out}, \quad (1)$$

де  $M_0$  – початкова маса газу в робочій порожнині актуатору;  
 $dM_{in}$  – кількість газового палива що потрапила до робочої порожнини актуатору внаслідок наповнення;

$dM_{out}$  – кількість газового палива що покинула робочу порожнину актуатору внаслідок витрати у впускний канал двигуна;

Враховуючи що  $G = \mu \cdot \rho \cdot f \cdot w$  та з урахуванням частоти обертання ротору актуатору маємо:

для процесу наповнення актуатору:

$$dM_{in}(\varphi) = \mu_{in} \cdot \rho_{in} \cdot f_{in} \cdot (w_{in} - w_{ni}) \cdot \frac{1}{6 \cdot n_p}, \quad (2)$$

де  $\mu_{in}$  – коефіцієнт витрати впускного отвору актуатору;

$\rho_{in}$  – густина газового потоку на вході в актуатор;

$f_{in}$  – площа прохідного отвору впускного отвору ЕМАПП;

$w_{in}$  – швидкість руху газового потоку при заповненні робочої порожнини актуатору через впускний отвір;

$w_{ni}$  – швидкість руху газового потоку при виході з робочої порожнини актуатору через впускний отвір,

тоді для процесу витрати газового палива:

$$dM_{out}(\varphi) = \mu_{out} \cdot \rho_{out} \cdot f_{out}(\varphi) \cdot (w_{nu} - w_{un}) \cdot \frac{1}{6 \cdot n}, \quad (3)$$

де  $\mu_{out}$  – коефіцієнт витрати випускного отвору актуатору;

$\rho_{out}$  – густина газового потоку на виході з актуатору;

$f_{out}$  – площа прохідного отвору випускного отвору ЕМАПП;

$w_{nu}$  – швидкість руху газового потоку при виході з робочої порожнини актуатору у імпульсний канал;

$w_{un}$  – швидкість руху газового потоку при поверненні з імпульсного каналу до робочої порожнини актуатору через випускний отвір;

а загальна зміна маси газового палива в цьому випадку:

$$dM(\varphi) = dM_{in}(\varphi) - dM_{out}(\varphi), \quad (4)$$

поточна маса газового палива в цьому випадку:

$$M(\varphi) = M(\varphi - 1) + dM(\varphi). \quad (5)$$

Що відповідно призведе до зміни густини в робочій порожнині актуатору

$$d\rho(\varphi) = \rho(\varphi) - \rho(\varphi - 1). \quad (6)$$

На змінення густини газового палива крім процесів впуску та випуску будуть впливати такі властивості газового палива як стисливість та температурне розширення. На базі залежностей представлених в [3], та після виконання математичних перетворень отримуємо залежності для урахування зміни тиску та температури в робочій порожнині актуатору в залежності від властивостей газового палива:

зміна тиску внаслідок стисливості;

$$dp(\varphi) = \frac{\rho(\varphi) - \rho(\varphi - 1)}{\rho(\varphi - 1) \cdot \beta_c}, \quad (7)$$

загальний тиск в робочій порожнині актуатору;

$$p(\varphi) = p(\varphi - 1) + dp(\varphi), \quad (8)$$

зміна температури внаслідок температурного розширення газу;

$$dT(\varphi) = \frac{\rho(\varphi) - \rho(\varphi - 1)}{\rho(\varphi - 1) \cdot \beta_t}, \quad (9)$$

$$\text{загальна температура в робочій порожнині актуатору;} \quad (10)$$

$$T(\varphi) = T(\varphi - 1) + dT(\varphi).$$

Витрата газу при подоланні ділянки «актуатор»-«імпульсний канал»-«впускний канал двигуна» супроводжується частковою втратою енергії на проштовхування для обчислення якої застосуємо залежність згідно з [ 4 ]:

$$dL_{np}(\varphi) = p_z(\varphi) \cdot \frac{dG}{d\varphi} \cdot \frac{1}{\rho_z(\varphi)} \quad (11)$$

де  $p_z(\varphi)$  – поточний тиск газового потоку в каналі;

$\frac{dG}{d\varphi}$  - поточна витрата газу;

$\rho_z(\varphi)$  – поточна густина газового потоку в каналі;

Для даної розрахункової методики були використані наступні допущення та припущення:

- 1) рух газового потоку для малого проміжку часу може вважатися як усталений;
- 2) представлена математична модель розрахунку має квазістаціонарний характер;
- 3) нехтуємо нерівномірністю зовнішнього підводу теплоти до бічної поверхні актуатору;
- 4) процеси теплообміну між газом та контактною поверхнею стінки робочої порожнини актуатору мають квазізрівноважений характер
- 5) нехтування впливу газодинамічних (хвильових) процесів внаслідок їх малості.

На кафедрі ДВЗ Первомайського політехнічного інститут національного університету кораблебудування для представленої вище методики було розроблено розрахункову програму в середовищі MathCAD, на основі розрахунку якої побудовані графічні залежності для основних параметрів газового палива в робочій порожнині актуатора які представлені нижче:

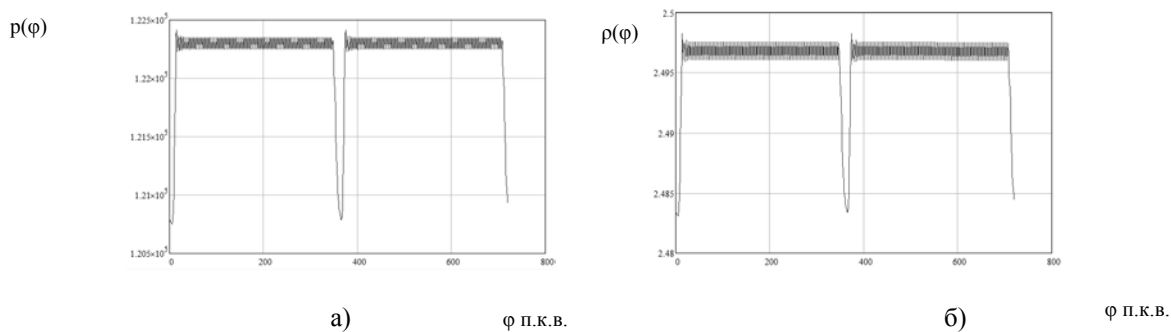


Рисунок 3 – Зміна тиску та густини в робочій порожнині ЕМАПП

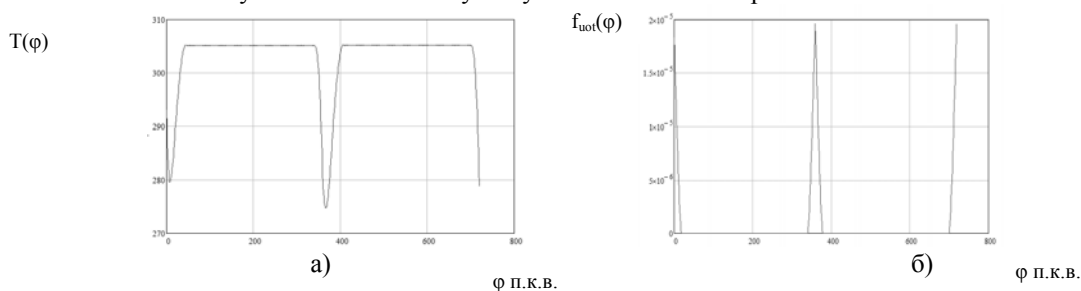


Рисунок 4 – Зміна температури та прохідного отвору дозуючого отвору в робочій порожнині ЕМАПП

### **Висновок.**

Розроблена методика визначення параметрів робочого тіла охоплює всі основні процеси що відбуваються в робочій порожнині ЕМАПП, крім тих незначущістю впливу яких було знехтувано, що суттєво не вплинуло на отримані результати.

### **Список літератури**

1. І.А. Швець / Спосіб отримання та дозування паливо-повітряної суміші та система для його реалізації. / «Сучасні проблеми двигунобудування: стан. ідеї, рішення». Матеріали V-ої всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю. – ДВЗ. – Первомайськ: ППІ НУК, 2013 р. – 320 с.
2. Ерохов В.И. Легковые газобаллонные автомобили: Устройство, переоборудование, эксплуатация, ремонт. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. – 238 с.
3. Сергель О.С., С32 Прикладная гидрогазодинамика: Учебник для авиационных вузов. – М.: Машиностроение, 1981. – 374 с., ил.
4. Круглов М.Г., Меднов А. А., Газовая динамика комбинированных двигателей внутреннего сгорания: Учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальности «Двигатели внутреннего сгорания». – М.: Машиностроение, 1988. – 360 с.: ил.
5. Чугаев Р.Р., Ч-83 Гидравлика: Учебник для вузов. – 4-е изд., доп. и перераб. – Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1982. – 672 с., ил.

### **Igor Shvets**

*Pervomajskij Polytechnic Institute National University of Shipbuilding named after admiral Makarov*

### **Mathematical modeling of processes occurring in the working chamber of the electromechanical actuator fuel**

This paper describes the processes taking place inside the working cavity electromechanical actuators for fuel supply (EMAPP), which is the main component element phased pulse gas fuel supply system. The mathematical relationships describing the character of running such processes are shown as well as the results of their calculations.

**mass balance, compression of fuel, the thermal expansion actuator, the gas stream flow rate, pressure drop**

Одержано 28.04.14

### **УДК 332.6**

**Л.Д. Збаржевецька, канд. екон. наук, Л.В. Вдовиченко, ст. викл.**

*Кіровоградський національний технічний університет*

## **Ефективне використання сільськогосподарських угідь в умовах реалізації земельної реформи**

У статті досліджуються проблеми ефективного використання земельних ресурсів, зокрема, сільськогосподарських угідь. Проаналізовано тенденції показників продуктивності сільськогосподарських угідь, а саме, урожайність та обсяги валової продукції з використанням статистичних методів та визначено тенденції очікуваної врожайності на перспективу. Визначено вплив змін у земельних відносинах на чинники ефективності використання землі. Зазначено чинники впливу на продуктивність земель сільськогосподарського призначення, запропоновано напрями підвищення ефективного використання сільськогосподарських угідь.

**земельні ресурси, сільськогосподарські угіддя, орні землі, ефективність, продуктивність, валова продукція, ефективне землекористування**

© Л.Д. Збаржевецька, Л.В. Вдовиченко, 2014