

УДК 621.486

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ТІЛА В ЦИЛІНДРІ ПНЕВМОДВИГУНА

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

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

Особливістю автомобільного пневматичного двигуна конструкції ХНАДУ є те, що золотниковий механізм з'єднаний із циліндром за допомогою мідних труб діаметром 20 мм і довжиною 800 мм [1].

Методика розрахунку параметрів робочого тіла по експериментальним індикаторним діаграмам, що приведена в роботі [2] не дає можливості достовірно визначити вищезазначені необхідні параметри робочого тіла. Причиною є те, що в цій методиці не враховані процеси, що відбуваються в трубах під час газообміну (наповнення, випуск). Дослідження руху повітря дозволяє врахувати теплообмін і гідравлічні втрати на тертя в трубах.

Внаслідок використання золотникового механізму значно збільшується об'єму стиснення, V_0 (рис. 1).

Впускний (випускний) канал пневмодвигуна із золотниковим механізмом, створеним у ХНАДУ, представляє собою гладку мідну трубу, що з'єднує золотник з циліндром (рис.2).

При вимушеній течії повітря в трубі критерій (число) Рейнольдса обчислюється за формулою

$$Re = \frac{\bar{W} \cdot d}{\nu}, \quad (1)$$

де \bar{W} – середня швидкість руху повітря, м/с;

d – діаметр труби, м;

ν – кінематична в'язкість повітря, м²/с.

Якщо критерій Рейнольдса менше 2000, то течія є ламінарною. У межах від 2000 до 10^4 режим течії називають перехідним. Якщо Re більше 10^4 , то режим течії є турбулентним.

Використовуючи залежність (1), можна визначити, що при $\bar{W} > 7,5$ м/с режим течії повітря в трубі з внутрішнім діаметром 20 мм буде турбулентним ($\nu = 0,15 \cdot 10^{-4}$ м²/с, $t = 20$ °С).

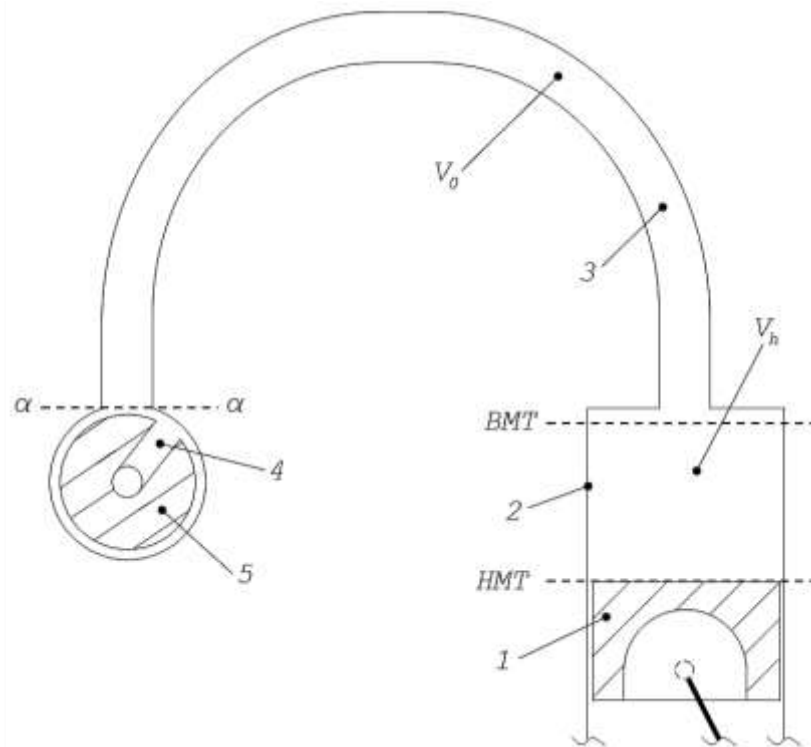


Рисунок 1 – Схема з'єднання циліндра пневмодвигуна із золотниковим механізмом: 1 – поршень; 2 – циліндр; 3 – канал, що з'єднує циліндр із золотниковим механізмом; 4 – впускне/випускне вікно золотника; 5 – золотниковий механізм (золотник)

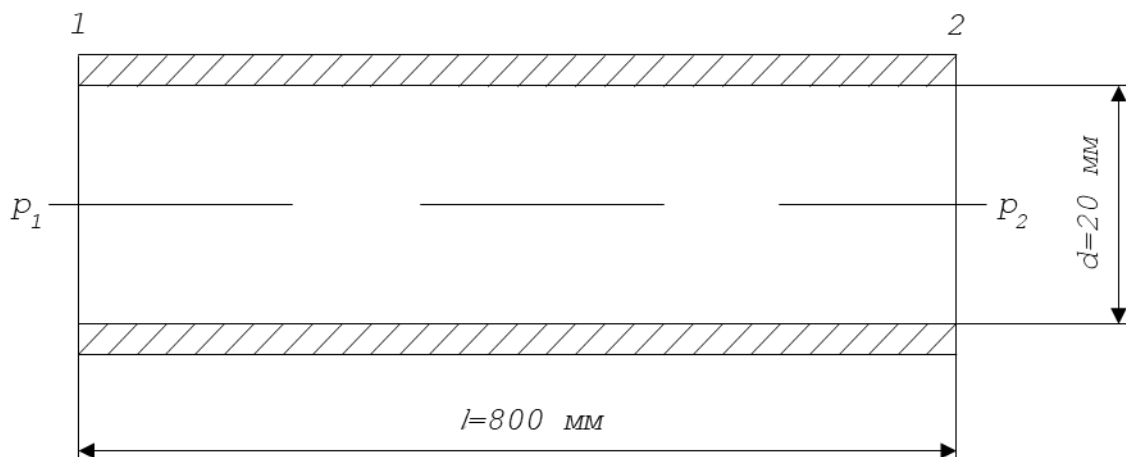


Рисунок 2 – Параметри мідної труби, що з'єднує золотник з циліндром пневмодвигуна

Для розрахунку коефіцієнтів тепловіддачі при турбулентній течії газів у гладкі трубі можна використати формулу [3]

$$Nu = 0,022 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \cdot \varepsilon_l, \quad (2)$$

де $Nu = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda}$ – середня швидкість руху повітря, м/с;

α – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м²·К);

d – діаметр труби, м;

λ – коефіцієнт теплопровідності поверхневого шару повітря ($2,6 \cdot 10^{-2}$ Вт/(м · К), $t = 20$ °С);

$Pr = \nu/a$ – критерій Прандтля ($Pr = 0,703$, $t = 20$ °С);

a – коефіцієнт температуропровідності повітря, м²/с;

ε_l – коефіцієнт, що враховує зміну середнього коефіцієнта тепловіддачі уздовж труби ($l/d = 40$, $\varepsilon_l = 1,02$).

Знаючи критерій Нуссельта, визначають коефіцієнт тепловіддачі

$$\alpha = (Nu \cdot \lambda)/d \quad (3)$$

На рис. 3 приведено залежності критеріїв Nu і коефіцієнтів тепловіддачі від середньої швидкості повітря у впускному (випускному) каналі пневмодвигуна.

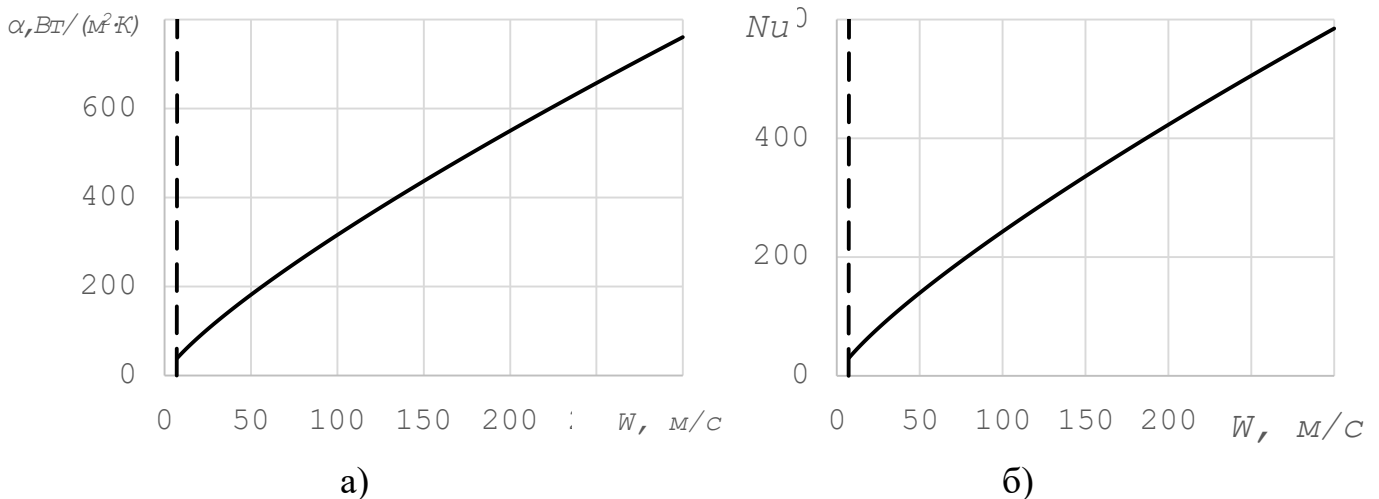


Рисунок 3 – Залежність α (а) та Nu (б) від середньої швидкості руху повітря

Для визначення втрат тиску уздовж труби при турбулентному режимі течії можна використати закон Дарсі. Згідно цього закону різниця тиску в двох перетинах труби 1 та 2 (рис. 3) $\Delta p = p_1 - p_2$

$$\Delta p = \xi \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho \cdot \overline{W}^2}{2}, \quad (4)$$

де ξ – коефіцієнт гідравлічного опору тертя при ізотермічній турбулентній течії в гладких трубах;

$l/d = 40$ – відношення довжини до діаметру труби;

ρ – густина повітря, кг/м³;

Для визначення ξ в залежності (4) доцільно використати формулу

$$\xi = 0,184 \cdot Re^{-0,2}. \quad (5)$$

Залежність (5) добре підтверджується експериментальними даними. На рис. 4 представлено залежності ξ та Δp від середньої швидкості руху повітря у каналах пневмодвигуна.

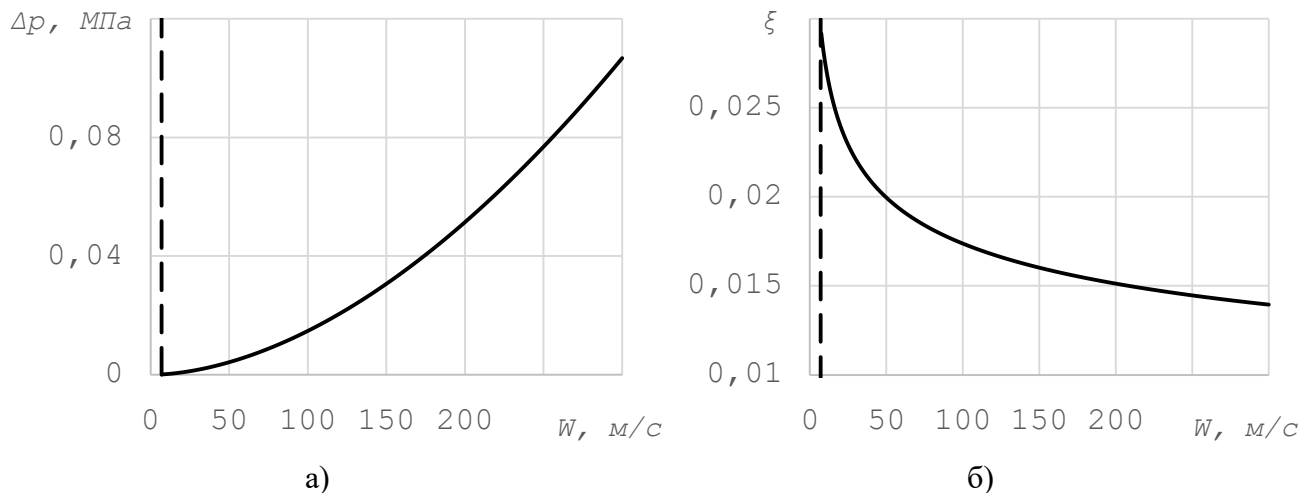


Рисунок 4 – Залежність Δp (а) та ξ (б) від середньої швидкості руху повітря

Наявні формули для розрахунку коефіцієнту витрати повітря золотникового механізму не враховують тепловіддачу під час руху повітря трубою (3) та гідравлічних втрат в ній (4).

Отже, необхідна корекція коефіцієнту витрати повітря в золотниковій системі, μ , який можна розрахувати наступним чином

$$\mu = G_d/G_T, \quad (6)$$

де G_d – дійсна витрата повітря, кг/с;

G_T – теоретична розрахункова витрати повітря, кг/с.

Висновки

Продовження дослідження пневматичного двигуна з золотниковим повітророзподілом, не зважаючи на доказану низьку ефективність використання енергоносія у порівнянні з пневмодвигуном, оснащеним клапанним ГРМ, пов'язане з наявністю великої кількості експериментальних даних. Ці результати стають основою для дослідження робочих процесів в циліндрі, теплопередачі та газообміну.

Література

1. Транспортні енергетичні установки (традиційні, нетрадиційні та альтернативні), принцип роботи та особливості будови: навч. посіб. / Ю.Ф. Гутаревич, Л.П. Мержиєвська, О.В. Сирота, Д.М. Трифонов. К. : НТУ, 2015. 244 с.
2. Нікітченко І. М. Обґрунтування основних параметрів пневмодвигуна комбінованої енергетичної установки автомобіля : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.03. Харків, 2016. 20 с.
3. Основні залежності та приклади розрахунків теплообмінних апаратів. [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів, які навчаються за напрямком „Машинобудування” спеціальність "Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів"/ НТУУ „КПІ”; уклад. Л.Г. Воронін, А.Р. Степанюк, Л.І. Ружинська. Київ : НТУУ „КПІ”, 2011. 68 с.

ВІДРОДЖЕННЯ КАРБЮРАТОРНИХ ТА ГІДРОМЕХАНІЧНИХ ДВИГУНІВ ЯК ЗАХИСТ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ВІД ЗАСОБІВ РЕБ

Грицюк Олександр Васильович, д.т.н., проф., професор каф. ДВЗ,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: dthkbd@ukr.net , <http://orcid.org/0000-0002-5596-6254>

Міхедькін Микола Володимирович, провідний інженер відділу головного конструктора, Державне підприємство «Завод імені В.О.Малишева»,
e-mail: nikolai.mikhedkin@gmail.com

Натепер дуже актуальною є проблема власного виробництва малолітражних двигунів номінальною потужністю до 20 кВт. Ця проблема обумовлена нагальною потребою у такій унікальній військовій техніці як квадроцикли та безпілотні літальні апарати (БПЛА).

Така техніка характеризується відкритою конструкцією, відсутністю кабіни та відносно компактними розмірами порівняно з транспортними засобами масового виробництва, наприклад автомобілями, і може бути легко освоєна у вітчизняному виробництві.

На перший погляд, немає сумніву в тому, що вітчизняні конструктори і виробники, як це вже описано у джерелі [1], при стартовій спробі налагодження такого виробництва не стануть «заморочуватися» над розробкою власного двигуна, а будуть пристосовувати виключно сучасні імпортовані енергетичні установки.