

Жук А. О., Козут В. І., Салавор О. М., к.т.н., доц.

ПНЕВМОДВИГУНИ НА СУЧАСНИХ АВТОМОБІЛЯХ

Розглянуто різні види пневматичних двигунів, принципи їх роботи, переваги та недоліки, наведено сучасні розробки моделей пневмомобілей

Транспортно-дорожній комплекс – одне з найпотужніших джерел забруднення навколишнього середовища. Газоподібні викиди, які виділяються внаслідок спалювання палива у двигунах внутрішнього згоряння, містять більше 200 найменувань шкідливих речовин, у тому числі канцерогени [2]. Шкідливі речовини, що виділяються під час експлуатації автотранспорту, потрапляють у повітря з вихлопними газами, випарами з паливних систем, під час миття транспорту, під час заправки транспорту паливом. У наш час автотранспорт є основним джерелом забруднення повітря у великих містах. Вирішенням цієї проблеми може стати використання нетрадиційних видів палива.

З кожним роком розробляється все більше автомобілів, що потребують для роботи альтернативні види палива на заміну бензину, газу чи дизельному паливу. Причому енергію прагнуть отримати не з горючих рідин чи газу, а «з нічого», як здається на перший погляд. Замість традиційних видів палива використовують розповсюджений гелій, воду і навіть повітря.

Метою статі є аналіз принципів роботи двигунів, що працюють на повітрі.

Пневмоавтомобіль – це транспортний засіб, джерелом енергії в якому є пневмодвигун. Традиційно пневмодвигун – це машина, в якій енергія стиснутого повітря перетворюється в механічну роботу [3].

Перший патент на машину, яку приводить в дію стиснуте повітря, було видано в 1799 році – ще до появи першого парового двигуна. В кінці XIX сторіччя вперше було застосовано пневмодвигун як енергетичну установку для транспортного засобу. У місті Нант (Франція) курсував трамвай, який приводила в дію енергія стиснутого під високим тиском повітря. Перший експериментальний легковий «повітряний» автомобіль з'явився в Лос-Анджелесі в 1932 році. Проте він не витримав конкуренції з бензиновими двигунами, а питання екологічної безпеки на той час не були актуальними.

З кінця минулого століття до ідеї створення пневмоавтомобіля звертаються вчені багатьох країн. Сталося так, що певні недоліки, які були на заваді поширення «повітряних» автомобілів відійшли, а переваги залишились.

По-перше, з'явилися нові матеріали (наприклад, карбон), що дозволяють зберігати повітря за більшого тиску в балонах меншої ваги.

По-друге, висока ціна на нафту та жорсткі екологічні норми спонукають конструкторів вишукувати для транспортних засобів «екзотичні» енергоустановки, що свого часу не набули застосування – такими є і пневмодвигуни.

По-третє, і це найголовніше, змінилися пріоритети. Поступово з'ясувалось, що запас ходу в 500-1000 кілометрів – не надто потрібна характеристика автомобіля, і денного пробігу в 50-100 км достатньо для абсолютної більшості користувачів. Те ж стосується розгону до 100 км на годину менш ніж за 8 секунд і максимальної швидкості від 250 кілометрів на годину. Такі показники дійсно необхідні лише для лічених відсотків автомобілістів.

Повітряні автомобілі обіцяють масу переваг, і в першу чергу це відсутність шкідливих викидів, якщо не враховувати невеликої кількості оливи, яку необхідно додавати до стиснутого повітря для змащення деталей двигуна.

В кінці 70-х років XX сторіччя австралійський винахідник Анджело Ді П'єтро створив принципово новий пневматичний двигун для автомобіля – так званий роторний двигун (рис.1).

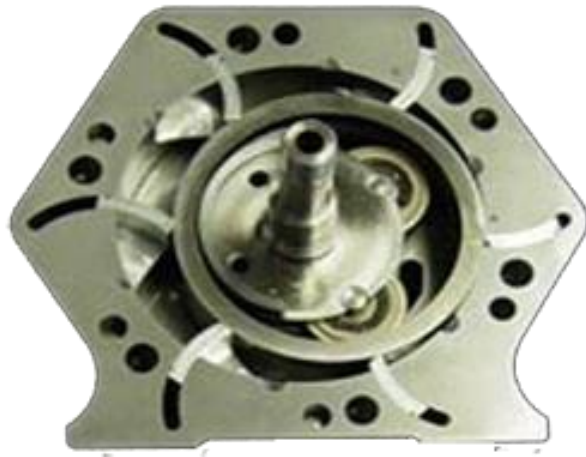


Рис. 1 – Пневмодвигун Анджело Ді П'єтро

В корпусі даного двигуна обертається кільце, яке внутрішньою поверхнею спирається на спеціальні ролики, закріплені на валу. Пластини, які дотикаються до кільця, формують камери. Спеціальна система розподіляє стиснуте повітря по камерах. Об'єм камер змінюється – ротор обертається і передає зусилля на колеса [4].

Переваги двигуна Анджело Ді П'єтро: легкий, конструктивно простий і компактний, тому пневмодвигуни можна встановлювати безпосередньо на колеса. Окрім того, завдяки його здатності досягати свого максимального крутного моменту на самих низьких частотах обертання, нема потреби в коробці передач.

Автомобіль з двигуном на стисненому повітрі був створений французьким інженером Гі Негре. Принцип роботи двигуна полягає у використанні теплоти навколишнього середовища (за нормальної температури) для нагрівання холодного повітря, що надходить з резервуару в циліндри двигуна, де розширюється.

Повноцінним серійним пневмомобілем став проект OneCat – п'ятимісний автомобіль з корпусом із скловолокна і вагою всього в 350 кг. Стиснуте повітря в даному автомобілі зберігається в баках, вбудованих в ходову частину автомобіля. У легких і безпечних карбонових балонах під тиском у 300 бар може зберігатися до 300 літрів стисненого повітря.

Принцип роботи двигуна (рис. 2): в малий циліндр 1 надходить повітря, яке поршень стискає до тиску 18-20 бар і воно нагрівається, підігріте повітря потрапляє в сферичну камеру 2, куди надходить і холодне повітря. Холодне повітря, яке миттєво нагрівається і розширюючись, збільшує тиск на поршень великого циліндра 3, який передає зусилля на колінчастий вал.

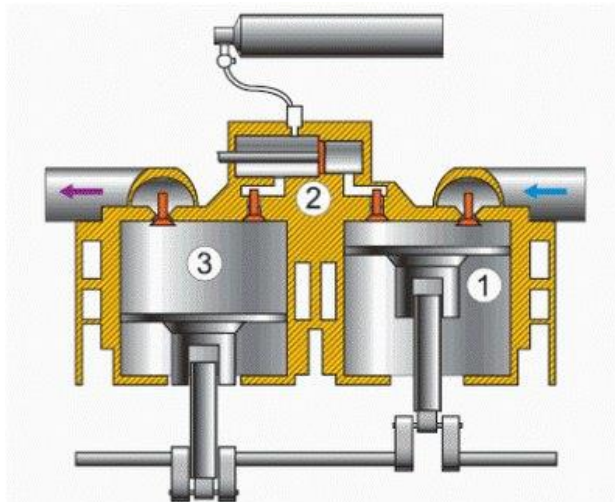


Рис. 2 – Повітряний двигун автомобіля OneCat

В двигуні застосовується двоступеневе розширення з проміжним підігріванням повітря в радіаторі. Наповнення циліндру пневмодвигуна стиснутим повітрям відбувається істотно повільніше. В результаті крутний момент зменшується. Щоб запобігти цьому, використано поршневий механізм, що забезпечує притримування поршня поблизу верхньої мертвої точки впродовж п'ятої частини тривалості циклу. Завдяки цьому забезпечено подачу достатньої кількості повітря в циліндр, а отже – поліпшення характеристики крутного моменту. Динамічну незбалансованість усунули зміною компоновальної схеми двигуна – дві циліндро-поршневі групи розмістили дзеркально.

Електродвигун виконує допоміжну роль – дозаправляє повітряні балони і спрощує паркування автомобіля.

Застосована на автомобілі рекуперативна система гальмування (пневматична система, що повертає приблизно 13 % енергії гальмування) підвищує ККД системи [1].

Максимальна розрахована швидкість – 110 км/год. Пробіг без дозаправки 200...300 км. Максимальний вантаж для перевезення – 500 кг. Можливе заправлення балонів від бортового компресора (4 години). Заправка на станції високого тиску – 3 хвилини.

Резервуари в перших конструкціях – сталеві, витримували тиск у 200 бар і були дуже важкими. В кінцевому варіанті балони виготовлено з композиційних матеріалів (вуглецеве волокно в термопластику), що витримують тиск до 300 бар. Резервуари масою 35 кг містять 100 л повітря і відповідають усім вимогам безпеки.

В кінці вісімдесятих років ХХ століття головний конструктор Заволзького моторного заводу Н. Пустинский розробив свій пневматичний двигун для автомобіля. Головна відмінність його від схожих розробок полягала в тому, що пневмодвигун розроблено на базі звичайного ДВЗ із збереженням 95% його деталей. Стиснуте до 300 бар повітря надходить в робочу камеру, де, розширюючись, штовхає поршень і виходить назовні.

Двигун на стиснутому повітрі не знайшов підтримки у автомобілебудівників, але пневматичну установку застосовують на деяких промислових підприємствах. Електрокари були замінені дешевими і практичними пневмокарами, оснащеними двигунами Пустинського.

Над створенням пневмодвигунів працюють і у ВНЗ України. Так, в Кременчуцькому державному політехнічному університеті (КДПУ) зконструйовано експериментальну модель пневмодвигуна.

В Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті (ХНАДУ) створено поршневий пневмодвигун для гібридної силової установки автомобіля (рис. 3).



Рис 3. – Пневмодвигун з золотниковим повітророзподільником

Це чотирициліндровий V-подібний пневмодвигун ($D=76$ мм, $S=66$ мм) з золотниковою системою повітророзподілення. Гільзи циліндрів мають ребрення для підводу теплоти з навколишнього середовища до робочого тіла, що позитивно впливає на ККД робочого циклу і запобігає обмерзанню випускних клапанів. Колінчастий вал з двома кривошипами, розміщеними під кутом 180° , дозволяє забезпечити рівномірну роботу за двотактним циклом і спростити задачу щодо зрівноваження двигуна. До кожного кривошипа приєднується два шатуна від лівого і правого циліндрів. Золотникова повітророзподілення має два канали: один – напірний, другий – випускний, що сполучається з атмосферою. Золотникова коробка розміщена у розвалі блоку циліндрів на мінімальній відстані від головки циліндрів. Фази повітророзподілу оптимізовані за мінімальною питомою витратою стиснутого повітря.

На рис. 4 показані теоретична і дійсна індикаторні діаграми поршневого пневмодвигуна. Контур дійсного робочого циклу знаходиться всередині контуру теоретичного циклу. При збільшенні частоти обертання колінчастого вала дійсна індикаторна діаграма віддаляється від теоретичної.

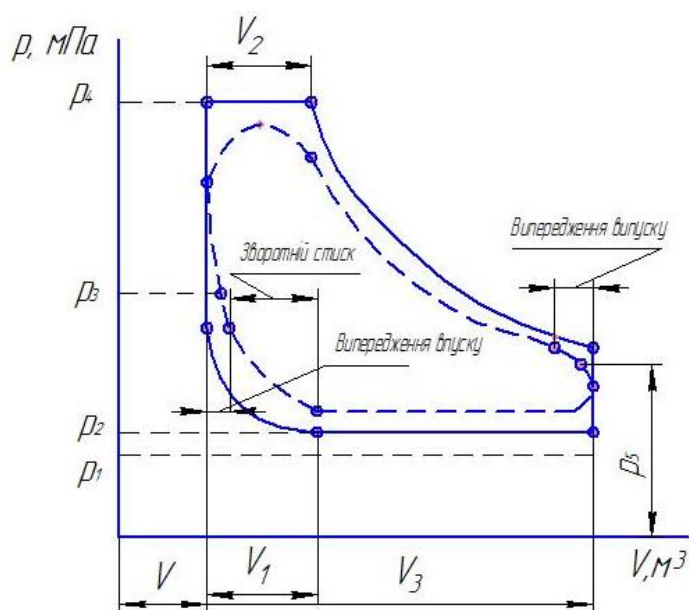


Рис. 4 – Теоретична і дійсна індикаторні діаграми поршневого пневмодвигуна

Максимальний крутний момент пневмодвигуна має місце за мінімальних частот обертання, що дуже важливо для транспортного засобу. Максимальної потужності і мінімальної питомої витрати повітря двигун досягає в межах $600...800$ хв⁻¹, залежно від тиску повітря на вході в циліндри. Загальна витрата стисненого повітря при збільшенні частоти обертання колінчастого вала зростає. Сьогодні пневмодвигун проходить випробування на експериментальному автомобілі ЗАЗ-110550 з гібридною силовою установкою за схемою «ДВЗ-пневмодвигун».

Пневмодвигуни ідеально підходять для роботи у закритих приміщеннях з обмеженим повітропостачанням – у цехах, складах. На сьогодні їх максимальна швидкість складає до 50 км/годину. Заряджають двигун від звичайного компресора. Запасу стиснутого повітря у 200-літрових балонах вистачає на 60 кілометрів пробігу. Найзначніша перевага пневмодвигуна – екологічна чистота. Він не здійснює шкідливих викидів в атмосферу. Для його заряджання не потрібні свинцево-кислотні та лужні акумулятори (які складно утилізувати). Завдяки своїй безпечності пневмодвигун можна використовувати для інвалідних візків.

Використання пневмодвигунів стає дедалі актуальнішим та конкурентоспроможнішим. Так, компанія Toyota Industries заявила про створення найшвидшого пневмомобіля (рис. 5). Довжина Ku:Rin складає 3.5 метра, а ширина – 0.8

метра. Триколісний одномісний прототип Toyota Ku:Rin лише завдяки енергії стисненого повітря розігнався до 129 км/год на спеціальному треку, подолавши відстань лише у 4 км.



Рис. 5 – Пневмоавтомобіль компанії Toyota Industries

Висновок. Традиційні види палива, такі як бензин, газ, дизельне паливо та інші робочі рідини, при роботі транспорту інтенсивно забруднюють навколишнє середовище. У зв'язку з цим світова спільнота все більше уваги приділяє екологічно безпечним видам палива. Тому варто працювати над розробкою автомобілів з нетрадиційними двигунами на альтернативних видах палива. Розроблення пневмоустановок, при роботі яких в якості джерела енергії використовують повітря, є перспективним та актуальним. На сьогоднішній день існує велика кількість пневмодвигунів, але, для підвищення конкурентоспроможності на ринку, їх необхідно вдосконалювати та розробляти все нові моделі.

Список літературних джерел

1. Пат. 2491704 Российская Федерация, МПК Н 02 N 2/18, Н 02 Р9/00, F 03 D 11/00, В 60 К 16/00, В 60 L 8/00. Способ получения электроэнергии от проезжающих транспортных средств / Гринкруг М.С., Ткачева Н.А., Ткачева Ю.И.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет" (ФГБОУ ВПО "КНАГТУ"). - № 2012108360/07; заявл. 05.03.12; опубл. 27.08.13, Бюл. № 24.
2. Семенова, О.І. Основи екологічної токсикології : підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / О.І. Семенова, Н.О. Бублієнко. - К.: НУХТ, 2014. - 265 с.
3. Транспортні енергетичні установи (традиційні, нетрадиційні та альтернативні), принцип роботи та особливості будови: [підруч. для студ. вищ. навч. закл.] / Ю.Ф. Гутаревич, Л.П. Мержиєвська, О.В. Сирота, Д.М. Трифонов. К.: НТУ, 2015. - 243 с. ст. 199-204.
4. Яцина М. М. Підвищення ефективності пневмодвигуна з кільцевим ротором міжцехового автономного транспортного засобу : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.02.02 "Машинознавство" / М.М. Яцина. - Київ, 2014. - 24 с.

Жук Артем Олегович – студент автомеханічного факультету, Національний Транспортний Університет.

Когут Вікторія Ігорівна – студентка факультету бродильних, консервних виробництв та екологічного контролю, Національний Університет харчових технологій.

Салавор Оксана Мирославівна – к.т.н, доцент кафедри біохімії та екологічного контролю, Національний університет харчових технологій.