

Список литературы: 1. *Осокин А.П.* Модифицированный портландцемент / *А.П. Осокин, Ю.Р. Кривобородов, Е.Н. Потапова.* – М.: Стройиздат, 1993. – 328 с. 2. *Шабанова Г.Н.* Барийсодержащие оксидные системы и вяжущие материалы на их основе. – Х.: НТУ «ХПИ», 2006. – 279 с. 3. *Салей А.А.* Физико-механические свойства барийсульфоферритных вяжущих композиций / *А.А. Салей, А.А. Сигунов, Пескова Н.П.* // Вопросы химии и химической технологии. – 2009. – № 10. – С. 137 – 139. 4. Справочник по производству цемента / Под ред. *И.И. Холина.* – М.: Стройиздат, 1963. – 851 с. 5. *Салей А.А.* Методика расчета сырьевых смесей на получение сульфоферритных клинкеров / [*А.А. Салей, В.А. Кулик, Г.Т. Цыганков и др.*] // Вопросы химии и химической технологии. – 1999. – № 4. – С. 22 – 25. 6. *Бутт Ю.М.* Практикум по химической технологии вяжущих материалов: учебное пособие. / *Ю.М. Бутт, В.В. Тимашев.* – М.: Высшая школа, 1973. – 504 с.

Поступила в редколлегию 22.03.10

УДК 504.032.31

С.Р. АРТЕМ'ЄВ, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ»

ПРОБЛЕМА ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ ВІДПРАЦЬОВАНИМИ ГАЗАМИ АВТОТРАНСПОРТУ. ВАРІАНТИ ВИРІШЕННЯ

В статті розглянуто проблему зменшення забруднення повітря існуючими транспортними засобами. Пропонуються варіанти вирішення вказаної проблеми шляхом застосування новітніх технологій, використання нових джерел енергії, вдосконаленням конструкції двигунів. На підставі урахування позитивних і негативних сторін запропонованих варіантів розроблені висновки щодо можливостей втілення зазначених пропозицій на етапах створення і випробування транспортних засобів.

In the article the problem of diminishing of contamination of air is considered by existent transport vehicles. The variants of decision of the indicated problem are offered by application of the newest technologies, use of new energy sources, by perfection of construction of engines. On the basis of account of positive and negative sides of the offered variants conclusions are developed in relation to possibilities of embodiment of the noted suggestions on the stages of creation and test of transport vehicles.

Постановка проблеми. Однією з головних причин забруднення навколишнього природного середовища і, зокрема, атмосферного повітря, є викиди відпрацьованих газів автотранспортом. Вказана проблема в сучасних умовах актуальна, тому, що її невирішення є небезпечним для здоров'я людини. Тільки автомобілі, а їх в світі понад 450 млн. одиниць, щодоби викидають в

атмосферу нашої планети близько 0,8 – 1,0 млн. т оксиду вуглецю, 130 тис. т вуглеводнів, понад 50 тис. т оксидів азоту і майже 1 тис. т свинцю [1, с. 99]. В той же час ці автомобілі споживають більше кисню, ніж все населення Землі.

Відомо, що паливом для двигунів внутрішнього згорання автомобільного транспорту, в основному, служить бензин і дизельне паливо. Хімічний склад продуктів згорання і ступінь забруднення ними атмосфери залежать від якості палива (наявності в ньому токсичних домішок), технічної досконалості двигунів (систем запалювання), наявності очисних пристроїв (каталізаторів), а також від рівня технічної експлуатації транспорту. Основними інгредієнтами відпрацьованих газів є оксид вуглецю, оксид азоту, вуглеводні, свинець та ряд інших домішок, у тому числі, канцерогенних.

Вихлопні гази двигунів внутрішнього згорання поряд з продуктами повного згорання (пари води, двоокису вуглецю) містять продукти неповного згорання палива (окис вуглецю, окис азоту, вуглеводні, бензапірен), а також, речовини, що залежать від типу палива (сірчаний газ, свинець, попіл).

Усього у відпрацьованих газах автомобілів виявлено близько 200 різних речовин, більшість з яких має токсичні властивості. Найбільшу небезпеку для навколишнього природного середовища становлять оксиди вуглецю, азоту, вуглеводи, бензапірен та аерозолі свинцю.

Саме тому, в сучасних умовах, невідкладним екологічним завданням є розвиток альтернативних видів транспорту, споживання ними екологічно-чистих видів енергії, над розробкою яких працюють вчені усього світу.

Аналіз публікацій. Нині, як це наголошувалося раніше, світовий автомобільний парк перевищує 450 млн. одиниць, з яких 80 – 83 % припадає на легкові автомобілі, а 15 – 20 % – на вантажні автомобілі та автобуси [1]. Автомобільний транспорт забруднює, головним чином, атмосферу трьома наступними шляхами:

- відпрацьованими газами, які викидаються через вихлопні труби;
- картерними газами;
- вуглеводнями внаслідок випаровування палива з баків, карбюраторів та трубопроводів.

У складі відпрацьованих газів автомобілів найбільшу питому вагу за обсягом мають монооксид вуглецю (0,5 – 10 %), оксиди азоту (до 0,8 %), неспалені вуглеводні (0,2 – 3,0 %), альдегіди (до 0,2 %) та сажа. У абсолютних величинах на 1000 л палива карбюраторний двигун викидає з вихлопними та

картерними газами біля 200 кг монооксиду вуглецю, 25 кг вуглеводнів, 20 кг оксидів азоту, 1 кг сажі, 1 кг сірчистих сполук [1, с. 101].

Однак, контроль їх вмісту в різних середовищах, як правило, пов'язаний зі значними фінансовими і спеціальними технічними ресурсами [2 – 4].

З іншого боку, розвиток альтернативних видів транспорту потребує урахування як позитивних, так і негативних сторін їх майбутньої експлуатації [5 – 7].

Постановка завдання. Найскладнішою світовою проблемою у галузі охорони атмосферного повітря від відпрацьованих газів автомобільного транспорту є створення «екологічно-чистої техніки». Тому в статті запропоновано деякі напрямки вирішення цієї проблеми у майбутньому.

Практичною метою даної статті є пошук альтернативи існуючому автомобільному транспорту, що є одним з найважливіших завдань для усіх країн Європи, в тому числі і України. Основна увага при цьому буде зосереджена питанням антропогенного впливу функціонування автомобільного транспорту на навколишнє природне середовище, а також розгляді існуючих варіантів альтернативного «екологічно-чистого» транспорту та можливостей їх втілення в сучасних умовах.

Викладення основного матеріалу. Атмосферне повітря в цілому забруднює не лише автомобільний транспорт. В цьому приймають участь і підприємства, і приватні будинки, і електростанції. Але саме автомобілі вносять найбільш значний внесок у загальне забруднення.

Президент України в [8], зокрема, зазначив: «Якщо б за усю шкоду щодо викидів вуглецю потрібно було б відповідати, то автомобільна промисловість закінчила б своє існування». В свою чергу, сьогодні ні промисловці, ні будівники доріг, ні населення, яке залежить від транспорту, на це не піде.

Методи знешкодження відпрацьованих газів почали розроблятися ще у 30-х роках минулого сторіччя, але практичне застосування альтернативних технологій даного виду транспорту та способи зниження викидів рухомих джерел набули свого розвитку лише 40 – 45 років потому.

В сучасних умовах розглядаються наступні варіанти зниження токсичності відпрацьованих газів автомобілів:

1. Застосування нейтралізаторів. Нейтралізатором, як відомо, є невеликий прилад, який призначений для зниження токсичності відпрацьованих га-

зів шляхом доокиснення продуктів неповного згорання (CO, CH, C) та розкладу оксидів азоту на складові – азот і кисень. Розрізняють два типи нейтралізаторів, що застосовуються на автомобілях з бензиновими та дизельними двигунами: термічні та каталітичні.

Основні труднощі під час їх використання полягають у тому, що у відпрацьованих газах дизелів міститься 10 % і більше кисню, у присутності якого реакція відновлення оксиду азоту не відбувається, а для окиснення CO його недостатньо. Тому звичайні каталітичні реактори без додаткових пристроїв забезпечують у дизелях нейтралізацію неспалених вуглеводнів та альдегідів, а також невеликої частки монооксиду вуглецю. Роботи зі створення нових типів та конструкцій нейтралізаторів продовжуються у багатьох країнах, але поки що вони призвели лише до удосконалення існуючих пристроїв.

2. Дизельні двигуни, як альтернатива карбюраторним.

Вважається, що у боротьбі за зменшення забруднення повітряного басейну дизельні двигуни відіграють суттєву роль. Як двигун внутрішнього згорання, дизель відрізняється від карбюраторного двигуна тим, що має більш високі ступені стиснення, які забезпечують samozапалювання палива та відмінні характеристики токсичності вихлопних газів. Однак, значними недоліками дизеля залишаються димність, неприємний запах та високий рівень шуму.

3. Роторні двигуни.

Роторний двигун, як відомо, це бензиновий двигун, який має принципово нову конструкцію головного силового агрегату. У роторного двигуна немає циліндрів та шатунно-кривошипної системи. Замість поршнів він має ротор, який передає обертовий момент через зубчасту передачу. Ротор дає менший токсичний викид за рахунок меншого вмісту оксидів азоту. Але він має достатньо складне та дороге устаткування.

4. Газотурбінний двигун.

Протягом останніх 40 – 45 років проводяться дослідження та експериментальне конструювання газотурбінного двигуна для повітряного транспорту. Він має малу масу, рекордну питому потужність, компактність, малу кількість рухомих частин та інші переваги. Більшість конструкторів вважає газову турбіну перспективнішою, в тому числі, для вантажних автомобілів та автобусів завдяки її малому шуму, відсутності вібрації, можливості роботи без системи водяного охолодження та достатній чистоті відпрацьованих

газів. Основним недоліком є його менша економічність у порівнянні з карбюраторними і, особливо, дизельними двигунами.

5. Паровий автомобіль. Необхідність збереження повітряного басейну змусила деяких конструкторів повернутися до майже забутої ідеї створення парового автомобіля. Сам по собі паровий двигун екологічно абсолютно чистий. Він або дає вихлоп водяної пари, або ж взагалі не дає ніякого вихлопу, якщо робочий цикл замкнений. Але атмосфера при цьому забруднюється відпрацьованими газами топки. Суттєвими недоліками вказаних двигунів є висока складність та громіздкість конструкції (парогенератор – машина – теплообмінник – конденсатор – ємність для води), невисока економічність, уразливість низькими температурами, значний час підготовки до руху.

6. Двигун Старлінга. У 70-х роках минулого сторіччя відновився інтерес до двигуна зовнішнього згорання – двигуна Старлінга, ідея якого була запропонована Р. Старлінгом ще у 1816 році. Сучасний двигун зовнішнього згорання є герметично закритим циліндром, заповненим над поршнем стиснутим гелієм чи воднем. Окрім високого ККД (35 – 40 % і більше) двигун може працювати на будь-якому паливі й мінімально забруднює повітря монооксидом вуглецю та вуглеводнями, оскільки пальник працює у стабільному режимі з оптимальним співвідношенням палива і повітря, він практично безшумний. Складними і ще не вирішеними досі проблемами залишаються складність конструкції та необхідність забезпечення повної герметичності протягом терміну експлуатації двигуна.

7. Інерційний двигун. Інерційний двигун (маховик) – є найбільш давнім двигуном. Вирішальною перевагою маховика є його екологічна чистота, яка полягає у повній відсутності токсичних викидів, практичній безшумності та високому ККД. Його головний недолік – мала енергоємність і, як наслідок, незначний пробіг між підзарядками.

Слід зазначити, що одним із найважливіших напрямків боротьби за збереження чистоти повітря є пошук більш «чистого» палива для транспортних двигунів. У цьому відношенні робляться спроби створити присадки та домішки до звичайного палива, які могли б знизити токсичність відпрацьованих газів автомобілів.

У вказаному аспекті можливо виділити наступні напрямки :

1. Створення антидетонаційної присадки. Більшість сортів бензину, які використовуються нині, містять у якості антидетонаційної присадки тетраетилсвинець (0,41 – 0,82 г/л). Його застосування дозволяє збільшити ступінь

стиснення робочої суміші у циліндрах і, тим самим, підвищує паливну економічність двигунів. Ця обставина, з одного боку, відповідає економічним потребам, оскільки зменшення витрат палива супроводжується зниженням викидів токсичних речовин. Але у присадці містяться сполуки свинцю, які у значних концентраціях достатньо шкідливі.

2. Створення антидетонатора на марганцевій основі. В сучасних умовах проводяться наукові та експериментальні роботи зі створення нового антидетонатора на марганцевій основі. Така присадка у 50 разів менш токсична, ніж тетраетилсвинець, не погіршує роботу каталітичних нейтралізаторів відпрацьованих газів. Її додавання у кількості 1 % підвищує октанове число бензину А – 76 до А – 93.

3. Створення водяно-бензинових сумішей. Достатньо цікавою є також ідея використання водяно-бензинових сумішей (у співвідношенні 30 % на 70 %) з метою зниження токсичності відпрацьованих газів і економії палива, але її реалізація потребує підготовки великої кількості особливо чистої дистильованої води.

4. Газове паливо, як альтернативне паливо. У якості газового палива найбільше поширення отримала суміш нафтових газів – пропану та бутану. Цінною якістю газового палива є його висока екологічна чистота за низька собівартість. Результати досліджень свідчать про те, що двигун, який працює на пропан-бутані, на холостому ході має у відпрацьованих газах у 4 рази менше монооксиду вуглецю, а у робочому режимі – у 10 разів менше, ніж бензиновий двигун.

Вивчаються технічні та економічні аспекти використання природного газу, який складається на 90 – 98 % з метану та домішками етану і суттєво відрізняється за властивостями від пропан-бутанової суміші. Обладнання на автомобілях, що працюють на зрідженому природному газі, складніше і дорожче. Так, автобус, який обладнаний під зріджений природний газ, дорожчий на 10 %, але в експлуатації він економічніший. Токсичність його відпрацьованих газів нижча на 60 – 90 %, ніж у традиційного бензинового автобуса.

5. Метанол та етанол, як альтернатива бензину.

Метанол розглядають як можливий замітник бензину для автомобілів. Але він отруйний, важчий за бензин, його енергоємність вдвічі нижча.

Тому, з метою збереження довжини пробігу, бак автомобіля повинен бути, як мінімум, у два рази більший. Запуск двигуна на чистому метанолі,

особливо взимку, значно складніший. Вартість метанолу нині вища від вартості бензину.

Однак у його відпрацьованих газах в 2 – 3 рази менше токсичних компонентів, ніж під час використання бензину. Зараз його використовують у якості доповнювача до бензину в обсязі від 5 до 30 %, при цьому концентрація монооксиду вуглецю у відпрацьованих газах знижується на 17 – 72 %. Але слід зазначити, що вказана суміш схильна до розшарування, особливо під час потрапляння води і зниженні температури.

Етанол має енергоємність на 25 – 30 % вищу, ніж метанол, тобто, потребує пропорційно меншого паливного баку. Екологічні характеристики етанолу близькі до метанолу, але двигуни, що працюють на етанолі, у відпрацьованих газах містять ще менше вуглеводнів.

6. Водень, як «екологічно-чисте» паливо. З точки зору збереження навколишнього природного середовища водень є ідеальним паливом. Ресурси цього палива колосальні і постійно відновлюються, тому водень може стати універсальним паливом, паливом майбутнього. У його відпрацьованих газах присутні лише оксиди азоту, але у дуже незначних кількостях. Типові для звичайних видів палива монооксид вуглецю та вуглеводні взагалі відсутні.

Суттєвою перешкодою для використання водню в якості палива є те, що він значно дорожчий за бензин. Нині водень видобувається в основному з природного газу, рідше з нафти та вугілля, і в зовсім незначних кількостях з води, оскільки процес електролізу дорожчий і потребує значних енергетичних витрат, ніж енергоємність отриманого водневого палива. Серйозною технічною та економічною проблемою є розміщення водню на автомобілях.

Складності створення автомобіля на чистому водні призвели до використання водню у якості доповнювача до бензину.

Експерименти з воднево-бензиною сумішшю показали, що 5 – 10 % добавка водню суттєво (на 40 – 50 %) підвищує паливну економічність двигуна і більше, ніж у 10 разів, зменшує вміст монооксиду вуглецю у відпрацьованих газах.

Під час додавання 10 % водню у відпрацьованих газах різко зменшується вміст оксидів азоту та монооксидів вуглецю.

В сучасних умовах можливо виділити наступні альтернативні види транспорту:

1. Електромобіль.

Це – ідеальний автомобіль для міста. Він не токсичний, вогнебезпечний, малошумний, зручний у керуванні, його двигун має добру тяглову характеристику, він не потребує складних трансмісій та багатьох інших систем, характерних для сучасного автомобіля. Але є цілий ряд недоліків, які перешкоджають його швидкому розповсюдженню.

Головний з них – обмежений радіус пробігу (особливо для автомобілів із свинцево-кислотними акумуляторами), велика маса, малий термін служби джерела струму та висока вартість. Тому, головні зусилля вчених та конструкторів у галузі електрохімії в сучасних умовах спрямовані на удосконалення акумуляторних батарей та пошуки нових ефективних та дешевих джерел струму.

2. Інший із конструкторських напрямків полягає у створенні гібридних автомобілів, які споряджені тяговою акумуляторною батареєю та двигуном внутрішнього згорання переважно незначної потужності.

Розрізняють два основні режими роботи гібридних електромобілів.

Перший передбачає роботу двигуна внутрішнього згорання лише за межами міста.

Другий – роботу двигуна внутрішнього згорання у рівномірному оптимальному режимі, який забезпечує мінімальну токсичність відпрацьованих газів з метою підзарядки акумуляторної батареї.

У всіх випадках гібридний автомобіль складніший та дорожчий, ніж звичайний.

Великий інтерес представляє тип електромобілів, який працює від акумуляторів, які, в свою чергу, заряджаються від сонячних батарей.

3. Достатньо цікавими в екологічному відношенні є електромобілі на паливних елементах.

Принцип дії паливного елемента полягає в тому, що до нього надходить водень та кисень, які у процесі синтезу утворюють воду, генеруючи при цьому електричний струм.

Процес буде тривати доти, доки до елемента будуть надходити паливо (водень) та окиснювач (кисень).

Паливні елементи мають як суттєві якості (автономність та високий ККД), так і недоліки, а саме – значну масу та громіздкість силової установки.

4. Нині серйозною альтернативою автомобілям та автобусам на міських та приміських маршрутах є транспортні засоби на магнітній підвісі.

Основними екологічними перевагами вказаних засобів є відсутність забруднення повітря і їх практична безшумність.

Окрім високої швидкості, можна відмітити також їх плавність ходу (відсутність вібрації та поштовхів).

Недоліками такого транспорту вважають відносно високі енергетичні витрати (хоча вони і нижчі, ніж у автомобілів на повітряній подушці) і конструкційну складність, особливо системи магнітної підвіски.

Можливість застосування надпровідникових магнітів дозволяє суттєво знизити витрати енергії на підвіску.

Однак висока швидкість, не досяжна для всіх видів колісного транспорту, та потужна всепрохідність, дозволяють припускати, що саме цей вид транспорту стане достатньо поширеним у майбутньому.

Висновки.

На підставі проведеного аналізу розвитку альтернативних видів транспорту можливо зробити наступні висновки:

1. З метою суттєвого зменшення рівня забруднення атмосфери і споживання пального потрібно не зменшувати обсяги використання автомобільного транспорту, а створювати більш якісні види транспортних засобів.

2. Під час вибору більш оптимальних видів «екологічно-чистого» транспорту потрібно максимально враховувати як позитивні, так і негативні сторони кожного з них, економічні можливості конкретної країни та її законодавчу базу з питань охорони навколишнього природного середовища.

Список літератури: 1. *Артем'єв С.Р.* Основи екологічного забезпечення військ / С.Р. Артем'єв – Х.: ХІТВ, 2004. – 280 с. 2. *Айдаров И.П.* Военная экология: / [И.П. Айдаров, Б.Н. Алексеев, А.В. Бударягин и др.]; – М.: Изд-во «Русь – СВ», 2000. – 360 с. 3. *Цыганков А.П.* Химия окружающей среды / А.П. Цыганков. – М.: Химия, 1982. – 672 с. 4. *Пісня Л.А.* Аналіз основних методів оцінки екологічних характеристик та їх застосування для військових об'єктів Збройних Сил України / [Пісня Л.А., Сасько С.І., Орехов С.Л. та інші.] // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». – 2003. – № 27 – С. 88 – 92. 5. *Пісня Л.А.* Ієрархічні структури для визначення вагових коефіцієнтів факторів забруднювачів і коефіцієнтів пріоритетності територій забруднення в задачах екологічної експертизи / Л.А. Пісня // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». – 2003. – № 28. – С. 76 – 81. 6. *Саати Т.* Принятие решений. Метод анализа иєрархий / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с. 7. *Саати Т.* Аналитическое планирование. Организация систем. / Т. Саати, К. Кернс. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с. 8. Національна доповідь Президента України про стан навколишнього природного середовища, 2008.

Надійшла до редколегії 22.03.10