

А.П. Марченко, І.В. Парсаданов, О.П. Строков

ДВИГУНИ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ І НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

Вирішення енергетичних і екологічних проблем є одною із основних задачею сучасності. В даній публікації відзначена роль двигунів внутрішнього згорання, в першу чергу дизельних двигунів, в світовій енергетиці і конкретно в автомобільному транспорті, споживанні природних ресурсів, негативному впливі на навколишнє середовище і глобальному потеплінні. Наведені, напрямки подальшого підвищення ефективності дизельних двигунів і енергетичних установок автомобільного транспорту. Ці напрямки пов'язані із реалізацією існуючих резервів з підвищення ККД двигунів, удосконаленням конструкції, підвищенням технологічності, покращенням екологічних показників і використанням альтернативних видів палива, а також існуючими на часі у сучасній цивілізації проблемами використання потужних мобільних енергетичних установок на транспорті, будівництві, як окремо, то у сільському господарстві, а загалом при раціональному природокористуванні, у військових засобах тощо. Провідна роль ДВЗ як енергетичної установки для автотранспорту в майбутньому буде доповнена при розширенні застосування гібридних установок, що складається з дизельного двигуна, електрогенератора, приводних електродвигунів, накопичувача електроенергії, систем мікропроцесорного керування та оптимального регулювання. Сьогодні гібридні установки на базі ДВЗ мають зростаюче використання на пасажирському транспорті для міських і міжміських перевезень, є незамінними в окремих технологіях сільгоспвиробництва, військової техніки, встановлюватися на особистий транспорт. При цьому, для гібридних силових установок з ДВЗ концепція удосконалення таких установок трансформується у бік забезпечення підвищення експлуатаційного ККД, економічної та екологічної ефективності на усіх експлуатаційних режимах роботи при забезпеченні високого рівня форсування самих ДВЗ, відповідної надійності і ресурсу в експлуатації.

Ключові слова: *навколишнє середовище; парниковий газ; автомобільний транспорт; перспективні енергетичні установки.*

Вступ

Розвиток цивілізації землян незмінно пов'язаний із зростанням споживання різних видів енергії. При цьому, вироблення і споживання енергії за останні 50 років при збільшенні чисельності населення на Землі у два рази, за підсумком втричі перевищило сумарні рівні енергетичного виробництва за два попередні століття [1]. Зростання потреб людства в енергії безпосередньо позначається на погіршенні еколого-кліматичної ситуації на планеті. Тому на рівні цивілізації землян та окремих країн актуальними стали питання ефективності вироблення і споживання різних видів енергії. У зв'язку з цим значна увага приділяється двигунам внутрішнього згорання, як таким що сьогодні є основними постачальниками механічної енергії для потреб людства.

Високі мобільність та економічність, надійність та ресурс, зручність в експлуатації та широкий діапазон можливих рівнів потужності в одному агрегаті від одиниць Ват приблизно до 75 МВт – усі ці та інші характерні ознаки надали двигунам внутрішнього згорання (ДВЗ) лідерство в забезпеченні цивілізації землян механічною енергією.

Можна стверджувати про те, що сьогодні ДВЗ є незамінними за цілою низкою напрямів (галузей) економіки усіх країн світу, безумовно, крім тих окремих територій нашої планети, де збереглися осередки з відсутніми ознаками сучасної цивілізації. Наприклад, сьогодні людство втратило можли-

вості і технології виробництва та транспортування більшості видів сільськогосподарської продукції без використання ДВЗ.

Найбільш широке застосування ДВЗ отримали на автомобільному транспорті, який за обсягом перевезень перевершує залізничний, морський і авіаційний транспорт. Нині на частку автомобільного транспорту, який включає вантажні, легкові, спеціальні автомобілі та автобуси припадає понад 80 % перевезень у світі. При цьому більшість вантажних перевезень, як і автобусних, здійснюється при використанні надійних дизельних двигунів, що серед усіх теплових двигунів ще тримають і першість за показниками економічності.

ДВЗ є основою силових установок будівельних машин для промислового, дорожнього будівництва, у сучасному будівництві міст і сіл, технологіях раціонального природокористування тощо.

Сьогодні уся важка військова техніка, військова техніка високої мобільності створюються та використовуються із силовими установками з ДВЗ і частіше всього з дизельними двигунами. Мобільність, надійність, стійкість до завад природного і штучного походження, а також висока стартова готовність пожежної техніки, карет швидкої допомоги, іншої спеціальної техніки значною мірою забезпечується силовими установками з ДВЗ. Усе це значно актуалізується на територіях охоплених війною. Крім того, необхідно відзначити зростаючі за кількістю і потужністю катастрофічні природні

явища, серед яких усе частіше бачимо цунамі, пожежі, повені, торнадо та інше. Війна і природні катастрофічні явища руйнують інфраструктуру, системи електричного живлення, в багатьох випадках на окремих територіях системи електричного живлення знеструмлюються не тільки на декілька діб, а і на тижні і місяці. Усе це суттєво зменшує, а у багатьох випадках і унеможливує використання силових установок з електричним живленням в таких критичних ситуаціях. В першу чергу це стосується спеціальних машин державних служб з надзвичайних ситуацій, пожежних машин, карет скорої допомоги, техніки відновлення доріг, будівель тощо. Таким чином, сьогодні наша дійсність актуалізує до визначального рівня необхідність поліпшення ефективності і характеристик силових установок з ДВЗ, які в умовах війни або постійно зростаючої загрози впливу на людство природних катастрофічних явищ стали важливим інструментом оперативного забезпечення виконання місії щодо спасіння людей, відновлення та розвитку інфраструктурних об'єктів.

*І абсолютно унікальний за значимістю щодо безпеки людства, а першу чергу для європейців, факт – це відключення 25 серпня 2022 року російськими військовими блоків Запорізької АЕС від енергетичної системи України. Відключення причинило блокування системи охолодження ядерних реакторів. Але до живлення цієї системи автоматика підключила резервні дизель-генератори і, як наслідок, катастрофи, що перевищувала б в десяток разів Чорнобильську, на цей раз не відбулося.**

Таким чином, можна стверджувати про те, що двигуни внутрішнього згорання займають важливе місце в життєдіяльності людства, в його обороні і безпеці. Виходячи з цього найважливішою актуальною проблемою стосовно сьогодні і майбутнього є подальше удосконалення ДВЗ шляхом поліпшення техніко-економічних та екологічних показників.

Метою даної роботи є узагальнення даних щодо впливу двигунів внутрішнього згорання на стан навколишнього середовища і процеси глобального потепління у порівнянні з іншими джерелами енергії цивілізаційного рівня та оцінка можливостей зменшення такого впливу шляхом підвищення ефективності ДВЗ, а саме підвищення рівня їх енергетичних, економічних та екологічних показників.

Проблеми теплового забруднення навколишнього середовища. Традиційні джерела енергії

Дослідження і наша дійсність показують те, що в системних негативного характеру змінах клімату провідна роль належить тепловому забрудненню навколишнього середовища, яке, з одного боку, пов'язано з природними явищами, а з іншого – з розвитком нашої цивілізації, що супроводжується зростаючими питомими і загальними потребами споживання енергії людством для забезпечення свого розвитку. Ще в другій половині ХХ століття академік І. Шкловський в своїй монографії «Вселенная. Жизнь. Разум», яка перевидавалася, доводив і підкреслював те, що життя на планеті Земля під найбільшою загрозою знищення від теплового забруднення навколишнього середовища.

Так сталося, що теплове забруднення навколишнього середовища частіше розглядають через вплив парникових газів. Щодо безпосередньо забруднення навколишнього середовища шкідливими викидами при виробництві енергії, то в такій постановці, на наш погляд, проблема розглядається значно ріже.

Необхідно відзначити ще і те, що природні явища мають визначальну роль в процесах теплового забруднення. Але підсилення або ослаблення впливу природних явищ в сконцентрованих людством технологіях на окремих територіях з розвитком цивілізації стає надзвичайно вразливим і визначальним для клімату Землі.

Одним із факторів теплового забруднення в сучасній системі джерел енергії людства є ДВЗ. Тому оцінка фактору теплового забруднення, що спричинене ДВЗ по відношенню до основних джерел енергії є актуальною. Розглянемо це питання стосовно технологій перетворення енергії на атомних електричних станціях, теплових електричних станціях та двигунах внутрішнього згорання.

Як і інші джерела енергії, ДВЗ мають негативний вплив на навколишнє середовище з однією лише відмінністю до традиційних джерел енергії, а саме стосовно співвідношення отриманої енергії по відношенню до витраченої, яке можна визначити середніми значеннями коефіцієнту корисної дії (ККД). Так для отримання одиниці енергії, наприклад, на АЕС необхідно витратити 3,3 одиниці енергії палива – ККД АЕС в середньому дорівнює 30%. Для ТЕС необхідно витратити 2,86 одиниць енергії, що близько до середнього ККД 35%, як і у

**Цей абзац був доданий до тексту публікації 26 серпня 2022 року, як важливий приклад, що стосується проблеми, яка досліджується в публікації.*

сучасних бензинових двигунів. При цьому такий рівень ККД відповідає дизельним двигунам застарілої конструкції. Сучасні дизельні двигуни мають ККД на рівні від 40% до 50%. А це значить, що для вироблення одиниці енергії сучасного дизельного двигуна необхідно витратити від 2,5 до 2,0 одиниць енергії палива. Означене обумовлено більш високими значеннями ККД двигунів внутрішнього згорання дизельного типу.

Таким чином, при виробництві електричної енергії на АЕС 70 % енергії скидається до навколишнього середовища, а тільки 30% перетворюється в електричну, яку ще з відповідними втратами треба передати до споживача. Стосовно ТЕС, то 65 % енергії скидається до навколишнього середовища, а 35% – це одержана електрична енергія. При виробництві механічної енергії ДВЗ маємо 65% – 50 % втрат енергії до навколишнього середовища і 35% – 50% отриманої механічної енергії.

І науковцям, і урядовцям необхідно, на наш погляд, розуміння того, що АЕС, ТЕС, ДВЗ – це технології і засоби перетворення енергії із одного виду до іншого виду енергії, який є актуальним для споживача. Що стосується навколишнього середовища, то його реакція налаштована виключно на загальні показники ефективності і загальні показники обсягів в цих технологіях перетворення енергії.

Означене дозволяє зробити висновок про те, що з точки зору прямого теплового забруднення навколишнього середовища в питомих одиницях перетворення енергії найкращі показники мають дизелі, далі гірші показники мають бензинові ДВЗ, потім ТЕС і АЕС.

Відновлювані джерела енергії

Автори статті є прихильниками того, що відновлювальні джерела енергії є стратегічним напрямом розвитку цивілізації щодо забезпечення усіма видами енергії: теплової, електричної, механічної тощо.

Розуміємо те, що АЕС, ТЕС, ДВЗ відповідно своїх технологій перетворюють первинні джерела енергії, які є фактично «сконденсованою енергією» Сонця за мільйони років. При цьому, ця «сконденсована енергія» вивільняється до навколишнього середовища за стислий термін часу. Безумовно, це утворює в негативному плані порушення теплового балансу Землі, збільшуючи середню температуру планети, наслідком чого є природні катаклізми.

Відновлювальні джерела енергії, на відміну від традиційних, працюють на «сконденсованій енергії» Сонця, яка утворилася за короткий термін часу. Наприклад, метиловий ефір ріпаку у якості палива дизельного двигуна має цикл близько року для вироблення і споживання ДВЗ [2]. І тому подібні технології та цикли є найбільш сприятливими з

точки зору теплового забруднення планети, вони не спричиняють порушення теплового балансу нашої планети.

Що стосується відновлюваних джерел енергії, наприклад, таких як вітрові та сонячні станції, то загально відомим фактом є те, що виробництво енергії такими джерелами є дорожчим, ніж, наприклад, АЕС і ТЕС. Тому, головним чином в розвинутих країнах, впровадження таких станцій супроводжується системною державною підтримкою, що дозволяє розширювати використання таких джерел енергії. Разом із тим, більша вартість електричної енергії – кінцевого продукту роботи вітрових і сонячних станцій, великі терміни окупності показують те, що для виготовлення цих альтернативних джерел витрачаються значні обсяги енергії по відношенню до тих, які вони генерують. Вирішення цих актуальних наукових та науково-технічних проблем є надзвичайно важливою задачею сучасної науки.

ДВЗ і утворення парникового газу CO₂

Стан і розвиток економіки України та інших країн світу значною мірою забезпечується функціонуванням мобільних енергетичних установок на базі ДВЗ, які є основними споживачами вуглеводневих нафтових палив. При цьому необхідно підкреслити те, що нафтові палива приблизно на 85 % по масі складаються із вуглецю, а решта разом із малою кількістю домішок приходить на водень. Тому, як відомо, при роботі ДВЗ утворюється парниковий газ CO₂ і відводиться з відпрацьованими газами до навколишнього середовища.

Сьогодні людство постало перед глобальною проблемою безпеки людини і суспільства, що викликана негативними кліматичними змінами, які є наслідком природних явищ та зростаючим антропогенним тиском. За висновками експертів, негативний антропогенний тиск значною мірою є наслідком використання в економіці вуглецевих палив, що спричиняють викиди до навколишнього середовища парникового газу CO₂. Цей газ визнано значущим фактором негативного підвищення атмосферної середньої температури на планеті. Тому в останні роки на законодавчому рівні провідними країнами світу розроблені та затверджені стратегії та програми переходу сучасних вуглецевих економік на економіки водневі.

Так, у 2020 році ЄС затверджена «Воднева стратегія для кліматично нейтральної Європи» [3], США «Водневий програмний план» [4], у 2019 році урядом Японії затверджена стратегічна карта для водню, для створення замість вуглецевого суспільства водневого [5].

Особливо важливим є залучення України до «Європейського зеленого курсу», на що наголоше-

но у спільній заяві за результатами 7-го засідання Ради асоціації «Україна – ЄС» у 2019 році [6].

В усіх означених вище стратегіях і програмах разом із вирішенням інших проблем наголошується на необхідності переходу ДВЗ від традиційних вуглецевих палив на палива водневі. При цьому наголошується, наприклад, що європейська транспортна система повинна стати більш стійкою, ресурсоефективною, кліматичною та екологічно безпечною і функціонувати на благо громадян, економіки та суспільства.

Необхідно відзначити те, що відомі приклади використання водню у якості палив ДВЗ. За цим напрямом наукові дослідження з різним ступенем інтенсивності ведуться ученими Харкова більше ніж 50 років. Разом з тим, сьогодні на часі нові завдання щодо вирішення наукових та науково-технічних проблем використання «зеленого водню» в якості палив силових установок з ДВЗ, створення нових палив з більшою часткою водню і меншою часткою вуглецю. Безумовно, означений напрям досліджень і розробок, разом із підвищенням ефективності перетворення енергії палива в механічну енергію (підвищенням ККД) є головною стратегічною задачею для зменшення генерування CO₂ силовими установками з ДВЗ. Ця стратегічна задача повною має абсолютну кореляцію із стратегіями і програмами міжнародної наукової спільноти.

Вплив ДВЗ на «парниковий ефект» і, відповідно, на глобальне потеплення клімату в цей час досить широко обговорюються і тому потребує окремого детального розгляду. В даній роботі відмітимо лише той факт, що зростання усереднених річних рівнів збільшення викидів CO₂ за рахунок ВГ автомобільного транспорту до відповідного середньорічного показника накопичення оксиду вуглецю в навколишньому середовищі складає близько 23% по відношенню до сумарних рівнів викидів CO₂ з продуктами спалювання палив, а по відношенню до річної сумарної (природно-техногенної) емісії CO₂ до 1% [7,8,9]. Безумовно, це не може бути підставою для заспокоєння. Необхідно і далі в рамках програм по декарбонізації енергетики, а за підсумком і всієї економіки зменшувати генерування CO₂ силовими установками з ДВЗ шляхом більш широкого провадження використання водню і технологій, що з ним пов'язані. Але головний висновок полягає в тому, що не ДВЗ є головним генератором CO₂ у земному навколишньому середовищі.

Вплив ДВЗ автомобільного транспорту на забруднення навколишнє середовище та глобальне потепління клімату

Вплив автомобільного транспорту (включаючи

автомобілі із дизельними, бензиновими, гібридними двигунами та електромобілі) на навколишнє середовище при його створенні, експлуатації і забезпеченні енергоносіями пов'язаний із забрудненням атмосферного повітря, водних об'єктів і земель, споживанням повітря та виділенням теплоти в атмосферу. Певний внесок у порушення екологічної рівноваги та руйнівальну дію безпосередньо на організм людини при роботі двигунів вносять шум та вібрація.

Підвищені локальні концентрації токсичних речовин, які пов'язані із експлуатацією автомобільного транспорту, спостерігаються у великих містах, місцях інтенсивного руху цього транспорту, а також у зонах переробки палив нафтового походження і експлуатації теплових електричних станцій (якщо мова йде про електромобілі). Ці токсичні речовини крім негативного впливу на організм людини та навколишнє середовище, забруднюють повітря, воду, ґрунт, споруди.

Екологічні показники дизельних двигунів автомобільного транспорту (так само як і їх економічні та енергетичні показники) в значній мірі знаходяться в безпосередній залежності від організації процесів сумішоутворення та згоряння. Тому заходи, спрямовані на покращення паливної економічності та підвищення літрової потужності двигунів, відповідним чином змінюють вміст токсичних компонентів відпрацьованих газів (ВГ). В свою чергу, оптимізація сумішоутворення та згоряння палива забезпечується при комплексному підході, обґрунтуванням та практичною реалізацією поєднаних, інколи, компромісних заходів [10].

Шкідливі речовини, що створюються при згорянні палива в ДВЗ класифікуються як *продукти неповного згоряння палива* – оксид вуглецю (CO), *вуглеводні* (C_{n,m}); *оксиди азоту* (NO_x), що утворилися внаслідок реакцій окиснення азоту з атмосферним повітрям, а також *сажові частинки, оксиди сірки, з'єднання свинцю, золи, інші частинки*, утворення яких пов'язано із складом палива, попаданням мастила та частинок зношування деталей двигуна у циліндр двигуна.

Перелічені речовини надають негативний вплив на людину та навколишнє середовище за безпосередньої взаємодії з ними. Проте є й інший шлях – непрямого негативного впливу шкідливих викидів, як то утворення фотохімічного «смогу» і «парникового ефекту» [1, 11].

Фотохімічний «смог» створюється в результаті вторинного забруднення повітря при розкладанні забруднюючих речовин, у тому числі оксиду вуглецю та оксидів азоту, що викидаються в атмосферу з ВГ ДВЗ. Зменшення забруднення повітря фотохімічним смогом забезпечується впровадженням і удосконаленням систем нейтралізації і, як вже

було визначено, підвищенням якості (керуванням процесами) сумішоутворення і згоряння.

Особливістю «парникового ефекту» є те, що в його утворенні основну роль (поряд з кисневмісними вуглеводнями, метаном і твердими частинками) грає діоксид вуглецю (CO_2) – продукт повного згоряння вуглеводневих палив, речовина, яка не є токсичною для організму людини.

Наведені вище дані дають підставу стверджувати, що автомобільний транспорт на сучасному етапі за рівнями викидів в навколишнє середовище з точки зору ступеня накопичення CO_2 атмосфері і відповідного потепління клімату, не є значущим. Але, зростаючі потреби людства в енергії, інтенсивний розвиток автомобільного транспорту, галузі переробки нафтових палив і теплових електричних станцій (як і інших галузей промисловості) надають негативний вплив на природні масиви, забруднюють води світового океану, ґрунт, спори і це необхідно враховувати та уживати відповідні заходи.

Парадоксальним є те, що в останні роки в деяких країнах до таких заходів пропонується заборона та обмеження застосування автомобільного транспорту, в першу чергу з дизельними двигунами [12, 13]. А головні доводи ініціаторів прийняття таких заходів, пов'язані з необхідністю зниження CO_2 , і тим самим зменшення загрози глобального потеплення на планеті, а також зниження забруднення навколишнього середовища токсичними викидами в мегаполісах. На нашу думку все ж ініціатори впровадження таких заходів не відносяться до наукової спільноти, а є представниками комерційних колів або преси, так як їх оцінка, ролі ДВЗ, в тому числі дизельних двигунів, в енергетичному балансі автотранспорту, в забрудненні навколишнього середовища, можливостей удосконалення самих двигунів, і підвищення якості палива та технологій його виробництва, одностороння та поверхова.

Підтвердженням цієї думки може бути не тільки погляд на дану проблему авторів даної роботи, а й провідних науковців фахівців, включаючи і ті країни, в яких пропонується реалізувати стратегію суттєвого зниження частки енергії, що виробляється ДВЗ в енергетичному потенціалі автомобільного транспорту [14-20].

Окремо відзначимо той факт, що виробництво і використання ДВЗ сприяє енергетичній безпеці для кожної країни, а широке розповсюдження цих двигунів, особливо дизельних, одержано завдяки забезпеченням найбільш високих енергетичних і економічних показників серед теплових двигунів.

Напрямки подальшого підвищення ефективності дизельних двигунів

Подальший розвиток цивілізації та зростання

чисельності населення на планеті потребують прискорений розвиток економіки, який забезпечується зростанням енергетичних потреб людства, переходу до більш високого рівня технологічних укладів, значних інновацій на транспорті тощо. Значна роль в цих процесах, в першу чергу по забезпеченню механічною енергією, належить ДВЗ. Тому подальше удосконалення ДВЗ усіх типів, впровадження нових ефективних рішень з підвищення їх економічних, енергетичних та екологічних показників, на думку авторів, буде і повинно залишатися пріоритетним напрямком наукових досліджень.

Про те, слід відзначити, що кожний із типів ДВЗ має свої особливості, свою «дорожню карту» щодо удосконалення. Для розгляду питання подальшого підвищення ефективності в цій публікації автори вибрали дизельні двигуни, керуючись тим, що саме ці ДВЗ сьогодні мають найвищий рівень ефективності, або іншими словами – найменші питомі витрати палива на одиницю механічної роботи, а це однозначно менший питомий рівень теплового забруднення та менший питомий рівень генерування парникового газу CO_2 .

Разом з тим, для теорії і практики двигунобудування постає питання щодо потенціальних можливостей підвищення ефективності дизельних двигунів.

Традиційно до теоретичних критеріїв, що оцінюють рівень ефективності двигунів внутрішнього згоряння: дизельних, бензинових, і газових – приймають *термічний ККД*. Цей ККД визначають за формулами:

– для ДВЗ із підведенням теплоти при $V = \text{const}$ (бензинові двигуни)

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}; \quad (1)$$

– для ДВЗ зі змішаним підводом теплоти при $V = \text{const}$ та $p = \text{const}$ (дизельні двигуни)

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \cdot \frac{(\lambda \rho^k - 1)}{(\lambda - 1) + k\lambda(\rho - 1)}, \quad (2)$$

де η_t – термічний ККД; ε – ступінь стиску робочого тіла в циліндрі ДВЗ; k – коефіцієнт адиабати; λ – ступінь підвищення тиску при згорянні; ρ – ступінь збільшення об'єму при згорянні.

Для сучасних дизельних двигунів термічний ККД є вищим, ніж у бензинових і газових ДВЗ і дорівнює в середньому 60% – 70%. Головним фактором, що впливає на рівень термічного ККД – більш високі значення ступеню стиску робочого тіла в циліндрі дизеля. Означене доводить і практика. Так переваги дизельних двигунів визначаються можливістю його роботи при високих ступенях стиснення та забезпеченням якісного регулювання потужності при високому коефіцієнті надлишку повітря. Це сприяє повному та швидкому

підводу до робочого тіла в циліндрі ДВЗ енергії згоряння палива та підвищенню ефективності роботи при розширенні цього робочого тіла в циліндрі.

На підставі результатів експериментальних або розрахункових досліджень визначають індикаторний та ефективний ККД, різницю між ними і термічним ККД називають резервами підвищення ефективності ДВЗ, що досліджується. Потім стандартно формують перелік слухних і дієвих інновацій щодо підвищення ефективності ДВЗ, серед яких, наприклад, впровадження новітніх технічних рішень з удосконалення робочого процесу та систем теплозбереження, удосконалення конструкції за рахунок підвищення ефективності систем повітропостачання і паливоподачі, впровадження ефективних технологій виготовлення і зборки, застосування електроніки, покращення екологічних показників вдосконалення систем очищення ВГ, застосуванням рециркуляції відпрацьованих газів, технологій покриття поверхні камери згоряння (КЗ) шаром каталізатора, покращенням характеристик нафтового палива та застосуванням альтернативних палив тощо.

Аналіз формул (1) і (2) дозволяє зробити висновки про те, що запропоновані заходи підвищення ефективності дуже важко зв'язати з параметрами цих формул. Тому в дослідженнях підвищення ефективності і використовують порівняння визначених експериментально, або за допомогою відповідних розрахункових моделей робочого процесу ДВЗ значення ефективного та індикаторного ККД у порівнянні з термічним ККД.

Разом із тим, на наш погляд, в таких дослідженнях доцільно використовувати енергоексергетичний метод, що був розроблений на кафедрі ДВЗ НТУ «ХП». Відповідно до цього методу визначення резервів підвищення ефективності ДВЗ полягає в наступному.

Теплота, що підводиться до робочого тіла в циліндрі умовно поділяється на дві частки: ексергію і анергію

$$Q = E_Q + A_Q, \quad (3)$$

де E_Q – ексергія теплоти Q ; A_Q – анергія теплоти Q .

Ексергія визначається як максимально можлива робота, що може бути отримана в оборотному (ідеальному) робочому процесі/циклі при переході робочого тіла із стану після підведення теплоти Q до стану рівноваги з навколишнім середовищем по усім параметрам. Для ідеального циклу Карно ексергія підведеної теплоти і дорівнює роботі циклу Карно. Для реальних ДВЗ значення E_Q складає 75% - 85% від підведеної теплоти Q .

Анергія – це та частка теплоти, яка не може здійснити роботу.

В реальному ДВЗ ексергія підведеної до робо-

чого тіла теплоти витрачається на здійснення самої роботи плюс внутрішні і зовнішні втрати ексергії, методологія визначення яких відпрацьована [21]. Тоді

$$L_e = E_Q - \sum D_i - \sum E_j \quad (4),$$

де E_j – зовнішні втрати ексергії; D_i – внутрішні втрати ексергії (дисипація енергії).

Таким чином, загальні резерви підвищення ефективності, що визначені в одиницях роботи (потужності) дорівнюють різниці між підведеною ексергією E_Q і ефективною роботою ДВЗ, що досліджується. Внутрішні і зовнішні втрати ексергії вказують на конкретні процеси і вузли ДВЗ, які зменшують ефективність роботи ДВЗ і показують ступінь зменшення цієї ефективності. Такий аналіз дає розуміння які процеси і вузли ДВЗ першочергово потребують удосконалення, а іншими словами, свідомо на основі відповідних наукових обґрунтувань вирішувати поточні і стратегічні задачі удосконалення двигунів внутрішнього згоряння.

Покращення екологічних показників.

Практично всі заходи, що спрямовані на удосконалення процесу згоряння і, відповідно, термічного та ефективного ККД двигунів забезпечують зниження шкідливих викидів із відпрацьованими газами.

До перспективних напрямків покращення екологічних показників дизельних двигунів можна віднести розробку технології покриття поверхні КЗ двигуна шаром каталізатора. Відомо, що невеликим каталітичних покриттів на основі благородних металів, є їх висока вартість. Саме тому постійно проводяться пошуки матеріалів, що будуть схожими за їх властивостями і забезпечувати аналогічний ефект. В якості таких матеріалів знаходять застосування оксиди перехідних металів (Fe, Co, Mn тощо).

Дослідження, що виконані в НТУ «ХП» [22] дозволили визначити ефективність впровадження каталітичного покриття на основі оксиду кобальту, що забезпечило зниження викидів оксидів азоту на 10 %. Поряд з цим позитивним ефектом, варто відзначити, що відбувається зниження і витрати палива. Встановлено, що для підвищення каталітичного впливу на кінетику згоряння в дизелях з безпосереднім впорскуванням палива з метою додаткового утворення активних частинок, зниження енергії активації палива, прискорення ланцюгових реакцій, а також зменшення неоднорідності горіння у пристінкових зонах, доцільно збільшувати площу поверхні КЗ в поршні. Це дозволяє підвищити повноту згоряння, скоротити фази підготовки палива до згоряння та дифузійного згоряння, знизити максимальну температуру згоряння, що в сукупності сприяє підвищенню паливної економічності та зменшує утворення продуктів неповного згоряння

палива – оксидів вуглецю, вуглеводнів, твердих частинок а також оксидів азоту (NO_x) та димність відпрацьованих газів.

Безумовно, суттєвий вплив на зниження токсичних викидів із ВГ надає каталітичний нейтралізатор, що встановлюється у випускній системі двигуна. Необхідно відмітити, що сучасні комплексні системи очищення викидають в атмосферу газу, в яких токсичних речовин менш ніж в атмосферному повітрі мегаполісів [23, 24].

Впровадження систем рециркуляції відпрацьованих газів (EGR) забезпечує зниження вмісту оксидів азоту в відпрацьованих газах на експлуатаційних режимах транспортних двигунів. Для зниження димності відпрацьованих газів та викиду твердих частинок в дизельних двигунах застосовують сажеві фільтри сажі, в тому числі із системою SCR.

Додатковий резерв підвищення екологічних показників дизельних двигунів пов'язаний із **застосуванням альтернативних палив**.

Застосування альтернативних палив є найважливішим напрямком розвитку двигунобудування. На цей час накоплений значний досвід з використання в автотранспортних дизельних двигунах альтернативних та гібридних палив, в тому числі до складу яких входить зелений водень. Аналізуючи дані практичного впровадження в експлуатацію альтернативних палив з урахуванням повного їх життєвого циклу, що включає економічні та екологічні витрати при видобуванні і переробці, вартість, доступність, безпеку використання, впливу продуктів згоряння на довкілля, до альтернативних палив, які знайшли застосування в дизельних двигунах, слід віднести природний газ, рослинні олії та їх суміші, одержувані з біологічної сировини та водопаливні емульсії.

Оцінку ефективності використання альтернативних палив в автотранспортних дизелях з урахуванням витрати цього палива та впливом на навколишнє середовище ВГ доцільно проводити з використанням паливно-екологічного критерію [10], методика визначення якого включає оцінку викидів вуглекислого газу (CO_2).

Результати проведених досліджень і результати практичного використання альтернативних палив показують наступне.

Найбільш широко використовуються в автотранспорті **природний газ**. Переваги застосування природного газу на автотранспорті пов'язані з економічною ефективністю його використання, на яку впливають висока калорійність, антидетонаційні властивості, однорідність складу, відсутність в газі шкідливих домішок, розвідані світові запаси газу, Важливим позитивним ефектом використання природного газу в якості палива для двигунів є низькі

викиди шкідливих речовин з ВГ.

Розширення ресурсів дизельного палива можна забезпечити його отриманням палив з **рослинних олій** (соевої, ріпакової, соняшникової). Застосування в якості палив рослинних олій у порівнянні з дизельним паливом дозволяє знижуватись викиди вуглеводнів, оксиду вуглецю, димність ВГ, але дещо збільшує викиди оксидів азоту [10]. Найбільш раціонально використовувати рослинні олії як паливо для автотранспорту та енергоустановок, що працюють у сільському господарстві.

Водопаливні емульсії знаходять широке застосування на судновому транспорті, а також, з урахуванням того, що використання цього палива не потребує значних змін у конструкції дизельних двигунів, у автомобільному та залізничному транспорті. Основні позитивні результати при використанні водопаливних емульсій складаються із зниження витрати дизельного палива, палива зменшення викиду оксидів азоту і димності ВГ.

Вище було відзначено те, що в останні роки урядами країн та багатьма вченими висувається концепція водневої енергетики, яка обґрунтовує доцільність масового переходу від традиційних вуглеводневих енергоносіїв до **універсального водню**.

З точки зору енергоємності, а також викиду шкідливих речовин з відпрацьованими газами водень є найбільш ефективним з усіх палив [1]. Проте застосуванню водню, як палива для ДВЗ, перешкоджає проблема його зберігання на борту транспортного засобу та забезпечення запасу ходу. Невирішеним технічним завданням залишається отримання водню в промислових масштабах за досить малих витрат і без використання нафти як вихідної сировини. Перспективним є і перехід на дизелів на газодизельний цикл роботи, як такий, що зменшує сумарне забруднення парниковим газом CO_2 через зменшення долі вуглецю в паливі двигуна.

Тому з урахуванням оптимізації підвищення ефективності використання як нафтового, так і альтернативних палив, а відповідно, технології їх виробництва та згоряння, повинна бути поставлена та реалізована задача створення та впровадження нових більш безпечних для навколишнього середовища видів палив з відновлюваних джерел енергії, а також із використанням зеленого водню.

Перспективні енергетичні установки для автотранспорту

В даний час разом із традиційними енергетичними установками з двигунами внутрішнього згоряння, акумуляторними електричними установками, які одержали відносно поширено використання у легкових автомобілях, ведуться інтенсивні розробки із створення гібридних енергетичних устано-

вок.

Переваги *автотранспортних установок з дизельними двигунами*, а також напрямки підвищення їх енергетичної, економічної і екологічної ефективності розглянуто в даній роботі. Проте із урахуванням різноманітних умов (моделей) експлуатації, відповідних економічних показників (сумарних витрат палива) і екологічних показників (вплив на людину, навколишнє середовище та глобальне потепління), найбільш привабливим є використання дизельних двигунів для *вантажних автомобілів*, які здійснюють багатовантажні дальні перевезення, а також *пасажирських автобусів* дальнього прямування, працюючих в самих різноманітних природних умовах, на режимах, що забезпечують найбільший рівень ККД і експлуатуються переважно за межами мегаполісів. Тобто ці автомобілі, виробляють головну частину енергії, яка припадає на автотранспорт, та забезпечують при цьому найбільшу питому економічну і екологічну ефективність при виробітці цієї енергії.

Дизельні двигуни також залишаються, з урахуванням необхідної надійності роботи трансмісії, на більшості спеціального автотранспорту, автотранспорті та іншої техніки, що експлуатується в сільському господарстві.

Враховуючи особливості створення і умови експлуатації, *акумуляторні електричні агрегати* на нашу думку можуть в перспективі розглядатися як пасажирський транспорт невеликої місткості для доцільного застосування у великих містах та спеціальних зелених зонах. З урахуванням негативного впливу на навколишнє середовища джерел отримання електричної енергії, засобів передачі електричної енергії на відстань, токсичних викидів при виробництві акумуляторних батарей (не кажучи вже про їх утилізацію), проблеми їх роботи при зниженій температури навколишнього середовища та, електромобілі не тільки не мають переваг перед автомобілями з дизельними двигунами, а із урахуванням оцінки повного життєвого циклу значно поступаються їм [19, 20]. До того ж суттєвим недоліком електричних агрегатів треба вважати і витрати часу на заряджання акумуляторів,

Провідна роль ДВЗ як енергетичної установки для автотранспорту може бути доповнена розширенням застосуванням *гібридних установок*. Під гібридною або комбінованою силовою енергоустановкою (КЕУ) мають на увазі комплексну силову установку, що складається з ДВЗ, електрогенератора, приводних електродвигунів, накопичувача електроенергії (акумулятора) та системи мікропроцесорного керування та оптимального регулювання.

Двигун внутрішнього згоряння в складі гібридних установок є найважливішим енергетичним елементом, що працюватиме на оптимальних для

нього режимах. Зміна функцій в роботі двигуна, буде вимагати внесення змін в системи керування його роботою, організацію робочого процесу і конструкцію, що надає можливості щодо суттєвого підвищення експлуатаційного ККД, зменшення витрати палива і шкідливих викидів із ВГ, спростити його конструкцію. У зв'язку з цим зміниться концепція вдосконалення дизельних двигунів у бік економічної роботи з низьким рівнем викидів шкідливих речовин на режимах високого рівня форсування та максимальної адаптації до трансмісії гібридних установок.

Тому гібридні установки можна розглядати як найбільш ефективний напрямок модернізації автомобільного автотранспорту, а разом з ним і двигунів внутрішнього згоряння.

Гібридні установки повинні стати основною енергетичною установкою для пасажирського транспорту мегаполісів, міст і селищ, будуть застосовуватися для міських і міжміських перевезень, встановлюватися на особистий транспорт. Проте широке застосування гібридних установок можливе лише за умови надійної і ефективної роботи трансмісії та забезпечення необхідного запасу ходу і безпеки

Висновки

В публікації показано, що двигуни внутрішнього згоряння у порівнянні з іншими традиційними та найбільш розповсюдженими джерелами енергій в загальному обсязі мають найменший негативний вплив на навколишнє середовище і не створюють критичний рівень негативного впливу. Цей висновок стосується як загального теплового забруднення навколишнього середовища, так і утворення парникового газу CO₂. Тому вирішення проблем негативного впливу розвитку цивілізації на навколишнє середовище потребує комплексного підходу і не може бути реалізовано виключно за рахунок двигунів внутрішнього згоряння.

При цьому, завдяки більш високим значенням ККД у порівнянні з іншими типами ДВЗ та традиційними джерелами енергії, найменший негативний вплив на навколишнє середовище мають дизельні двигуни. Показано, що подальше удосконалення ДВЗ шляхом ефективного використання альтернативних палив, «зеленого водню», переходу на газо-дизельний цикл є перспективним напрямом зменшення негативного впливу ДВЗ на навколишнє середовище.

Доведено те, що дизельні двигуни є безальтернативними джерелами механічної енергії військових засобів, спеціальної техніки для проведення рятувальних операцій під час природних катаклізмів з повеннями, торнадо, що супроводжуються руйнацією електричних мереж в населених пунктах та за їх межами.

Порівняння різних джерел енергії стосовно впливу на навколишнє середовище, які найбільше використовується людством, вказує на упередженість висновків щодо лідерства ДВЗ стосовно негативного їх впливу на навколишнє середовище.

Узагальненням значення автотранспортних ДВЗ в споживанні природних ресурсів, негативно-му впливі на навколишнє середовище і глобальному потеплінні обґрунтовано основні напрямків розробок і досліджень, спрямованих на подальше вдосконалення дизельних двигунів, для підвищення рівня їх енергетичних, економічних та екологічних показників. До таких напрямків відносяться підвищення ККД, удосконалення конструкції і технології виготовлення, застосування електроніки, покращення екологічних показників, покращення характеристик нафтового палива та застосування альтернативних і водневих палив.

Провідна роль ДВЗ в енергетичних установках автотранспорту сьогодні і в майбутньому доповнена розширенням застосуванням установок гібридного типу, яка включає дизельний двигун, електрогенератор, тягові електродвигуни, накопичувачі енергії, системи мікропроцесорного керування та оптимального регулювання. Гібридні установки усе ширше використовуються на пасажирському транспорті, для міських і міжміських перевезень, встановлюватися на особистий транспорт.

При адаптації до трансмісій гібридних установок концепція вдосконалення усіх типів ДВЗ матиме стратегічний напрям забезпечення підвищення експлуатаційного ККД, економічної та екологічної ефективності на режимах високого рівня форсування при високій експлуатаційній надійності та спрощенні його конструкції.

Список літератури:

1. Глобальні енерго-еколого-кліматичні проблеми та невідкладність їх вирішення: підручник / П.М. Канило, А.М. Туренко, А.В. Грищенко, Н.В. Внукова. – Харків: ХНАДУ, 2020. – 388 с. 2. Zhen Fang (Editor), Biodiesel – Feedstocks, Production and Applications. – InTech – Open Access, 2013. – 487 p. 3. Communication from the Commission to the European Parliament, the council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe. European Commission. Brussels, 08.07.2020. – P. 23. 4. The U. S. Department of Energy. Hydrogen Program Plan, Washington, November, 2020. – P 51. 5. The Strategic Road Map for Hydrogen and Fuel Cells. Industry-academia-government action plan to realize a "Hydrogen Society". Hydrogen and Fuel Cell Strategy Council. Tokyo, March 12, 2019. - P 59. 6. Спільна заява за результатами 7-го засідання Ради асоціації між Україною та ЄС [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.kmu.gov.ua/news/spilna-zayava-za-rezultatami-7-go-zasidannya-radi-asociaciji-mizh-ukrayinoyu-ta-yes>. 7. Марченко А.П., Парсаданов І.В., Товажнянський Л.Л., Шеховцов А.Ф. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах, Т. 5 Екологізація ДВЗ – 2-е видання / За редакцією проф. А.П. Марченко. – Х. Видавничий центр НТУ "ХПІ", 2014. – 348 с. 8. Канило П.М. Тепловая энергетика, ДВС и

глобальное потепления климата / Канило П.М., Марченко А.П., И.В. Парсаданов // Двигатели внутреннего сгорания. – 2015. – №2. – С.57-69. 9. BP-statistical-review-of-world-energy-2018-full-report [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.bp.com/statistical-review>. – 2.09.2018. 10. Канило П.М. Глобальное потепление климата. Антропогенно-экологическая реальность: монография / П.М. Канило. – Харьков: ХНАДУ. – 2015. – 312 с. 11. Гориков В.В. Изменение глобального круговорота углерода: результаты анализа измерений отношений O_2/N_2 в атмосфере и парциального давления CO_2 у поверхности раздела океан-атмосфера / В.В. Гориков, А.М. Макарьева // Геохимия. – 2001. – № 5. – С. 526 – 535. 12. Forward – The Economist. Summary and Interpretation of the Schedule for the Prohibition of Sale of Internal Combustion Engine Vehicles by Countries and OEMs in 2018. – 2017. – Available at: <https://www.qianzhan.com/analyst/detail/220/171222-572ae796.html>. 13. The Death of the Internal Combustion Engine // The Economist. – 2017. – Available online: <https://www.economist.com/leaders/2017/08/12/the-death-of-the-internal-combustion-engine>. 14. Daisho Y. Developing Advanced Low-Emission and Fuel-Efficient Vehicle Technologies Eyeing 2020 and beyond. J. Automot // Energy Saf. – 2010. – № 1. – P. 6–13. 15. Japan Science and Technology Agency. Achieving Thermal Efficiency of over 50% in Passenger Car Engines. – 2019. – Available online: <https://www.jst.go.jp/EN/achievements/research/bt2019-04.html> (accessed on 9 May 2020). 16. Kalghatgi, G.T. The outlook for fuels for internal combustion engines / G.T. Kalghatgi // Int. J. Eng. Res. – 2014. – №15. – 383–398. 17. Fuquan Zhao. Challenges, Potential and Opportunities for Internal Combustion Engines in China / Fuquan Zhao, Kangda Chen, Han Hao, Zongwei Liu // Sustainability. – 2020. – 12(12). – 4955; <https://doi.org/10.3390/su12124955>. 18. José Ramón Serrano. Why the Development of Internal Combustion Engines Is Still Necessary to Fight against Global Climate Change from the Perspective of Transportation. / José Ramón Serrano, Ricardo Novella, and Pedro Piqueras // Appl. Sci. – 2019; <https://doi.org/10.3390/app9214597>. 19. Hawkins, T.R. Comparative environmental life cycle assessment of conventional and electric vehicles / Hawkins, T.R.; Singh, B.; Majeau-Bettez, G.; Stromman, A.H. // J. Ind. Ecol. – 2013. – №17. – P. 53–64. 20. Hao, H.; Cheng, X.; Liu, Z.; Zhao, F. Electric vehicles for greenhouse gas reduction in China: A cost-effectiveness analysis / Hao H., Cheng X., Liu Z., Zhao F. // Transp. Res. Part D Transp. Environ. – 2017. – 56. – P. 68–84. 21. Марченко А.П. Термодинамические основы повышения топливной экономичности транспортных дизелей за счет утилизации теплоты. Дис. ... докт. техн. наук: 05.05.03 / Марченко А.П. – Харьков, 1994. – 253 с. 22. Increasing the efficiency of intra-cylinder catalysis in diesel engines Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii / I. V. Parsadanov, N. D. Sakhnenko, M. V. Ved, I. V. Rykova, V. A. Khyzhniak, A. V. Karakurkchi, A. S. Gorokhivskiy // Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii – 2017. – No. 6. – pp. 75-81. 23. Kan H. Ambient air pollution, climate change, and population health in China / Kan H., Chen R., Tong S. // Environ. Int. – 2012. – №42. – C. 10–19. 24. Has the Government Got It Wrong on 'dirty Diesel' Cars? Tests Show Some BMW, Mercedes and Vauxhall Models Produce almost ZERO Harmful NOx Emissions. Available at: <https://www.thisismoney.co.uk/money/cars/article-6733271/Are-diesel-cars-really-dirty-Tests-reveal-models-produce-zero-NOx-emissions.html> (accessed on 26 September 2019)/

Bibliography (transliterated):

1. Kanilo, P.M., Turenko, A.M., Hrytsenko, A.V., Vnuкова N.V., (2020). Global energy-ecological-climatic problems and the urgency

- of their solution: textbook [Hlobalni enerho-ekoloho-klimatychni problemy ta nevidkladnist yikh vyrishennia: pidruchnyk], Kharkiv: KhNADU, 388 p. 2. Zhen Fang (Editor), (2013), Biodiesel – Feedstocks, Production and Applications, InTech, 487 p. 3. (2020) Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe. European Commission. Brussels, 08.07.2020, P 23. 4. (2020) The U. S. Department of Energy. Hydrogen Program Plan, Washington, November, P. 51. 5. (2019) The Strategic Road Map for Hydrogen and Fuel Cells. Industry-academia-government action plan to realize a “Hydrogen Society”. Hydrogen and Fuel Cell Strategy Council. Tokyo, March 12, 2019, P 59. 6. “Joint statement based on the results of the 7th meeting of the Association Council between Ukraine and the EU” [“Spilna zaiava za rezultatami 7-ho zasidannia Rady asotsiatsii mizh Ukrainoiu ta YeS”] Available at: <https://www.kmu.gov.ua/news/spilna-zayava-za-rezultatami-7-go-zasidannya-radi-asociatsii-mizh-ukrayinoyu-ta-yes>. 7. Marchenko, A.P., Parsadanov, I.V., Tovazh-nyanskiy, L.L., Shekhovtsov, A.F. (2014), *Internal Combustion Engines: A Series of Textbooks in 6 Volumes, Volume 5 Greening of Internal Combustion Engines – 2nd Edition* / Edited by Prof. A.P. Marchenko [Dvyhuny vnutrishnoho zghoriannia: Serii pidruchnykiv u 6 tomakh, T. 5 Ekolohizatsiia DVZ – 2-e vydannia / Za redaktsiieiu prof. A.P. Marchenko], Kh. Publishing center of NTU “KhPI”, 348 p. 8. Kanylo, P.M., Marchenko, A.P., Parsa-danov, I.V. (2015), “Thermal energy, internal combustion engines and global climate warming”. *Internal combustion engines* [“Teplovaia enerhetyka, DVS y hlobalnoe poteplyeniia klymata”. Dvyhately vnutrenneho shoranyia], No. 2, Pp. 57-69. 9. “BP-statistical-review-of-world-energy-2018-full-report”. Available at: <http://www.bp.com/statistik/calreview>. –2.09.2018. 10. Kanylo, P.M. (2015), *Global climate warming. Anthropogenic-ecological reality: monograph* [Hlobalnoe poteplyeniia kly-mata. Antropohemo-ekolohycheskaia realnost: monohrafiia] Kharkiv: KhNADU, 312 p. 11. Gorshkov, V.V. (2001), “Changes in the Global Carbon Cycle: Analysis of Atmospheric O₂/N₂ Ratios and CO₂ Partial Pressure at the Ocean-Atmosphere Interface” [“Yzmeneniye hlobalnoho kruhovorota uhleroda: rezultaty analiza yzmerenyi otnosheni O₂/N₂ v atmosfere y partysialnoho davleniia SO₂ u poverkhnosti razdela okean-atmosfera”], *Geochemistry*, No. 5, Pp. 526 – 535. 12. “Forward – The Economist. Summary and Interpretation of the Schedule for the Prohibition of Sale of Internal Combustion Engine Vehicles by Countries and OEMs in 2018”. Available at: <https://www.qianzhan.com/analyst/detail/220/171222-572ae796.html>. 13. “The Economist. The Death of the Internal Combustion Engine.” Available at: <https://www.economist.com/leaders/2017/08/12/the-death-of-the-internal-combustion-engine>. 14. Daisho, Y. (2010), “Developing Advanced Low-Emission and Fuel-Efficient Vehicle Technologies Eyeing 2020 and beyond. J. Automot, Energy Saf., No1, 6–13. 15. “Japan Science and Technology Agency. Achieving Thermal Efficiency of over 50% in Passenger Car Engines”, Available at: <https://www.jst.go.jp/EN/achievements/research/bt2019-04.html> (accessed on 9 May 2020). 16. Kalghatgi, G.T. (2014), “The outlook for fuels for internal combustion engines”, *Int. J. Eng. Res.*, 15, Pp.383–398. 17. Fuquan Zhao, Kangda Chen, Han Hao, Zongwei Liu. *Challenges (2020), Potential and Opportunities for Internal Combustion Engines in China. Sustainability*, 12(12), Pp. 4955; <https://doi.org/10.3390/su12124955>. 18. José Ramón Serrano. (2019), *Why the Development of Internal Combustion Engines Is Still Necessary to Fight against Global Climate Change from the Perspective of Transportation*, *Appl. Sci.* <https://doi.org/10.3390/app9214597>. 19. Hawkins, T.R.; Singh, B.; Majeau-Bettez, G.; Strømman, A.H. (2013), “Comparative environmental life cycle assessment of conventional and electric vehicles”, *J. Ind. Ecol.*, No 17, Pp.53–64. 20. Hao, H.; Cheng, X.; Liu, Z.; Zhao, F. (2017), “Electric vehicles for greenhouse gas reduction in China: A cost-effectiveness analysis”, *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, No 56, Pp.68–84. 21. Marchenko, A.P. (1994), *Thermodynamic bases for increasing the fuel efficiency of transport diesel engines due to heat recovery*. *Dis. doc. tech. Sciences* [Termodinamicheskie osnovi povisheniia toplivnoi ekonomichnosti transportnih dizelei za schet utilizatsii toploti. Dis. dokt. tehn. nauk], -Kharkov, 253 p. 22. Parsadanov, I. V., Sakhnenko, N. D., Ved, M. V., Rykova, I. V., Khyzhniak, V. A., Karakurkchi, A. V., Gorokhivskiy, A. S. (2017), *Increasing the efficiency of intra-cylinder catalysis in diesel engines* *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii, Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, No. 6, Pp. 75-81. 23. Kan, H., Chen, R., Tong, S. (2012), *Ambient air pollution, climate change, and population health in China*, *Environ. Int.*, №42, Pp. 10–19. 24. *Has the Government Got It Wrong on ‘dirty Diesel’ Cars? Tests Show Some BMW, Mercedes and Vauxhall Models Produce almost ZERO Harmful NOx Emissions.* Available at: <https://www.thisismoney.co.uk/money/cars/article-6733271/Are-diesel-cars-really-dirty-Tests-reveal-models-produce-zero-NOx-emissions.html> (accessed on 26 September 2019).

Марченко Андрій Петрович – доктор техн. наук, проф., проректор з наукової роботи Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна, e-mail: marchenko@kpi.kharkov.ua, <http://orcid.org/0000-0001-9746-4634>.

Парсаданов Ігор Володимирович – доктор техн. наук, проф., головний науковий співробітник кафедри двигунів та гібридних енергетичних установок Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна, e-mail: parsadanov@kpi.kharkov.ua, <http://orcid.org/0000-0003-0587-4033>.

Строков Олександр Петрович – доктор техн. наук, проф., професор Класичного приватного університету, Запоріжжя, Україна; e-mail: kpuinform@gmail.com.

INTERNAL COMBUSTION ENGINES AND ENVIRONMENT

A.P. Marchenko, I.V. Parsadanov, O.P. Strokov

Solution of energy and environmental problems is one of the main tasks of modern times. This paper points out the role of internal combustion engines, especially diesel engines, in the global energy sector and specifically in road transport, consumption of natural resources, negative impact on the environment and global warming. The directions for further improving the efficiency of diesel engines and power plants in road transport are given. These directions are related to the implementation of existing reserves to improve engine efficiency, design, manufacturability, environmental performance and the use of alternative fuels. The leading role of the internal combustion engine as a power plant for vehicles will be complemented in the future by the increased use of hybrid plants consisting of a diesel engine, electric generator, drive motors, energy storage, microprocessor control and optimum control systems. Hybrid plants will be used in passenger transport for urban and intercity haulage, to be installed on private vehicles. When adapted to hybrid plants transmissions, the concept of diesel engine improvement will change in the direction of providing higher operating efficiencies, economic and environmental performance in high boost modes while simplifying its design.

Key words: environment; greenhouse gas; road transport; promising power plants.