

3. Report of the state agency for energy efficiency and energy saving of Ukraine. <http://sae.gov.ua/uk/ae/sunenergy>
4. Tariff for electricity in Ukraine. <http://www.nerc.gov.ua/?id=30038>
5. Prices for electricity in France. <https://en.selectra.info/energy-france/guides/electricity-cost>
6. Private solar power stations in Ukraine by the end of 2017: statistical report from Alteco Ltd. <https://alteco.in.ua/about/news/korporativnyye-novosti/215-statistika-po-chastnym-solnechnym-stanciyam-v-ukraine-na-konec-2017-goda - 2017>
7. Moves Toward Green Energy Hamper Germany's Economy. <https://worldview.stratfor.com/article/moves-toward-green-energy-hamper-germanys-economy>
8. Ukraine enters top-10 countries in EV sales. <https://www.epravda.com.ua/rus/news/2018/03/13/634925/>
9. **Yazdanie, M., Noembrini, F., Dossetto, L., & Boulouchos K.** (2014). A comparative analysis of well-to-wheel primary energy demand and greenhouse gas emissions for the operation of alternative and conventional vehicles. *Journal of Power Sources*, (249), 333-348.
10. Vehicle-to-grid: Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Vehicle-to-grid>
11. Electric vehicles in Europe: report of the European Environment Agency (2016). Available at. <https://www.eea.europa.eu/publications/electric-vehicles-in-europe/download>
12. What is the solar energy and why Ukraine needs it today. <http://iht.univ.kiev.ua/en/content/what-solar-energy-and-why-ukraine-needs-it-today>
13. Battery Lifetime: How Long Can Electric Vehicle Batteries Last? <https://cleantechnica.com/2016/05/31/battery-lifetime-long-can-electric-vehicle-batteries-last/>
14. **Beshta, A., Aziukovskyi, O., Balakhontsev, A., & Shestakov, A.** (2017). Combined power electronic converter for simultaneous operation of several renewable energy sources. 2017 International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES). <https://doi.org/10.1109/mees.2017.8248898>.
15. **Beshta, O., Balakhontsev, A. & Albu, A.** (2013). Design of electromechanical system for parallel hybrid electric vehicle. *Energy Efficiency Improvement of Geotechnical Systems*, 29-35. <https://doi.org/10.1201/b16355-5>.

The editorial board received a manuscript on 11.11.2019

УДК 656.1: 504.054

В.І. ПАХОМОВ, канд. техн. наук, доц., І.В. ГІРІН, ст. викладач,  
Криворізький національний університет

## ОБГРУНТУВАННЯ НАЙБЛИЖЧИХ ПЕРСПЕКТИВ ВИБОРУ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ДЛЯ АВТОМОБІЛЯ

**Мета.** Основною метою роботи є комплексне дослідження впливу параметрів силових агрегатів автомобілів на економічну ефективність їх експлуатації та розробка на основі аналізу та систематизації світового досвіду пропозицій щодо економічних заходів стимулювання впровадження відновлюваних джерел енергії в якості джерел живлення автомобілів, а також оцінка їх ролі в формуванні кон'юнктури міжнародних енергетичних ринків.

**Методи дослідження.** У роботі виконано аналітичні дослідження з використанням світових та вітчизняних статистичних показників стосовно подальших перспектив розвитку автомобілів з силовими агрегатами на альтернативних джерелах живлення. Використано комплексний підхід, що включає узагальнення і аналіз літературних джерел і досліджень в галузі автомобільного транспорту.

**Наукова новизна.** Наукову цінність представляє аналітичне оцінювання темпів зростання ринку сучасного автомобільного парку з двигунами на альтернативних джерелах живлення та виявлення основних сегментів та технічних напрямків для подальшого підвищення складового рівня цього виду рухомого складу в загальній долі автотранспорту України.

**Практична значимість** роботи визначається можливістю використовувати розроблені і обгрунтовані в роботі заходи економічного стимулювання альтернативних джерел живлення для автомобільних двигунів. Положення і рекомендації дослідження можуть бути використані при вирішенні завдань забезпечення національної економічної безпеки за рахунок диверсифікації енергетичних джерел на внутрішньому ринку, а також при формуванні підходів до інтеграції України у транспортну систему ЄС. Результати роботи можуть бути застосовані організаціями та компаніями, які беруть участь у формуванні політики в сфері енергетики

**Результати.** Виконано порівняльний аналіз впливу рівня технічних компонентів електромобілів і традиційних автомобілів на стан автомобільного ринку. Узагальнено результати порівняльних характеристик компонентів та технічних можливостей електрокарів в порівнянні із звичайними авто. Дано порівняльну оцінку експлуатаційних показників найбільш поширених на сучасному світовому та внутрішньому ринку електромобілів і автомобілів з традиційними силовими агрегатами

**Ключові слова:** енергосистема, двигун, джерело енергії, електромобіль, газомоторне паливо.

doi: 10.31721/2306-5451-2019-1-49-14-20

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями** Актуальність проблеми зменшення споживання транспортом палива нафтового походження пояснюється погіршенням екологічної обстановки і стабільним подорожчанням нафти, пов'язаним з виснаженням її запасів і зі збільшенням попиту на вуглеводневе паливо

Аналіз розвитку світового автомобільного ринку показує, що сьогодні електромобілі і автомобілі з комбінованими (гібридними) енергоустановками стають серйозною альтернативою для споживачів в ухваленні рішення при покупці нових автомобілів. Експертне співтовариство єдине в думці, що електричні технології стають домінуючим фактором, що забезпечує поліпшення експлуатаційної ефективності транспортних засобів. При цьому ключовими аспектами змін в контексті розвитку автомобілів є напрями, що несуть серйозні зміни для традиційної автомобільної промисловості, її конструкторської та технологічної бази.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Великий внесок у розвиток теорії автомобільного обладнання внесли російські і зарубіжні вчені: С.В. Акімов, В.А. Баляндрасніков, В.В. Болотін, С.Я. Дунаєвський, Е.В. Кононенко, Ю.А. Монастирський, Ю.А. Купе, Б.І. Петленко, Г.А. Сипайло, І.І. Трещев, М.Н. Фесенко, А.Е. Чернов, А.А. Ейдінов, В.Є. Ютг, W. Kellenberger, J. Kozesnik, A. Krapcl, G. Langkabel, G. Pfeifer, AAV. Robinson, I. Szabo, G. Torges, E. Wiedemann та інші, в роботах яких закладені основи аналізу і синтезу автомобілів з комбінованою енергоустановкою і електромобілів.

Однак існує ряд невирішених теоретичних і практичних проблем, які не дозволяють в даний час електричкам конкурувати в більшості випадків з автомобілями, оснащеними традиційною силовою установкою.

Важливе значення для успішного впровадження електромобілів і автомобілів з комбінованою силовою установкою набуває взаємозв'язок між наборами проектних технологій і комплексами забезпечення експлуатаційної ефективності, які базуються на показниках якості і надійності.

**Постановка завдання.** З огляду літературних джерел намітилися наступні напрями вирішення даної проблеми:

модернізація двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ);

використання альтернативних, більш екологічно чистих видів палива для теплових ДВЗ (спирт і його суміш з бензином, біологічне паливо, природний газ і водогін);

використання альтернативних джерел енергії (електроенергії, стисненого повітря, механічна інерція маховика).

При виборі альтернативних видів енергії (палива) необхідно враховувати джерело і технологію його одержання, віддаючи перевагу відновлюваним джерелам.

Модернізація ДВЗ спрямована на підвищення його екологічних і економічних показників, як правило, за рахунок вдосконалення електронної системи управління двигуном, системи впуску, камер згоряння, застосування комплексної системи нейтралізації відпрацьованих газів (ВГ), а також використання різних видів палива. Зазначені заходи дозволяють задовольняти вимогам законодавчих актів, що регламентують кількість токсичних речовин в ВГ в найближчому майбутньому. Однак очевидно, що в міру посилення норм ці напрями вичерпають свої можливості щодо зниження викидів токсичних речовин. Тому необхідно вже сьогодні розвивати інші методи енергозабезпечення транспорту.

**Викладення матеріалу та результати.** У найближче десятиріччя розвиток автомобільної промисловості України призведе до однієї з найсерйозніших екологічних проблем - забруднення навколишнього середовища токсичними викидами автомобілів. Рішенням цієї проблеми вже зараз займаються багато закордонних фірм-виробників автомобілів за підтримки своїх держав. Зниження викидів токсичних речовин автотранспортом ці виробники досягають за рахунок збільшення частки випуску електромобілів, гібридних автомобілів з тяговою батареєю і використанням водневого або газомоторного палива для поршневих двигунів внутрішнього згоряння.

За кількістю електромобілів на душу населення безумовне лідерство за Норвегією. У 2017 році в цій країні 39% проданих автомобілів були електрокарами або гібридами (в результаті зараз 6,4% всіх машин в Норвегії - електричні). На другому місці йде Ісландія - 11,7%, на третьому Швеція - 6,3%. Також до п'ятірки увійшли Нідерланди (2,7%) і Фінляндія (2,6%).

Частка продажів екологічно чистих машин в Китаї становить вже 2,2%. При цьому потрібно мати на увазі, що саме Китай є найбільшим за обсягом продажів ринком електрокарів. Тут продається більше 40% всіх електромобілів.

У 2017 році вперше в історії було продано більше 1 млн електромобілів і гібридів. А загальна кількість таких авто в світі на той період вже становила 3,1 млн. Звичайно, поки це мало в порівнянні з бензиновими і дизельними машинами. Але необхідно звернути увагу, з якою швидкістю ростуть продажі цих машин. Так в 2018 році по всьому світу було продано вже 2 018 247 нових електромобілів і гібридів. Зростання продажів щодо 2017 року склало 64%. Тобто загальна кількість електромобілів і гібридів до січня 2019 року склало 5,1 млн.

Найбільшим ринком для електрифікованих машин є Китай - тут їх в 2018 році продали 1,1 млн., зростання продажів склало більше 80%. На другому місці - Євросоюз, результат - 408 000 реалізованих електромобілів і гібридів, це + 33%. Третє місце займають США, де продано 361 000 «зелених» машин, збільшення продажів склало + 81%.

Рейтинг продажів електромобілів і гібридів за моделями розподілився в такому порядку. Перше місце займає Tesla Model 3, глобальні продажі цього седана склали 146 310 одиниць. У 2017 році ця модель була всього лише на 106-му місці.

З помітним відставанням від лідера на другому місці знаходиться BAIC EC-Series (90 640 штук). Це один з найдоступніших електромобілів Китаю. Характеристики у нього відповідні: потужність електромотора всього 49 або 61 к.с., а запас ходу не перевищує 260 кілометрів навіть для старшої версії.

Майже стільки ж (87 149 штук) було продано моделей Nissan Leaf. Ця модель не потребує представлення, вона користується стійким попитом у багатьох країнах.

У п'ятірку лідерів увійшли ще дві моделі «Тесли»: Tesla Model S (50 045 штук) і Tesla Model X (49 349 штук). З урахуванням того, що коштують вони дуже недешево навіть за мірками розвинених країн і змагаються з автомобілями преміум класу, ці результати також заслуговують на повагу.

Серед виробників електромобілів 2018 рік був особливо успішним для китайської моделі BYD: відразу п'ять його електричних моделей увійшли в Топ-20. Там же знаходяться і три машини китайської моделі BAIC.

За прогнозами експертів, в 2030 році (тобто через 11 років) кількість електромобілів і гібридів в світі досягне 125 млн штук. При цьому мова йде про «песимістичний» сценарій. Згідно з оптимістичним, їх буде 228 млн, причому на електромобілі доведеться 130 млн, а на гібриди - ще 90 млн. А частка продажів екологічно чистих машин в Європі і Китаї досягне позначка у 20-25%.

У китайському місті Шеньчжень вже зараз всі автобуси з електричним приводом (а скоро на електротягу будуть переведені також таксі). Правда, поки це єдине велике місто в світі, яке перевело весь громадський транспорт на електрику.

Одночасно з ростом числа електрокарів очікується і стрімкий розвиток інфраструктури. До 2030 року кількість зарядних точок перевищить кількість електромобілів на 10%. Для порівняння, зараз навіть в Норвегії один загальнодоступний зарядний пристрій доводиться на 19 електромобілів, а в Швеції - на 12 (не враховуються точки в приватних будинках). Хоча, наприклад, в Японії вже зараз на 7 електромобілів доводиться одна загальнодоступна зарядна станція.

Обґрунтування вибору джерела енергії для автомобілів майбутнього кожна країна повинна робити з урахуванням аналізу природно-кліматичних умов, аналізу капітальних і експлуатаційних витрат, аналізу розвитку власної енергосистеми і відповідної інфраструктури для нових джерел енергії.

Швидка динаміка зростання продажів електромобілів пояснюється їх загальновідомими перевагами в експлуатації, істотними субсидіями і значною технічною підтримкою з боку зацікавлених держав, а також температурними і кліматичними умовами країн - лідерів рейтингів продажів цих машин. Аналіз географічного розташування країн, які стали лідерами продажів електромобілів у 2018 році показаний в табл.1.

Кліматичні і температурні умови країн, що є лідерами продажу електромобілів у 2018 році

Країна	Розташування, градус північної широти	Температура, °C		
		влітку	взимку	середньорічна
Китай	22,5 <sup>0</sup> ÷ 45 <sup>0</sup>	+27 ÷ 35 субтропіки	+3 ÷ +9 субтропіки	+16 ÷ +19 субтропіки
Євросоюз	38 <sup>0</sup> ÷ 71 <sup>0</sup>	Німеччина +22 ÷ 24 помірний	Німеччина 0 ÷ +4 помірний	Німеччина +5 ÷ +10 помірний
США	30 <sup>0</sup> ÷ 49 <sup>0</sup>	+24 ÷ 35 субтропіки	+1 ÷ +11 субтропіки	+14 ÷ +16 субтропіки
Японія	30 <sup>0</sup> ÷ 45 <sup>0</sup>	+25 ÷ 30 субтропіки	+1 ÷ +10 субтропіки	+15 ÷ +17 субтропіки
Норвегія	58 <sup>0</sup> ÷ 71 <sup>0</sup>	+25 ÷ 30 помірний	-6 ÷ -8 помірний	+6 ÷ +9 помірний
Україна	46 <sup>0</sup> ÷ 52 <sup>0</sup>	+18 ÷ 23 помірний	-2 ÷ -7 помірний	+8 ÷ +11 помірний

Проведений аналіз показав, що в більшій частині території Китаю, США і Японії є сприятливі кліматичні умови для ефективної експлуатації електромобілів протягом всього календарного року, так як середньорічна температура в цьому поясі не нижче + 15°C. Це підтверджується залежністю, наведеною на рис.1. Решта країн мають сприятливі кліматичні умови для ефективної експлуатації електромобілів в літній період року. У зимовий період року через низьку температуру навколишнього середовища ємність тягової батареї істотно знижується.

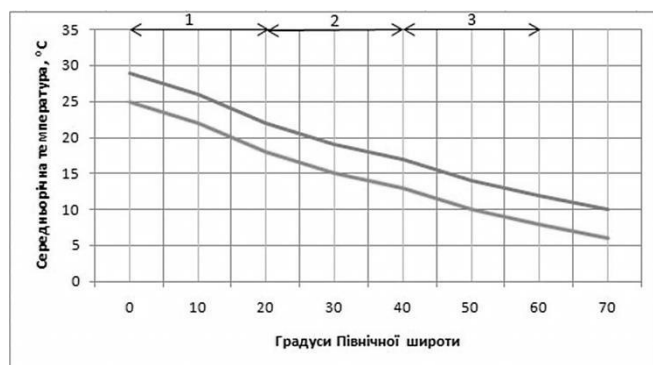


Рис. 1. Залежність середньорічної температури навколишнього середовища від кліматичного поясу (верхня крива – верхній параметр температури, нижня крива – нижній параметр температури): 1 - тропічний пояс; 2 - субтропічний пояс; 3 - помірний пояс

Відомо, що при температурі навколишнього середовища + 20°C доступна ємність акумуляторної батареї становить 100%, а при + 5°C доступна ємність її зменшується на 10 ÷ 15% (рис. 2). Ще більш небажані моменти спостерігаються

з тяговими батареями. Так аналітики Американської автомобільної асоціації (AAA) прийшли до висновку, що низькі температури навколишнього середовища істотно знижують відстань, яку може проїхати електромобіль на одному заряді. Як впливає з опублікованого дослідження AAA, коли температура навколишнього середовища становить 20° F (-6,6° C), пробіг на одному заряді при працюючій системі опалення автомобіля знижується в середньому на 41%. Літій-іонні акумулятори дуже чутливі до температури. При цьому вони однаково погано переносять вкрай високу і низьку температуру, адже коли стає дуже холодно, електролітна рідина всередині батареї стає в'язкою і швидко втрачає акумуляуючі якості. Особливо це критично для тих електромобілів, які не мають власної системи управління температурою акумулятора.

Але навіть при їзді без обігріву салону дальність пробігу досить сильно зменшується, оскільки ємність літій-іонних акумуляторів знижується при низьких температурах. Високі температури також негативно позначаються на дальності пробігу: при температурі 95 ° F (+ 35° C) при включеному кондиціонері вона зменшується на 17%.

Таким чином, аналітики AAA встановили, що вплив температури навколишнього середовища на електромобілі істотно більше, ніж раніше очікували. Так в AAA протестували п'ять популярних моделей електромобілів - BMW i3s, Chevrolet Bolt EV, Nissan Leaf, Tesla Model S і Volkswagen e-Golf. Автори дослідження прийшли до висновку, що для всіх моделей вплив морозу на зниження дальності виявився подібним. Накопичений досвід при експлуатації електромобілів в екстремальних погодних умовах (осінньо-зимовий період, помірний кліматичний пояс, велика спека) показав, що в таких умовах доводиться окремо виділяти енергію на опалення, вентиляцію або кондиціонування салону.

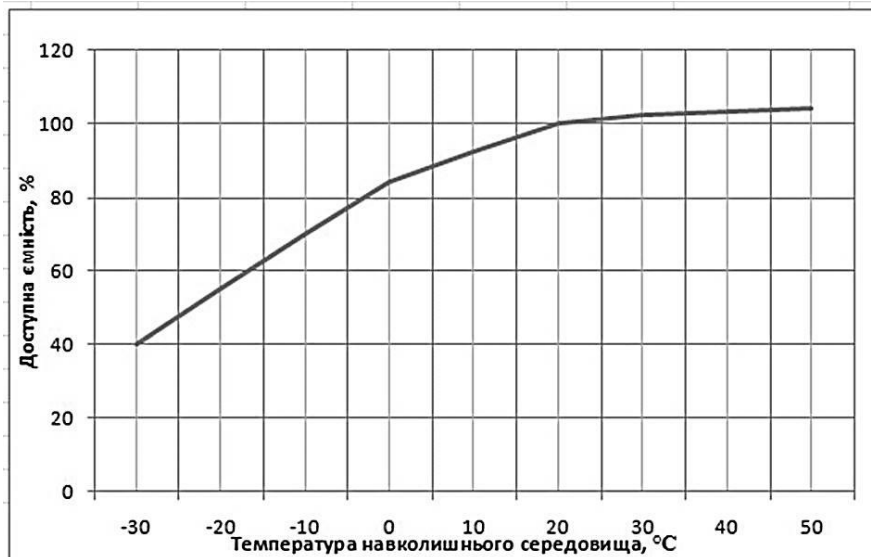


Рис. 2. Залежність доступної ємності АКБ від температури навколишнього середовища

Крім того, при екстремальних температурах, бортовий комп'ютер і зовсім може заблокувати резерв енергії в батареї для її збереження, оскільки АКБ найважливіший і дорогий компонент електромобілів. Наприклад, так роблять електромобілі Tesla, попереджаючи, що частина накопиченої енергії в електромобілі в холодну погоду може бути недоступна. Подібний резерв передбачений практично у всіх сучасних електромобілях, тому що розрядка батареї в повний «нуль» один з найбільш небажаних моментів для збереження акумуляторної батареї електромобіля. Також при експлуатації електромобіля в холодну погоду, часто зустрічаються такі негативні моменти: обмеження можливостей рекуперативного гальмування, а точніше передачі в акумулятор вироблюваної їм енергії і зниження швидкості зарядки, особливо швидкої, для захисту акумулятора.

Холодна погода не ворог електромобіля та його батареї, а тільки знижує його ефективність. Набагато більшої шкоди акумуляторній батареї може нанести її перегрів, влітку в жарку погоду при перегріванні батареї відбувається її деградація.

Так само для порівняльної оцінки звичайних автомобілів з ДВЗ і електрокарів необхідний аналіз загальної вартості володіння електромобілем. Загальна вартість володіння електромобілем - це його первісна ціна при покупці, а також витрати на паливо і обслуговування протягом всього терміну експлуатації. Для конкурентоспроможної моделі електромобіля ємність акумуляторної батареї повинна становити не менше 40 кВт·годин, а краще більше - від 45 до 60 кВт·годин. Зростання продажів електромобілів стримують, в першу чергу, високі ціни, ніж на їх бензинові і дизельні аналоги. Однак нове дослідження показує, що це може змінитися протягом наступних кількох років. Згідно з дослідженням, проведеним дослідницькою фірмою Deloitte, первісна ціна покупки транспортного засобу з акумуляторним живленням є одним з головних перешкод для прийняття рішення, але аналіз показав, що вартість покупки електромобіля може відповідати їх традиційним аналогам в усьому світі до 2022 року. Це буде пов'язано з тим, що середня ціна літій-іонної батареї, яка раніше становила майже половину вартості всього автомобіля, вже знизилася з \$ 600 за кВт·ч до \$ 208 за останні 5 років. Ця тенденція буде продовжуватися. Коли ціна батареї впаде нижче \$ 150 за кВт·годину, електрокари будуть дешевшати швидше і експлуатаційні витрати їх на 1 км пробігу також будуть знижуватися.

Експерти німецького автомобільного клубу (ADAC) в 2017 році змоделювали умови володіння різними електромобілями протягом чотирьох років при річному пробігу 15000 км. Встановлено, що кілометр шляху на електричному Ford Focus коштує приблизно 56,6 євроцента проти 51 цента у бензиновій і 51,4 цента у дизельній модифікації. Найбільш нерентабельною виявилася Tesla Model S - проїхати на ній кілометр обійдеться в 1,37 євро. Так первісна ціна покупки електромобіля впливає на собівартість проїзду 1 км.

Експлуатаційні витрати електромобілів також будуть знижуватися в міру того, як у виробництві електроенергії будуть менше використовувати вугілля. У найближчі роки Великобри-

танія, США, Японія і Євросоюз вже закривають вугільні електростанції і отримують більше енергії від вітряків та сонячних ферм, які також масштабно встановлюються практично в кожному регіоні світу, крім Південно-Східної Азії. У зв'язку з цим дослідження Bloomberg показали, що в 2018 році викиди вуглекислого газу від електричних транспортних засобів були приблизно на 40% нижче, ніж у транспортних засобів на ДВЗ. Сама відчутна різниця була зафіксована в Великобританії, де зосереджено багато об'єктів відновлюваної енергетики.

Аналітики Bloomberg також відзначають, що коли автомобіль з ДВЗ сходить з конвеєра, його викиди на 1 км пробігу фіксуються назавжди, у випадку з електромобілем вони будуть знижуватися з року в рік, у міру того як електромережа буде ставати чистішою.

Згідно з дослідженнями BNEF, широке поширення поновлюваних джерел енергії скоротить середні викиди на цілих 90% у Великобританії і більш ніж на третину в Японії до 2040 року. Також BNEF прогнозує, що глобальна частка вироблення електроенергії з нульовим викидом вуглецю збільшиться з 38% в 2018 році до 63% до 2040 року. У той час як удосконалення технологій ДВЗ призведе до скорочення їх викидів приблизно на 1,9% на рік до 2040 року, забруднення від електромобілів буде зменшуватися з 3 до 10% щорічно. Багато в чому це пов'язано з відмовою від вуглеводнів у виробництві електроенергії, а також зі скороченням її споживання.

**Висновки та напрямок подальших досліджень.** Дослідження впливу природно-кліматичних умов, аналіз загальної вартості володіння електромобілем та розвитку власної енергосистеми і відповідної інфраструктури для нових джерел енергії показав, що для цілорічної ефективної експлуатації легкового автомобіля в умовах України на перспективу 5-10 років доцільним джерелом енергії буде ДВЗ на газомоторному паливі. Для автобусів і комерційних вантажних автомобілів найкращим вибором джерела енергії також буде ДВЗ на газомоторному паливі. Трохи більш витратним варіантом вибору джерела енергії для тих же транспортних засобів буде гібридна силова установка, яка також використовує газомоторне паливо, а також батарею, що підзаряджається (плагін-гібрид)

#### *Список літератури*

1. **Karabektas M.** The effects of preheated cottonseed oil methyl ester on the performance and exhaust emissions of a diesel engine / M. Karabektas, G. Ergen, M. Hosoz // Applied Thermal Engineering. –2008. –28(17-18). P. 2136-2143
2. **Ghesti G.F.** Application of Raman Spectroscopy to Monitor and Quantify Ethyl Esters in Soybean Oil Trans685esterification/ G.F.Ghesti, J.L. De Macedo, V.S.Braga, A.T.C.P. De Souza, V.C.I. Parente, E.S.Figueroa, I.S.Resck, J.A.Dias, S.C.L.Dias // JAOCs. —2006. —Vol. 83. —No 7. —P.597-
3. **Mahajan S.** Determining the Acid Number Biodiesel /S.Mahajan, S.K.Konar, D.G.B.Boocock// JAOCs. —2006. —Vol. 83.—No 6. —P. 567-570
4. **He H.Y.** Comparison of Membrane Extraction with Traditional Extraction Methods for Biodiesel Production/ He H.Y., Guo X., Zhu S.L.// JAOCs. —2006. —Vol. 83. —No 5. —P.457-460.
5. **Товажнянский Л.Л.** Звіт з науково-технічної роботи “Дослідження процесів згоряння, тепловиділення та утворення шкідливих речовин при використанні біопалив рослинного походження у дизелях” / Л. Л. Товажнянский, В. В. Спіфанов, А. П. Марченко // X: НТУ “ХПИ”, 2006. —39 с.
6. **Ільченко А. В.** Перспективи застосування біодизельного палива в автомобільних двигунах / А. В. Ільченко // Вісник НТУ. —2013. —No 27. —С. 370–373.
7. **Гутаревич Ю.Ф.** Перевірка адекватності математичної моделі руху дорожнього транспортного засобу за ізовим циклом при роботі на природному газі // Гутаревич Ю.Ф., Матейчик В.П., Сидоренко Р.В., Яновський В.В. Вісник НТУ і ТАУ. — 2002, № 6, С.300-304.
8. **Матейчик В.П.** Шляхи ефективного використання природного газу як моторного палива для автомобілів // Матейчик В.П., Яновський В.В., Сидоренко Р.В.- Вісник НТУ і ТАУ. — 2001, № 5, С.60-64.
9. **Чекмарєва О.В.** Оценка и управление пылегазовыми выбросами от автомобильного транспорта в атмосферу промышленного города. Дисс.канд. техн. наук. Оренбург, 2002. - 155 с
10. **Чириков К.Н.** Прогноз применения компримированного природного газа на автотранспорте // Чириков К.Н. АвтоГазоЗаправочный Комплекс+Альтернативное топливо. 2003. - №3. - с. 20 - 23.
11. Transport Economics: Past Trends and future Prospects. ESMC, 2010.
12. **K. Owen** Automobile Fuel Handbook / K. Owen, T. Coley. N.York: SAE, 2009.-650 p
13. **Бондаренко Е.В.** Требования к методикам интегральной оценки экологической опасности автомобильных топлив // Бондаренко Е.В., Филиппов А.А. Вестник Красноярского государственного технического университета. Вып. 31. Транспорт. 2003. - С. 56 - 63
14. **Капустин А.А.** Об особенностях конструкции ДВС при работе на природном газе // Капустин А.А., Пономарев А.В., Соколов М.Г. НТС ОАО «Газпром» -М., 2006.-С. 22-32.
15. **Кавтарадзе З.Р.** Перспективы применения поршневых двигателей на альтернативных моторных топливах. // Кавтарадзе З.Р., Кавтарадзе Р.З. Транспорт на альтернативном топливе. - 2010, - № 1 (13). - С. 74-80

16. **Бондарь В.А.** Экологическая безопасность использования газового топлива / Бондарь В.А. АвтоГазоЗаправочныйКомплекс + Альтернативное Топливо (АГЗК + АТ). 2003. - №2(8) - С. 64-69
17. **Балабаева И.** Биодизельный бум в Германии // Балабаева И. Автомобильный транспорт. 2005. - №12. - С.40
18. Бензиновый вопрос [Электронный ресурс] // Автобизнес : маркетинговый автомобильный журнал [Сайт]. URL: <http://www.abiz.ru/ru/2/20/428/?nid=956&a=entry.show>
19. **Митрова Т.** Тенденции и риски развития мировой энергетики [Электронный ресурс] // Перспективы [сайт] : сетевое издание Центра исследований и аналитики Фонда исторической перспективы. URL: [http://www.perspektivy.info/rus/gos/tendencii\\_i\\_riski\\_razvitiya\\_mirovoiy\\_energ\\_etiki.htm](http://www.perspektivy.info/rus/gos/tendencii_i_riski_razvitiya_mirovoiy_energ_etiki.htm)
20. **Строганов В.И.** Концепция обеспечения качества и надежности электромобилей и автомобилей с гибридной силовой установкой / В. И. Строганов, В. Н. Козловский // Электроника и электрооборудование транспорта. - 2012. - №5-6. - С. 49-55.
21. **Строганов В.И.** Аналитическое моделирование тяговой системы электромобилей и автомобилей с комбинированной силовой установкой // В.И. Строганов, В.Н. Козловский, А.Г. Сорокин А.Г., Л.Н. Мифтахова // Вестник Казанского технологического университета. -2014. - №7. - С. 107-113

Рукопис подано до редакції 04.11.2019

УДК 614.8:331.45:331.421:331.582.2

К.В. ДАНОВА, В.В. МАЛИШЕВА, кандидати техн. наук, доценти  
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

## ІНФОРМАЦІЙНА ЕНТРОПІЯ ЯК ПОКАЗНИК НЕВИЗНАЧЕНОСТІ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ БЕЗПЕКИ НА РОБОЧИХ МІСЦЯХ ПРАЦІВНИКІВ ІЗ ІНВАЛІДНІСТЮ

**Мета.** Аналіз можливості використання інформаційної ентропії як показника, що характеризує невизначеність у прийнятті управлінських рішень стосовно працевлаштування особи, яка має стійкі функціональні зміни у стані здоров'я, на робоче місце. За показником інформаційної ентропії особа, яка приймає управлінські рішення, має можливість визначати необхідність впровадження організаційно-технічних рішень щодо адаптації робочого місця із урахуванням обмежень життєдіяльності працівника із інвалідністю.

**Методи дослідження.** Методика ґрунтується на аналізі наявної статистичної інформації щодо причин травматизму, пов'язаного із виробництвом, на підприємствах переробної галузі, задля визначення вірогідності настання нещасного випадку за кожною групою як індивідуального ризику травмування. На базі цього визначено інформаційну ентропію. Врахування стану здоров'я осіб із інвалідністю пропонується здійснювати за інтегральним показником функціональної обмеженості життєдіяльності, який впливає на значення інформаційної ентропії, що надає можливість виробляти ефективні управлінські рішення щодо її зменшення та підвищення рівня охорони праці на робочих місцях працівників із інвалідністю та підприємств у цілому.

**Наукова новизна.** Полягає у розробці підходу до прийняття управлінських рішень стосовно забезпечення охорони праці працівників із інвалідністю в умовах підприємства на основі врахування їх особливих потреб за інтегральним показником функціональної обмеженості життєдіяльності, що впливає на рівень інформаційної ентропії, яка відображає ефективність реалізації завдань щодо забезпечення безпеки на робочих місцях цієї категорії працівників.

**Практичне значення.** Полягає у наданні особі, яка приймає управлінські рішення, інформаційної бази для визначення пріоритетних напрямів підвищення рівня безпеки на робочих місцях відповідно до потреб працівника, який має стійкі функціональні зміни у стані здоров'я, з метою попередження зростання рівня виробничого травматизму. Зниження ризику травмування працівників із інвалідністю сприятиме посиленню позитивного ставлення до питання працевлаштування цієї категорії населення з боку роботодавців, що надасть змогу отримати суттєвий соціально-економічний ефект на державному рівні.

**Ключові слова:** ентропія, невизначеність, ризик, працівник, інвалідність, травма, безпека.

doi: 10.31721/2306-5451-2019-1-49-20-25

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Працевлаштування осіб із стійкими функціональними порушеннями у стані здоров'я на підприємства України є важливим соціально-економічним завданням. Низький рівень трудової зайнятості осіб із інвалідністю призводить до негативних економічних наслідків, пов'язаних із втратою робочої сили, а також соціальних проблем, викликаних низьким рівнем доходу цієї категорії населення.

Квотний принцип працевлаштування осіб із обмеженими можливостями, що запроваджений Законом України «Про основи соціальної захищеності осіб з інвалідністю в Україні» [1], установлює норматив робочих місць для працевлаштування осіб з інвалідністю у розмірі чотирьох відсотків середньооблікової чисельності штатних працівників облікового складу за рік, а