МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Садовник Іван Іванович

УДК 629.33 : 621.43 : 661.931

ДИСЕРТАЦІЯ
ПОЛІПШЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ АВТОМОБІЛЯ З БЕНЗИНОВИМ ДВИГУНОМ ДОДАВАННЯМ ВОДНЕВМІСНОГО ГАЗУ З ВИКОРИСТАННЯМ РЕКУПЕРОВАНОЇ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

Спеціальність 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело
_____І.І.Садовник

Науковий керівник –
Цюман Микола Павлович,
кандидат технічних наук, доцент

Ідентичність усіх примірників дисертації засвідчую
В.о. вченого секретаря спеціалізованої вченої ради
Д26.059.03 _____Ю.А. Мейш

Київ – 2021

АНОТАЦІЯ

Садовник І.І. Поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобіля з бензиновим двигуном додаванням водневмісного газу з використанням рекуперованої теплової енергії. - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту». – Національний транспортний університет, Київ, 2021.

Аналіз розподілу теплових втрат автомобільного бензинового двигуна у різних режимах роботи та умовах експлуатації свідчить про значний вплив рівня цих втрат на паливну економічність та екологічні показники автомобіля. Існуючі способи рекуперації теплової енергії, зокрема, відпрацьованих газів: газотурбінний наддув, рециркуляція, накопичення у тепловому акумуляторі, дозволяють певною мірою поліпшити вказані показники автомобіля. Разом з тим, додавання водневмісного газу до повітряного заряду також є відомим способом поліпшення ефективних показників двигуна через вплив на його робочий процес та розподіл теплових втрат в ньому та може використовуватись паралельно із вказаними способами. Однак, головною проблемою використання водневмісного газу на борту автомобіля є питання енергозабезпечення процесу виробництва даного газу. Одним із можливих методів комплексного вирішення вказаної проблеми забезпечення виробництва водневмісного газу в умовах експлуатації автомобільного транспортного засобу з бензиновим двигуном є використання термоелектричної рекуперації теплової енергії відпрацьованих газів.

З метою дослідження впливу додавання водневмісного газу до повітряного заряду двигуна з використанням термоелектричної рекуперації теплової енергії відпрацьованих газів на паливну економічність та екологічні показники автомобіля з бензиновим двигуном розроблено відповідну методику. Дана методика включає проведення стендових

випробувань двигуна, обладнаного засобами для подачі водневмісного газу та термоелектричного перетворення теплової енергії, у різних швидкісних і навантажувальних режимах роботи та визначення параметрів робочого циклу та процесу згорання, параметрів системи управління двигуном, витрати палива та концентрацій шкідливих речовин у відпрацьованих газах з використанням спеціалізованого апаратного і програмного забезпечення.

Для ефективного використання вказаного методу забезпечення виробництва водневмсного газу створено експериментальний зразок системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів, що містить генератор водневмісного газу для його виробництва і подачі у впускну систему двигуна, додаткову акумуляторну батарею для забезпечення енергопостачання генератора газу, термоелектричний генератор у випускній системі для забезпечення заряджання додаткової батареї шляхом рекуперації теплової енергії відпрацьованих газів у електричну.

Для визначення впливу створеної системи на паливну економічність та екологічні показники автомобіля розроблено алгоритм математичного моделювання, що містить логічну послідовність операцій для визначення вказаних показників в процесі руху автомобіля в їздовому циклі. Моделювання здійснюється шляхом послідовного визначення поточних значень коефіцієнту наповнення, годинних витрат палива і повітря, концентрацій шкідливих речовин у відпрацьованих газах до і після нейтралізатора, ефективності нейтралізації, масових викидів шкідливих речовин, сумарних витрат палива і викидів за їздовий цикл залежно від частки водневмісного газу у повітряному заряді, потужності термоелектричного генератора, кількості енергії, накопиченої у додатковій батареї, у режимах роботи двигуна відповідних умовам руху автомобіля.

Вказані параметри описано поліноміальними залежностями, уточненими в процесі експериментальних досліджень.

За результатами експериментальних досліджень двигуна VW BBY при використанні розробленої системи додавання водневмісного газу встановлено, що найбільший вплив додавання водневмісного газу проявляється в режимах низької частоти обертання та низького навантаження. В цих режимах використання добавки водневмісного газу призводить до скорочення тривалості згорання, збільшення максимального тиску і температури в циліндрі та потужності двигуна. Завдяки такому впливу у режимах низького навантаження можливо зменшити витрату палива на 2,4-3,8 %. При цьому, концентрації CO, C_mH_n і CO_2 також зменшуються, концентрація NO_x дещо зростає.

Дослідження електричних параметрів експериментального зразка термоелектричного генератора дозволили встановити залежності потужності та ефективності термоелектричного перетворення від режимів роботи двигуна. Отримані значення сили електричного струму та напруги дозволяють використовувати термоелектричний генератор даної конструкції у системі електропостачання автомобіля. При цьому, ступінь досягнення номінальної потужності термоелектричного генератора, встановленої заводом-виробником термоелектричних модулів, обмежено коефіцієнтом корисної дії теплообмінника, який за результатами досліджень не перевищує 70 %, що є характерною особливістю даної конструкції термоелектричного генератора.

На основі проведених експериментальних досліджень перевірено адекватність окремих поліноміальних залежностей математичної моделі. Адекватність моделювання також підтверджена порівнянням результатів моделювання витрати палива з даними заводу-виробника автомобіля. За результатами прогнозування витрати палива і викидів шкідливих речовин автомобілем Scoda Fabia з двигуном VW BBY у їздовому циклі відповідно до Правил ЄЕК ООН № 83-05 встановлено, що використання розробленої

системи додавання водневмісного газу з термоелектричним генератором дозволяє знизити сумарну витрату палива на 1,9 % та викиди окремих шкідливих речовин на 1,2-3,6 % при додаванні водневмісного газу у кількості 3 л/хв та майже лінійним поліпшенням цих показників при збільшенні величини додавання водневмісного газу. За результатами впливу величини додавання водневмісного газу на кількість накопиченої у додатковій батареї електричної енергії встановлено, що ця величина майже лінійно знижується при збільшенні обсягу виробництва водневмісного газу системою, що унеможливлює її ефективне використання в умовах експлуатації.

Для забезпечення можливості використання системи в умовах експлуатації визначено максимально можливу доцільну номінальну потужність термоелектричного генератора з урахуванням його коефіцієнту корисної дії, яка складає 500 Вт. З урахуванням практичної можливості реалізації визначеної максимально можливої номінальної потужності досліджено ефективність використання термоелектричного генератора з 16-ма та 24-ма термоелектричними модулями. На основі проведених досліджень розроблено рекомендації щодо вибору доцільних значень параметрів системи додавання водневмісного газу з термоелектричним генератором даної конструкції. Зокрема, визначено, що для ефективного використання добавки водневмісного газу до повітряного заряду автомобільного бензинового двигуна VW BBY 4Ч 7,65/7,56 у діапазоні навантажень у їздовому циклі відповідно до Правил ЄЕК ООН № 83-05 необхідне використання генератора водневмісного газу продуктивністю 3 л/хв та термоелектричного генератора номінальної потужності 456 Вт. Це забезпечить ступінь зарядженості додаткової батареї до 96 % та встановлені вище показники паливної економічності та екологічності автомобіля в умовах експлуатації.

Наукова новизна одержаних результатів. Розроблено метод забезпечення виробництва водневмісного газу з використанням термоелектричної рекуперації теплової енергії відпрацьованих газів

бензинового двигуна та умови його використання під час експлуатації автомобільного транспортного засобу.

Уточнено поліноміальні залежності витрати палива, концентрацій шкідливих речовин та інтенсивності термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів від режиму роботи бензинового двигуна, які враховують додавання водневмісного газу до його повітряного заряду.

Отримано закономірності впливу параметрів системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів, зокрема, інтенсивності додавання водневмісного газу до повітряного заряду та номінальної потужності термоелектричного перетворення, на ефективність накопичення електричної енергії в додатковій батареї, витрату палива та шкідливі викиди автомобілем під час його руху в їздовому циклі.

Практичне значення одержаних результатів. Система додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів.

Алгоритм математичного моделювання показників автомобіля з системою додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів.

Результати оцінки впливу використання системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів на індикаторні, ефективні і екологічні показники двигуна.

Рекомендації щодо вибору доцільних значень параметрів системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з

використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів.

Результати роботи прийняті до використання в ДП «ДержавтотрансНДІпроект» та в Директораті автомобільного та електричного міського транспорту Міністерства інфраструктури України (м. Київ); Українському науково-дослідному та навчальному центрі хіммотології і сертифікації паливно-мастильних матеріалів і технічних рідин Національного авіаційного університету (м. Київ).

Ключові слова: теплова енергія, водневмісний газ, термоелектричний генератор, рекуперація, паливна економічність, екологічні показники, бензиновий двигун, автомобіль, їздовий цикл.

Список опублікованих праць за темою дисертації

Основні положення і результати роботи викладені у 16 публікаціях, які повністю характеризують дисертаційну роботу.

Публікації у наукових періодичних виданнях іноземних держав (у іноземному фаховому науковому виданні, що індексується у науково-метричній базі Scopus, віднесеному до третього квартилю Q3):

1. Mykola Tsiuman, Vasyl Mateichyk, Miroslaw Smieszek, Ivan Sadovnyk, Roman Artemenko, Yevheniia Tsiuman, Igor Gritsuk, Andrii Koval. The System for Adding Hydrogen-containing Gas to the Air Charge of the Spark Ignition Engine Using a Thermoelectric Generator. SAE Technical Paper 2020-01-2142, 2020, doi:https://doi.org/10.4271/2020-01-2142.

Публікації у фахових виданнях (розділах іноземних монографій):

2. Цюман М.П., Бориско С.Г., Артеменко Р.В., Садовник І.І. Особливості оцінювання ефективності термоелектричної утилізації теплової енергії двигуна внутрішнього згоряння. Systemy i Srodki Transportu

Samochodowego. Wybrane Zagadnienia : Monografia / pod redakcja naukowa Kazimierza Lejdy. – Seria Transport № 9. - Rzeszów: Politechnika Rzeszowska, 2017. – С. 109–116.

3. Цюман М.П., Матейчик В.П., Артеменко Р.В., Садовник І.І. Аналіз впливу міських режимів руху транспортного засобу на витрату палива і шкідливі викиди. Systemy i Srodki Transportu Samochodowego. Wybrane Zagadnienia : Monografia / pod redakcja naukowa Kazimierza Lejdy. – Seria Transport № 13. - Rzeszów: Politechnika Rzeszowska, 2018. – С. 95–102.

4. Цюман Микола, Грищук Олександр, Артеменко Роман, Садовник Іван, Бориско Сергій. Експериментальне дослідження термоелектричного генератора для утилізації теплової енергії двигуна внутрішнього згоряння. Systemy i Srodki Transportu Samochodowego. Wybrane Zagadnienia : Monografia / pod redakcja naukowa Kazimierza Lejdy. – Seria Transport № 17. – Rzeszów: Politechnika Rzeszowska, 2019. – С. 107–114.

Публікації апробаційного характеру:

5. Цюман М.П., Артеменко Р.В., Садовник І.І.. Поліпшення паливної економічності та екологічних показників ДВЗ термоелектричною утилізацією теплових втрат. LXXIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету. Тези доповідей. – К.: НТУ, 2017. – С. 42.

6. Gritsuk Igor, Mateichyk Vasyl, Simonenko Roman, Volkov Yurii, Sadovnik Ivan. The formation of information system to study the vehicular heating with the heating system and thermal accumulator in pre-start and after-start heating processes. Матеріали 8-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування», 28-29 вересня 2017 р. – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2017. С. 57-61.

7. Цюман Н.П., Шевчук И.А., Садовник И.И.. Мониторинг экологической безопасности транспортных средств на основе их параметров

технического состояния в эксплуатационных условиях. Материалы 15-ой Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике»: в 4 томах. – Минск: БНТУ, 2017. – т.2. – С. 104–105, 129.

8. Цюман М.П., Р.В. Артеменко, І.І. Садовник. Поліпшення паливної економічності ДВЗ термоелектричною утилізацією теплоти в режимах холостого ходу та малих навантажень. LXXIV наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету. Тези доповідей. – К.: НТУ, 2018. – С. 38.

9. Цюман М.П., Артеменко Р.В., Бориско С.Г., Садовник І.І. Особливості застосування термоелектричної утилізації теплової енергії двигуна внутрішнього згоряння. Наукові праці Міжнародної науково-практичної конференції «Новітні технології розвитку автомобільного транспорту», Конференція проводиться щорічно з нагоди Дня автомобіліста і дорожника, 16–19 жовтня 2018 р. (Посвідчення УкрІНТЕІ від 26 грудня 2017 року № 777). – Харків: Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 2018. С. 238-240.

10. Цюман Н.П., Артеменко Р.В., Садовник И.И. Повышение топливной економичности и экологических показателей ДВС путем термоэлектрической утилизации теплоты отработавших газов. Материалы 16-ой Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике»: в 4 томах. – Минск: БНТУ, 2018. – т.2. – С. 88.

11. Цюман М.П., Артеменко Р.В., Садовник І.І.. Поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобільної енергоустановки з використанням системи термоелектричного генерування водневмісного газу. LXXV наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету, присвячена 75-річчю з дня заснування університету. Тези доповідей. – К.: НТУ, 2019. – С. 38.

12. Tsiuman Mykola, Mateichyk Vasyl, Smieszek Miroslaw, Sadovnyk Ivan, Artemenko Roman, Tsiuman Yevheniia. Investigation of efficiency of the system for adding hydrogen-containing gas to the air charge of the vehicular engine using a thermoelectric generator. International Symposium on Electric Aviation and Autonomous Systems, ISEAS20, International Symposium on Aircraft Technology, MRO and Operations, ISATECH20, International Course on Unmanned Aerial Vehicle, ICUAV20, Kyiv, Ukraine, September 22-24, 2020, Proceedings, P. 199-202.

Свідоцтва на інтелектуальну власність:

13. Програмний інформаційний комплекс для прогнозування параметрів стану двигуна і ТЗ в умовах експлуатації. Грицук І.В., Волков В.П., Грицук Ю.В., Волков Ю.В., Володарець М.В., Павленко В.М., Вербовський В.С., Грицук А.І., Вербовська В.В., Грицук В.Ю., Матейчик В.П., Цюман М.П., Шевчук І.О., Артеменко Р.В., Бориско С.Г., Садовник І.І., Коломієць С.В. Свідоцтво про внесення відомостей до Реєстру виробників та розповсюджувачів програмного забезпечення ВР № 01884 Україна. Зареєстр. 06.04.2017.

14. Програмний комплекс для дослідження паливної економічності та екологічних показників двигуна нерухомого транспортного засобу з урахуванням процесів прогріву в процесі руху. Грицук І.В., Волков В.П., Матейчик В.П., Цюман М.П., Шевчук І.О., Артеменко Р.В., Бориско С.Г., Садовник І.І., Лук’янченко Ю.О., Краснокутська З.І. Свідоцтво про внесення відомостей до Реєстру виробників та розповсюджувачів програмного забезпечення ВР № 01883 Україна. Зареєстр. 06.04.2017.

15. Програмний комплекс для дослідження паливної економічності та екологічних показників двигуна нерухомого транспортного засобу з урахуванням процесів прогріву. Грицук І.В., Волков В.П., Грицук Ю.В., Волков Ю.В., Володарець М.В., Павленко В.М., Вербовський В.С., Грицук А.І., Вербовська В.В., Грицук В.Ю., Матейчик В.П., Цюман М.П., Шевчук

І.О., Артеменко Р.В., Бориско С.Г., Садовник І.І., Коломієць С.В., Краснокутська З.І. Свідоцтво про внесення відомостей до Реєстру виробників та розповсюджувачів програмного забезпечення ВР № 01882 Україна. Зареєстр. 06.04.2017.

16. Програмний інформаційний комплекс для оцінювання способів забезпечення оптимального температурного стану двигунів і транспортних засобів з можливостями прогнозування параметрів їх технічного стану в умовах експлуатації. Грицук І.В., Волков В.П., Грицук Ю.В., Волков Ю.В., Володарець М.В., Павленко В.М., Вербовський В.С., Грицук А.І., Вербовська В.В., Грицук В.Ю., Матейчик В.П., Цюман М.П., Шевчук І.О., Артеменко Р.В., Бориско С.Г., Садовник І.І., Лук'янченко Ю.О., Краснокутська З.І. Свідоцтво про внесення відомостей до Реєстру виробників та розповсюджувачів програмного забезпечення ВР № 01875 Україна. Зареєстр. 06.04.2017.

ABSTRACT

Sadovnyk I.I. Improving fuel economy and environmental performance of a car equipped with a gasoline engine by adding hydrogen-containing gas using recovered heat energy. - Manuscript.

The thesis for candidate of technical sciences degree, specialty 05.22.20 - operation and repair of vehicles. - National Transport University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2021.

Analysis of the car gasoline engine heat losses distribution in different operating modes and operating conditions shows significant impact of these losses level on fuel economy and environmental performance of the car. Existing methods of exhaust gases heat energy recovery are gas turbine supercharging, recirculation, thermal accumulator charging. They allow to some extent to improve the car performance. However, the addition of hydrogen-containing gas to the air charge is also a known way to improve the engine efficiency through the impact on its operating process and the distribution of heat loss in it. This way can be used in parallel with these methods. But the main problem of use the hydrogen-containing gas on the car board is the issue of the gas production process energy supply. One of the possible methods of a comprehensive solution to this problem of ensuring the hydrogen-containing gas production in the gasoline engine vehicle operation is the use of thermoelectric recovery of exhaust gases heat energy.

In order to study the effect of hydrogen-containing gas adding to the engine air charge using thermoelectric recovery of exhaust gases heat energy on fuel economy and environmental performance of gasoline engine car, an appropriate method has been developed. This method includes bench tests of the engine equipped with means for hydrogen-containing gas supplying and thermoelectric conversion of heat energy in different speed and load modes. It also includes determining of the operating cycle and combustion process parameters, engine control system parameters, fuel consumption and concentrations of harmful substances in exhaust gases using specialized hardware and software.

To effectively use this method of ensuring the hydrogen-containing gas production, an experimental model of a system for adding hydrogen-containing gas to the air charge of a gasoline engine using thermoelectric conversion of exhaust gases heat energy. The system contains the hydrogen-containing gas generator for gas production and supply to the engine intake. It also contains additional battery to power supply of the gas generator. It contains thermoelectric generator in the exhaust system to ensure the additional battery charging by recovering the exhaust gases heat energy into electrical one.

To determine the impact of the created system on fuel economy and environmental performance of the car, an algorithm of mathematical modeling was developed, which contains a logical sequence of operations to determine these performance in the process of moving the car in the driving cycle. The simulation is performed by sequentially determining the current values of the volume efficiency coefficient, fuel and air consumption per hour, concentrations of harmful substances in the exhaust gases before and after the catalytic converter, exhaust gas cleaning efficiency, mass emissions, total fuel consumption and emissions per driving cycle depending on the hydrogen-containing gas fraction in air charge, the thermoelectric generator power, the amount of energy stored in the additional battery, in the engine operation modes corresponding to the car movement conditions. These parameters are described by polynomial dependences specified in the experimental studies.

According to the experimental studies results of the VW BBY engine using the developed system of adding hydrogen-containing gas, it was found that the greatest influence of adding hydrogen-containing gas is manifested in the modes of low speed and low load. In these modes, the use of hydrogen-containing additives reduces the combustion period, increases the maximum pressure and temperature in the cylinder and engine power. Due to this effect in low load modes it is possible to reduce fuel consumption by 2.4-3.8%, as well as the concentrations of CO, C_mH_n and CO_2 with a slight increase in the concentration of NO_x.

Studies of the thermoelectric generator experimental sample electrical

parameters allowed to establish the dependences of the power and efficiency of the thermoelectric conversion on the engine operation modes. The obtained values of electric current and voltage allow the use of thermoelectric generator of this design in the power supply system of the car. In this case, the degree of the thermoelectric generator nominal power achievement set by the manufacturer of thermoelectric modules is limited by the heat exchanger efficiency, which according to the research does not exceed 70%, which is a characteristic feature of this thermoelectric generator.

On the basis of the conducted experimental researches the adequacy of mathematical model individual polynomial dependences is checked. The adequacy of the modeling is also confirmed by comparing the results fuel consumption modeling with data from the car manufacturer. According to the results of forecasting the fuel consumption and emissions of Skoda Fabia car with VW BBY engine in the driving cycle in accordance with UNECE Regulations № 83-05, it is established that use of developed system for hydrogen-containing gas addition with thermoelectric generator reduces total fuel consumption by 1.9% and individual harmful substances emissions by 1.2-3.6% when hydrogen-containing gas adding is the amount of 3 l/min. This effect is almost increased linear with increasing the amount of hydrogen-containing gas. According to the results of the hydrogen-containing gas adding value influence on the amount of electricity stored in the additional battery, it is established that this value decreases almost linearly with increasing production of hydrogen-containing gas by the system, which makes it impossible to use efficiently.

To ensure the possibility of using the system in operating conditions, the maximum possible rated power of the thermoelectric generator is determined, taking into account its efficiency. This is 500 W. Taking into account the practical possibility of the determined maximum possible nominal power realization, the efficiency of using the thermoelectric generator with 16 and 24 thermoelectric modules is investigated. On the basis of the carried out researches, recommendations on expedient values choice of parameters the system for

hydrogen-containing gas addition with the thermoelectric generator of the given design are developed. In particular, it is determined that the efficient use of hydrogen-containing gas additive to the air charge of the car gasoline engine VW BBY 4F 7.65/7.56 in the range of loads in the driving cycle in accordance with UNECE Regulation № 83-05 requires the use of the hydrogen-containing gas generator with productivity of 3 l/min and the thermoelectric generator with a nominal power of 456 W. This will ensure the degree of the additional battery charge up to 96% and the estabilished above indicators of fuel economy and environmental performance of the car in operating conditions.

Scientific novelty of the obtained results. A method for ensuring the production of hydrogen-containing gas using thermoelectric recovery of the gasoline engine exhaust gases heat energy and the conditions of its use during the motor vehicle operation have been developed.

The polynomial dependences of fuel consumption, concentrations of harmful substances and intensity of exhaust gases heat energy thermoelectric conversion on the gasoline engine operation mode are specified, which take into account the addition of hydrogen-containing gas to its air charge.

The regularities the influence of the parameters the system for hydrogen-containing gas addition with the thermoelectric conversion of exhaust gases heat energy, in particular, the intensity of adding hydrogen-containing gas to the air charge and the nominal power of thermoelectric conversion, on the electrical energy accumulating efficiency in the additional battery, fuel consumption and emissions by the car in the driving cycle.

The practical significance of the obtained results. System for adding hydrogen-containing gas to the air charge of a gasoline engine using thermoelectric conversion of exhaust gases heat energy.

Algorithm for mathematical modeling of car performance with the system for adding hydrogen-containing gas to the air charge of a gasoline engine using thermoelectric conversion of exhaust gases heat energy.

The results of the impact evaluation of using the system for adding

hydrogen-containing gas to the air charge of a gasoline engine using thermoelectric conversion of exhaust gases heat energy on indicated, effective and environmental performance of the engine.

Recommendations on expedient values choice of parameters the system for adding hydrogen-containing gas to the air charge of a gasoline engine using thermoelectric conversion of exhaust gases heat energy.

The thesis results were accepted for use in the State Enterprise "The State Road Transport Research Institute" and in the Directorate of Road and Electric Urban Transport of the Ministry of Ukraine Infrastructure (Kyiv); in the Ukrainian Scientific-Research and Training Center for Chemmotology and Certification of Lubricants and Industrial Fluids of the National Aviation University (Kyiv).

Key words: heat energy, hydrogen-containing gas, thermoelectric generator, recuperation, fuel economy, environmental performance, gasoline engine, car, driving cycle.

List of published works on the topic of the thesis

The main provisions and results of the thesis are presented in 16 publications, which quite fully characterize the thesis.

Publications in scientific periodicals of foreign countries (in a foreign professional scientific publication indexed in the scientific-metric database Scopus, referred to the third quartile of Q3):

1. Mykola Tsiuman, Vasyl Mateichyk, Miroslaw Smieszek, Ivan Sadovnyk, Roman Artemenko, Yevheniia Tsiuman, Igor Gritsuk, Andrii Koval. The System for Adding Hydrogen-containing Gas to the Air Charge of the Spark Ignition Engine Using a Thermoelectric Generator. SAE Technical Paper 2020-01-2142, 2020, doi:https://doi.org/10.4271/2020-01-2142.

Publications in professional publications (sections of foreign monographs):

2. Tsiuman M.P., Borysko S.G., Artemenko R.V., Sadovnyk I.I. Features of efficiency evaluation the heat energy thermoelectric utilization in the internal combustion engine. Systemy i Srodki Transportu Samochodowego. Wybrane Zagadnienia : Monografia / pod redakcja naukowa Kazimierza Lejdy. – Seria Transport № 9. - Rzeszów: Politechnika Rzeszowska, 2017. – pp. 109–116.

3. Tsiuman M.P., Mateychyk V.P., Artemenko R.V., Sadovnyk I.I. Analysis of urban vehicle modes impact on fuel consumption and harmful emissions. Systemy i Srodki Transportu Samochodowego. Wybrane Zagadnienia : Monografia / pod redakcja naukowa Kazimierza Lejdy. – Seria Transport № 13. - Rzeszów: Politechnika Rzeszowska, 2018. – pp. 95–102.

4. Mykola Tsiuman, Oleksandr Hryshchuk, Roman Artemenko, Ivan Sadovnyk, Serhii Borysko. Experimental study of thermoelectric generator for heat energy utilization of internal combustion engine. Systemy i Srodki Transportu Samochodowego. Wybrane Zagadnienia : Monografia / pod redakcja naukowa Kazimierza Lejdy. – Seria Transport № 17. – Rzeszów: Politechnika Rzeszowska, 2019. – pp. 107–114.

Approbation publications:

5. Tsiuman M.P., Artemenko R.V., Sadovnyk I.I. Improving fuel economy and environmental performance of internal combustion engines by thermoelectric utilization of heat losses. LXXIII scientific conference of academic staff, graduate students, students and staff of separate departments of the university. Abstracts. - K.: NTU, 2017. - P. 42.

6. Gritsuk Igor, Mateichyk Vasyl, Simonenko Roman, Volkov Yurii, Sadovnik Ivan. The formation of information system to study the vehicular heating with the heating system and thermal accumulator in pre-start and after-start heating processes. Proceedings of the 8th International Scientific and Practical Conference "Modern propulsion systems for transport, technology and equipment for their maintenance", September 28-29, 2017 - Kherson: Kherson State Maritime Academy, 2017. pp. 57-61.

7. Tsiuman M.P., Shevchuk I.O., Sadovnyk I.I. Monitoring of environmental safety of vehicles on the basis of their technical state parameters in operating conditions. Proceedings of the 15th International Scientific and Technical Conference "Science for Education, Production, Economics": in 4 volumes. - Minsk: BNTU, 2017. - v.2. - pp. 104–105, 129.

8. Tsiuman M.P., Artemenko R.V., Sadovnyk I.I. Improving the fuel economy of internal combustion engines by thermoelectric heat recovery in idle and low loads. LXXIV scientific conference of academic staff, graduate students, students and staff of separate departments of the university. Abstracts. - K .: NTU, 2018. - P. 38.

9. Tsiuman M.P., Artemenko R.V., Borysko S.G., Sadovnyk I.I. Features of application of heat energy thermoelectric utilization in the internal combustion engine. Scientific works of the International scientific and practical conference "The latest technologies for the development of road transport", the conference is held annually on the occasion of the Automobile and Road Worker Day, October 16-19, 2018 (UkrISTEI Certificate from December 26, 2017 № 777). - Kharkiv: Kharkiv National Automobile and Road University, 2018. pp. 238-240.

10. Tsiuman M.P., Artemenko R.V., Sadovnyk I.I. Improving fuel economy and environmental performance of internal combustion engines by thermoelectric utilization of exhaust gas heat. Proceedings of the 16th International Scientific and Technical Conference "Science for Education, Production, Economics": in 4 volumes. - Minsk: BNTU, 2018. - v.2. - P. 88.

11. Tsiuman M.P., Artemenko R.V., Sadovnyk I.I. Improving fuel economy and environmental performance of automotive propulsion system using the thermoelectric generation of hydrogen-containing gas. LXXV scientific conference of academic staff, graduate students, students and staff of separate departments of the university. Abstracts. - K .: NTU, 2019. - P. 38.

12. Tsiuman Mykola, Mateichyk Vasyl, Smieszek Miroslaw, Sadovnyk Ivan, Artemenko Roman, Tsiuman Yevheniia. Investigation of efficiency of the system for adding hydrogen-containing gas to the air charge of the vehicular engine using a

thermoelectric generator. International Symposium on Electric Aviation and Autonomous Systems, ISEAS20, International Symposium on Aircraft Technology, MRO and Operations, ISATECH20, International Course on Unmanned Aerial Vehicle, ICUAV20, Kyiv, Ukraine, September 22-24, 2020, Proceedings, pp. 199-202.

Intellectual property certificates:

13. Software information system for predicting the parameters of the engine and vehicle in operating conditions. Grytsuk I.V., Volkov V.P., Grytsuk Y.V., Volkov Y.V., Volodarets M.V., Pavlenko V.M., Verbovskyi V.S., Grytsuk A.I., Verbovska V.V., Grytsuk V.Y., Mateychyk V.P., Tsiuman M.P., Shevchuk I.O., Artemenko R.V., Borysko S.G., Sadovnyk I.I., Kolomiiets S.V. Certificate of information entry into the Register of software producers and distributors. BP № 01884 Ukraine. Register 06/04/2017.

14. Software system for the study of fuel economy and environmental performance of the stationary vehicle engine, taking into account the heating processes in movement. Grytsuk I.V., Volkov V.P., Mateychyk V.P., Tsiuman M.P., Shevchuk I.O., Artemenko R.V., Borysko S.G., Sadovnyk I.I., Lukyanchenko Y.O., Krasnokutska Z.I. Certificate of information entry into the Register of software producers and distributors. BP № 01883 Ukraine. Register 06/04/2017.

15. Software system for the study of fuel economy and environmental performance of the stationary vehicle engine, taking into account the heating processes. Grytsuk I.V., Volkov V.P., Grytsuk Y.V., Volkov Y.V., Volodarets M.V., Pavlenko V.M., Verbovskyi V.S., Grytsuk A.I., Verbovska V.V., Grytsuk V.Y., Mateychyk V.P., Tsiuman M.P., Shevchuk I.O., Artemenko R.V., Borysko S.G., Sadovnyk I.I., Kolomiiets S.V., Krasnokutska Z.I. Certificate of information entry into the Register of software producers and distributors. BP № 01882 Ukraine. Register 06/04/2017.

16. Software information system for evaluating the methods of ensuring the optimal temperature state of engines and vehicles with the ability to predict their

technical condition parameters in operating conditions. Grytsuk I.V., Volkov V.P., Grytsuk Y.V., Volkov Y.V., Volodarets M.V., Pavlenko V.M., Verbovskyi V.S., Grytsuk A.I., Verbovska V.V., Grytsuk V.Y., Mateychyk V.P., Tsiuman M.P., Shevchuk I.O., Artemenko R.V., Borysko S.G., Sadovnyk I.I., Lukyanchenko Y.O., Krasnokutska Z.I. Certificate of information entry into the Register of software producers and distributors. BP № 01875 Ukraine. Register 06/04/2017.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ТЕРМІНІВ І УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ 24
ВСТУП 25
РОЗДІЛ 1. ВИБІР СПОСОБУ РЕКУПЕРАЦІЇ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ДВИГУНА ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ АВТОМОБІЛЯ 32
1.1. Втрати теплової енергії автомобільного двигуна та їх вплив на паливну економічність та екологічні показники автомобіля 32
1.2. Аналіз способів рекуперації теплової енергії відпрацьованих газів для поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобільного двигуна 39
1.3. Термоелектричне перетворення теплової енергії відпрацьованих газів двигуна та можливості його використання для поліпшення показників автомобіля 57
1.4. Висновки до розділу 1 64
РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОДАВАННЯ ВОДНЕВМІСНОГО ГАЗУ ДО ПОВІТРЯНОГО ЗАРЯДУ БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ 67
2.1. Структура методики проведення досліджень 67
2.2. Система додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів 68

2.3. Визначення основних розмірів термоелектричного генератора для забезпечення роботи генератора водневмісного газу 73
2.4. Висновки до розділу 2 86
РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ АВТОМОБІЛЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМИ ДОДАВАННЯ ВОДНЕВМІСНОГО ГАЗУ ДО ПОВІТРЯНОГО ЗАРЯДУ ДВИГУНА 88
3.1. Структура алгоритму математичного моделювання 88
3.2. Особливості моделювання показників двигуна при додаванні водневмісного газу до повітряного заряду під час руху автомобіля в їздовому циклі 99
3.3. Особливості моделювання процесів нейтралізації шкідливих речовин та термоелектричного перетворення теплової енергії ВГ 103
3.4. Висновки до розділу 3 109
РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДВИГУНА З СИСТЕМОЮ ДОДАВАННЯ ВОДНЕВМІСНОГО ГАЗУ ДО ПОВІТРЯНОГО ЗАРЯДУ З ВИКОРСИТАННЯМ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНОГО ГЕНЕРАТОРА 110
4.1. Мета експериментальних досліджень 110
4.2. Програма експериментальних досліджень 111
4.3. Об’єкт експериментальних досліджень 111
4.4. Прилади і обладнання, які застосовувались під час випробувань 113
4.5. Похибки приладів і вимірювань при проведенні експерименту 125
4.6. Результати експериментальних досліджень 126

4.7. Висновки до розділу 4 139

РОЗДІЛ 5. РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ АВТОМОБІЛЯ З СИСТЕМОЮ ДОДАВАННЯ ВОДНЕВМІСНОГО ГАЗУ ДО ПОВІТРЯНОГО ЗАРЯДУ З ВИКОРСИТАННЯМ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНОГО ГЕНЕРАТОРА 140

5.1. Перевірка адекватності математичної моделі двигуна 140

5.2. Дослідження впливу використання системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду з використанням термоелектричного генератора на паливну економічність і екологічні показники автомобіля в режимах їздового циклу 145

5.3. Розробка рекомендацій щодо вибору доцільних значень параметрів системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду з використанням термоелектричного генератора 153

5.4. Висновки до розділу 5 156

ВИСНОВКИ 159

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 163

Додатки 178

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АЦП – аналого-цифровий перетворювач;

ВГ – відпрацьовані гази;

ДВЗ – двигун внутрішнього згоряння;

ЄЕК ООН – Європейська економічна комісія Організації Об'єднаних Націй;

НТУ – Національний транспортний університет;

к.к.д. – коефіцієнт корисної дії;

ПК – персональний комп’ютер;

п.к.в. – поворот колінчастого вала;

ШР – шкідливі речовини;

$C_m H_n$ – вуглеводні;

CO – оксид вуглецю;

CO_2 – діоксид вуглецю;

NO_x – оксиди азоту;

КОН – гідроксид калію;

VW – Volkswagen;

ТЕГ – термоелектричний генератор;

ТЗ – транспортний засіб.

ВСТУП

Актуальність теми. Ефективність функціонування автомобільного двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) визначається здатністю перетворювати енергію, внесену з паливом, в корисну роботу та рівнем забруднення навколишнього середовища шкідливими речовинами. Аналіз конструкцій сучасних автомобільних ДВЗ свідчить про постійне їх удосконалення, що направлене на поліпшення ефективності використання палива та екологічних показників, зокрема, поліпшенням якості процесу згорання, зменшенням теплових втрат, механічних втрат, використанням теплової енергії систем мащення, охолодження та випуску відпрацьованих газів (ВГ), застосуванням систем каталітичної нейтралізації шкідливих речовин, ефективним використанням альтернативних палив в умовах експлуатації, тощо.

Останнім часом з метою поліпшення паливної економічності та зниження викидів сполук вуглецю, зокрема, вуглекислого газу, пропонуються різні способи додавання водню або водневмісних сумішей до паливоповітряної суміші автомобільних двигунів. Для вивчення ефектів додавання водню на витрату палива та викиди проводяться численні наукові дослідження. Такий інтерес до використання водню замість традиційних вуглеводневих палив обумовлений насамперед його високими енергетичними показниками та можливістю значно знизити або повністю позбутися викидів оксидів вуглецю та вуглеводнів.

Одним із способів ефективного використання водню є додавання водневмісного газу до повітряного заряду, наприклад, синтез-газу, ацетилену або гримучого газу (газу Брауна). Останній викликає значний інтерес для практичного використання оскільки може бути отриманий простим способом в результаті електролізу водних розчинів лугів. В ряді робіт проведено дослідження впливу добавки водневмісного газу з різними способами отримання і подачі до різних типів двигунів, яке свідчить про суттєвий позитивний ефект такої добавки.

Однак, використання енергії для роботи електролізера від штатного джерела електричного живлення автомобіля має негативний ефект на енергетичні показники двигуна внаслідок збільшення механічного навантаження з боку електричного генератора. В режимах неповного навантаження це проявляється у додатковій витраті палива. Це практично нівелює позитивний вплив використання водневмісного газу на показники робочого процесу двигуна.

Тому, в умовах експлуатації автомобільного двигуна важливо забезпечити джерело електричної енергії для живлення генератора водневмісного газу, яке б не мало негативного впливу на показники двигуна і не потребувало додаткових витрат палива. З урахуванням того, що близько 60 % енергії, що вноситься з паливом у двигун втрачається у вигляді теплових втрат, актуальним джерелом додаткової електричної енергії є термоелектричний генератор. Тому, актуальною задачею є пошук шляхів ефективного практичного застосування термоелектричних генераторів для забезпечення функціонування системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду двигуна з іскровим запалюванням з метою поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобілів, чому і присвячена дисертаційна робота.

Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась згідно плану наукових робіт Національного транспортного університету (НТУ): на 2016 рік за темою "Розробка і дослідження систем моніторингу засобів транспорту на основі інформаційних систем в умовах експлуатації", державна реєстрація №0116U007887; на 2016-2018 роки за темою "Поліпшення показників транспортних засобів удосконаленням систем двигунів та застосуванням альтернативних палив", державна реєстрація №0116U007533; на 2019-2020 роки за темою "Зниження витрати палива і шкідливих викидів двигунами дорожніх транспортних засобів оптимізацією конструктивних і експлуатаційних факторів", державна реєстрація №0119U100692.

Мета та завдання дослідження. Метою роботи є поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобіля з бензиновим двигуном додаванням водневмісного газу до повітряного заряду з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів.

Для досягнення мети вирішуються такі завдання:

1. Аналіз використання різних способів рекуперації теплової енергії відпрацьованих газів та додавання до повітряного заряду двигунів внутрішнього згоряння водневмісних газів для поліпшення їх паливної економічності та екологічних показників.

2. Розробка методики проведення досліджень впливу додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів на паливну економічність та екологічні показники автомобіля.

3. Розробка системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів.

4. Розробка алгоритму математичного моделювання показників автомобіля з використанням розробленої системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна.

5. Проведення експериментальних досліджень бензинового двигуна обладнаного системою додавання водневмісного газу до повітряного заряду та термоелектричним генератором для перетворення теплової енергії відпрацьованих газів.

6. Проведення розрахункових досліджень впливу використання запропонованої системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна на паливну економічність і екологічні показники автомобіля в режимах їздового циклу.

7. Розробка рекомендацій щодо вибору доцільних значень параметрів системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового

двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів.

Об'єкт дослідження – вплив використання системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів на паливну економічність та екологічні показники автомобіля.

Предмет дослідження – визначення доцільних значень параметрів системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів для поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобіля.

Методи дослідження. Для визначення доцільних значень параметрів системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів та їх впливу на паливну економічність та екологічні показники автомобіля використано розрахунково-експериментальний метод.

Експериментальним методом визначено вплив використання системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів на індикаторні, ефективні і екологічні показники двигуна VW BBY; отримано поліноміальні залежності для визначення інтенсивності термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів, витрати палива та концентрацій шкідливих речовин у відпрацьованих газах з урахуванням додавання водневмісного газу до повітряного заряду двигуна в залежності від режиму його роботи.

Розрахунковим методом визначено доцільні значення параметрів системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів та їхній вплив на паливну економічність і екологічні

показники автомобіля в режимах їздового циклу згідно Правил ЄЕК ООН № 83-05.

Наукова новизна одержаних результатів. Розроблено метод забезпечення виробництва водневмісного газу з використанням термоелектричної рекуперації теплової енергії відпрацьованих газів бензинового двигуна та умови його використання під час експлуатації автомобільного транспортного засобу.

Уточнено поліноміальні залежності витрати палива, концентрацій шкідливих речовин та інтенсивності термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів від режиму роботи бензинового двигуна, які враховують додавання водневмісного газу до його повітряного заряду.

Отримано закономірності впливу параметрів системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів, зокрема, інтенсивності додавання водневмісного газу до повітряного заряду та номінальної потужності термоелектричного перетворення, на ефективність накопичення електричної енергії в додатковій батареї, витрату палива та шкідливі викиди автомобілем під час його руху в їздовому циклі.

Практичне значення одержаних результатів. Система додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів.

Алгоритм математичного моделювання показників автомобіля з системою додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів.

Результати оцінки впливу використання системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з

використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів на індикаторні, ефективні і екологічні показники двигуна.

Рекомендації щодо вибору доцільних значень параметрів системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів.

Результати роботи прийняті до використання в ДП «ДержавтотрансНДІпроект» та в Директораті автомобільного та електричного міського транспорту Міністерства інфраструктури України (м. Київ); Українському науково-дослідному та навчальному центрі хіммотології і сертифікації паливно-мастильних матеріалів і технічних рідин Національного авіаційного університету (м. Київ).

Особистий внесок здобувача. Здобувачем визначено основні конструктивні параметри системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів [93, 94, 99, 101, 102]; розроблено алгоритм математичного моделювання показників автомобіля з розробленою системою додавання водневмісного газу [95, 96, 98, 105-108]; проведено стендові дослідження двигуна VW BBY з розробленою системою додавання водневмісного газу в широкому діапазоні швидкісних і навантажувальних режимів [102, 103]; уточнено поліноміальні залежності для визначення інтенсивності термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів, витрати палива та концентрацій шкідливих речовин у відпрацьованих газах з урахуванням додавання водневмісного газу до повітряного заряду двигуна [103]; проведено розрахункові дослідження впливу використання розробленої системи додавання водневмісного газу на паливну економічність і екологічні показники автомобіля Scoda Fabia в режимах їздового циклу згідно Правил ЄЕК ООН № 83-05 [97, 100, 103]; розроблено рекомендації щодо вибору доцільних значень параметрів системи

додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів [104].

Апробація результатів дисертації. Результати роботи були представлені та схвалені на LXXIII, LXXIV, LXXV наукових конференціях викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів НТУ в 2017–2019 рр. (м. Київ); на XXVIII, XIX, XXX Міжнародних конференціях ”Systemy i Srodki Transportu Samochodowego” в Жешувській політехніці в 2017–2019 рр. (м. Жешув, Польща); на 15-й, 16-й Міжнародних науково-технічних конференціях «Наука – образованию, производству, экономике» в БНТУ в 2017–2018 рр. (м. Мінськ, Білорусь); на 8-й Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування» у Херсонській державній морській академії в 2017 р. (м. Херсон); на Міжнародній науково-практичній конференції «Новітні технології розвитку автомобільного транспорту» у Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті в 2018 р. (м. Харків); на Міжнародному симпозіумі «Electric Aviation and Autonomous Systems ISEAS20» в Національному авіаційному університеті в 2020 р. (м. Київ).

Публікації. Матеріали дисертаційної роботи опубліковано у 16 наукових працях, з яких: 1 стаття у іноземному фаховому науковому виданні, що індексується у науково-метричній базі Scopus, відноситься до третього квартилю Q3; 3 статті у фахових виданнях (розділах іноземних монографій); 8 публікацій у матеріалах наукових конференцій. Отримано 4 свідоцтва на інтелектуальну власність.

Структура дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації складає 224 сторінки, включаючи 138 сторінок основного тексту, 9 таблиць, 74 рисунки, список використаних джерел з 110 найменувань та 16 додатків.

РОЗДІЛ 1
ВИБІР СПОСОБУ РЕКУПЕРАЦІЇ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ДВИГУНА ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ АВТОМОБІЛЯ

1.1. Втрати теплової енергії автомобільного двигуна та їх вплив на паливну економічність та екологічні показники автомобіля

Ефективність використання автомобіля, зокрема, його паливна економічність та екологічні показники, значною мірою залежить від ефективності роботи його двигуна. На автомобільному транспорті сьогодні переважає використання двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ). Їх основні показники визначаються здатністю перетворювати енергію, внесену з паливом, в корисну роботу, тобто коефіцієнтом корисної дії (к.к.д.)

З термодинаміки відомо [1], що к.к.д. автомобільного ДВЗ обмежений к.к.д. відповідного ідеального термодинамічного циклу, який, в свою чергу, обумовлений другим законом термодинаміки. Циклам автомобільних ДВЗ відповідають ідеальні термодинамічні цикли з неповним розширенням робочого тіла з підведенням теплоти при постійному об’ємі, постійному тиску та змішаним підведенням теплоти. К.к.д. таких циклів залежить від ступеня стискання, ступеня підвищення тиску під час згоряння, ступеня попереднього розширення та показника адіабати. Аналіз к.к.д. циклу з підведенням теплоти при постійному об’ємі, що відповідає дійсному циклу двигуна з іскровим запалюванням [2] свідчить, що навіть за умови постійного складу робочого тіла із показником адіабати 1,4 та ступеня стискання 14 значення к.к.д. не перевищить 0,65. Тобто, навіть за ідеальних умов 35 % теплової енергії буде втрачено.

Крім того, дійсний к.к.д. автомобільного ДВЗ залежить від великого числа конструктивних та експлуатаційних факторів [2], зокрема, конструкції деталей кривошипно-шатунного механізму, фаз газорозподілу, систем

впуску, випуску, складу паливоповітряної суміші, кута випередження запалювання, частоти обертання колінчастого вала, навантаження. Сукупний вплив різних факторів впливу на к.к.д. двигуна проявляється в різних режимах його роботи, які, в свою чергу, залежать від умов руху автомобіля.

Умовно, усі втрати енергії, внесеної з паливом, які визначають ефективний к.к.д. двигуна, можна розподілити за складовими за місцем їх виникнення. Ці складові втрат, а також тепловий еквівалент ефективної роботи складовими теплового балансу двигуна [2]. Так, виділяють теплові втрати у систему охолодження, систему змащення, з відпрацьованими газами (ВГ), інші втрати. Частину втрат у системи охолодження і змащення складають також втрати на тертя.

Значення усіх складових теплових втрат автомобільного ДВЗ залежить від режиму його роботи. Серед них можна виділити:

- режим холостого ходу;
- робочі режими малих, середніх і високих навантажень;
- режими прогріву, що може здійснюватись як в режимі холостого ходу, так і в інших робочих режимах.

У дослідженні [3] виконано аналіз впливу режимів роботи двигуна та режимів руху автомобіля в їздовому циклі на розподіл таких складових теплових втрат як втрати у систему охолодження, механічні втрати, втрати теплової енергії з відпрацьованими газами. В цьому дослідженні були використані дані експериментальних досліджень двигуна 4Ч 7,65/7,56 [4, 5]. В процесі експериментальних досліджень було визначено серію навантажувальних характеристик в усьому діапазоні швидкісних режимів з реєстрацією сигналу тиску робочого тіла і моменту запалювання в четвертому циліндрі двигуна. Для подальшого аналізу в кожному режимі роботи була визначена представницька індикаторна діаграма. На основі цих даних було визначено загальну теплоту, внесену з паливом, та складові теплового балансу в окремих режимах роботи двигуна, зокрема теплоту, еквівалентну ефективній роботі q_e, роботі, затраченій на привід внутрішніх

споживачів механічної енергії q_m, відведену від робочого тіла у стінки циліндру внаслідок теплообміну q_{cs}, виведену в навколишнє середовище разом з відпрацьованими газами q_{eg} і втрачену через неповноту згоряння палива q_{ic} (рис. 1.1).

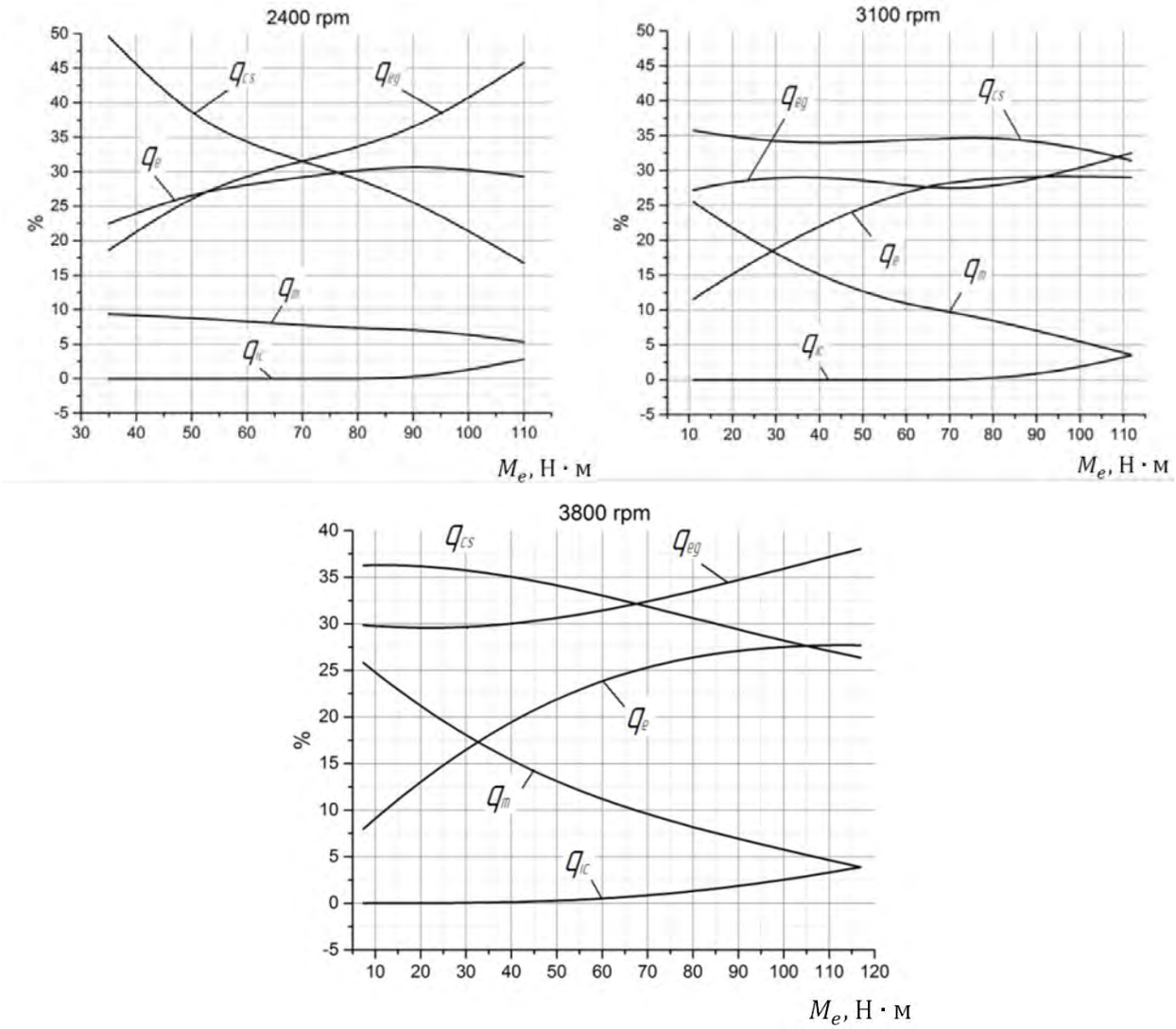


Рисунок 1.1 – Відносні значення складових теплового балансу двигуна 4Ч 7,65/7,56 в різних швидкісних і навантажувальних режимах [3]

Аналіз отриманих даних показує, що зі зростанням навантаження збільшується частка теплової енергії, яка втрачається в системі випуску і зменшується частка, що втрачається в систему охолодження. Це пояснюється тим, що при малих навантаженнях знижується наповнення циліндрів свіжим зарядом і, як наслідок, знижується кількість відпрацьованих газів, що в цілому зменшує кількість теплоти, яку несуть відпрацьовані гази. Крім того,

при частотах обертання n = 2400 і n = 3100 хв$^{-1}$ має місце зниження сумарної частки теплоти, еквівалентної ефективній роботі і механічним втратам, при зниженні навантаження, що додатково призводить до збільшення частки втрат у систему охолодження. При частоті обертання n = 3800 хв$^{-1}$ така особливість не спостерігається.

Подібні результати розподілу складових теплового балансу в окремих режимах роботи двигуна наводяться також в інших роботах [2, 6].

Значення розподілу складових теплових втрат (рис. 1) було використано для моделювання їх розподілу в основних експлуатаційних режимах автомобіля категорії М1 з двигуном 4Ч 7,65/7,56 в їздовому циклі згідно Правил ЄЕК ООН № 83-05 [7], що складається з чотирьох послідовних міських ділянок міського циклу і магістральної ділянки циклу [3]. Для кожної елементарної ділянки їздового циклу було визначено параметри режиму роботи автомобільного двигуна в залежності від заданої швидкості автомобіля, включеної передачі і зовнішніх сил опору руху автомобіля.

Результати досліджень показали (рис. 1.2), що середня ефективність роботи двигуна при русі автомобіля в міському циклі досягає всього 19,65 % і переважають втрати теплової енергії в систему охолодження – 41,03 %. При русі автомобіля в магістральному циклі середні втрати теплової енергії в систему випуску підвищуються і досягають значень втрат у систему охолодження – 30,49 %.

На основі складових теплових втрат визначено складові балансу потужностей двигуна при русі автомобіля у відповідних режимах їздового циклу, що визначені відповідними швидкістю та прискоренням автомобіля в цих режимах (рис. 1.3). Із представлених залежностей видно, що в режимах міського руху автомобіля (рис. 1.3, а) найбільші значення має потужність втрат у систему охолодження. При цьому, в режимах руху в магістральній частині їздового циклу (рис. 1.3, б) потужність втрат теплоти з відпрацьованими газами наближається або перевищує потужність теплових втрат в систему охолодження.

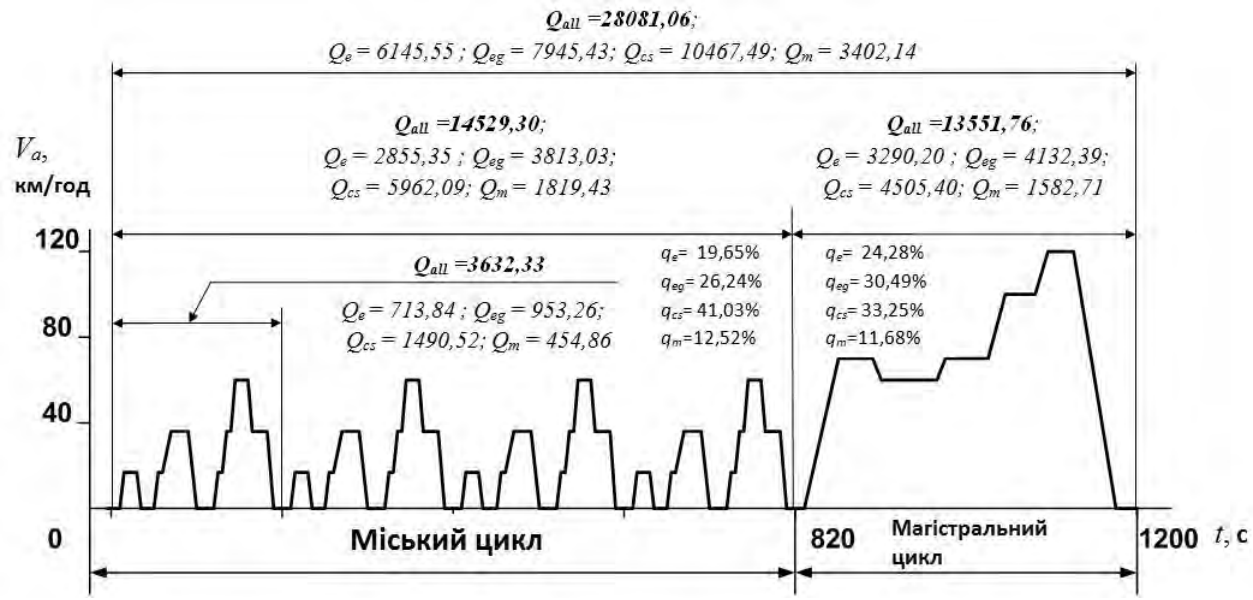
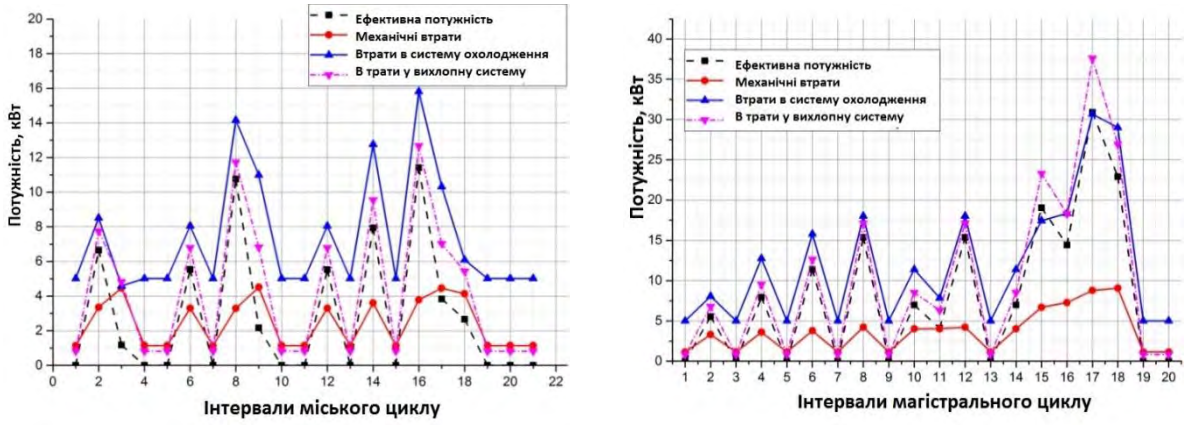


Рисунок 1.2 – Еквівалентна теплова енергія Q (кДж) двигуна та її розподіл за складовими при русі автомобіля в режимах їздового циклу згідно Правил ЄЕК ООН № 83-05 [3]



а) б)

Рисунок 1.3 – Компоненти балансу потужностей автомобільного двигуна на елементарних ділянках їздового циклу автомобіля: а – міський цикл; б – магістральний цикл [3]

Співставлення отриманого розподілу теплових втрат двигуна в різних умовах руху автомобіля в міському та магістральному їздових циклах та середніх питомих витрат палива і викидів шкідливих речовин в цих умовах,

визначених в роботі [8] свідчить про значний вплив теплових втрат двигуна на паливну економічність і екологічні показники автомобіля (рис. 1.4).

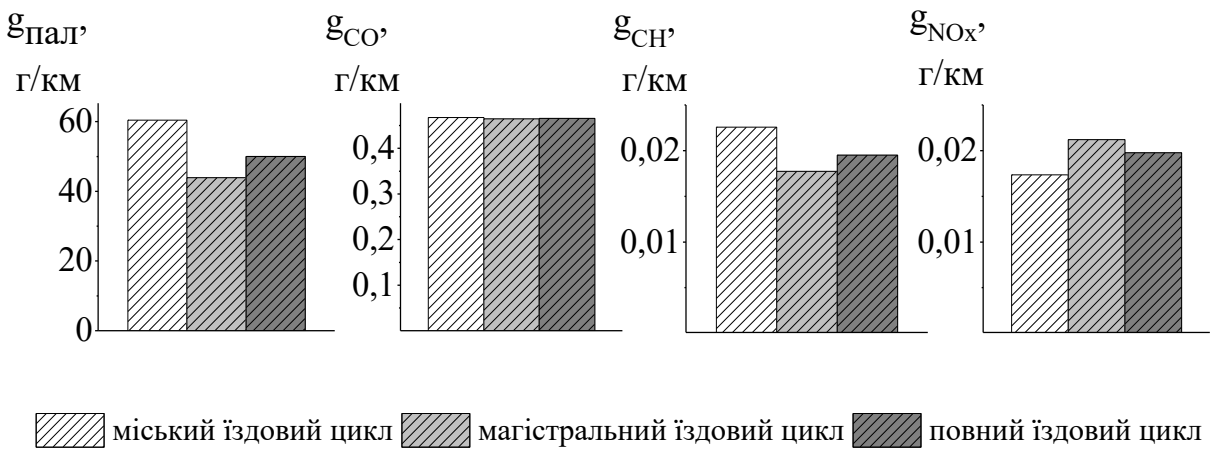


Рисунок 1.4 – Вплив умов руху автомобіля на середні питомі витрату палива і масові викиди шкідливих речовин

Так, в магістральному їздовому циклі витрата палива знижується на 27,3%, викиди оксиду вуглецю CO – на 0,6%, а викиди вуглеводнів C_mH_n – на 21,2% порівняно із міським їздовим циклом. При цьому, викиди оксидів азоту NO_x зростають на 21,8%. Тобто, загальне зменшення теплових втрат двигуна і, зокрема, втрат у систему охолодження і механічних втрат призводить до суттєвого поліпшення паливної економічності автомобіля та зниження викидів продуктів неповного згоряння CO і C_mH_n, однак призводить до збільшення викидів NO_x.

Отримані значення потужності теплових втрат складають величину потенційної теплової енергії, що може бути використана при реалізації того чи іншого способу утилізації теплових втрат автомобільного двигуна. При такому співвідношенні ефективної потужності і потужності теплових втрат, утилізація їх навіть в межах 5-10% може дати суттєвий ефект поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобільного двигуна.

Окрім втрат теплової енергії в різних режимах прогрітого двигуна суттєвий вплив на витрату палива і викиди шкідливих речовин мають і втрати теплоти під час прогріву двигуна.

У дослідженні [9] визначено, що в під час прогрівання в режимі холостого ходу з 20 до 90 °С двигун МеМЗ-245 споживає близько 240 г палива за 390 с. У той же час прогрітий двигун споживає за такий же період часу 110 г палива, що на 130 г менше. Тобто, режим прогріву двигуна може призводити до збільшення витрати палива більш ніж на 100 % саме за період прогріву. У разі експлуатації автомобіля на невеликі відстані це може суттєво підвищувати експлуатаційну витрату палива.

На кількість витраченого палива для забезпечення прогріву автомобільного двигуна до робочої температури значною мірою впливає також і режим прогріву. Це пов’язано із впливом різних режимів роботи двигуна як на його паливну економічність, так і на процес прогрівання охолоджуючої рідини та моторної оливи.

Так, у дослідженні [10] встановлено вплив різних режимів прогріву на витрату палива двигуна G4GC (4Ч 8,2 / 9,35). За результатами дослідження визначено, що кількість палива для прогріву двигуна від температури -5 °С до 85 °С в режимі холостого ходу складає 490 г. Час прогріву при цьому складає 27 хв. При використанні прогріву двигуна у русі автомобіля витрата палива зростає до 709 г, а час прогріву скорочується до 18 хв. При цьому, під час прогріву у русі автомобіль виконує корисну роботу переміщуючись на 7,85 км.

У роботах [11–14] досліджено вплив прогрівання двигуна автомобіля KIA CEE’D на витрату палива і викиди шкідливих речовин в режимі холостого ходу та під час руху в їздовому циклі згідно Правил ЄЕК ООН № 83-05 при різних температурах навколишнього середовища. У цих дослідженнях встановлено, що витрата палива під час процесу прогріву в режимі холостого ходу від температури навколишнього середовища до робочої температури охолоджуючої рідини 85 °С при температурі

навколишнього середовища -20 °С складає 266 г, при 0 °С – 187 г, при 20 °С – 125 г. Викиди CO при -20 °С складають 53 г, при 0 °С – 33 г, при 20 °С – 20г. Викиди C_mH_n складають 1,5, 1,1 та 0,7 г, а викиди NO_x – 0,23, 0,3 та 0,28 г відповідно. В режимі прогріву під час руху автомобіля в їздовому циклі за тих же умов навколишнього середовища витрата палива має значення 305, 233 та 174 г; викиди CO – 42, 24 та 13 г; викиди C_mH_n – 1,2, 0,8 та 0,5 г; викиди NO_x – 1,15, 1,14 та 1,1 г відповідно. Тобто, температура навколишнього середовища має значний вплив на витрату палива та викиди CO і C_mH_n під час прогріву в режимі холостого ходу та під час руху автомобіля. Збільшення температури навколишнього середовища призводить до зменшення теплових втрат і внаслідок цього витрати палива і викидів продуктів неповного згоряння. В режимі прогріву під час руху автомобіля витрати палива мають більші значення ніж в режимі холостого ходу оскільки має місце також корисна робота переміщення автомобіля. Крім того, на викиди шкідливих речовин значний вплив мають також теплові процеси та температура каталітичного нейтралізатора.

Таким чином, втрати теплової енергії мають значний вплив на паливну економічність та екологічні показники автомобіля. В експлуатаційних умовах вони залежать від режимів роботи автомобільного двигуна та його конструктивних особливостей. Одними із найбільших є втрати теплової енергії з відпрацьованими газами. Тому, як один із перспективних методів поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобільних ДВЗ розглядається утилізація теплової енергії відпрацьованих газів.

1.2. Аналіз способів рекуперації теплової енергії відпрацьованих газів для поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобільного двигуна

Аналіз конструкцій сучасних двигунів свідчить про постійне їх удосконалення, що сприяє підвищенню ефективності використання палива та

зменшення теплових втрат, зокрема, зменшення механічних втрат, поліпшення якості процесу згоряння, використання енергії відпрацьованих газів.

Серед відомих способів використання енергії відпрацьованих газів для поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобільного двигуна можна виділити:

- привод турбокомпресора в системах газотурбінного наддуву автомобільних ДВЗ;
- рециркуляція відпрацьованих газів;
- заряджання теплового акумулятора та використання накопиченої теплової енергії для поліпшення показників двигуна в режимах його прогріву.

Привод турбокомпресора в системах газотурбінного наддуву автомобільних ДВЗ. Наддув – відомий спосіб суттєвого збільшення масового наповнення циліндрів свіжим зарядом [2]. Раніше газотурбінний наддув використовувався переважно в дизелях, але останнім часом набув використання і на бензинових ДВЗ. При його використанні свіжий заряд у циліндри надходить під тиском, більшим за атмосферний. Основним елементом системи газотурбінного наддуву (рис. 1.5) є турбокомпресор, що містить компресор 10 та турбіну 11, які з'єднані спільним валом. Теплова енергія відпрацьованих газів, які виходять із циліндра 1 через випускний клапан 3 по випускному каналу 4 перетворюється в механічну енергію обертання турбіни 11. Механічна енергія обертання турбіни 11 перетворюється у внутрішню енергію стиснутого у компресорі 10 повітря, яке надходить по впускному каналу 7 через впускний клапан 6 в циліндр 1. Таким чином відбувається утилізація частини теплової енергії відпрацьованих газів, що забезпечує поліпшення в першу чергу енергетичних показників та паливної економічності двигуна.

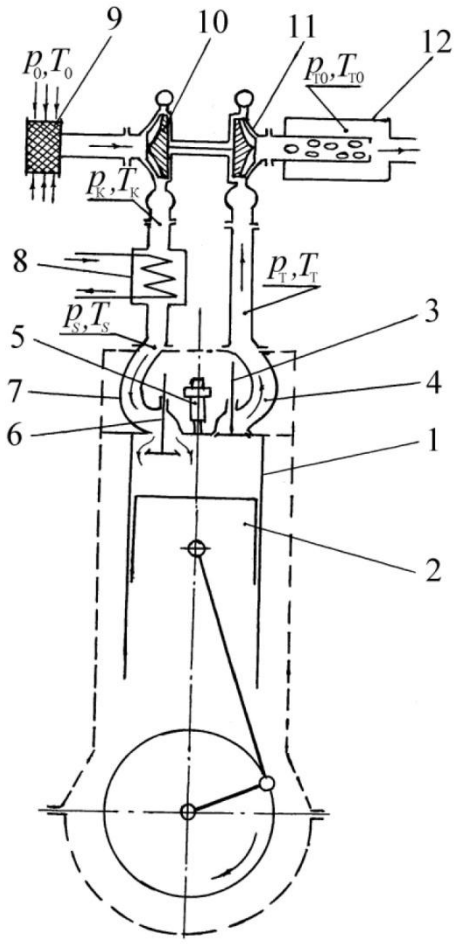


Рисунок 1.5 – Принципова схема двигуна з газотурбінним наддувом [15]: 1 – циліндр; 2 – поршень; 3 – випускний клапан; 4 – випускний канал; 5 – форсунка; 6 – впускний клапан; 7 – впускний канал; 8 – повітроохолоджувач; 9 – повітроочисник; 10 – компресор; 11 – турбіна; 12 – глушник.

Вплив використання газотурбінного наддуву для поліпшення показників ефективності автомобільних ДВЗ досліджено у багатьох наукових працях, зокрема, у [16-26].

Зокрема, збільшення наповнення циліндра повітрям забезпечує згоряння більшої кількості палива і отримання таким чином більшої роботи циклу, середнього індикаторного тиску і ефективної потужності. Так, на рис. 1.6 показано зовнішні характеристики автомобільного двигуна Porsche-924 без наддуву та обладнаного газотурбінним наддувом у двох варіантах, які відрізняються системами управління тиском наддуву [16].

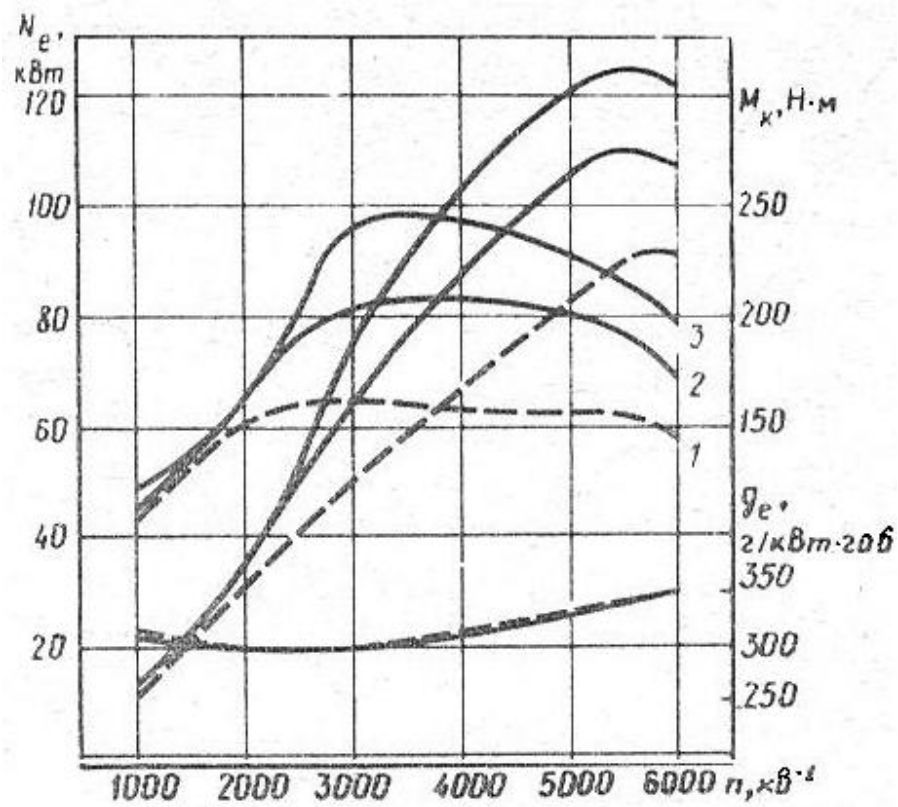


Рисунок 1.6 – Зовнішні швидкісні характеристики двигуна Porsche-924 [16]: 1 – без наддуву; 2 – з наддувом (варіант 1); 3 – з наддувом (варіант 2).

Із рис. 1.6 видно, що при застосуванні газотурбінного наддуву підвищуються енергетичні показники двигуна, а питома ефективна витрата палива залишається практично незмінною.

Однак, використання газотурбінного наддуву в бензинових двигунах має ряд проблем: висока теплова напруженість лопаток турбіни внаслідок високої температури відпрацьованих газів порівняно з дизелями; необхідність забезпечення бездетонаційної роботи двигуна без зміни ступеня стискання; необхідність зменшення моменту інерції вала турбокомпресора в перехідних режимах розгону двигуна; необхідність розширення діапазону ефективної роботи турбокомпресора в режимах середніх і малих частот обертання колінчастого вала двигуна.

Вирішення проблеми високої теплової напруженості лопаток турбіни при використанні газотурбінного наддуву в бензинових двигунах в першу

чергу забезпечується проектуванням спеціальних турбокомпресорів з використанням більш термостійких матеріалів. Разом з тим, вирішення цієї проблеми також пов’язано із забезпеченням бездетонаційної роботи двигуна. Способи досягнення цього висвітлені в роботах [16, 18-20].

Так, в роботі [19] досліджено вплив складу паливоповітряної суміші, кута випередження запалювання та тиску наддуву на паливну економічність та екологічні показники двигуна легкового автомобіля з літражем 1700 см^3 і ступенем стискання ε = 8,1. Метою такого дослідження було визначення таких значень тиску наддуву, кута випередження запалювання і складу паливоповітряної суміші, які забезпечують бездетонаційну роботу двигуна, температуру відпрацьованих газів та необхідний рівень підвищення енергетичних показників у відповідних режимах роботи двигуна. Як приклад, на рис. 1.7 представлено залежності впливу досліджуваних параметрів в режимі повного відкриття дросельної заслінки при частоті обертання колінчастого вала 2200 хв$^{-1}$.

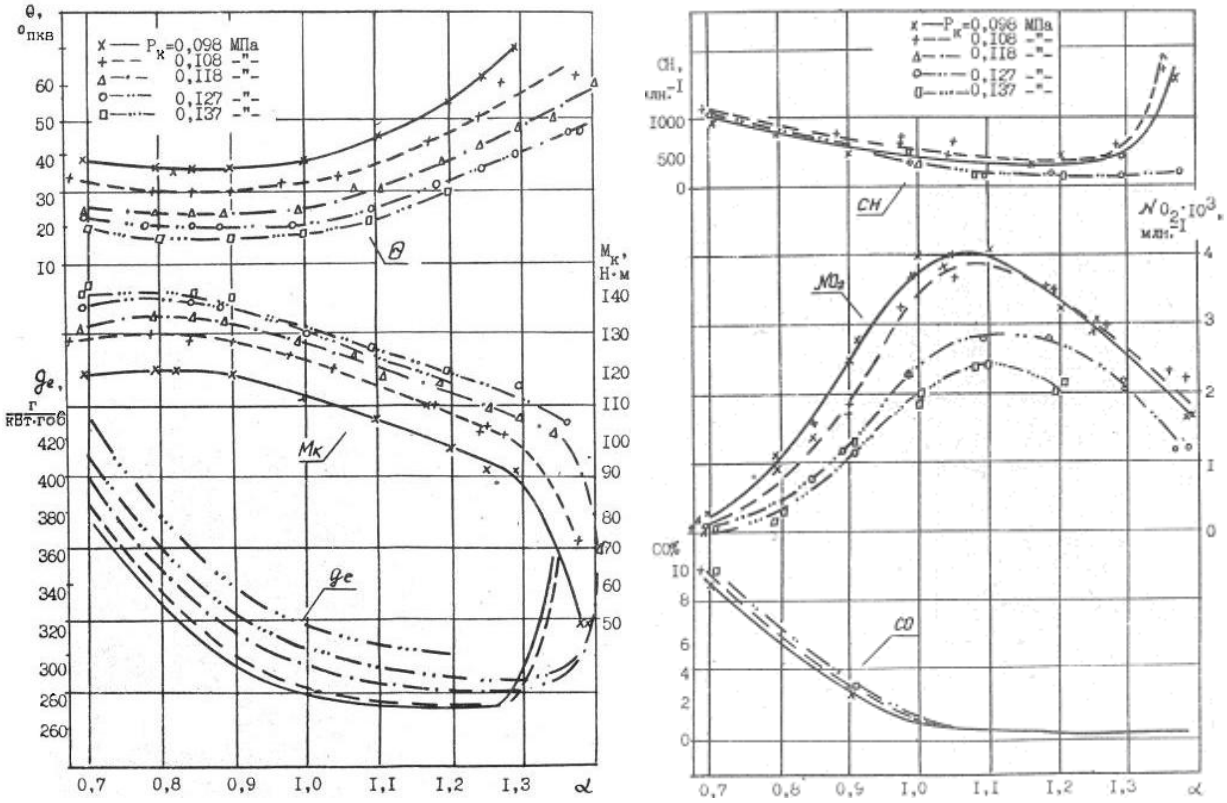


Рисунок 1.7 – Регулювальні характеристики за складом суміші та тиском наддуву бензинового двигуна легкового автомобіля [19]

З характеристик видно, що максимальна паливна економічність досягається при бідних сумішах $\alpha = 1{,}1 \ldots 1{,}3$, а максимальний крутний момент двигуна – при багатих $\alpha = 0{,}7 \ldots 0{,}9$. Збільшення тиску наддуву погіршує паливну економічність, що пояснюється зменшенням кута випередження запалювання для забезпечення бездетонаційної роботи двигуна в даному режимі. Значення концентрацій CO і C_mH_n практично не залежать від зміни досліджуваних параметрів. Разом з тим, концентрації NO_x зменшуються зі збільшенням тиску наддуву, що пов'язано зі зменшенням кута випередження запалювання. Таким чином, для забезпечення ефективного управління регулювальними параметрами двигуна для забезпечення його без детонаційної роботи при використанні газотурбінного наддуву є наявність в системі управління датчика детонації, що забезпечує точне корегування кута випередження запалювання [22].

Основний ефект поліпшення паливної економічності та зниження викидів автомобіля при застосуванні газотурбінного наддуву в бензинових двигунах з таким принципом управління регулювальними параметрами досягається в результаті зменшення літражу двигуна з газотурбінним наддувом порівняно із безнаддувним двигуном за умови рівності їх енергетичних показників. Наприклад, в міському циклі руху можливе зменшення експлуатаційної витрати палива до 30 % [20].

Момент інерції вала турбокомпресора є однією з причин погіршення протікання характеристики крутного моменту в режимі інтенсивного розгону двигуна (так звана «турбо-яма»). Зниження моменту інерції досягається насамперед зменшенням мас робочих коліс компресора та турбіни шляхом виробництва їх з керамічних матеріалів, як це застосовується, наприклад, фірмою Garret [23]. Крім того, як спосіб запобігання появі «турбо-ями» можуть використовуватись шарикові підшипники кочення замість підшипників ковзання [24].

Необхідність розширення діапазону ефективної роботи турбокомпресора в режимах середніх і малих частот обертання колінчастого вала двигуна пов’язана з неузгодженістю витратних характеристик двигуна і турбокомпресора при різних частотах обертання. Це є причиною погіршення показників двигуна з турбонаддувом в режимах малих частот обертання колінчастого вала. Одним із способів вирішення цієї проблеми є використання системи з двома турбокомпресорами різних розмірів для різних режимів роботи. Наприклад, Mazda використала цей спосіб для газотурбінного наддуву роторного двигуна 13B [25]. На рис. 1.8 представлена характеристика крутного моменту двигуна при спільній роботі двох турбокомпресорів.

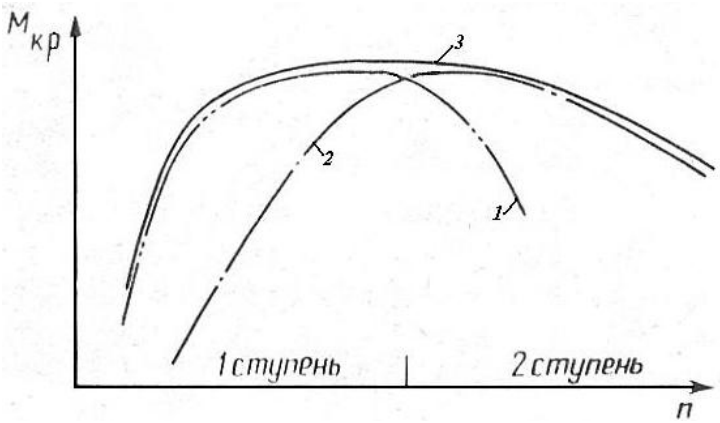


Рисунок 1.8 – Характеристика крутного моменту при спільній роботі двох турбокомпресорів [25]: 1- робота турбокомпресора першого ступеня; 2 – робота турбокомпресора другого ступеня; 3 – спільна робота обох турбокомпресорів

Як видно з рис. 1.8, робота тільки одного турбокомпресора не може забезпечити достатній крутний момент в усьому швидкісному діапазоні роботи двигуна. При їх спільному включенні в роботу у відповідних швидкісних режимах характеристика крутного моменту значно поліпшується.

Крім того, одним з способів подальшого поліпшення енергетичних показників двигуна з газотурбінним наддувом є проміжне охолодження

свіжого заряду після компресора, внаслідок чого додатково підвищується наповнення циліндрів. З цією метою застосовують повітряно-повітряні теплообмінники з використанням швидкісного напору зустрічного повітряного потоку під час руху автомобіля. За даними Porsche [17] зниження температури свіжого заряду після компресора на кожні 10 ºС забезпечує збільшення ефективної потужності на 2 %. Також, використання проміжного охолодження свіжого заряду знижує імовірність виникнення детонації [16, 26].

Ефект значного поліпшення енергетичних показників двигуна при використанні газотурбінного наддуву використовується також для забезпечення характеристик базового двигуна при його переобладнанні для використання газових палив. Так, на рис. 1.9 наведено зовнішні швидкісні характеристики газового двигуна ЗИЛ-375 за роботи на бензині, стиснутому природному газі без використання та з використанням регульованого газотурбінного наддуву [21]. Як видно із характеристик, застосування регульованого газотурбінного наддуву забезпечує досягнення переобладнаним газовим двигуном енергетичних показників базового бензинового двигуна при одночасному зниженні питомої ефективної витрати газу. В режимі максимального крутного моменту застосування газотурбінного наддуву призводить до зменшення питомої ефективної витрати газу на 9-11 %.

Таким чином, як видно із представленого досвіду використання утилізації теплової енергії відпрацьованих газів бензинового двигуна для забезпечення роботи системи газотурбінного наддуву, це є одним з ефективних способів поліпшення показників двигуна. Однак, цей спосіб має підвищену складність реалізації, вимагає внесення значних змін у конструкцію систем автомобільного двигуна та має ряд недоліків і обмежень.

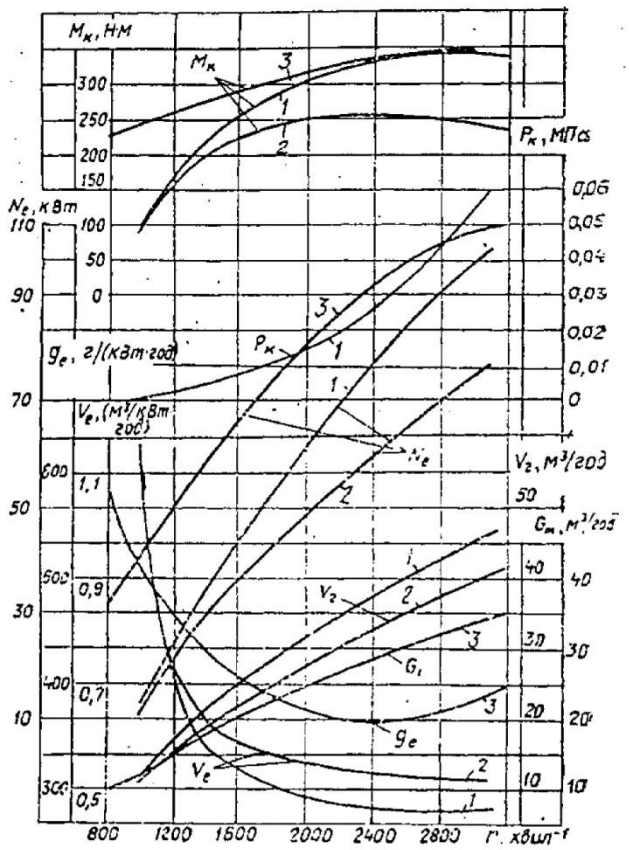


Рисунок 1.9 – Зовнішні швидкісні характеристики газового двигуна ЗИЛ-375 [21]: 1 – газ з наддувом; 2 – газ без наддуву; 3 – бензин

Рециркуляція відпрацьованих газів. Рециркуляція відпрацьованих газів також є відомим способом використання теплової енергії відпрацьованих газів для поліпшення паливної економічності та зниження викидів шкідливих речовин, насамперед NO_x [27].

У цьому випадку утилізація енергії ВГ відбувається за двома шляхами. По-перше, додавання до свіжого заряду газу, який має більшу температуру і більшу теплоємність ніж сам свіжий заряд, забезпечує зниження температури робочого тіла під час робочого циклу. Крім того, наявність інертних компонентів у робочій суміші знижує швидкість процесу згоряння. Все це веде до зниження інтенсивності окислення азоту і знижує вміст оксидів азоту у відпрацьованих газах двигуна. Також водяна пара, яка міститься у продуктах згоряння, є інгібітором реакцій окислення азоту [28].

По-друге, відпрацьовані гази, що подаються з випускного колектора у впускний одночасно збільшує тиск у впускному колекторі та знижує його у випускному. Збільшення тиску у впускному колекторі пов'язане також із роздроселюванням внаслідок збільшення потреби у свіжому заряді для підтримання встановленого режиму роботи двигуна через заміщення частини свіжого заряду продуктами згоряння. Таким чином, значно знижуються насосні втрати двигуна, що поліпшує його паливну економічність та знижує масові викиди ШР. Також, з точки зору термодинамічного впливу, застосування рециркуляції ВГ має позитивний ефект зростання к.к.д. робочого циклу, що пов'язано із зменшенням втрат теплоти [27, 29].

Розрізняють внутрішню і зовнішню рециркуляцію ВГ. Внутрішня рециркуляція ВГ здійснюється внаслідок збільшення перекриття клапанів, що може бути ефективно реалізовано при застосуванні змінних фаз газорозподілу. Однак, цей спосіб веде до значного ускладнення конструкції двигуна та системи управління ним. Тому, у більшості випадків застосовується зовнішня рециркуляція ВГ, суть якої полягає у відборі та подачі частини ВГ з випускної системи у впускний трубопровід. Існують різні схеми зовнішньої рециркуляції ВГ, але в основному ВГ у впускний трубопровід подаються за дросельною заслінкою, щоб не порушувати процес сумішоутворення.

Вплив рециркуляції ВГ на показники двигунів представлено у багатьох роботах [8, 30-38]. В роботі [30] відмічається, що в бензинових двигунах з інтенсивною турбулізацією заряду при ступені рециркуляції ВГ до 5 *%* витрата палива дещо зменшується внаслідок підігріву суміші.

В роботі [31] відмічається, що перепуск частини продуктів згоряння у впускну систему значно зменшує концентрацію NO_x у ВГ. У випадку рециркуляції 12,5 *%* ВГ концентрація NO_x зменшується на 60 *%*, але внаслідок розбавлення паливоповітряного заряду продуктами згоряння погіршується сумішоутворення, що збільшує концентрації CO і C_mH_n у ВГ.

За даними фірми NISSAN оптимальний ступінь рециркуляції ВГ складає 20 % [32]. При цьому витрачається мінімальна кількість палива, а викиди NO_x знижуються більше ніж у 6 разів в порівнянні з викидами без рециркуляції.

У деяких двигунах рециркуляція може досягати 40%, що дозволяє бензиновому двигуну на малих навантаженнях працювати без дроселювання.

Дослідження, проведені на Автомобільному заводі ім. Ленінського Комсомолу показали, що оптимальний ступінь рециркуляції ВГ становить 8–10 % [33]. При такій кількості газів викиди NO_x зменшуються на 35–40 % без зміни енергетичних і економічних показників.

В дослідженні [34] встановлено, що рециркуляція ВГ може бути використана як засіб покращення паливної економічності двигуна при його роботі з трикомпонентним нейтралізатором ВГ і підтриманням стехіометричного складу паливоповітряної суміші.

Необхідно відмітити, що в деяких дослідженнях отримано значний негативний вплив рециркуляції ВГ на показники роботи двигуна. В роботі [35] відмічається, що при ступені рециркуляція ВГ 15 % потужність двигуна падає на 16 %, а паливна економічність – на 14 %.

Дослідження [36] показали, що перепуск ВГ у впускну систему суттєво зменшує зношування поршневих кілець двигуна, яке визначалося за допомогою радіоактивних ізотопів. Зокрема в усталених режимах при ступені рециркуляції ВГ 12 % зношування поршневих кілець зменшується на 90 %, а в умовах міського руху – на 50 %.

Як визначено в дослідженнях [37, 38] застосування системи рециркуляції за схемою відповідно до рис. 1.10 [39] дозволяє суттєво знизити насосні та загалом механічні втрати двигуна VW BBY, завдяки чому поліпшити його паливну економічність та екологічні показники.

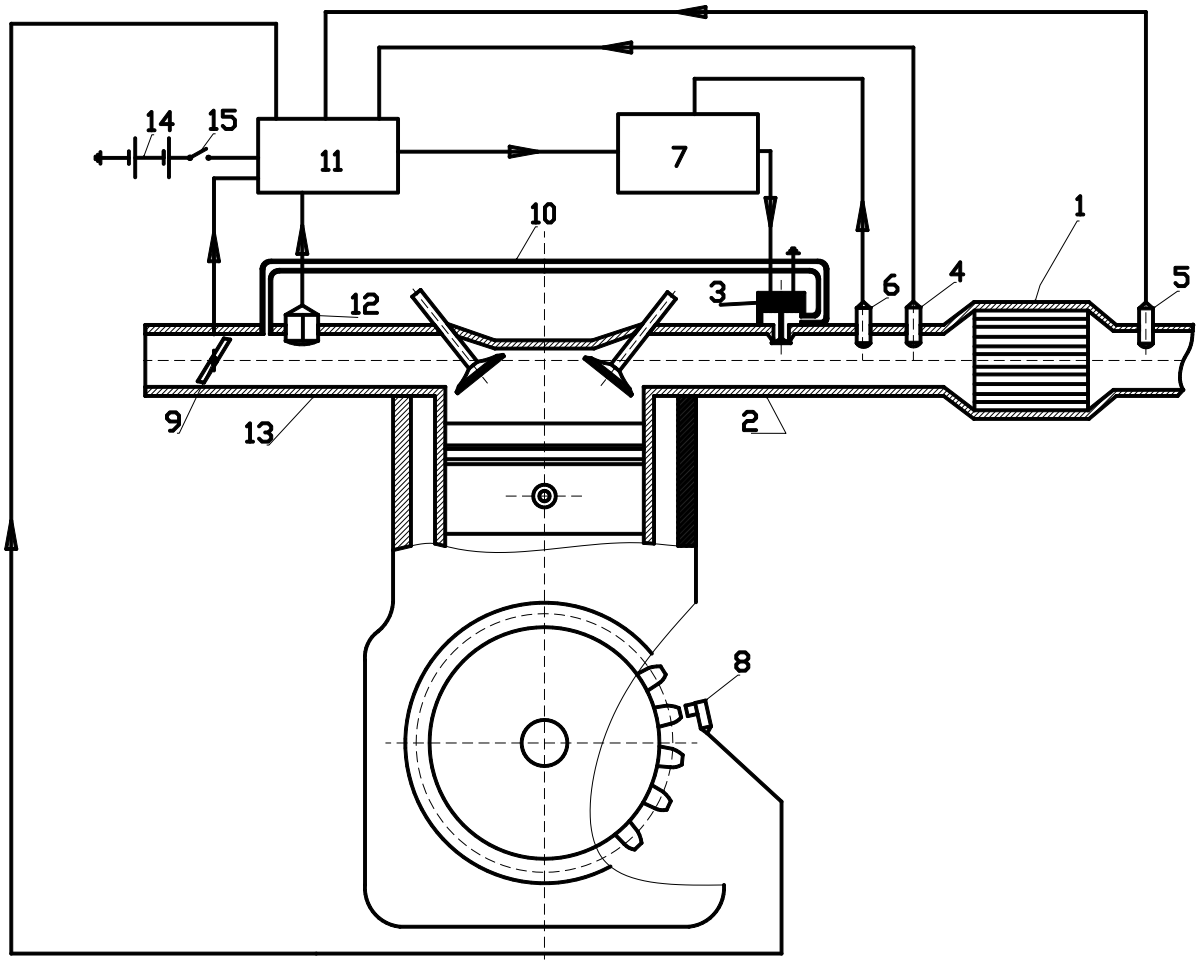


Рисунок 1.10 – Схема системи випуску двигуна з нейтралізацією та рециркуляцією ВГ [39]: 1 – каталітичний нейтралізатор, 2 – випускний колектор, 3 – електромагнітний клапан із датчиком величини відкриття, 4 – датчик вмісту кисню у ВГ перед нейтралізатором, 5 – датчик вмісту кисню у ВГ після нейтралізатора, 6 – датчик тиску у випускній трубі перед нейтралізатором, 7 – електронний блок управління рециркуляцією, 8 – датчик частоти обертання, 9 – датчик положення дросельної заслінки, 10 – відвідна труба, 11 – електронний блок управління двигуном, 12 – датчик тиску і температури повітря, 13 – впускний колектор, 14 – акумуляторна батарея, 15 – вимикач запалювання

Результати досліджень [37] для швидкісного режиму $n_д = 2400\ хв^{-1}$ (рис. 1.11) показали, що оптимізація ступеня рециркуляції ВГ $R_{ВГ}$ і кута випередження запалювання θ в досліджуваному діапазоні зміни

навантаження двигуна p_e призводить до зменшення середнього тиску насосних втрат $p_{нп}$ в середньому на 15 %, середнього тиску механічних втрат $p_м$ – на 7 % і коефіцієнта наповнення η_v – на 0,03 одиниці та підвищення середнього тиску втрат на тертя деталей КШМ $p_{тр}$ на 3 %. Значення $R_{ВГ}$ сягає 24 %. Значення θ збільшується в середньому на 15 град п.к.в.

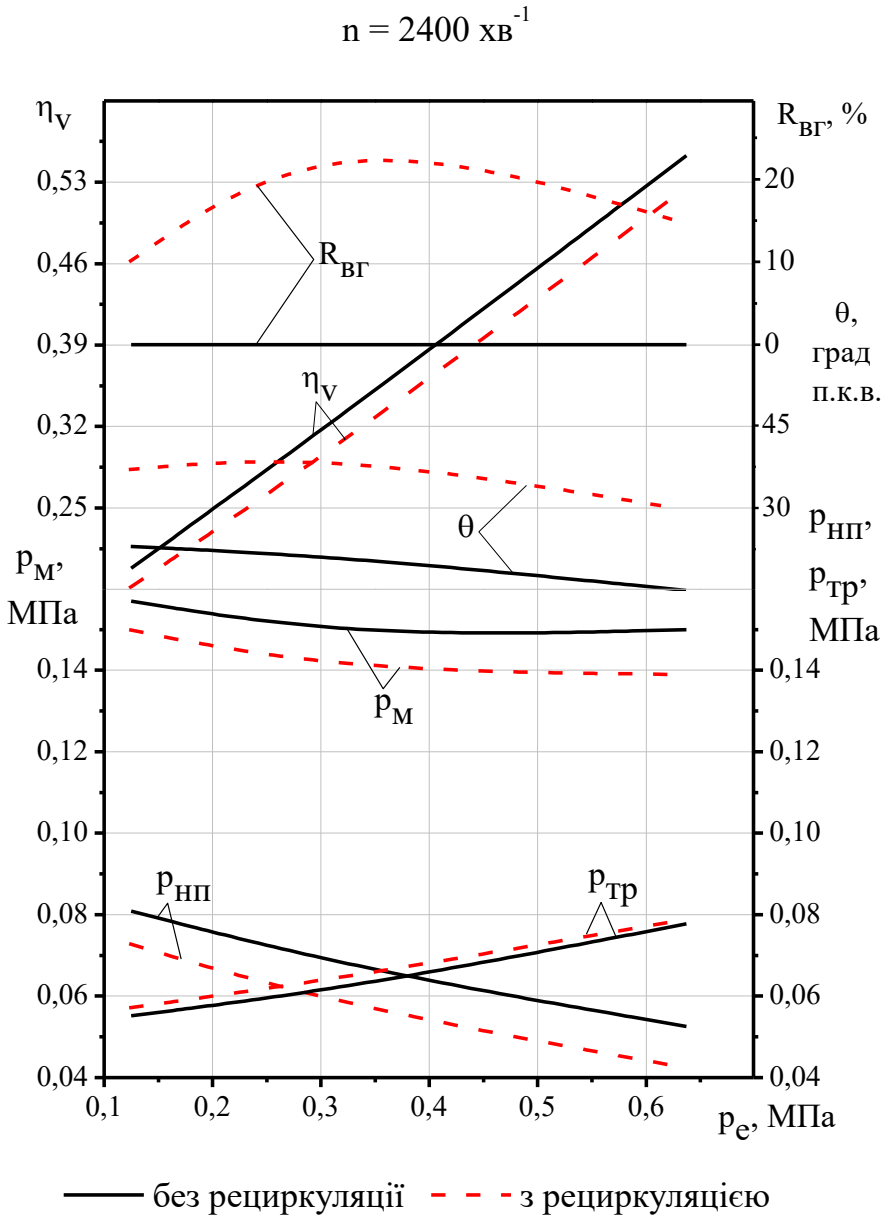


Рисунок 1.11 – Залежність складових механічних втрат від навантаження при оптимізації регулювальних параметрів двигуна VW BBY з рециркуляцією ВГ [37]

На рис. 1.12 наведено результати досліджень [38] впливу ступеня рециркуляції ВГ $R_{ВГ}$ і кута випередження запалювання θ на ефективні показники двигуна VW BBY для режиму $n_д = 2400\ хв^{-1}$, $\varphi_{др} = 20\ \%$.

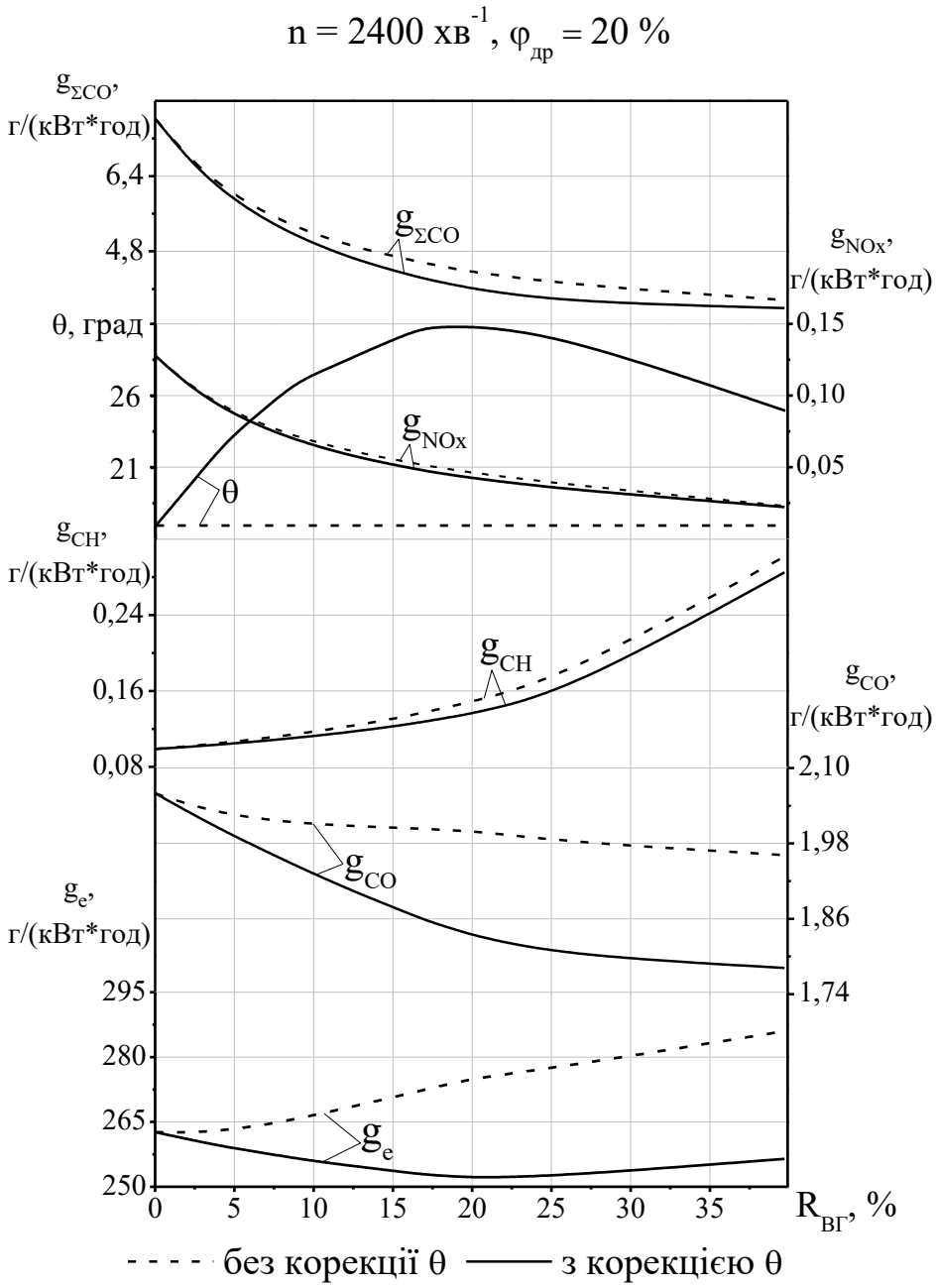


Рисунок 1.12 – Вплив ступеня рециркуляції і кута випередження запалювання на ефективні показники двигуна VW BBY [38]

Як показують дослідження [38] при збільшенні ступеня рециркуляції ВГ $R_{ВГ}$ за постійного кута випередження запалювання θ мінімальна питома ефективна витрата палива g_e отримується при $R_{ВГ} = 2{,}5\,\%$, відсоток зменшення складає 0,03 %. При одночасній зміні $R_{ВГ}$ і θ мінімум g_e досягається при $R_{ВГ} = 20\,\%$, зменшуючись порівняно із роботою без рециркуляції ВГ з 263 до 252 *г/(кВт·год)* на 4,2%. При одночасній зміні $R_{ВГ}$ і θ для $0 \le R_{ВГ} \le 20\,\%$ питомий масовий викид оксиду вуглецю g_{CO} знижується з 2,05 до 1,84 *г/(кВт·год)*, питомий масовий викид вуглеводнів g_{CH} зростає з 0,1 до 0,13 *г/(кВт·год)*, питомий масовий викид оксидів азоту g_{NOx} зменшується з 0,13 до 0,04 *г/(кВт·год)*, сумарні питомі масові викиди $g_{\Sigma CO}$ зменшуються з 7,6 до 4 *г/(кВт·год)*. При цьому сумарні питомі масові викиди $g_{\Sigma CO}$ при $20 \le R_{ВГ} \le 40\,\%$ зменшуються з 4 до 3,6 *г/(кВт·год)*, а питома ефективна витрата палива збільшується з 252 до 257 *г/(кВт·год)*. Доцільний ступінь рециркуляції для цього режиму складає 20 %.

За результатами дослідження витрати палива і викидів шкідливих речовин автомобіля з двигуном VW BBY з системою рециркуляції ВГ та без неї в їздовому циклі згідно Правил ЄЕК ООН № 83-04 [8] встановлено, що при застосуванні рециркуляції ВГ витрата палива знижується на 6,12 %, викид оксиду вуглецю знижується на 6,5 %, викиди вуглеводнів зростають на 51,5 %, викиди оксидів азоту знижуються на 61,2 %, сумарні викиди, зведені до CO, знижуються на 37 %.

Отже, представлений аналіз застосування рециркуляції ВГ свідчить, що даний спосіб утилізації енергії ВГ можливо поєднувати з іншими способами утилізації для додаткового ефекту поліпшення паливної економічності та екологічних показників ДВЗ.

Заряджання теплового акумулятора та використання накопиченої теплової енергії для поліпшення показників двигуна в режимах його прогріву.

Спосіб накопичення теплової енергії у тепловому акумуляторі є відомим способом забезпечення температурного стану двигуна внутрішнього

згоряння [40]. На сьогодні найбільш ефективною конструкцією теплового акумулятора визнано конструкцію з використанням теплоакумулюючого матеріалу з фазовим переходом. Загальна будова та принцип дії такого теплового акумулятора представлена на рис. 1.13 [10].

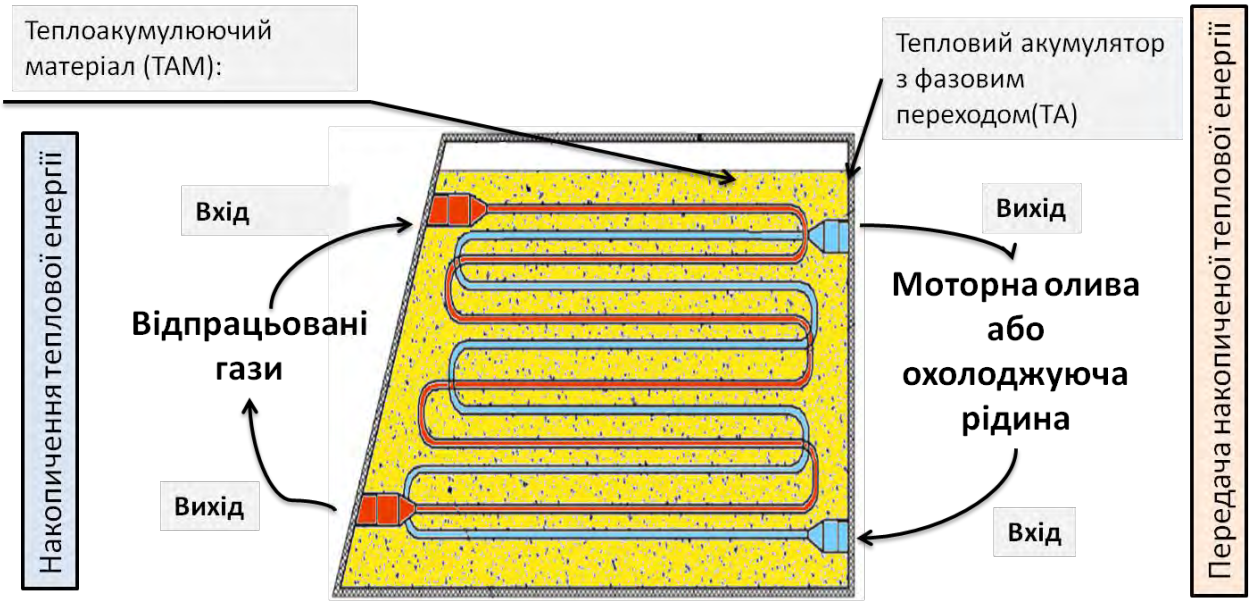


Рисунок 1.13 – Загальна будова та принцип дії теплового акумулятора з фазовим переходом відповідно до [10]

Відповідно до описаного у [10] принципу роботи для накопичення у тепловому акумуляторі використовується теплова енергія відпрацьованих газів. З цією метою ВГ з системи випуску пропускаються через теплообмінник теплового акумулятора. В результаті цього теплова енергія відпрацьованих газів передається до теплоакумулюючого матеріалу, який при певній температурі здійснює фазовий перехід з твердого у рідкий стан. Накопичена у теплоакумулюючому матеріалі теплова енергія використовується для забезпечення необхідної робочої температури моторної оливи або охолоджуючої рідини двигуна. Теплоакумулюючий матеріал підбирається таким чином, щоб температура його фазового переходу відповідала робочій температурі моторної оливи або охолоджуючої рідини.

Також тепловий акумулятор може застосовуватись і для забезпечення робочої температури каталітичного нейтралізатора, свіжого заряду, тощо. Середовищем, що віддає теплову енергію окрім ВГ можуть бути також охолоджуюча рідина, моторна олива, тощо.

Дослідження використання теплових акумуляторів різних конструкцій для поліпшення показників автомобільних транспортних засобів висвітлено у великій кількості наукових праць [9, 10, 12-14, 40, 41].

У дослідженні [12] оцінено вплив використання теплового акумулятора з фазовим переходом для забезпечення температури охолоджуючої рідини на витрату палива і викиди шкідливих речовин автомобіля KIA CEE'D 2.0 5MT2 у їздовому циклі згідно з Правилами ЄЕК ООН № 83-05. Відповідно до результатів дослідження при використанні теплового акумулятора час прогрівання охолоджуючої рідини скорочується на 30-53% залежно від температури навколишнього середовища. При цьому, час прогрівання каталітичного нейтралізатора скорочується на 27-50%. Такий ефект на час прогріву охолоджуючої рідини та каталітичного нейтралізатора призводить до зниження витрати палива в їздовому циклі в межах 2,1-7,1%, зниження викидів CO на 12-46 %, вуглеводнів на 6-26 % та зростання викидів оксидів азоту на 2-8%. Основною причиною збільшення викидів оксидів азоту при використанні теплового акумулятора для забезпечення температури охолоджуючої рідини встановлено особливість функціонування системи управління двигуном в режимах прогріву, що обумовлює збагачення паливоповітряної суміші при низькій температурі охолоджуючої рідини у сукупності із недостатньою ефективністю нейтралізації.

У роботі [14] досліджено можливість усунення вказаного впливу використання теплового акумулятора з фазовим переходом на викиди оксидів азоту шляхом застосування теплового акумулятора в конструкції каталітичного нейтралізатора. За результатами досліджень встановлено, що використання теплового акумулятора в конструкції каталітичного нейтралізатора дозволяє зменшити викиди оксиду вуглецю на майже 60 % в

режимі холостого ходу та на 56 % під час прогріву в русі. Викиди вуглеводнів знижуються на 56-38% в залежності від умов прогріву двигуна відповідно. Викиди оксидів азоту знижуються на 94-22 % відповідно.

В дослідженні [9] оцінено вплив використання теплового акумулятора з фазовим переходом з використанням енергії ВГ для підігріву повітря на впуску для поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобільного двигуна під час стендових досліджень та автомобіля в умовах експлуатації. Стендові випробування двигунів при їх прогріванні в режимі холостого ходу показали, що при підігріві повітря на впуску час прогрівання карбюраторного двигуна МеМЗ-245 зменшився на 19%, паливна економічність поліпшилась на 20%, сумарні масові викиди продуктів неповного згорання, зведені до СО, зменшились на 48%; час прогрівання двигуна з системою впорскування і зворотнім зв'язком VW BBY зменшився на 9%; паливна економічність поліпшилась на 22%. Підігрів повітря на впуску прискорює початок функціонування КН, підвищення температури ВГ в зоні попереднього КН до 360°С на 19% швидше ніж зі штатною системою. Сумарні масові викиди, зведені до СО, до попереднього КН зменшились на 10%, після попереднього КН зменшилась на 51%. Дорожні випробування автомобіля ЗАЗ-1102 показали, що застосування системи підігріву повітря на впуску з тепловим акумулятором з фазовим переходом при прогріванні холодного двигуна зменшує шлях прогріву двигуна на 6%, загальну витрату палива на 28%, сумарні масові викиди продуктів неповного згорання, зведені до СО, на 62%.

Проведений огляд досліджень щодо утилізації енергії ВГ шляхом заряджання теплового акумулятора та використання накопиченої теплової енергії для поліпшення показників двигуна в режимах його прогріву показав, що цей спосіб в цілому є достатньо ефективним для зниження витрати палива і викидів шкідливих речовин. Але застосування такого способу достатньо складне з конструктивної точки зору оскільки вимагає обов'язкове безпосереднє втручання в системи впуску або охолодження та випуску

двигуна. Крім того, режими його використання обмежені лише режимами прогріву двигуна.

1.3. Термоелектричне перетворення теплової енергії відпрацьованих газів двигуна та можливості його використання для поліпшення показників автомобіля

Аналіз оцінювання можливості поліпшення паливної економічності та екологічних показників ДВЗ утилізацією теплової енергії в термоелектричному генераторі виконувався у дослідженні [109].

Згідно з цим дослідженням, застосування теплової енергії для генерування електроенергії вже тривалий час здійснюється в теплоелектроцентралях, де теплова енергія проходить перетворення в механічну і потім в електричну. Таке перетворення здійснюється великогабаритними установками і супроводжується значними втратами. Застосування систем утилізації теплової енергії, що відводять з ДВЗ парові і силові турбіни та гібридні компресори знайшло застосування в установках великої потужності (50 – 80 МВт) [42]. В двигунах потужністю нижче 15 – 30 МВт застосування таких турбокомпаундних систем є низькорентабельним та має великий термін окупності.

В роботі [43] розглянуто двигун Стірлінга (ДС) в якості установки утилізації теплоти відпрацьованих газів (ВГ). Автор проаналізував питання можливості і доцільності використання ДС для утилізації теплових втрат, супроводжуючих технологічні процеси, роботу теплоенергетичних і теплогенеруючих установок. Особливість цих ДС полягає в тому, що в них має місце вплив високої температури на значну кількість елементів і деталей, що обмежує верхні межі робочої температури нагрівача до 550-640˚С. Даний температурний діапазон відповідає температурному діапазону ВГ поршневих ДВЗ. З цього випливає, що ДС можуть ефективно працювати на їх теплоті.

Можливість утилізації теплоти з використанням теплонасосних установок розглянуто в праці [44]. Незважаючи на позитивні якості двигунів Стірлінга і теплових насосів, вони не знайшли застосування через низку недоліків: складність конструкції, малу надійність, громіздкість та інші.

Відомий спосіб прямого перетворення теплової енергії в електричну. В роботі [45] проведено дослідження із застосуванням термоелектричних генераторів (ТЕГ) для утилізації тепла судових дизелів. Випробування проводилися на експериментальній установці, що включає в себе одноциліндровий відсік дизеля 3NVD24 з номінальною потужністю 16 кВт і частотою обертання 630 хв$^{-1}$. ТЕГ встановлений на газовипускному тракті дизеля. Гарячим теплоносієм є відпрацьовані гази, що надходять від дизеля. Холодним теплоносієм є вода, підведення якої в ТЕГ здійснює насос. У ТЕГ застосовується 30 термогенераторних модулів типу ТГМ-287-1,0-1,5 (виробник ВАТ «Кріотерм» м. Санкт-Петербург).

Аналіз результатів показав, що при роботі дизеля в режимі 75% від номінальної потужності досягається максимальна потужність ТЕГ P = 45,84 Вт, напруга U = 130 В, сила струму I = 0,353 А, коефіцієнт корисної дії η = 2,35%.

Застосування ТЕГ було досліджено і на будівельних машинах [46]. Дослідами підтверджена економія палива і зниження викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами при отриманні додаткової електричної енергії, можливість розширення номенклатури і потужності споживачів електричного струму.

Ефект безпосереднього перетворення теплової енергії в електричну був відкритий в 1821 р. Т. І. Зеєбеком [47]. В 1822 році він опублікував результати своїх дослідів в статті «До питання про магнітну поляризацію деяких металів і руд, що виникають в умовах різниці температур», опублікованій в доповіді Прусської академії наук. Ефект полягає в тому, що в замкнутому колі із різнорідних провідників (термопарі), коли місця контактів знаходяться за різних температур, виникає електрорушійна сила (ЕРС).

Схема термопари показана на рис. 1.14. Обов`язковими умовами роботи термопари є різниця температур контактів, тобто підведення теплоти Q_1 та відведення теплоти Q_2.

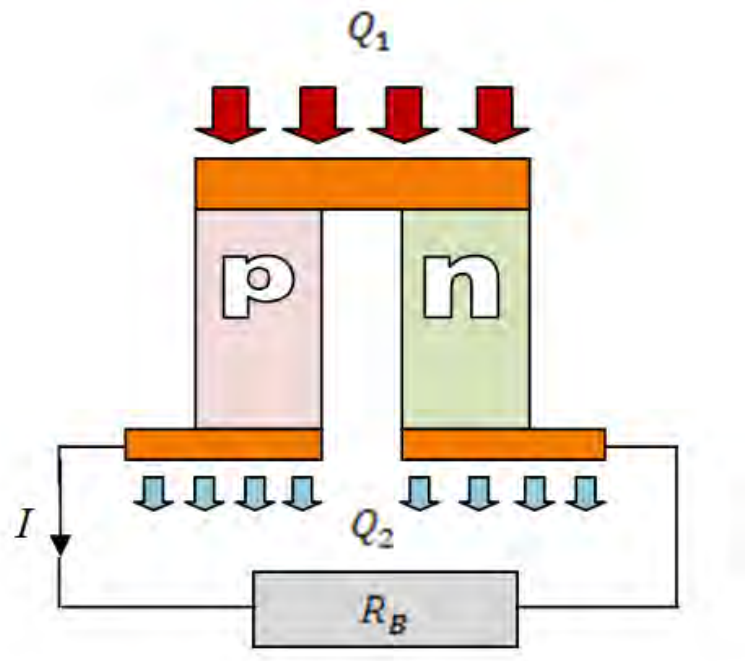


Рисунок 1.14 – Схема термопари

Величина термо-ЕРС, що виникає, в першому наближенні залежить від матеріалу провідників і температур гарячого і холодного контактів, В:

$$\varepsilon = \int_{T_1}^{T_2} \alpha_{12}\,(T)dT, \tag{1.1}$$

де $\alpha_{12}(T)$ – термоелектрична здатність пари, В/˚С;

T_1 – температура гарячого контакту, ˚С;

T_2 – температура холодного контакту, ˚С.

Потужність електричного струму, що витрачається на опір [48], Вт:

$$N = Q_1 - Q_2 = I^2 R_B = I\alpha\Delta T - I^2 R, \tag{1.2}$$

де Q_1 – потужність теплоти, що підводиться до термопари, Вт;

Q_2 – потужність теплоти, що підводиться до термопари, Вт;

I – сила струму в колі, А;

α – термоелектрична здатність пари, В/°С;

R – омічний опір термопари, Ом;

R_B – опір навантаження, Ом.

К.к.д. установки:

$$\eta = \frac{N}{Q_1} = \frac{I\alpha\Delta T - I^2 R}{Q_1}. \quad (1.3)$$

Виникнення ефекту Зеєбека викликано наступними складовими:

- різна залежність середньої енергії електронів від температури в різних речовинах;
- різна залежність від температури контактної різниці потенціалів;
- фононне захоплення.

Для одержання значної потужності та зручності застосування термоелектричні пари об`єднаються в модулі, що складаються з великої кількості послідовно з`єднаних термопар (рис. 1.15).

Рисунок 1.15 – Загальна будова термоелектричного модуля

Термоелектричні модулі мають ряд переваг в порівнянні з іншими типами обладнання:

- безшумність роботи;
- відсутність рухомих частин;
- робота в будь-якому просторовому розташуванні;

- малий розмір і вага системи;
- простота керування.

Як і вбудь-якій тепловій машині, к.к.д. ТЕГ в першу чергу залежить від к.к.д. циклу Карно $(T_г - T_х)/T_г$, тому конструкція повинна мати мінімальні теплові втрати при передачі тепла до напівпровідникового матеріалу і при відведенні теплоти з нього.

Загальна будова термоелектричного модуля представлена на рис. 1.15. Основними вузлами ТЕГ є джерело тепла, термобатарея з комутаційними і ізоляційними шарами, пристрій для відведення тепла (холодильник) і несуча конструкція, що забезпечує необхідну міцність всієї машини і надійність її роботи. Загалом термобатарея повинна бути компактною, акумулювати по можливості більшу частину підведеного до неї тепла, мати необхідну механічну міцність і хімічну стійкість в умовах великого градієнту температур протягом тривалого часу, а також конструкція повинна витримувати вібрацію, ударні навантаження і перевантаження. Також потрібно передбачити елементи конструкції, які б забезпечили передачу електричного струму до споживача без значних втрат.

Для здійснення відводу теплоти ефективним може бути застосування абсорбційного холодильника. Абсорбційна холодильна машина [49] має в своєму складі холодоагент та циркулюючу рідину, звану абсорбентом. Абсорбентами є рідини, що володіють хорошою поглинальною здатністю холодоагенту. В якості холодоагенту в абсорбційних машинах зазвичай використовують аміак, а абсорбентом для нього слугує вода. Так, в одному об'ємі води при 0 ˚С розчиняється більш ніж 1000 об`ємів аміаку. Внаслідок високої розчинності аміаку у воді, холодоагент і абсорбент знаходяться в системі абсорбційної машини у вигляді водоаміачного розчину з різною концентрацією в ньому аміаку в окремих частинах машини. Енергія для роботи абсорбційного холодильника затрачається для нагріву холодагента та насосу для перекачування води. Таким чином можливо забезпечити низьку

температуру холодної частини термоелектричного модуля, витрачаючи при цьому лише теплову енергію, що вивільнюється у навколишнє середовище.

Сучасні масово доступні модулі мають к.к.д. близько 7,5% [50]. В такому разі при використанні 50% теплової енергії, що потрапляє в ДВЗ, але не використовується, теоретично можливо отримати додатково 10-12% підвищення к.к.д. При подальшому розвитку технології виробництва ТЕГ і отримання його к.к.д. з показниками 20-30%, можна отримати значну економію палива. Дослідження термоелектричних генераторів різних конструкцій описано у працях Анатичука Л.І. [55], Кузя Р.В. [52], Гао Міня [56], Дж. Феірбенкса [57] та інших [58–60].

Експериментальні дослідження застосування термоелектричних генераторів мали місце в роботах науковців Інституту термоелектрики (м. Чернівці) [51 - 53]. Ними розроблено реєструючу систему автоматичного збору інформації про параметри автомобіля, що рухається, а також встановленого на ньому термоелектричного генератора. Зібрана інформація надає можливість зробити оптимальне проектування термоелектричного генератора, що працює від тепла вихлопних газів автомобіля, для заданого класу автомобілів і способу водіння. Проведено випробування системи на автомобілі Volkswagen Transporter, оснащеному дизельним двигуном. Також проведено комп'ютерне моделювання термоелектричних генераторів, що використовують відходи тепла бензинових двигунів внутрішнього згоряння. Моделювання проведено з урахуванням динамічних режимів роботи двигуна для реальних температурних залежностей параметрів термоелектричних матеріалів. Наведено результати експериментальних досліджень генератора, в якому використані теплові відходи від автомобільного двигуна об'ємом 1,8 л. Результатом досліджень є отримання електроенергії 540 Вт термоелектричним генератором з к.к.д. установки 3,2 %.

Останнім часом проводяться дослідження використання сульфіду самарію в якості генератора електричного струму [54]. Дослідження показали, що використання цього матеріалу дозволить отримати хороші

результати продуктивності установки. Природа цього явища пов`язана з сукупними ефектами при переходах електронів не з дефектних іонів Sm^{2+}, а зі збуджених станів 4f- електронів іонів самарію, розташованих у вузлах кристалічної решітки, в зону провідності. Спостережуване збільшення на порядок величини ЕРС і потужності пов'язано з тим, що концентрація домішкових рівнів в SmS ~ 10^{20} $см^{-3}$, а концентрація збуджених станів ~ 10^{21} $см^{-3}$. Оцінена з експериментальних даних величина ККД такого перетворення склала 30 – 47%. Таким чином, можна відмітити перспективу використання таких елементів, в якості ефективних джерел енергії. Подальші дослідження в цьому напрямку мають стати передумовою для масового створення таких генераторів.

Використання генерованої електричної енергії може бути здійснене різними способами. Вироблена електроенергія може бути використана для живлення електроспоживачів автомобіля (табл.1.1), що дасть змогу зменшити навантаження на двигун від штатного електрогенератора, що в свою чергу буде поліпшувати паливну економічність. В двигунах з іскровим запалюванням електроенергія завжди споживається системою запалювання та системою живлення, а отже завжди є навантаження на двигун і використання додаткового палива.

Таблиця 1.1 – Споживачі електроенергії в автомобілі Mercedes-Benz W124 E200 [61]

Споживачі	Потужність, котра споживається
Паливний насос	140 Вт
Ближнє/дальнє світло	110/120 Вт
Протитуманні фари	110 Вт
Габаритні вогні	28 Вт
Стоп-сигнал	42 Вт
Освітлення номерного знаку	10 Вт
Покажчики повороту	42 Вт

Таким чином, з урахуванням простоти і надійності реалізації, а також відсутності необхідності втручання у конструкцію систем двигуна, найбільш доцільним способом утилізації теплової енергії ВГ автомобільного двигуна є термоелектрична утилізація. Питання ефективності використання термоелектричних генераторів для поліпшення паливної економічності і показників екологічності ДВЗ, котрими комплектуються автомобілі, вже є дослідженими, але не оптимізованими до промислового зразка та масового виробництва.

Тому, питання конкретної реалізації способу використання отриманої електричної енергії та оцінювання ефективності її використання для поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобіля потребує проведення окремого дослідження. Проведення теоретичних і експериментальних досліджень з метою розробки ефективної термоелектричної установки може суттєво підвищити економічний рівень використання автомобільного транспорту та зробити його більш конкурентним в порівнянні з іншими видами транспорту. Використання таких генераторів в комбінації з альтернативними видами палив дозволить створити енергетичну установку, котра буде відповідати вищим екологічним нормам та збереже навколишнє середовище від шкідливих викидів та тепловипромінювання.

1.4. Висновки до розділу 1

1. Аналіз втрат теплової енергії автомобільного двигуна показує, що вони мають значний вплив на паливну економічність та екологічні показники автомобіля. В експлуатаційних умовах вони залежать від режимів роботи автомобільного двигуна та його конструктивних особливостей. Одними із найбільших є втрати теплової енергії з відпрацьованими газами. Тому, як один із перспективних методів поліпшення паливної економічності та

екологічних показників автомобільних ДВЗ розглядається утилізація теплової енергії відпрацьованих газів.

2. Серед відомих способів використання енергії відпрацьованих газів для поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобільного двигуна можна виділити: привод турбокомпресора в системах газотурбінного наддуву автомобільних ДВЗ; рециркуляцію відпрацьованих газів; заряджання теплового акумулятора та використання накопиченої теплової енергії для поліпшення показників двигуна в режимах його прогріву.

3. Як видно із представленого досвіду використання теплової енергії відпрацьованих газів бензинового двигуна для забезпечення роботи системи газотурбінного наддуву, це є одним з ефективних способів поліпшення показників двигуна. Однак, цей спосіб має підвищену складність реалізації, вимагає внесення значних змін у конструкцію систем автомобільного двигуна та має ряд недоліків і обмежень.

4. Представлений аналіз застосування рециркуляції ВГ свідчить, що даний спосіб утилізації енергії ВГ можливо поєднувати з іншими способами утилізації для додаткового ефекту поліпшення паливної економічності та екологічних показників ДВЗ.

5. Проведений огляд досліджень щодо утилізації енергії ВГ шляхом заряджання теплового акумулятора та використання накопиченої теплової енергії для поліпшення показників двигуна в режимах його прогріву показав, що цей спосіб в цілому є достатньо ефективним для зниження витрати палива і викидів шкідливих речовин. Але застосування такого способу достатньо складне з конструктивної точки зору оскільки вимагає обов'язкове безпосереднє втручання в системи впуску або охолодження та випуску двигуна. Крім того, режими його використання обмежені лише режимами прогріву двигуна.

6. З урахуванням простоти і надійності реалізації, а також відсутності необхідності втручання у конструкцію систем двигуна, найбільш доцільним

способом використання теплової енергії ВГ автомобільного двигуна є термоелектрична утилізація. Разом з тим, питання конкретної реалізації способу використання отриманої електричної енергії та оцінювання ефективності її використання для поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобіля потребує проведення окремого дослідження.

РОЗДІЛ 2
ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОДАВАННЯ ВОДНЕВМІСНОГО ГАЗУ ДО ПОВІТРЯНОГО ЗАРЯДУ БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ

2.1. Структура методики проведення досліджень

Згідно з поставленими в першому розділі завданнями передбачається розробка методики проведення досліджень впливу додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів на паливну економічність та екологічні показники автомобіля.

Для вирішення цієї задачі було застосовано комплексний підхід, який включає в себе експериментальні і розрахункові методи:

1. Розробка системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів.

2. Розробка алгоритму математичного моделювання показників автомобіля з системою додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів.

3. Визначення мети, програми та об’єкта експериментальних досліджень двигуна з системою додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів.

4. Проведення стендових досліджень двигуна з системою додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії

відпрацьованих газів в широкому діапазоні швидкісних і навантажувальних режимів.

5. Уточнення поліноміальних залежностей для визначення витрати палива та концентрацій шкідливих речовин у відпрацьованих газах з урахуванням додавання водневмісного газу до повітряного заряду двигуна в залежності від режиму його роботи.

6. Уточнення поліноміальних залежностей, що описують інтенсивність термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів з урахуванням режиму роботи двигуна.

7. Аналіз результатів стендових досліджень та перевірка адекватності поліноміальних залежностей показників двигуна.

8. Проведення розрахункових досліджень впливу використання системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів на паливну економічність і екологічні показники автомобіля в режимах їздового циклу згідно Правил ЄЕК ООН № 83-05.

9. Розробка рекомендацій щодо вибору доцільних значень параметрів системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів.

2.2. Система додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів

Як було визначено в розділі 1, одним із варіантів використання електричної енергії, отриманої в результаті термоелектричного перетворення теплової енергії ВГ, є забезпечення роботи електричних споживачів в автомобілі. Однак, більшість з цих споживачів є такими, що використовуються періодично і вплив їх використання на паливну

економічність та екологічні показники автомобіля важко оцінити. Крім того, в такому випадку буде відбуватись пряме і обмежене лише наявними електричними споживачами використання електричної енергії. Тому, у дисертаційному дослідженні пропонується розглянути варіант непрямого використання отриманої від термоелектричної утилізації електричної енергії. Зокрема, для поліпшення робочого процесу автомобільного двигуна.

Останнім часом з метою поліпшення паливної економічності та зниження викидів сполук вуглецю, зокрема, вуглекислого газу, пропонуються різні способи додавання водню або водневмісних сумішей до паливоповітряної суміші автомобільних двигунів. Для вивчення ефектів додавання водню на витрату палива та викиди проводяться численні наукові дослідження. Такий інтерес до використання водню замість традиційних вуглеводневих палив обумовлений насамперед його високими енергетичними показниками та можливістю значно знизити або повністю позбутися викидів оксидів вуглецю та вуглеводнів.

Використання чистого водню обмежене об’єктивними факторами. Зокрема, це безпека зберігання, відсутність компактних генераторів водню великої продуктивності, тощо. У зв’язку з цим постійно ведеться пошук способів замінити водень на більш доступний газ, технологія виробництва якого простіша та не потребує складного обладнання для використання. Це можуть бути водневмісні гази, наприклад, синтез-газ, ацетилен, а також гримучий газ (газ Брауна). Останній викликає значний інтерес для практичного використання оскільки може бути отриманий простим способом в результаті електролізу водних розчинів лугів. Цей газ складається з водню і кисню (H2/O2).

В ряді робіт проведено дослідження впливу добавки водневмісного газу з різними способами отримання і подачі до різних типів двигунів. Досліджувались автомобільні бензинові двигуни з карбюраторними системами живлення [62-64] та системами впорскування [65-67], мікролітражні бензинові двигуни [68] та дизелі [69]. Використаний в цих

дослідженнях водневмісний газ отримувався шляхом електролізу води безпосередньо під час роботи двигуна з живленням від зовнішнього джерела [69] або від штатного джерела електричного живлення автомобіля [70], попередньо отриманий шляхом електролізу газ, накопичений в балоні під тиском [63], газова суміш, утворена у впускному колекторі в результаті окремої подачі попередньо отриманих водню і кисню [65]. Подача газу здійснювалась безпосередньо від електролізера за допомогою трубки з'єднаної із впускним колектором двигуна або під надлишковим тиском від балона за допомогою газових форсунок. Узагальнюючи результати цих досліджень можна стверджувати, що додавання водневмісного газу до свіжого заряду двигуна внутрішнього згоряння у кількості до 0,5 % від витрати повітря або до 6 % від витрати палива підвищує максимальний тиск і температуру робочого тіла в циліндрі та скорочує тривалість процесу згоряння. Це дозволяє підвищити енергетичні показники та індикаторний к.к.д. двигуна, знизити абсолютну і питому витрати палива, зниження викидів вуглеводнів, оксиду вуглецю і оксидів азоту в залежності від кількості доданого газу. Застосування газових форсунок для подачі водневмісного газу забезпечує його більш точне дозування. Найбільший ефект поліпшення показників двигуна можливо отримати в режимах малих навантажень і холостого ходу. При цьому, в окремих дослідженнях встановлено, що позитивний ефект додавання водневмісного газу спостерігається лише при невеликих величинах добавки. Крім того, використання енергії для роботи електролізера від штатного джерела електричного живлення автомобіля має негативний ефект на енергетичні показники двигуна внаслідок збільшення механічного навантаження з боку електричного генератора. В режимах неповного навантаження це проявляється у додатковій витраті палива. Це практично нівелює позитивний вплив використання водневмісного газу на показники робочого процесу двигуна.

В НТУ також проводились дослідження використання водню в якості добавки до паливо-повітряної суміші [71]. За результатами цих досліджень паливна економічність двигуна підвищилась до 7% та відбулось покращення екологічних показників бензинового двигуна.

Тому, в умовах експлуатації автомобільного двигуна важливо забезпечити джерело електричної енергії для живлення генератора водневмісного газу, яке б не мало негативного впливу на показники двигуна і не потребувало додаткових витрат палива. З урахуванням того, що близько 60 % енергії, що вноситься з паливом у двигун втрачається у вигляді теплових втрат, актуальним джерелом додаткової електричної енергії є термоелектричний генератор.

Таким чином, вироблена електроенергія термоелектричним генератором може знайти застосування у процесі генерації суміші водню з киснем. Це дасть можливість підвищити паливну економічність енергоустановки за рахунок зменшення енергозатрат на електроліз води для генерації воднекисневої суміші.

Схема додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів, що пропонується в даній роботі, представлена на рис. 2.1.

Функціонування системи відбувається наступним чином. Під час роботи двигуна внутрішнього згоряння через впускні клапани до циліндрів подається свіжий заряд, що складається з повітряного заряду та палива. Повітряний заряд надходить у впускну систему через повітряний фільтр. В результаті робочого циклу та згоряння палива до робочого тіла в циліндрі підводиться теплова енергія, частина якої за допомогою кривошипно-шатунного механізму двигуна перетворюється в механічну енергію обертання колінчастого вала. Інша частина теплової енергії відводиться з відпрацьованими газами, що виходять з циліндрів через випускні клапани та очищуються від шкідливих речовин за допомогою каталітичного

нейтралізатора у випускній системі двигуна. Для забезпечення функціонування систем управління двигуном, подачі палива, запалювання та інших електричних споживачів використовується основна акумуляторна батарея. Для підтримання необхідного рівня зарядженості акумуляторної батареї частина механічної енергії від колінчастого вала двигуна надходить до електричного генератора, який виробляє необхідну кількість електричної енергії.

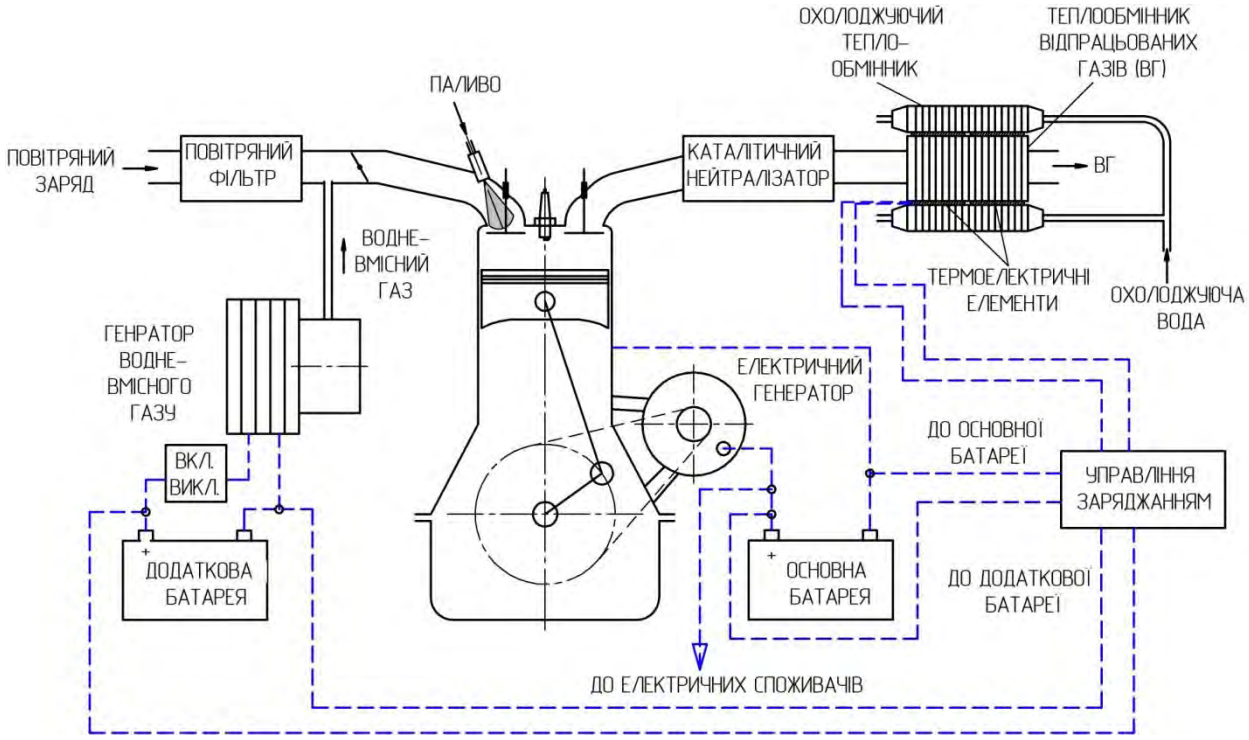


Рисунок 2.1 – Система додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів

Для поліпшення паливної економічності та екологічних показників після повітряного фільтра до повітряного заряду двигуна додається водневмісний газ, що отримується від генератора газу. Електрична енергія для живлення генератора водневмісного газу надходить від додаткової акумуляторної батареї. Робота генератора водневмісного газу контролюється

за допомогою вимикача, що може автоматично керувати електричним живленням генератора в залежності від режиму роботи двигуна.

Для підтримання необхідного рівня зарядженості додаткової акумуляторної батареї використовується електрична енергія від термоелектричного генератора. Цей генератор встановлено у випускній системі після каталітичного нейтралізатора. Термоелектричний генератор складається з теплообмінника відпрацьованих газів, термоелектричних елементів та охолоджуючого теплообмінника. Теплова енергія відпрацьованих газів передається через теплообмінник до гарячої сторони термоелектричних елементів, які перетворюють її частину на електричну. Для забезпечення функціонування термоелектричних елементів з боку їх холодної сторони встановлено охолоджуючий теплообмінник. До цього теплообмінника подається охолоджуюча вода для відведення теплової енергії. Отримана електрична енергія від термоелектричного генератора надходить через блок контролю зарядженості до додаткової акумуляторної батареї. Блок контролю зарядженості контролює ступінь зарядженості додаткової батареї і після її повного заряджання направляє потік електричної енергії від термоелектричного генератора до основної акумуляторної батареї. Також до функцій блоку контролю зарядженості відноситься переключення живлення генератора водневмісного газу на основну акумуляторну батарею у разі зниження рівня зарядженості додаткової батареї до мінімального значення.

2.3. Визначення основних розмірів термоелектричного генератора для забезпечення роботи генератора водневмісного газу

Схема включення термоелектричних елементів для перетворення теплової енергії ВГ показана на рис 2.2.

Під час функціонування автомобільного ДВЗ частина теплової енергії ВГ Qeg за допомогою теплообмінника передається до термоелектричного

елемента, що має к.к.д. η, внаслідок перепаду температур між ВГ та охолоджуючою рідиною. Частина отриманої термоелектричним елементом енергії перетворюється в електричну, решта відводиться в охолоджуючу рідину.

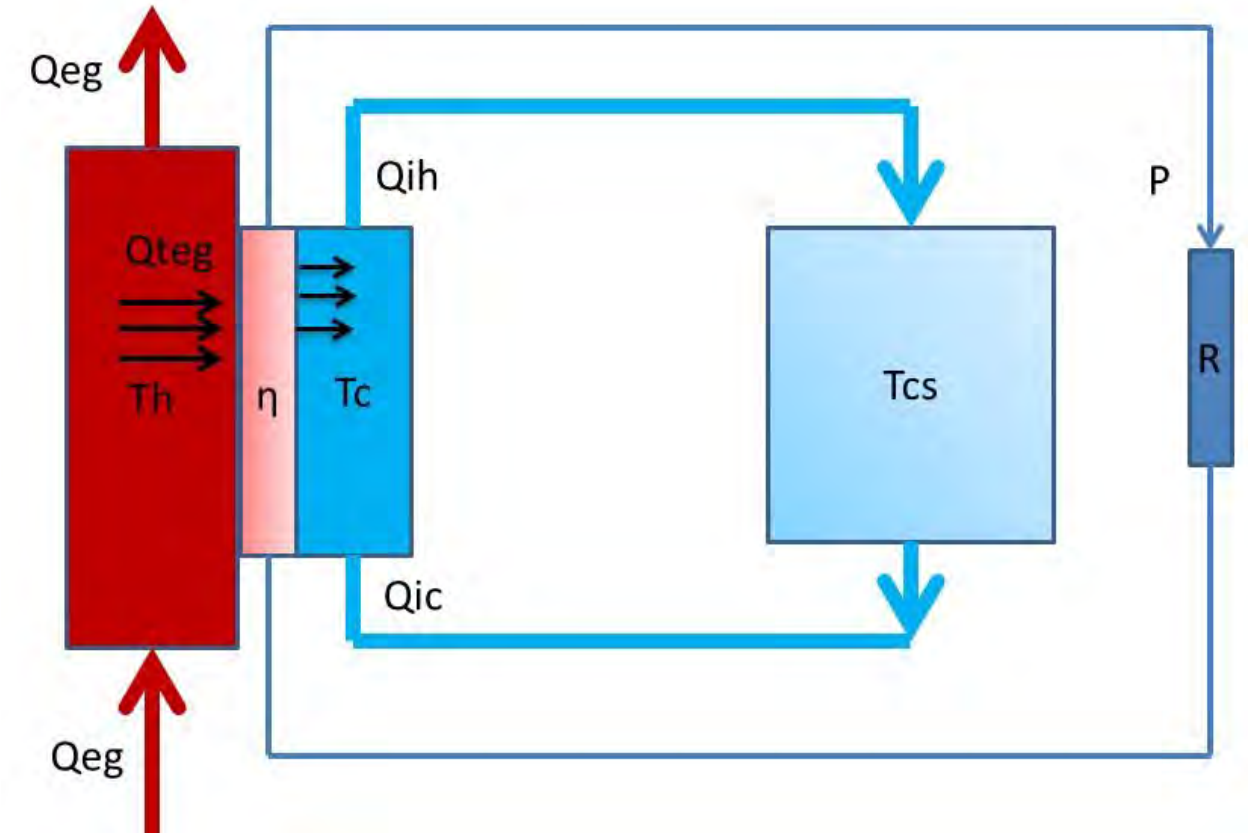


Рисунок 2.2 – Схема включення термоелектричних елементів для утилізації теплової енергії ВГ: Qteg – кількість енергії, що поглинається термомодулем; Ƞ - к.к.д. термомодуля; Qic – кількість енергії до охолодження модуля; Qih – кількість енергії після охолодження модуля; P – корисна енергія, що може бути використана; Th – температура відпрацьованих газів; Tc – температура модуля охолодження; Tcs – температура в системі охолодження ТЕГ; R – електричне навантаження

Для забезпечення функціонування термоелектричних елементів використовуються теплообмінник ВГ для передачі теплової енергії від ВГ до термоелектричних елементів та охолоджуючий теплообмінник для передачі

надлишкової теплової енергії від термоелектричних елементів до охолоджуючої рідини.

Визначення основних розмірів термоелектричного генератора для забезпечення роботи генератора водневмісного газу передбачає розрахунок на основі його потреб у електричній потужності. Необхідна електрична потужність ТЕГ для забезпечення виробництва водневмісного газу дорівнює N_{TEG} = 360 Вт.

Виходячи із значення коефіцієнта корисної дії термоелектричного елемента (за даними виробника) η_{TE} = 0,06, потужність теплової енергії, яку необхідно підвести до ТЕГ для забезпечення його необхідної потужності буде дорівнювати N_{QTEG} = 360/0.06 = 6000 Вт.

З іншого боку, потенційна потужність теплової енергії ВГ, що може бути передана ТЕГ в номінальному режимі роботи двигуна визначається як, кВт

$$N_{ВГ} = C_{vm}^{ВГ} \cdot G_{ВГ} \cdot \left(T_{ВГ} - T_{cm}^{ВГ}\right).$$

Температура ВГ в номінальному режимі роботи двигуна, необхідна для розрахунку, дорівнює $T_{ВГ}$ = 900 К. Теплоємність ВГ, що залежить від температури ВГ, визначається як, кДж/(кг·К)

$$C_{vm}^{ВГ} = 0{,}8 + 0{,}21 \cdot 10^{-3} \cdot \left(T_{ВГ} - 273\right) = 0{,}932$$

Годинна витрата ВГ двигуна VW BBY в номінальному режимі роботи, визначається як сума витрат палива і повітря за результатами експериментальних досліджень [8], дорівнює $G_{ВГ}$ = 237 кг/год. Температура стінки теплообмінника ВГ може бути прийнята як для температури стінок випускної труби, що дорівнює $T_{ст}^{ВГ}$ = 573 К.

Тоді потужність теплової енергії ВГ, що передається ТЕГ в номінальному режимі роботи двигуна, дорівнює, кВт

$$N_{ВГ} = C_{vm}^{ВГ} \cdot G_{ВГ} \cdot \left(T_{ВГ} - T_{cm}^{ВГ}\right) = 20 .$$

Як видно, потенційна потужність 20 кВт, яка може бути підведена до ТЕГ з боку відпрацьованих газів, значно перебільшує необхідну потужність 6 кВт, що необхідна для роботи генератора водневмісного газу.

Для визначення площі теплообмінника ВГ виходимо із принципу забезпечення потужності теплової енергії, що необхідно підводити до ТЕГ для забезпечення вироблення необхідної електричної енергії, яка визначається в залежності від розмірів теплообмінника, інтенсивності теплообміну, температури ВГ і стінки теплообмінника, Вт

$$N_{QTEG} = \alpha_{ВГ} \cdot F_{TEG}^{ВГ} \cdot \left(T_{ВГ} - T_{cm}^{ВГ}\right)$$

Спочатку визначаємо коефіцієнт тепловіддачі від ВГ до стінок теплообмінника ТЕГ, Вт/(м^2·К), за формулою Вошні [79, 80]:

$$\alpha_{ВГ} = 1{,}12 \cdot 10^{-2} \cdot {d_{TEG}^{E}}^{-0.2} \cdot {p_T}^{0.8} \cdot {T_{ВГ}}^{-0.53} \cdot (6.18 \cdot \omega_T)^{0.8}$$

Еквівалентний діаметр теплообмінника ВГ приймаємо рівним d_{TEG}^{E} = 0.08 м. Тиск потоку ВГ у теплообміннику згідно експериментальних даних p_T = 110000 Па. Відповідна швидкість потоку при перепаді тисків p_T / p_0 буде ω_T = 30 м/с. Виконуємо розрахунок коефіцієнта тепловіддачі, Вт/(м^2·К):

$$\alpha_{ВГ} = 1{,}12 \cdot 10^{-2} \cdot {d_{TEG}^{E}}^{-0.2} \cdot {p_T}^{0.8} \cdot {T_{ВГ}}^{-0.53} \cdot (6.18 \cdot \omega_T)^{0.8} = 355$$

Тоді необхідна площа поверхні теплообміну теплообмінника ВГ $F_{TEG}^{ВГ}$ = 0,052 м^2.

Для визначення площі теплообмінника охолоджуючої рідини виходимо із принципу забезпечення потужності теплової енергії, що відводиться від ТЕГ, яка враховує потужність теплової енергії, перетворену в електричну, в залежності від параметрів теплообмінника, Вт

$$N_{QTEG}^{відв.} = N_{QTEG} - N_{TEG} = \alpha_{ох.р.} \cdot F_{TEG}^{ох.р.} \cdot \left(T_{ст}^{ох.р.} - T_{ох.р.}^{ТЕГ}\right)$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінок теплообмінника до охолоджуючої рідини приймаємо рівним $\alpha_{ох.р.}$ = 3600 Вт/(м^2·К). Температура стінки охолоджуючого теплообмінника, визначена на основі експериментальних даних, $T_{ст}^{ох.р.}$ = 303 К. Температура охолоджуючої рідини ТЕГ $T_{ох.р.}^{ТЕГ}$ = 293 К.

Тоді, необхідна площа поверхні теплообміну теплообмінника охолоджуючої рідини $F_{TEG}^{ох.р.}$ = 0,157 м^2.

У відповідності до визначених площ теплообміну, розмірів та кількості термоелектричних елементів (56х56 мм, 8 шт.) визначено розміри теплообмінника ВГ і охолоджуючої рідини. Збірне креслення спроектованого термоелектричного генератора наведено на рис. 2.3. Дійсна площа поверхні теплообміну ВГ складає 0,089 м^2. Дійсна площа поверхні теплообміну охолоджуючої рідини 0,177 м^2.

Електрична енергія від термоелектричного генератора була отримана як сума електричних енергій окремих термоелектричних елементів, з’єднаних за послідовно-паралельною схемою таким чином, щоб робоча електрична напруга у ланцюгу живлення генератора водневмісного газу підтримувалась на рівні близько 14 В. Відповідна схема електричних з’єднань (рис. 2.4) здійснюється таким чином, щоб забезпечити на виході з ТЕГ електричну напругу 14 В, номінальний електричний струм при цьому

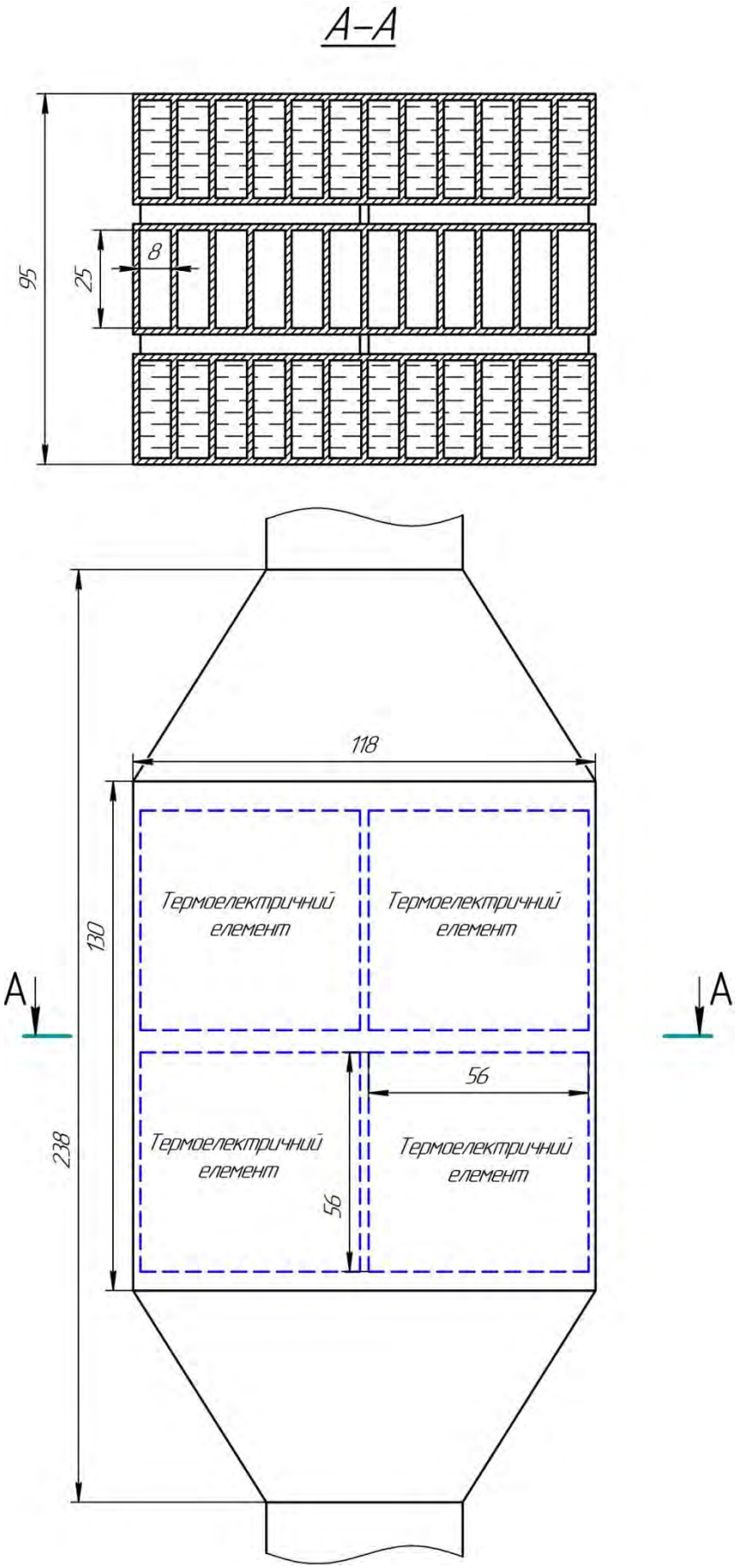


Рисунок 2.3 – Збірне креслення спроектованого термоелектричного генератора

буде складати 12 А, що забезпечить номінальну потужність ТЕГ 168 Вт (відповідно до експериментальних досліджень).

Технічні параметри системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів наведено в таблиці 2.1.

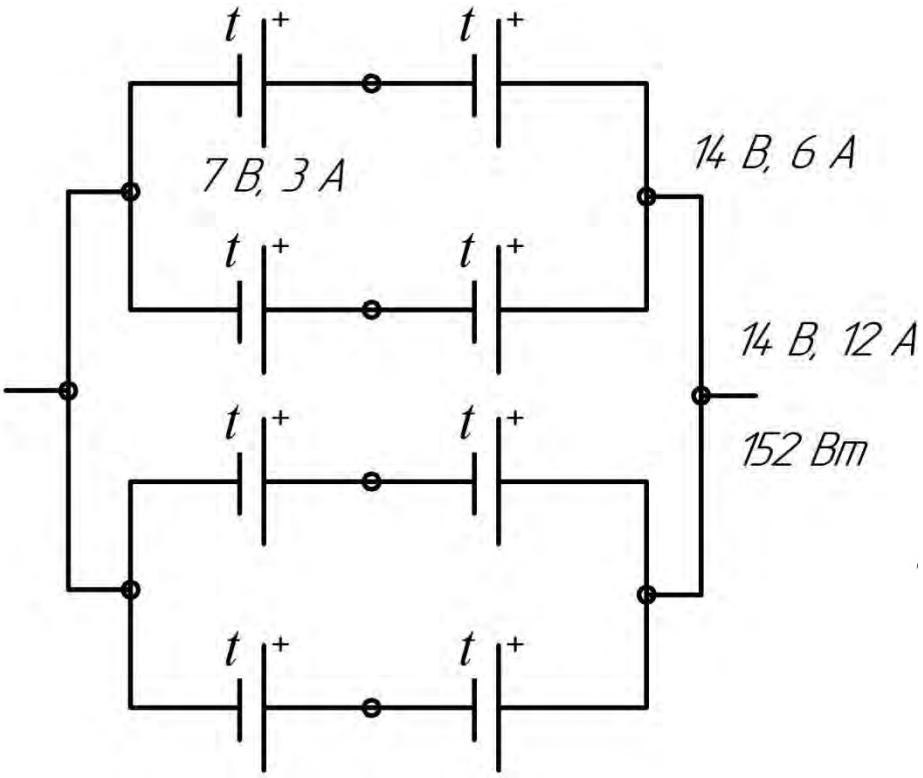


Рисунок 2.4 – Схема електричних з'єднань ТЕГ

Таблиця 2.1 – Технічні параметри системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів

Найменування параметра	Значення
Спосіб виробництва водневмісного газу	електроліз
Робоче тіло генератора водневмісного газу	водний розчин КОН
Номінальна продуктивність виробництва водневмісного газу, л/хв	3
Номінальна електрична потужність виробництва водневмісного газу, Вт	360

Продовження таблиці 2.1

Ємність додаткової акумуляторної батареї, А·год	30
Матеріал теплообмінників термоелектричного генератора	алюміній
Виробник термоелектричних елементів	TEGpro
Потужність термоелектричного елемента, Вт	19
Максимальна температура термоелектричного модуля, °С	400
Робоча електрична напруга, В	14
Кількість термоелектричних елементів	8
К.к.д. термоелектричного генератора	0,035

У пропонованій системі було використано термоелектричні елементи TEGMART 19W (8 шт.) загальною номінальною потужністю 152 Вт [72]. Загальний вигляд термоелектричного модуля представлено на рис. 2.5.

Рисунок 2.5 – Загальний вигляд термоелектричного модуля TEGMART

Конструкція термоелектричного модуля передбачає послідовне з’єднання термопар на основі вісмуту Bi та телуру Te. Діапазон робочих температур складає до 330 ℃ під час тривалої експлуатації та до 400 ℃ під час короткочасного впливу. Модуль генерує постійний електричний струм, який залежить від перепаду температур на поверхнях модулю (рис. 2.9). При збільшенні перепаду температур вихідна напруга (рис. 2.7, 2.8), потужність (рис. 2.10) та ефективність термоелектричного перетворення (рис. 2.6) зростають. Графітові теплопровідні листи, стійкі до дії високих температур, нанесені на обидві сторони керамічних пластин для забезпечення низького

контактного теплового опору. Характеристики використаних термоелектричних модулів відповідно до даних їх виробника представлено на рис. 2.6 – 2.11.

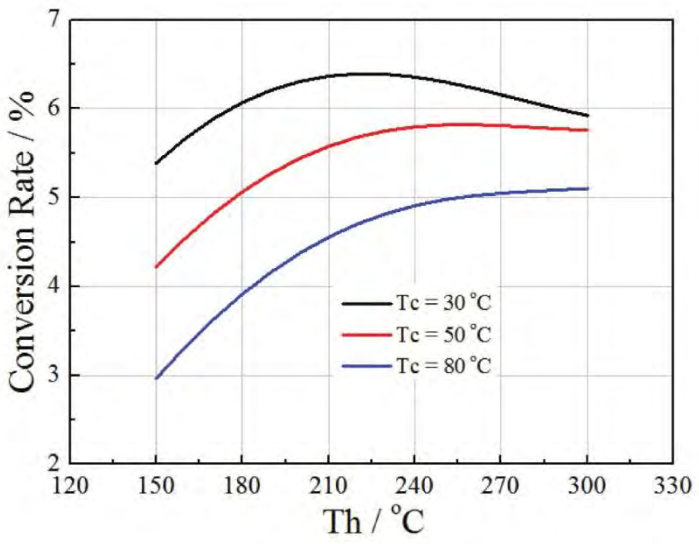


Рисунок 2.6 – Ефективність термоелектричного перетворення в залежності перепаду температур модуля [72].

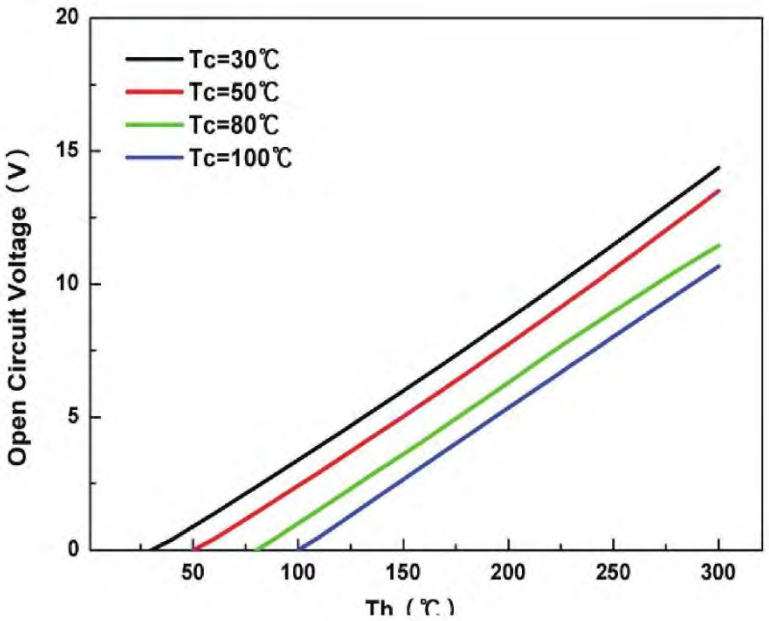


Рисунок 2.7 – Напруга у відкритому контурі (без навантаження) в залежності перепаду температур термоелектричного модуля [72].

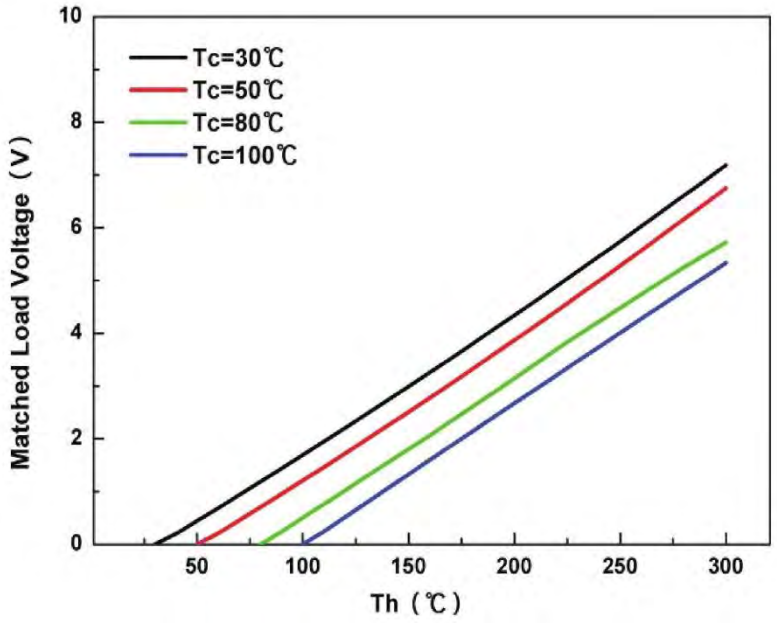


Рисунок 2.8 – Напруга під навантаженням в залежності перепаду температур термоелектричного модуля [72].

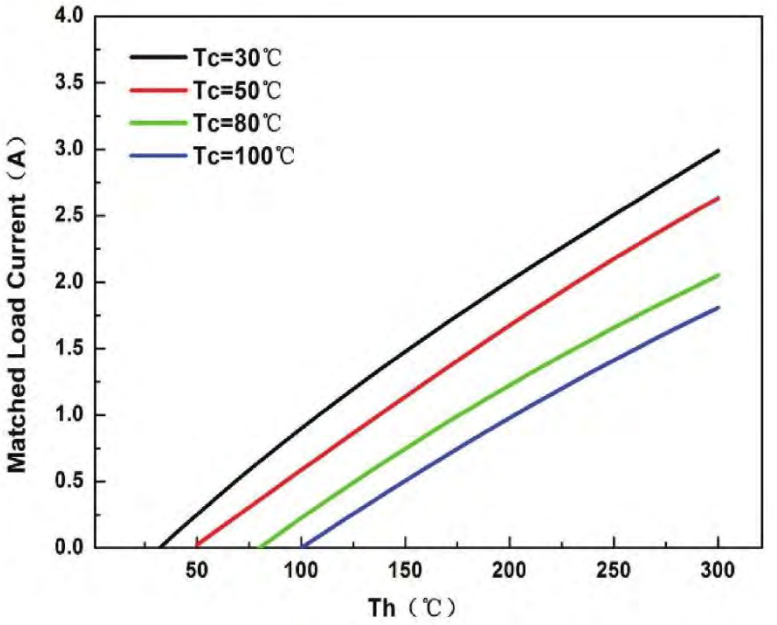


Рисунок 2.9 – Сила струму під навантаженням в залежності перепаду температур термоелектричного модуля [72].

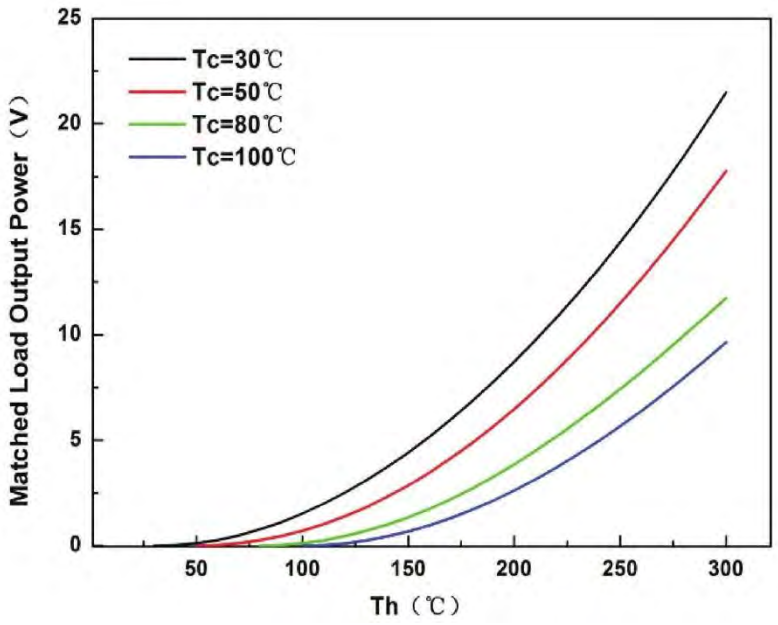


Рисунок 2.10 – Потужність термоелектричного модуля в залежності перепаду температур [72].

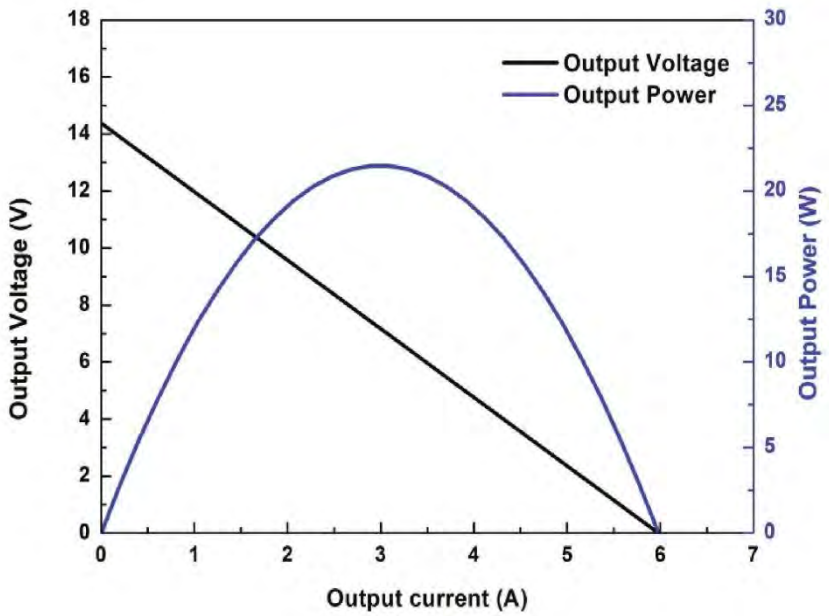


Рисунок 2.11 – Напруга та потужність термоелектричного модуля в залежності від сили струму навантаження при температурах гарячої/холодної поверхонь 300/30 ℃ [72].

Як видно з рис. 2.6, ефективність термоелектричного перетворення має нелінійну залежність від температур гарячої і холодної поверхонь. Це обумовлюється взаємним впливом характеристик теплопередачі через модуль та вольт-амперних та потужнісних характеристик при різних температурних умовах холодної і гарячої поверхонь (рис. 2.7 – 2.10). При цьому, сила струму навантаження також має певне оптимальне значення при якому може бути отримана максимальна потужність приданому перепаді температур (рис. 2.11). Таким чином, дійсні електричні характеристики та ефективність термоелектричного перетворення будуть значною мірою залежати від конкретних умов використання термоелектричних модулів у складі термоелектричного генератора в системі випуску двигуна: температури ВГ та їх масової витрати, які залежать від швидкісного і навантажувального режимів роботи двигуна та будуть обумовлювати тепловий потік через термоелектричні модулі та значення температур на їх поверхнях, інтенсивності охолодження холодної поверхні, конструкції теплообмінників.

Для системи, що містить вісім термоелектричних елементів, було спроектовано три ідентичних теплообмінника: один для контакту з ВГ і два для охолодження (рис. 2.12).

а б

Рисунок 2.12 – Теплообмінник термоелектричного генератора: а – теплообмінник; б – встановлення теплообмінника у системі випуску двигуна

Отримана електрична енергія використовувалась для забезпечення роботи генератора водневмісного газу, що має номінальну продуктивність 3 л/хв. Генератор водневмісного газу (рис. 2.13) функціонує за принципом електролізу водного розчину гідроксиду калію. Для забезпечення функціонування генератора водневмісного газу в різних режимах роботи двигуна (коли електричної енергії, виробленої ТЕГ недостатньо) передбачено додаткову акумуляторну батарею ємністю 30 А·год.

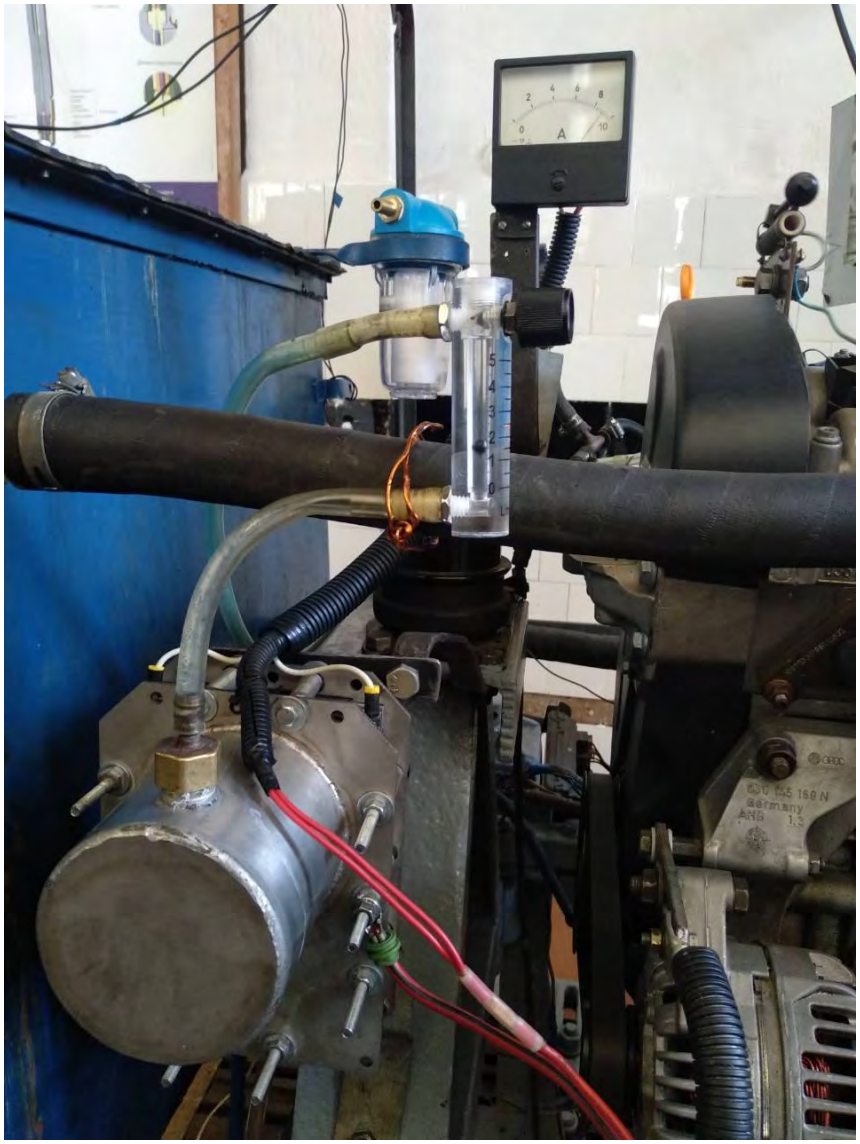


Рисунок 2.13 – Генератор водневмісного газу

2.4. Висновки до розділу 2

1. З метою дослідження впливу додавання водневмісного газу до повітряного заряду двигуна на основі термоелектричної рекуперації теплової енергії відпрацьованих газів на паливну економічність та екологічні показники автомобіля з бензиновим двигуном розроблено відповідну методику. Дана методика включає проведення стендових випробувань двигуна, обладнаного засобами для подачі водневмісного газу та термоелектричного перетворення теплової енергії, у різних швидкісних і навантажувальних режимах роботи та визначення параметрів робочого циклу та процесу згоряння, параметрів системи управління двигуном, витрати палива та концентрацій шкідливих речовин у відпрацьованих газах з використанням спеціалізованого апаратного і програмного забезпечення.

2. Для ефективного використання вказаного методу забезпечення виробництва водневмсного газу створено експериментальний зразок системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів, що містить генератор водневмісного газу для його виробництва і подачі у впускну систему двигуна, додаткову акумуляторну батарею для забезпечення енергопостачання генератора газу, термоелектричний генератор у випускній системі для забезпечення заряджання додаткової батареї шляхом рекуперації теплової енергії відпрацьованих газів у електричну.

3. Визначено площі поверхонь теплообміну з відпрацьованими газами та охолоджуючою рідиною для забезпечення необхідної для роботи генератора водневмісного газу потужності термоелектричного генератора та виконано проектування теплообмінника відпрацьованих газів та охолоджуючого теплообмінника.

4. Здійснено аналіз технічних характеристик термоелектричних модулів, що використані у пропонованій системі додавання водневмісного газу. На основі аналізу встановлено, що для встановлення дійсних характеристик термоелектричного генератора конкретної конструкції необхідне проведення його досліджень у системі випуску в різних швидкісних і навантажувальних режимах роботи двигуна.

РОЗДІЛ 3
ОСОБЛИВОСТІ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ АВТОМОБІЛЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМИ ДОДАВАННЯ ВОДНЕВМІСНОГО ГАЗУ ДО ПОВІТРЯНОГО ЗАРЯДУ ДВИГУНА

3.1. Структура алгоритму математичного моделювання

Для проведення досліджень була уточнена математична модель для оцінювання показників двигуна та транспортного засобу обладнаного системою додавання водневмісного газу до повітряного заряду з використанням термоелектричного генератора. Ця математична модель використовується для оцінювання витрати палива та викидів автомобіля під час його руху в режимах їздового циклу згідно Правил ЄЕК ООН № 83-05 з використанням зазначеної системи додавання водневмісного газу. Основні технічні параметри автомобіля Scoda Fabia, що використовуються в математичній моделі дано в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні технічні параметри автомобіля Scoda Fabia з двигуном VW BBY

Найменування параметра	Значення
Маса автомобіля з водієм, кг	1100
Максимальна швидкість, км/год	167
Вид палива	бензин
Число / розташування циліндрів двигуна	4 / рядне
Літраж двигуна, л	1,39
Діаметр циліндра / хід поршня, мм	76,5 / 75,6
Ступінь стискання	10,5
Потужність двигуна, кВт / частота обертання колінчастого вала, $хв^{-1}$	55 / 5000
Крутний момент, Н·м / частота обертання колінчастого вала, $хв^{-1}$	126 / 3800
Число впускних / випускних клапанів на циліндр	2 / 2

Продовження таблиці 3.1.

Система нейтралізації відпрацьованих газів	трикомпонентний каталітичний нейтралізатор
Напруга електричного генератора, В / сила струму, А	14 / 70
Передаточні числа коробки передач	3,455 2,095 1,387 1,025 0,813
Передаточне число головної передачі	3,882
Радіус кочення колеса, м	0,265

Зазначений їздовий цикл (рис. 3.1) використовується для визначення викидів ШР і для оцінки паливної економічності легкових автомобілів та вантажних автомобілів малої вантажопідйомності. Це відповідає об’єкту експериментальних і розрахункових досліджень – автомобілю Scoda Fabia, який відповідно до таблиці 3.1 відноситься до легкових транспортних засобів категорії М1. Цикл складається з чотирьох елементарних міських циклів протяжністю 4,052 км за час 780 с і максимальною швидкістю 50 км/год та магістрального циклу протяжністю 6,955 км за час 400 с і максимальною швидкістю 120 км/год.

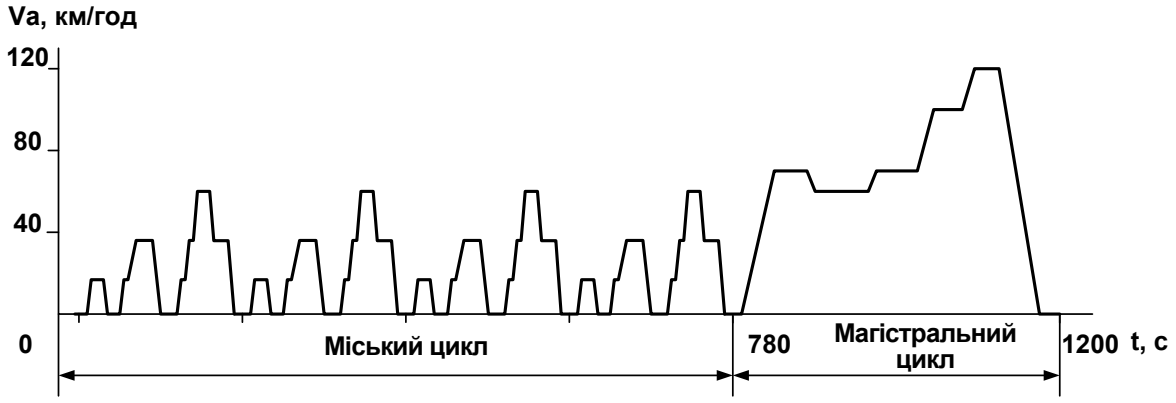


Рисунок 3.1 – Їздовий цикл згідно Правил ЄЕК ООН № 83-05

Для використання математичної моделі двигуна, обладнаного системою додавання водневмісного газу до повітряного заряду з використанням термоелектричного генератора в моделюванні руху автомобіля в циклі потрібно визначити необхідний крутний момент двигуна M_e і частоту обертання колінчастого вала n_∂, які забезпечують відповідні швидкість V_a і прискорення j_a автомобіля.

Необхідний крутний момент двигуна визначається із залежності [73, 82], *Н·м*:

$$M_e = \frac{[M_a \cdot g \cdot \psi + M_a \cdot j_a \cdot (1{,}04 + 0{,}04 \cdot U_i^{\,2}) + C_x \cdot \rho_n \cdot F \cdot \frac{V_a^2}{2}] \cdot r_\partial}{U_i \cdot U_0 \cdot \eta_{тр}}, \quad (3.1)$$

де M_a - маса автомобіля з водієм, *кг*;

g - прискорення вільного падіння, *м/с*^{2};

ψ - коефіцієнт дорожнього опору;

j_a - прискорення автомобіля, *м/с*^{2};

U_i - передаточне число *i*-тої передачі коробки передач;

U_0 - передаточне число головної передачі;

C_x - коефіцієнт аеродинамічного опору;

$\rho_n = 1{,}23$ - густина повітря при нормальному атмосферному тиску і температурі 15 *°С*, *кг/м*^{3};

F - площа фронтального перерізу автомобіля, *м*^{2};

V_a - швидкість автомобіля, *м/с*;

r_∂ - динамічний радіус колеса, *м*;

$\eta_{тр}$ - к.к.д. трансмісії.

Частота обертання колінчастого вала, *хв*$^{-1}$:

$$n_\partial = \frac{30 \cdot U_i \cdot U_0 \cdot V_a}{\pi \cdot r_\partial}. \quad (3.2)$$

З використанням формул (3.1) і (3.2) було визначено необхідний крутний момент і частоту обертання колінчастого вала двигуна в режимах їздового циклу. Результати розрахунків необхідного крутного моменту і частоти обертання колінчастого вала двигуна та характеристики режимів їздового циклу для міської і магістральної частин наведено в табл. 3.2 і 3.3 відповідно.

Таблиця 3.2 – Характеристика елементарного міського їздового циклу

№ п/п	Назва режиму	Номер передачі коробки передач	V_a, км/год	j_a, м/с^2	M_e, Н·м	$n_д$, хв$^{-1}$	t, с
1	Холостий хід	-	0	0	0	800	11
2	Прискорення	1	0 – 15	1,04	42,8 – 43	800 – 2014	4
3	Постійна швидкість	1	15	0	4,9	2014	8
4	Сповільнення	1	15 – 10	-0,69	-	2014 – 1343	2
5	Сповільнення з виключеним зчепленням	-	10 – 0	-0,92	0	800	3
6	Холостий хід	-	0	0	0	800	21
7	Прискорення	1	0 – 15	0,83	35,2 – 35,3	800 – 2014	5
8	Переключення передачі	-	15	0	0	800	2
9	Прискорення	2	15 – 32	0,94	53,5 – 54,4	1221 – 2606	5
10	Постійна швидкість	2	32	0	8,85	2606	24
11	Сповільнення	2	32 – 10	-0,75	-	2606 – 814	8
12	Сповільнення з виключеним зчепленням	-	10 – 0	-0,92	0	800	3
13	Холостий хід	-	0	0	0	800	21
14	Прискорення	1	0 – 15	0,83	35,2	800 – 2014	5
15	Переключення передачі	-	15	0	0	800	2
16	Прискорення	2	15 – 35	0,62	38,1 – 39,1	1221 – 2850	9
17	Переключення передачі	-	35	0	0	800	2
18	Прискорення	3	35 – 50	0,52	48,6 – 50,6	1887 – 2696	8
19	Постійна швидкість	3	50	0	15,6	2696	12
20	Сповільнення	3	50 – 35	-0,52	-	2696 – 1887	8
21	Постійна швидкість	3	35	0	13,7	1887	13
22	Переключення передачі	-	35	0	0	800	2
23	Сповільнення	2	35 – 10	-0,99	-	2850 – 814	7
24	Сповільнення з виключеним зчепленням	-	10 – 0	-0,92	0	800	3
25	Холостий хід	-	0	0	0	800	7

Таблиця 3.3 – Характеристика магістрального їздового циклу

№ п/п	Назва режиму	Номер передачі коробки передач	V_a, км/год	j_a, м/с^2	M_e, Н·м	$n_д$, хв$^{-1}$	t, с
1	Холостий хід	-	0	0	0	800	20
2	Прискорення	1	0 – 15	0,83	35,2 – 35,3	800 – 2014	5
3	Переключення передачі	-	15	0	0	800	2
4	Прискорення	2	15 – 35	0,62	38,1 – 39,1	1221 – 2850	9
5	Переключення передачі	-	35	0	0	800	2
6	Прискорення	3	35 – 50	0,52	48,6 – 50,6	1887 – 2696	8
7	Переключення передачі	-	50	0	0	800	2
8	Прискорення	4	50 – 70	0,43	59 – 63,9	1994 – 2792	13
9	Переключення передачі	-	70	0	0	800	2
10	Постійна швидкість	5	70	0	32,9	2212	48
11	Сповільнення	5, 4	70 – 50	-0,69	-	2212 – 1994	8
12	Постійна швидкість	4	50	0	21,1	1994	69
13	Прискорення	4	50 – 70	0,43	59 – 63,9	1994 – 2792	13
14	Переключення передачі	-	70	0	0	800	2
15	Постійна швидкість	5	70	0	32,9	2212	48
16	Прискорення	5	70 – 100	0,24	59,2 – 72,5	2212 – 3160	35
17	Постійна швидкість	5	100	0	46,2	3160	30
18	Прискорення	5	100 – 120	0,28	76,9 – 88,3	3160 – 3792	20
19	Постійна швидкість	5	120	0	57,7	3792	10
20	Сповільнення	5	120 – 80	-0,69	-	3792 – 2528	16
21	Сповільнення	5	80 – 50	-1,04	-	2528 – 1580	8
22	Сповільнення з виключеним зчепленням	-	50 – 0	1,39	0	800	10
23	Холостий хід	-	0	0	0	800	20

Алгоритм математичної моделі для дослідження паливної економічності та екологічних показників транспортного засобу під час руху в їздовому циклі показаний на рис. 3.2.

Даний алгоритм було розроблено на основі алгоритму моделювання руху ТЗ в їздовому циклі [12] шляхом врахування параметрів процесів, що відбуваються в термоелектричному генераторі та генераторі водневмісного газу.

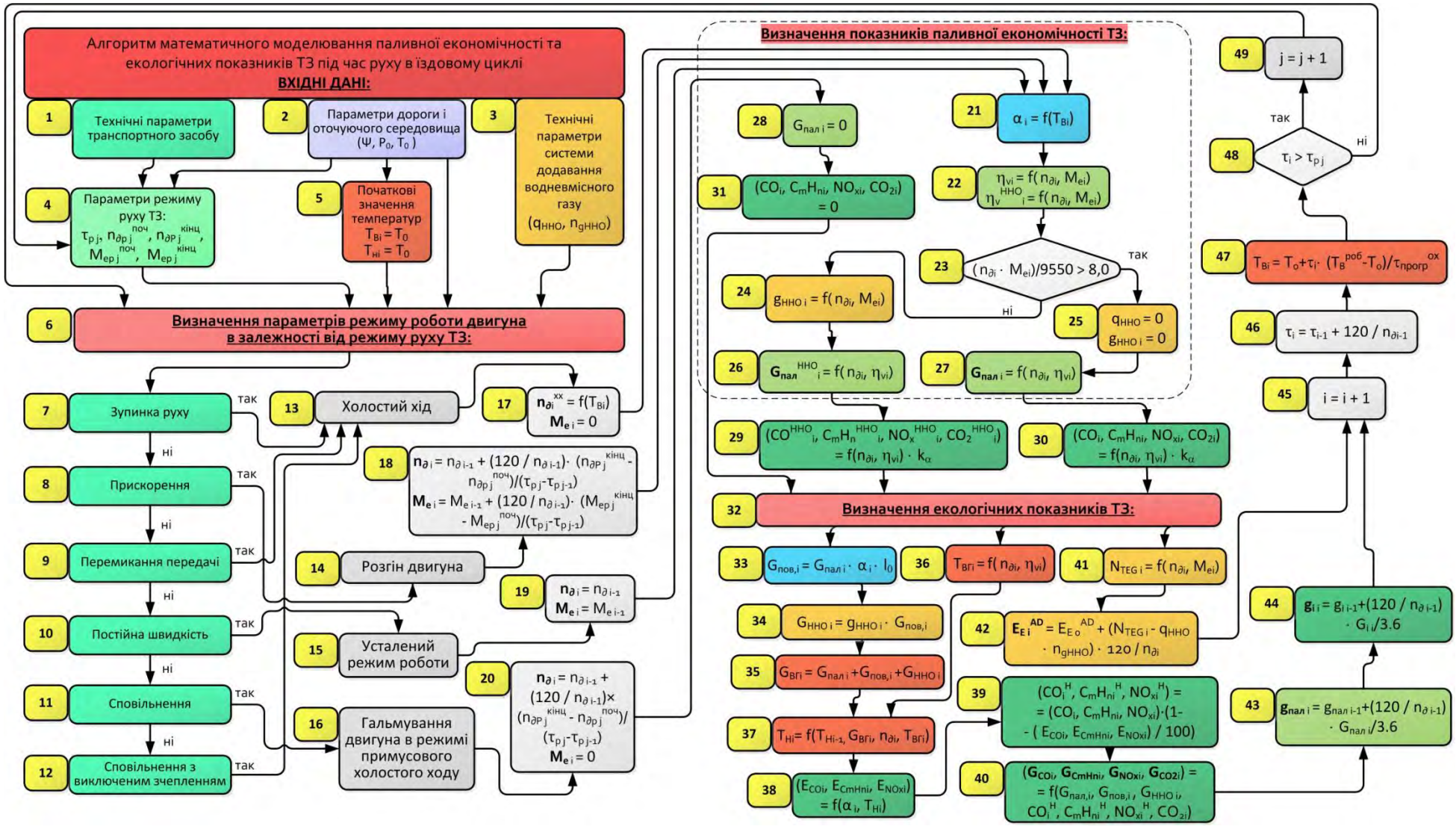


Рисунок 3.2 – Алгоритм дослідження паливної економічності та екологічних показників транспортного засобу під час руху в їздовому циклі

На початку проведення розрахунків у блоках 1-3 проводиться введення початкових даних для здійснення розрахунку.

У блоці 1 проводиться встановлення параметрів ТЗ. До них відносяться параметри, визначені в таблиці 3.1.

У блоці 2 проводиться встановлення параметрів дороги і оточуючого середовища: коефіцієнту дорожнього опору, ψ, атмосферного тиску, p_0, *Па,* температури навколишнього середовища, T_0, *К.*

У блоці 3 вводяться технічні параметри системи додавання водневмісного газу: продуктивність генератора водневмісного газу q_{HHO}, л/хв., та питома електрична потужність, що споживається генератором водневмісного газу $n_{G\ HHO}$, Вт/(л/хв).

У блоках 4, 5 алгоритму проводиться підготовка необхідних вихідних даних для роботи математичної моделі. Так, у блоці 4 відбувається визначення параметрів режиму роботи двигуна ТЗ в поточному режимі руху: τ_{pj} – значення часу в момент завершення поточного режиму руху ТЗ, с, $n_{\partial j}^{поч.}$, $n_{\partial j}^{кінц.}$ – початкове і кінцеве значення частоти обертання колінчастого валу двигуна в поточному режимі руху, хв$^{-1}$, $M_{ej}^{поч.}$, $M_{ej}^{кінц.}$ – початкове і кінцеве значення ефективного крутного моменту двигуна в поточному режимі руху, Н·м.

У блоці 5 встановлюються початкові значення температур охолоджуючої рідини $T_{Bi} = T_0$ та каталітичного нейтралізатора $T_{ні} = T_0$, К.

Усі підготовлені вихідні (початкові) дані поступають у блок 6, де проводиться визначення параметрів режиму роботи двигуна в залежності від режиму руху ТЗ в поточний момент часу τ_i.

У блоках 7-12 встановлюється режим руху ТЗ, який відповідає поточному моменту часу руху за умови $\tau_i \leq \tau_{pj}$ відповідно до послідовності і тривалості режимів руху в їздовому циклі (таблиці 3.2, 3.3),: зупинка руху, прискорення, перемикання передачі, постійна швидкість, сповільнення, сповільнення з виключеним зчепленням. Відповідно до цих режимів руху у блоках 13-16 встановлюється один із чотирьох можливих режимів роботи

двигуна: холостий хід, розгін двигуна, усталений режим роботи, гальмування двигуна в режимі примусового холостого ходу.

У разі встановлення режиму холостого ходу двигуна, що відповідає режимам зупинки руху, перемикання передачі та сповільнення з виключеним зчепленням ТЗ, у блоці 17 параметри режиму роботи двигуна є наступними:

- частота обертання колінчастого вала, хв.$^{-1}$:

$$n_{\text{д}\,i}^{\text{хх}} = f(T_{\text{в}\,i}), \tag{3.3}$$

- ефективний крутний момент, Нм:

$$M_{e\,i} = 0. \tag{3.4}$$

У разі встановлення режиму розгону двигуна, що відповідає режиму прискорення ТЗ, у блоці 18 параметри режиму роботи двигуна є наступними:

- частота обертання колінчастого вала, хв.$^{-1}$:

$$n_{\text{д}\,i} = n_{\text{д}\,i-1} + \frac{120}{n_{\text{д}\,i-1}} \cdot \frac{n_{\text{д р}\,j}^{\text{кінц}} - n_{\text{д р}\,j}^{\text{поч}}}{\tau_{\text{р}\,j} - \tau_{\text{р}\,j-1}}, \tag{3.5}$$

де $\frac{120}{n_{\text{д}\,i-1}}$ – розрахунковий проміжок часу, що відповідає тривалості одного робочого циклу двигуна при даній частоті обертання, с;

$\frac{n_{\text{д р}\,j}^{\text{кінц}} - n_{\text{д р}\,j}^{\text{поч}}}{\tau_{\text{р}\,j} - \tau_{\text{р}\,j-1}}$ – лінійна швидкість зміни частоти обертання колінчастого валу двигуна в режимі розгону, хв.$^{-1}$·с$^{-1}$;

- ефективний крутний момент, Нм:

$$M_{e\,i} = M_{e\,i-1} + \frac{120}{n_{\text{д}\,i-1}} \cdot \frac{M_{e\,\text{р}\,j}^{\text{кінц}} - M_{e\,\text{р}\,j}^{\text{поч}}}{\tau_{\text{р}\,j} - \tau_{\text{р}\,j-1}}, \tag{3.6}$$

де $\frac{M_{e\,\text{р}\,j}^{\text{кінц}} - M_{e\,\text{р}\,j}^{\text{поч}}}{\tau_{\text{р}\,j} - \tau_{\text{р}\,j-1}}$ – лінійна швидкість зміни ефективного крутного моменту двигуна в режимі розгону, Н·м·с$^{-1}$.

У разі встановлення усталеного режиму роботи двигуна, що відповідає режиму руху ТЗ з постійною швидкістю, у блоці 19 параметри режиму роботи двигуна є наступними:

- частота обертання колінчастого вала, хв.$^{-1}$:

$$n_{\text{д}\,i} = n_{\text{д}\,i-1}, \tag{3.7}$$

- ефективний крутний момент, Нм:

$$M_{e\,i} = M_{e\,i-1}. \tag{3.8}$$

У разі встановлення режиму гальмування двигуна в режимі примусового холостого ходу, що відповідає режиму сповільнення ТЗ, у блоці 20 параметри режиму роботи двигуна є наступними:

- частота обертання колінчастого вала визначається за формулою (3.5) при підстановці в неї відповідних значень частоти обертання в режимі сповільнення;

- ефективний крутний момент двигуна приймається відповідно до формули (3.4).

Під час моделювання перехідних режимів роботи двигуна вважається, що при переході від режиму холостого ходу до режиму розгону двигуна буксування зчеплення відсутнє і двигун одразу сприймає повне навантаження з боку зовнішніх сил опору руху автомобіля; при переході від навантаженого режиму до режиму холостого ходу сповільнення двигуна до мінімальної частоти обертання при даній температурі охолоджуючої рідини в режимі холостого ходу відбувається миттєво. Таке спрощення вбачається достатньо обґрунтованим з огляду на той факт, що практичне збільшення

витрати палива в початковій стадії розгону із блокованим зчепленням порівняно із розгоном при буксуючому зчепленні компенсується зменшенням витрати палива в режимі холостого ходу при мінімальній частоті обертання порівняно із витратою в цьому режимі при сповільненні з більшою частотою обертання. Як буде показано у наступних розділах дана особливість математичної моделі не погіршує її адекватність.

У блоці 21 відбувається визначення поточного значення коефіцієнта надміру повітря як функції від T_{Bi} в режимі прогріву двигуна, $\alpha_i = f(T_{Bi})$. Для прогрітого двигуна склад паливоповітряної суміші залежить від навантаження: якщо навантаження не перевищує 80 % ($0{,}8 \cdot M_e \approx 80 \ldots 100$ Нм при 1200…3800 хв$^{-1}$ для двигуна VW автомобіля Scoda Fabia), то склад суміші відповідає стехіометричному ($\alpha = 1$).

У блоці 22 проводиться визначення коефіцієнта наповнення двигуна свіжим зарядом як функції від параметрів режиму роботи двигуна, $\eta_{vi} = f(n_{\partial i}, Me_i)$ або $\eta_v^{HHO}{}_i = f(n_{\partial i}, Me_i)$.

У блоці 23 проводиться перевірка умови $(n_{\partial i} \cdot M_{ei})/9550 > 8{,}0$, за якою при потужності двигуна не перевищує 8 кВт здійснюється добавка водневмісного газу до свіжого заряду. У такому випадку у блоці 24 здійснюється визначення частки водневмісного газу у повітряному заряді, $g_{HHO\ i} = f(n_{\partial i}, M_{ei})$. У іншому випадку добавка водневмісного газу відсутня. Тоді, у блоці 25 встановлюються значення параметрів $q_{HHO} = 0$, $g_{HHO\ i} = 0$.

В залежності від виконання умови додавання водневмісного газу у блоках 26, 27 відбувається визначення миттєвих значень годинної витрати палива двигуном, $G_{пал}^{HHO}{}_i = f(n_{\partial i}, \eta_{vi})$ або $G_{пал\ i} = f(n_{\partial i}, \eta_{vi})$.

Відповідно до особливостей управління паливоподачею в режимі примусового холостого ходу в режимі сповільнення із включеним зчепленням споживання палива і викидів не відбувається (якщо $n_д > 1200$ хв$^{-1}$). Тоді, у блоці 28 встановлюється значення витрати палива $G_{пал\ i} = 0$.

У блоках 29, 30 визначаються концентрації CO (%), C_mH_n (млн$^{-1}$), NO_x (млн$^{-1}$) та CO_2 (%) до каталітичного нейтралізатора: $(CO^{HHO}{}_i, C_mH_n^{HHO}{}_i,$

$NO_x^{HHO}{}_i$, $CO_2^{HHO}{}_i) = f(n_{\partial i}, \eta_{vi}) \cdot k_\alpha$ або $(CO_i, C_mH_{ni}, NO_{xi}, CO_{2i}) = f(n_{\partial i}, \eta_{vi}) \cdot k_\alpha$, де k_α - коефіцієнт врахування складу паливоповітряної суміші.

У блоці 31 встановлюються значення концентрацій шкідливих речовин у разі відсутності витрати палива: $(CO_i, C_mH_{ni}, NO_{xi}, CO_{2i}) = 0$.

Далі розрахунок ведеться у блоці 32 визначення екологічних показників ТЗ. Для цього у блоці 33 здійснюється визначення годинної витрати повітря, $G_{пов,i} = G_{пал\ i} \cdot \alpha_i \cdot l_0$, кг/год. У блоці 34 визначається витрата водневмісного газу, $G_{HHO\ i} = g_{HHO\ i} \cdot G_{пов,i}$, кг/год. У блоці 35 визначається масова витрата ВГ, $G_{ВГi} = G_{пал\ i} + G_{пов,i} + G_{HHO\ i}$, кг/год.

Для визначення ефективності нейтралізатора, яка залежить від його температури, у блоці 36 визначається температура ВГ, $T_{ВГi} = f(n_{\partial i}, \eta_{vi})$, К. У блоці 37 визначається температура каталітичного блоку нейтралізатора $T_{Hi} = f(T_{Hi-1}, G_{ВГi}, n_{\partial i}, T_{ВГi})$, К. На основі цього у блоці 38 проводиться визначення ефективності нейтралізації CO, C_mH_n, NO_x, %, а саме: $(E_{COi}, E_{CmHni}, E_{NOxi}) = f(\alpha_i, T_{Hi})$.

В залежності від ефективності нейтралізації у блоці 39 здійснюється визначення концентрацій CO (%), C_mH_n (млн$^{-1}$), NO_x (млн$^{-1}$) після каталітичного нейтралізатора, а саме: $(CO_i^H, C_mH_{ni}^H, NO_{xi}^H) = (CO_i, C_mH_{ni}, NO_{xi}) \cdot (1 - (E_{COi}, E_{CmHni}, E_{NOxi}) / 100)$. На основі цих концентрацій у блоці 40 проводиться визначення масових викидів CO, C_mH_n, NO_x та CO_2 (кг/год), а саме: $(G_{COi}, G_{CmHni}, G_{NOxi}, G_{CO2i}) = f(G_{пал,i}, G_{пов,i}, G_{HHOi}, CO_i^H, C_mH_{ni}^H, NO_{xi}^H, CO_{2i})$.

Потужність термоелектричного генератора визначається у блоці 41, Вт, $N_{TEG\ i} = f(n_{\partial i}, M_{ei})$. На основі цього значення та в залежності від споживання водневмісного газу у блоці 42 визначається поточне значення накопиченої у додатковій батареї електричної енергії, Дж, $E_{E\ i}^{AD} = E_{E\ 0}^{AD} + (N_{TEG\ i} - q_{HHO} \cdot n_{gHHO}) \cdot 120 / n_{\partial i}$.

На основі поточних значень годинної витрати палива та викидів i-тої шкідливої речовини у блоках 43 і 44 здійснюється визначення поточних

сумарних значень витраченого палива та викидів шкідливих речовин, г, $g_{пал\ i} = g_{пал\ i-1}+(120 / n_{д\ i-1}) \cdot G_{пал\ i}/3.6$, $g_{i\ i} = g_{i\ i-1}+(120 / n_{д\ i-1}) \times G_{i\ i}/3.6$.

Далі в блоці 45 здійснюється зміна порядкового номера робочого циклу розрахунку на наступний, i, $i = i + 1$, а в блоці 46 – поточного часу з моменту пуску двигуна ТЗ: $\tau_i = \tau_{i-1} + 120 /n_{дi-1}$.

У блоці 47 здійснюється визначення температури охолоджуючої рідини, К, $T_{Bi} = T_0+\tau_i \cdot (T_B^{роб}-T_0)/\tau_{прогр}^{ох}$, де $T_B^{роб}$ – робоча температура охолоджуючої рідини, К, $\tau_{прогр}^{ох}$ – час прогріву охолоджуючої рідини до робочої температури (на основі експериментальних даних [12]), с.

У блоці 48 перевіряється умова завершення поточного режиму руху ТЗ, $\tau_i > \tau_{p\ j}$. У разі виконання цієї умови здійснюється зміна номеру режиму руху ТЗ в їздовому циклі, $j = j + 1$, і розрахунок продовжується у блоці 4. У випадку невиконання умови розрахунок продовжується у блоці 6.

Розроблений алгоритм дозволяє провести оцінювання ефективності експлуатації ТЗ, оснащеного двигуном системою додавання водневмісного газу до повітряного заряду двигуна із застосуванням термоелектричного генератора і каталітичним нейтралізатором ВГ, на основі аналізу поточних і сумарних значень показників витрати палива і викидів шкідливих речовин транспортним засобом при його русі в їздовому циклі.

3.2. Особливості моделювання показників двигуна при додаванні водневмісного газу до повітряного заряду під час руху автомобіля в їздовому циклі

Показники двигуна при застосуванні системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду під час руху в їздовому циклі описано поліноміальними залежностями від параметрів, які характеризують швидкісний і навантажувальний режим двигуна, отримані під час експериментальних досліджень.

В режимі прогріву, залежність частоти обертання в режимі холостого ходу від температури охолоджуючої рідини описується залежністю, хв$^{-1}$

$$n_{\partial}^{xx} = -0{,}1423 \cdot T_B^{\,2} + 79{,}878 \cdot T_B - 9705{,}9\,, \qquad (3.9)$$

Залежність коефіцієнту надміру повітря від температури охолоджуючої рідини визначається як

$$\alpha = 0{,}0026 \cdot T_B + 0{,}158\,. \qquad (3.10)$$

Визначення впливу додавання водневмісного газу на показники двигуна у режимах з однаковим швидкісним режимом і однаковим моментом опору, який визначає необхідний крутний момент, в режимах руху в їздовому циклі здійснюється через значення коефіцієнту наповнення з додаванням та без додавання водневмісного газу. Залежність коефіцієнта наповнення циліндра від режиму роботи двигуна без додавання водневмісного газу має вигляд

$$\begin{aligned}\eta_v = &\text{-}1{,}986 \cdot 10^{-7} \cdot n_{\partial} \cdot M_e + 1{,}058 \cdot 10^{-5} \cdot M_e^{\,2} + 5{,}698 \cdot 10^{-3} \cdot M_e + \\ &0{,}143 + 4{,}164 \cdot 10^{-5} \cdot n_{\partial} - 9{,}584 \cdot 10^{-9} \cdot n_{\partial}^{\,2}\end{aligned}. \qquad (3.11)$$

З додаванням водневмісного газу відповідно

$$\begin{aligned}\eta_v^{\,HHO} = &\text{-}9{,}108 \cdot 10^{-8} \cdot n_{\partial} \cdot M_e + 8{,}94 \cdot 10^{-6} \cdot M_e^{\,2} + 5{,}574 \cdot 10^{-3} \cdot M_e + \\ &0{,}105 + 7{,}375 \cdot 10^{-5} \cdot n_{\partial} - 1{,}68 \cdot 10^{-8} \cdot n_{\partial}^{\,2}\end{aligned}. \qquad (3.12)$$

Масова частка водневмісного газу в повітряному заряді g_{HHO} повинна бути відома на початку розрахунку з урахуванням продуктивності, яку забезпечує генератор водневмісного газу. Ця частка (g_{HHO}) описується

залежністю, отриманою на основі обробки експериментальних даних щодо витрати повітря і продуктивності генератора водневмісного газу в різних режимах роботи двигуна (розділ 4):

$$g_{HHO} = 0.02113 - 1.10852 \cdot 10^{-5} \cdot n_д - 6.368 \cdot 10^{-4} \cdot M_е + 1.023 \cdot 10^{-9} \cdot n_д{}^2 + 8.094 \cdot 10^{-6} \cdot M_е{}^2 + 3.446 \cdot 10^{-7} \cdot n_д \cdot M_е + 4.592 \cdot 10^{-13} \cdot n_д{}^3 - 4.844 \cdot 10^{-8} \cdot M_е{}^3 - 6.699 \cdot 10^{-11} \cdot n_д{}^2 \cdot M_е - 2.847 \cdot 10^{-9} \cdot n_д \cdot M_е{}^2 - 8.139 \cdot 10^{-17} \cdot n_д{}^4 + 1.068 \cdot 10^{-10} \cdot M_е{}^4 + 8.508 \cdot 10^{-12} \cdot n_д \cdot M_е{}^3 + 2.558 \cdot 10^{-13} \cdot n_д{}^2 \cdot M_е{}^2 + 4.55 \cdot 10^{-15} \cdot n_д{}^3 \cdot M_е. \quad (3.13)$$

Годинна витрата палива без додавання водневмісного газу, кг/год

$$G_{пал} = 3{,}448 \cdot 10^{-3} \cdot n_\partial \cdot \eta_v - 0{,}13 \cdot \eta_v{}^2 - 0{,}045 \cdot \eta_v + 0{,}46 - 4{,}927 \cdot 10^{-4} \cdot n_\partial + 1{,}127 \cdot 10^{-7} \cdot n_\partial{}^2. \quad (3.14)$$

Годинна витрата палива з додаванням водневмісного газу, кг/год

$$G_{пал}{}^{HHO} = 3{,}455 \cdot 10^{-3} \cdot n_\partial \cdot \eta_v - 0{,}176 \cdot \eta_v{}^2 - 0{,}021 \cdot \eta_v + 0{,}449 - 4{,}86 \cdot 10^{-4} \cdot n_\partial + 1{,}107 \cdot 10^{-7} \cdot n_\partial{}^2. \quad (3.15)$$

Відносне зменшення витрати палива при додаванні водневмісного газу до повітряного заряду двигуна складає, %

$$\Delta G_{пал}{}^{HHO} = \frac{G_{пал} - G_{пал}{}^{HHO}}{G_{пал}} \cdot 100. \quad (3.16)$$

Величина відносного зменшення годинної витрати палива від частки водневмісного газу у повітряному заряді двигуна, отримана на основі експериментальних досліджень (розділ 4), %

$$\Delta G_{\text{пал}}{}^{HHO} = 5.66 \cdot g_{HHO}. \qquad (3.17)$$

Вміст основних ШР у ВГ до нейтралізатора описується поліноміальними залежностями, отриманих за результатами обробки серії навантажувальних характеристик двигуна (розділ 4):

- без додавання водневмісного газу

$$C_{CO}^{бенз} = \begin{pmatrix} 6{,}999 \cdot 10^{-4} \cdot n_{\partial} \cdot \eta_v + 1{,}281 \cdot \eta_v{}^2 - 2{,}504 \cdot \eta_v + \\ + 2{,}542 - 1{,}378 \cdot 10^{-3} \cdot n_{\partial} + 2{,}474 \cdot 10^{-7} \cdot n_{\partial}{}^2 \end{pmatrix} \cdot (21 - 20 \cdot \alpha), \quad (3.18)$$

$$C_{C_mH_n}^{бенз} = \begin{pmatrix} 0{,}036 \cdot n_{\partial} \cdot \eta_v + 423{,}4 \cdot \eta_v{}^2 - 442{,}399 \cdot \eta_v + \\ + 270{,}664 - 0{,}047 \cdot n_{\partial} + 7{,}371 \cdot 10^{-6} \cdot n_{\partial}{}^2 \end{pmatrix} \cdot (5 - 4 \cdot \alpha), \quad (3.19)$$

$$C_{NO_x}^{бенз} = \begin{pmatrix} 0{,}373 \cdot n_{\partial} \cdot \eta_v - 9271 \cdot \eta_v{}^2 + 9208 \cdot \eta_v - \\ - 1385 + 0{,}238 \cdot n_{\partial} + 5{,}543 \cdot 10^{-5} \cdot n_{\partial}{}^2 \end{pmatrix} \cdot (3{,}85 \cdot \alpha - 2{,}85), \quad (3.20)$$

$$C_{CO2}^{бенз} = \begin{pmatrix} -2{,}854 \cdot 10^{-4} \cdot n_{\partial} \cdot \eta_v - 0{,}372 \cdot \eta_v{}^2 + 0{,}873 \cdot \eta_v + \\ + 12{,}237 + 5{,}424 \cdot 10^{-4} \cdot n_{\partial} - 9{,}887 \cdot 10^{-8} \cdot n_{\partial}{}^2 \end{pmatrix} - \frac{20 \cdot C_{CO}^{бенз} \cdot (1 - \alpha)}{21 - 20 \cdot \alpha}, \quad (3.21)$$

- з додаванням водневмісного газу

$$C_{CO}^{бенз+HHO} = \begin{pmatrix} 1{,}05 \cdot 10^{-3} \cdot n_{\partial} \cdot \eta_v + 1{,}351 \cdot \eta_v{}^2 - 3{,}148 \cdot \eta_v + \\ + 3{,}463 - 1{,}964 \cdot 10^{-3} \cdot n_{\partial} + 3{,}588 \cdot 10^{-7} \cdot n_{\partial}{}^2 \end{pmatrix} \cdot (21 - 20 \cdot \alpha), \quad (3.22)$$

$$C_{C_mH_n}^{бенз+HHO} = \begin{pmatrix} 0{,}047 \cdot n_{\partial} \cdot \eta_v + 446{,}782 \cdot \eta_v{}^2 - 461{,}834 \cdot \eta_v + \\ + 276{,}838 - 0{,}044 \cdot n_{\partial} + 6{,}189 \cdot 10^{-6} \cdot n_{\partial}{}^2 \end{pmatrix} \cdot (5 - 4 \cdot \alpha), \quad (3.23)$$

$$C_{NO_x}^{бенз+HHO} = \begin{pmatrix} -0{,}128 \cdot n_{\partial} \cdot \eta_v - 7945 \cdot \eta_v{}^2 + 8990 \cdot \eta_v - \\ - 1581 + 0{,}388 \cdot n_{\partial} + 6{,}858 \cdot 10^{-5} \cdot n_{\partial}{}^2 \end{pmatrix} \cdot (3{,}85 \cdot \alpha - 2{,}85), \quad (3.24)$$

$$C_{CO2}^{бенз+ННО} = \begin{pmatrix} -3{,}651\cdot 10^{-4}\cdot n_{\partial}\cdot \eta_v - 0{,}783\cdot \eta_v^{\ 2} + 1{,}554\cdot \eta_v + \\ +11{,}91 + 6{,}216\cdot 10^{-4}\cdot n_{\partial} - 1{,}03\cdot 10^{-7}\cdot n_{\partial}^{\ 2} \end{pmatrix} - \\ - \frac{20\cdot C_{CO}^{бенз+ННО}\cdot (1-\alpha)}{21-20\cdot \alpha}, \qquad (3.25)$$

де $C_{CO}^{бенз}, C_{CO}^{бенз+ННО}$ – концентрації *CO* у ВГ при роботі двигуна без та з добавкою водневмісного газу, *%*;

$C_{C_mH_n}^{бенз}, C_{C_mH_n}^{бенз+ННО}$ – концентрації C_mH_n у ВГ при роботі двигуна без та з добавкою водневмісного газу, *млн*$^{-1}$;

$C_{NO_x}^{бенз}, C_{NO_x}^{бенз+ННО}$ – концентрації NO_x у ВГ при роботі двигуна без та з добавкою водневмісного газу, *млн*$^{-1}$;

$C_{CO2}^{бенз}$, $C_{CO2}^{бенз+ННО}$ - концентрації CO_2 у ВГ при роботі двигуна без та з добавкою водневмісного газу, *%*.

Поліноміальні залежності, що описують вмісту у ВГ *CO,* C_mH_n та NO_x при роботі двигуна на бензині без добавки водневмісного газу були отримані під час виконання роботи [8] під час випробувань того самого двигуна, що було підтверджено експериментальними дослідженнями в рамках даної роботи.

3.3. Особливості моделювання процесів нейтралізації шкідливих речовин та термоелектричного перетворення теплової енергії ВГ

Вміст основних ШР у ВГ після нейтралізатора визначається із залежності:

$$C_i^{н} = C_i \cdot \left(1 - \frac{E_i}{100}\right), \qquad (3.26)$$

де C_i - вміст *i*-тої ШР у ВГ до нейтралізатора;

E_i - ефективність нейтралізації *i*-тої ШР, *%*.

Ефективність нейтралізації характеризує частку ШР, що були перетворені в нейтралізаторі. Вона значною мірою залежить від складу паливповітряної суміші та температури нейтралізатора. Під час експериментальних досліджень було встановлено, що система управління двигуном забезпечує постійний склад паливоповітряної суміші близько $\alpha = 1$. Залежність ефективності нейтралізації CO, C_mH_n та NO_x від температури нейтралізатора при $\alpha = 1$ може бути описана залежністю [28]:

$$E_i = 1 - e^{-30\cdot\left(\frac{T_H - 350}{200}\right)^4}, \tag{3.27}$$

де T_H – температура каталітичного нейтралізатора, К.

Температура каталітичного нейтралізатора в залежності від часу з початку роботи двигуна описується рівнянням [12], К:

$$T_H = T_0 + \int_0^{\tau} \frac{G_{\text{ВГ}} \cdot \mu C_{vm_{\text{ПЗ}}} \cdot (T_{\text{ВГ}} - T_H)}{\mu_{\text{ПЗ}} \cdot m_{\text{Н}} \cdot C_{\text{Н}}} d\tau, \tag{3.28}$$

де τ - час, який пройшов з моменту пуску двигуна, с;

$G_{\text{ВГ}}$ - масовий потік ВГ, кг/с;

$\mu C_{vm_{\text{ПЗ}}}$ - середня ізохорна мольна теплоємність продуктів згоряння, кДж/(кмоль·К);

$\mu_{\text{ПЗ}}$ - молярна маса продуктів згоряння, кг/кмоль;

$T_{\text{ВГ}}$ - температура ВГ, К;

$m_{\text{Н}}$ – маса блоку нейтралізатора, кг;

$C_{\text{Н}}$ - теплоємність матеріалу блоку нейтралізатора, кДж/(кг·К);

$d\tau$ – розрахунковий проміжок часу, с. Відповідно до рис. 3.2 $d\tau = \frac{120}{n_{\text{д}}}$.

Масовий потік ВГ $G_{ВГ}$ визначається відповідно до залежності, описаній у блоці 35 алгоритму моделювання (п. 3.1).

Для визначення мольних ізохорних теплоємностей продуктів згорання використано наближені залежності [75, 76], $кДж/(кмоль \cdot К)$:

при $\alpha \geq 1$

$$\mu C_{vm_{пз}} = (21{,}03 + \frac{2{,}14}{\alpha}) + (4{,}27 + \frac{1{,}84}{\alpha}) \cdot 10^{-3} \cdot (T_{ВГ} - 273), \qquad (3.29)$$

при $0{,}7 < \alpha < 1{,}0$:

$$\mu C_{vm_{пз}} = (18{,}93 + 4{,}19 \cdot \alpha) + (3{,}6 + 2{,}51 \cdot \alpha) \cdot 10^{-3} \cdot (T_{ВГ} - 273). \qquad (3.30)$$

Мольна маса продуктів згоряння була прийнята $\mu_{ПЗ} = 29$ кг/кмоль.

Температура ВГ у випускному колекторі визначається за допомогою поліноміальної залежності [8], отриманої за результатами обробки серії навантажувальних та регулювальних характеристик двигуна, *К*:

$$\begin{aligned} T_{ВГ} &= 0{,}068 \cdot n_д \cdot \eta_v - 0{,}551 \cdot \eta_v^{\,2} + 68{,}525 \cdot \eta_v + \\ &+ 403{,}543 + 0{,}08 \cdot n_д - 2{,}63 \cdot 10^{-6} \cdot n_д^{\,2} \end{aligned}. \qquad (3.31)$$

Маса блоку нейтралізатора та теплоємність матеріалу (оксид алюмінію) блоку нейтралізатора за даними заводу-виробника $m_Н = 0{,}75$ кг; $C_Н = 1{,}0$ кДж/(кг·К).

Масові викиди шкідливих компонентів ВГ визначаються за методикою, розробленою на основі [74, 78, 83] з урахуванням вмісту водневмісного газу в свіжому заряді двигуна. Масовий викид *СО*, *кг/год*:

$$G_{CO} = \frac{C_{CO}}{100} \cdot \frac{\mu_{CO}}{1 + k_n} \cdot \left(\begin{aligned} &\left(\frac{g_C^{n+HHO}}{12} + k_n \cdot \left(\frac{g_C^{n+HHO}}{4} + \frac{g_H^{n+HHO}}{2} - \frac{g_O^{n+HHO}}{16} \right) \right) \times \\ &\times \left(G_n + G_{HHO}^{Г} \right) + \frac{0{,}79 + 0{,}37 \cdot k_n}{28{,}95} \cdot G_{пов} \end{aligned} \right), \qquad (3.32)$$

де $\mu_{CO} = 28$ - молекулярна маса *CO*, *кг/кмоль*;

k_n - відношення кількості молів водню і *CO* у продуктах згоряння;

g_C^{n+HHO} - масова частка вуглецю в суміші палива і водневмісного газу;

g_H^{n+HHO} - масова частка водню в суміші палива і водневмісного газу;

g_O^{n+HHO} - масова частка кисню в суміші палива і водневмісного газу.

Масові викиди $C_m H_n$ (по гексану $C_6 H_{14}$), *кг/год*:

$$G_{C_m H_n} = \frac{C_{C_m H_n}}{10^6} \cdot \frac{\mu_{C_m H_n}}{1+k_n} \times \times \left(\begin{array}{l} \left(\frac{g_C^{n+HHO}}{12} + k_n \cdot \left(\frac{g_C^{n+HHO}}{4} + \frac{g_H^{n+HHO}}{2} - \frac{g_O^{n+HHO}}{16} \right) \right) \times \\ \times \left(G_n + G_{HHO}^{\Gamma} \right) + \frac{0{,}79 + 0{,}37 \cdot k_n}{28{,}95} \cdot G_{пов} \end{array} \right), \quad (3.33)$$

де $\mu_{C_m H_n} = 86$ - молекулярна маса $C_6 H_{14}$, *кг/кмоль*.

Масові викиди NO_x (по діоксиду азоту NO_2), *кг/год*:

$$G_{NO_x} = \frac{C_{NO_x}}{10^6} \cdot \mu_{NO_x} \cdot \left(\left(\frac{g_C^{n+HHO}}{12} + \frac{g_H^{n+HHO}}{2} \right) \cdot \left(G_n + G_{HHO}^{\Gamma} \right) + \frac{0{,}79}{28{,}95} \cdot G_{пов} \right), \quad (3.34)$$

де $\mu_{NO_x} = 46$ - молекулярна маса NO_2, *кг/кмоль*.

Масовий викид CO_2, *кг/год*:

$$G_{CO2} = \frac{C_{CO2}}{100} \cdot \frac{\mu_{CO2}}{1+k_n} \cdot \left(\begin{array}{l} \left(\frac{g_C^{n+HHO}}{12} + k_n \cdot \left(\frac{g_C^{n+HHO}}{4} + \frac{g_H^{n+HHO}}{2} - \frac{g_O^{n+HHO}}{16} \right) \right) \times \\ \times \left(G_n + G_{HHO}^{\Gamma} \right) + \frac{0{,}79 + 0{,}37 \cdot k_n}{28{,}95} \cdot G_{пов} \end{array} \right), \quad (3.35)$$

де $\mu_{CO2} = 44$ - молекулярна маса CO_2, *кг/кмоль*.

Відношення кількості молів водню і CO у продуктах згоряння залежить від хімічного складу палива та може бути визначено із залежності [78]:

$$k_n = 2{,}6376 \cdot \frac{g_H^{n+HHO}}{g_C^{n+HHO}}. \tag{3.36}$$

Масова частка вуглецю в суміші палива і водневмісного газу:

$$g_C^{n+HHO} = g_C^n \cdot \frac{G_ц}{G_ц + G_{HHO}}, \tag{3.37}$$

де g_C^n - масова частка вуглецю в паливі.

Масова частка водню в суміші палива і водневмісного газу:

$$g_H^{n+HHO} = \frac{G_{HHO} + 9 \cdot g_H^n \cdot G_ц}{9 \cdot \left(G_ц + G_{HHO}\right)}, \tag{3.38}$$

де g_H^n - масова частка водню в паливі.

Масова частка кисню в суміші палива і водневмісного газу:

$$g_O^{n+HHO} = \frac{8 \cdot G_{HHO} + 9 \cdot g_O^n \cdot G_ц}{9 \cdot \left(G_ц + G_{HHO}\right)}, \tag{3.39}$$

де g_O^n - масова частка кисню в паливі.

Термоелектричне перетворення теплової енергії ВГ відбувається в ТЕГ, що складається з теплообмінника ВГ, термоелектричних елементів та охолоджуючого теплообмінника, який забезпечує відповідний к.к.д. ТЕГ η_{TEG}. Потужність, яку розвиває ТЕГ, описується поліноміальною залежністю,

отриманою на основі експериментальних даних відповідно до режиму роботи двигуна, Вт:

$$N_{TEG} = 8{,}175 \cdot 10^{-4} \cdot n_{\partial} \cdot M_e + 0{,}013 \cdot M_e^{\ 2} - 1{,}569 \cdot M_e - 1{,}347 + 6{,}923 \cdot 10^{-3} \cdot n_{\partial} - 2{,}757 \cdot 10^{-6} \cdot n_{\partial}^{\ 2}. \quad (3.40)$$

Потужність, що розвиває ТЕГ, забезпечує накопичення електричної енергії у додатковій батареї, що використовується для живлення генератора водневмісного газу. Кількість електричної енергії, що накопичена у додатковій батареї у і-тий момент часу ($E_E^{AD}{}_i$, Дж) описується рівнянням:

$$E_E^{AD}{}_i = E_E^{AD}{}_0 + N_{TEG} \cdot d\tau - n_{G\ HHO} \cdot q_{HHO} \cdot d\tau, \quad (3.41)$$

де $E_E^{AD}{}_0$ – початкова кількість електричної енергії у додатковій батареї, Дж;

$n_{G\ HHO}$ – питома електрична потужність, що споживається генератором водневмісного газу, Вт/(л/хв);

q_{HHO} - продуктивність генератора водневмісного газу, л/хв.

За представленою математичною моделлю розроблено програму розрахунку в середовищі Microsoft Visual Fortran, текст якої наведено в додатку А. Таблиця ідентифікаторів параметрів моделі наведена в додатку Б. Приклад оцінювання показників автомобіля з використанням системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду з використанням термоелектричного генератора під час руху автомобіля в їздовому циклі представлено в додатку В. Розроблена програма захищена свідоцтвами про інтелектуальну власність № 01875, 01882, 01883, 01884 (додаток Г).

3.4. Висновки до розділу 3

1. Розроблено алгоритм математичного моделювання показників автомобіля з використанням системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду двигуна з використанням термоелектричного генератора. Даний алгоритм дозволяє здійснювати моделювання показників витрати палива та викидів шкідливих речовин автомобілем під час його руху в режимах їздового циклу з урахуванням прогріву двигуна і нейтралізатора.

2. В основі розробленого алгоритму лежить математична модель, що описує паливну економічність та екологічні показники бензинового двигуна з урахуванням впливу робочих процесів двигуна, каталітичного нейтралізатора, термоелектричного генератора та генератора водневмісного газу та дозволяє оцінити вплив параметрів системи на витрату палива та викиди шкідливих речовин двигуна.

3. За результатами аналізу експериментальних даних визначено математичні залежності частки водневмісного газу у повітряному заряді двигуна, коефіцієнту наповнення циліндрів, витрати палива, вмісту основних ШР у ВГ та кількості електричної енергії, що виробляється у термоелектричному генераторі від режиму роботи і вмісту водневмісного газу у повітряному заряді двигуна.

РОЗДІЛ 4
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДВИГУНА З СИСТЕМОЮ ДОДАВАННЯ ВОДНЕВМІСНОГО ГАЗУ ДО ПОВІТРЯНОГО ЗАРЯДУ З ВИКОРСИТАННЯМ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНОГО ГЕНЕРАТОРА

4.1. Мета експериментальних досліджень

Метою експериментальних досліджень є визначення ефективності пропонованої системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду двигуна з іскровим запалюванням з використанням термоелектричного генератора.

Під час досліджень двигуна безпосередньо визначались такі параметри: крутний момент M_k і частота обертання колінчастого вала двигуна $n_д$, годинна витрата палива $G_{пал}$, коефіцієнт надміру повітря α, кут випередження запалювання θ, кут відкриття дросельної заслінки $\varphi_{др}$, тиск у впускному колекторі p_k, тиск в циліндрі $p_ц$, температури: повітря у впускному колекторі $t_{вп}$, охолоджуючої рідини $t_{ох}$ і відпрацьованих газів $t_{ВГ}$, об’ємні концентрацій у ВГ моноксиду вуглецю C_{CO}, вуглеводнів $C_{C_mH_n}$, оксидів азоту C_{NO_x}, діоксиду вуглецю C_{CO_2} до і після системи нейтралізації ВГ, силу струму у ланцюгу живлення генератора водневмісного газу I_{HHO} та його продуктивність q_{HHO}, силу струму у ланцюгу живлення додаткової батареї від ТЕГ I_{TEG}.

За отриманими результатами визначались: ефективна потужність N_e, питома ефективна витрата палива g_e, годинна витрата повітря $G_{пов}$ та коефіцієнт наповнення циліндрів повітрям η_v, максимальний тиск p_z і температура T_z в циліндрі під час згоряння, кути повороту колінчастого вала, що відповідають початку другої φ_{zg}, третьої фаз $\varphi_{p_{\max}}$ і кінця

згоряння $\varphi_{x_{\max}}$, масові викиди CO, CO_2, NO_x та C_mH_n ефективність роботи каталітичного нейтралізатора за трьома ШР: E_{CO}, $E_{C_mH_n}$, E_{NO_x}, потужність ТЕГ N_{TEG}, споживану потужність генератора водневмісного газу $N_{G\ HHO}$, частку водневмісного газу у повітряному заряді g_{HHO}.

4.2. Програма експериментальних досліджень

Програма експериментальних досліджень включала:

1. Визначення серії навантажувальних характеристик для швидкісних режимів від 1200 до 3800 хв$^{-1}$ з використанням системи додавання водневмісного газу та без неї.

2. Визначення серії індикаторних діаграм двигуна в різних швидкісних і навантажувальних режимах з використанням системи додавання водневмісного газу та без неї.

3. Визначення параметрів роботи термоелектричного генератора в різних швидкісних і навантажувальних режимах з використанням системи додавання водневмісного газу та без неї.

4.3. Об’єкт експериментальних досліджень

Об’єктом експериментальних досліджень був чотиритактний бензиновий двигун з іскровим запалюванням, рідинним охолодженням та електронною системою управління, обладнаний системами нейтралізації і рециркуляції ВГ моделі VW BBY (рис. 4.1), що встановлюється на автомобілі Scoda Fabia. Коротку характеристику двигуна було представлено в табл. 3.1.

Двигун VW BBY, обладнаний електронною системою управління Magneti Marelli 4MV і двоступеневою системою нейтралізації шкідливих викидів з прискореним прогрівом, використовувався для визначення впливу

на показники двигуна системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду з використанням термоелектричного генератора.

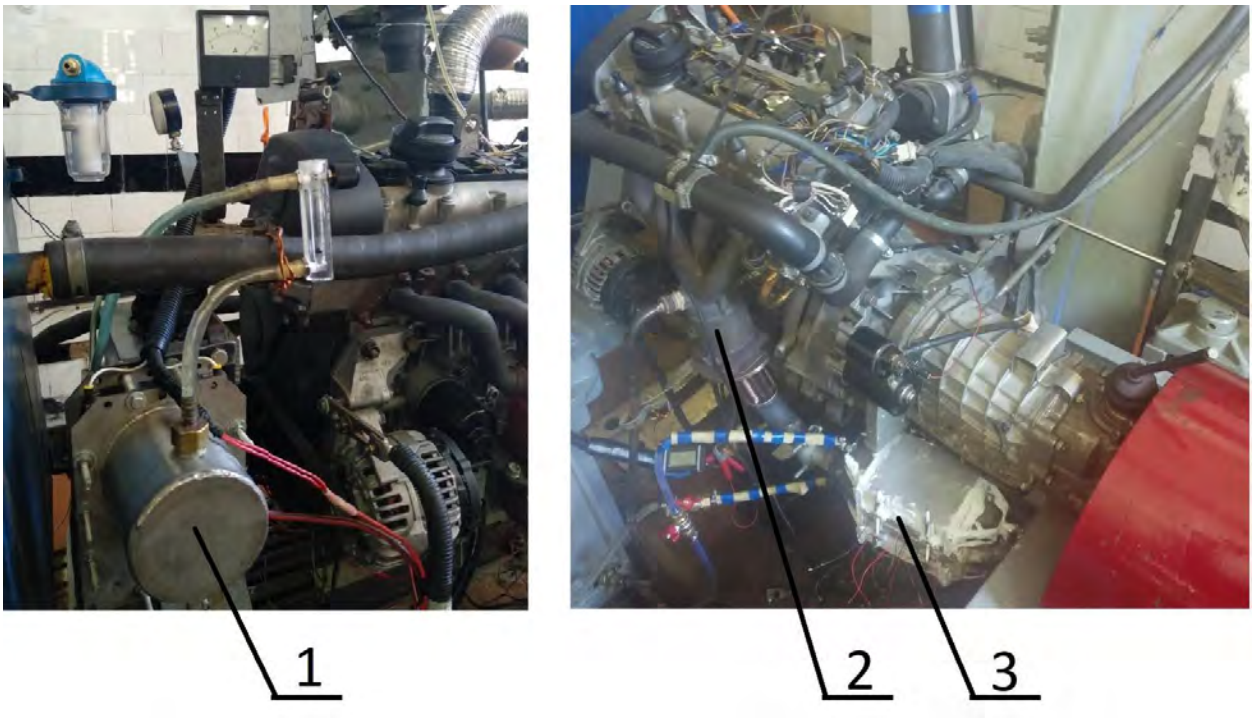


Рисунок 4.1 – Двигун VW BBY обладнаний системою додавання водневмісного газу до повітряного заряду з використанням термоелектричного генератора: 1 – генератор водневмісного газу; 2 – каталітичний нейтралізатор; 3 – термоелектричний генератор

Для проведення досліджень двигун було обладнано генератором водневмісного газу *1* (рис. 4.1), який подавав отриманий газ у впускний трубопровід двигуна перед дросельною заслінкою, термоелектричним генератором *3,* який встановлено у випускній системі двигуна після каталітичного нейтралізатора *2*.

В процесі досліджень для охолодження термоелектричного генератора використовувалась вода із системи водопостачання лабораторії. В процесі експлуатації системи на автомобілі з цією метою передбачається використовувати штатну систему охолодження двигуна.

4.4. Прилади і обладнання, які застосовувались під час випробувань

Схема експериментальної установки для здійснення випробувань двигуна VW BBY наведена на рис. 4.2.

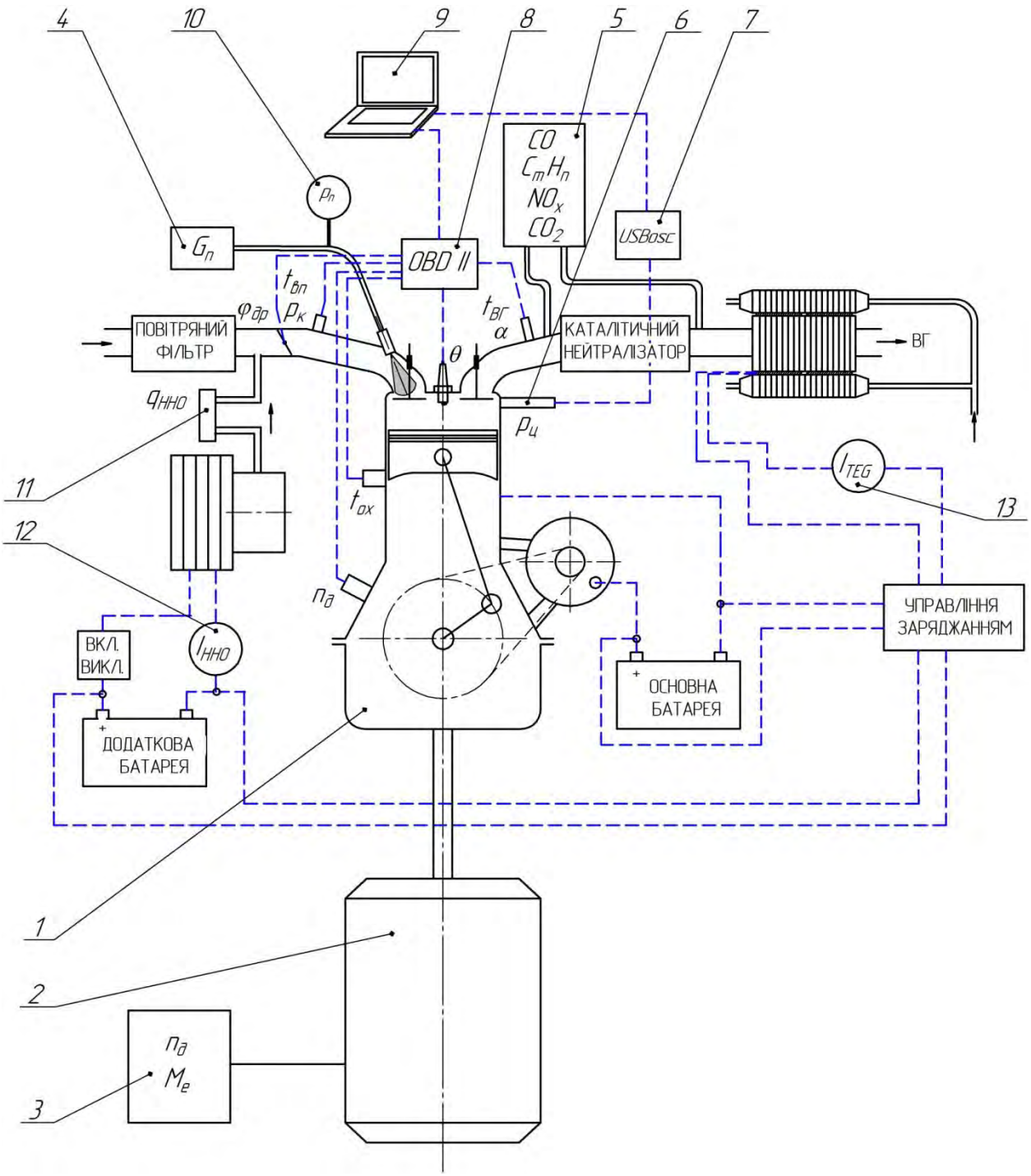


Рисунок 4.2 – Схема експериментальної установки для випробувань двигуна системою додавання водневмісного газу до повітряного заряду з використанням термоелектричного генератора

Експериментальна установка включає:

1. Двигун VW BBY;

2. Гальмівний стенд SAK–670 з електричною гальмівною машиною GPF a17h, потужністю 250 *кВт*, максимальна частота обертання 3200 $хв^{-1}$;

3. Пристрій для реєстрації значень крутного моменту та частоти обертання;

4. Пристрій для вимірювання витрати палива;

5. Прилади для вимірювання концентрацій C_{CO}, $C_{C_mH_n}$, C_{NO_x}, C_{CO2} у ВГ;

6. Датчик для вимірювання тиску в циліндрі;

7. АЦП;

8. Адаптер для підключення до діагностичної лінії системи управління двигуном OBD II;

9. ПК;

10. Прилад для контролю тиску в паливній системі;

11. Прилад для вимірювання продуктивності генератора водневмісного газу;

12. Прилад для вимірювання сили струму в ланцюгу живлення генератора водневмісного газу;

13. Прилад для вимірювання силу струму у ланцюгу живлення додаткової батареї від ТЕГ.

Двигун VW BBY обладнано електронною системою управління, яка включає: електронний блок управління; елемент управління дросельною заслінкою; датчик тиску і температури у впускному колекторі; датчик частоти обертання колінчастого вала; датчик температури охолоджуючої рідини; датчик положення розподільчого вала; електромагнітні форсунки для впорскування палива; індивідуальні котушки запалювання; широкополосний λ-зонд перед каталітичним нейтралізатором; двохточковий λ-зонд за каталітичним нейтралізатором; електромагнітний клапан рециркуляції з

датчиком величини відкриття; датчик детонації; датчик аварійного тиску в системі мащення.

Система управління двигуном включає до свого складу підсистему діагностики, яка контролює роботу двигуна, аналізуючи параметри роботи двигуна на основі даних з відповідних датчиків. Шляхом під'єднання до підсистеми діагностики OBD зовнішніх пристроїв виведення даних є можливість контролювати значення окремих параметрів роботи двигуна, таких як [81]: частота обертання $n_{\text{д}}$, кут відкриття дросельної заслінки $\varphi_{\text{др}}$, кут випередження запалювання θ, тиск у впускному колекторі $p_{\text{к}}$, температура повітря у впускному колекторі $t_{\text{вп}}$, температура охолоджуючої рідини $t_{\text{ох}}$, склад паливоповітряної суміші α, температуру ВГ перед нейтралізатором $t_{\text{ВГ}}$.

Частота обертання колінчастого вала визначається за допомогою датчика частоти обертання, встановленого на картері двигуна поблизу маховика (рис. 4.3). Перед маховиком на колінчастому валу встановлено спеціальний ротор, який має 60 прямокутних зубців. Для синхронізації положення колінчастого вала 2 зубці пропущено. Датчик частоти обертання працює на основі ефекту Холла і виробляє сигнал у вигляді прямокутних імпульсів. Електронний блок управління обробляє сигнал і за допомогою синхронізуючої мітки визначає частоту обертання.

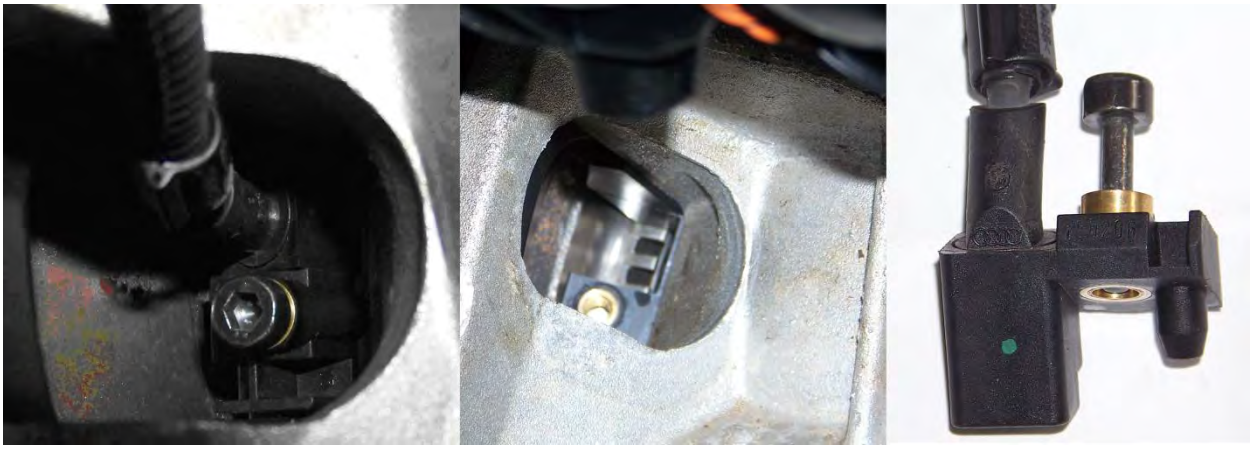


Рисунок 4.3 – Датчик частоти обертання колінчастого вала

Кут випередження запалювання підтримується під час роботи двигуна на оптимальному рівні, що відповідає межі детонації. Детонація відслідковується в кожному циліндрі окремо на основі сигналу від датчика детонації та датчика положення розподільчого вала. Електронний блок керування управляє кутом випередження запалювання в потрібному циліндрі, запобігаючи виникненню детонації. Кут випередження запалювання визначається моментом припинення подачі управляючої напруги в первинній обмотці котушки запалювання кожного циліндра. Відповідний момент в градусах повороту колінчастого валу відтворюється системою OBD II.

Для визначення маси повітря, яке потрапляє на впуск в циліндри використовується датчик тиску і температури у впускному колекторі (рис. 4.4). Визначення тиску здійснюється за допомогою тензоопорів, температури – термістору.

Температура охолоджуючої рідини вимірюється за допомогою датчика з термістором. Датчик встановлено в контурі охолодження головки циліндрів поряд із термостатом (рис. 4.5).

Кут відкриття дросельної заслінки визначається за допомогою двох потенціометрів, встановлених на осі дросельної заслінки (рис. 4.6). Два потенціометри застосовуються для більш точного визначення положення дросельної заслінки, оскільки її привід здійснюється електричним шляхом, що дозволяє здійснювати корекцію кута відкриття в залежності від зовнішнього навантаження.

Склад паливоповітряної суміші визначається за допомогою широкополосного λ-зонда перед каталітичним нейтралізатором (рис. 4.7). Датчик має планарну конструкцію з активним елементом, виготовленим з діоксиду цирконію. В корпусі датчика встановлено термістор, призначений для контролю температури ВГ.

З’єднання ПК з лінією діагностики здійснюється за допомогою спеціального програмного забезпечення, що обмінюється даними з

електронним блоком керування через спеціальний діагностичний адаптер (рис. 4.8). Адаптер перетворює рівень цифрових сигналів від електронного блока керування до рівня сигналів, які сприймаються ПК.

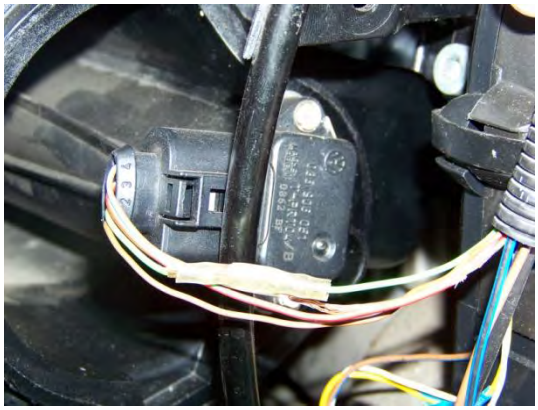


Рисунок 4.4 – Датчик тиску і температури у впускному колекторі

Рисунок 4.6 – Елемент управління дросельною заслінкою

Рисунок 4.5 – Датчик температури охолоджуючої рідини

Рисунок 4.7 – Широкополосний λ-зонд

Крутний момент двигуна визначається за допомогою динамометричної ланки з чутливим тензоелементом. Частота обертання ротора електромашини визначається за допомогою штатного імпульсного датчика. Значення крутного моменту та частоти обертання реєструються відповідними пристроями та індиціюються на пульті управління стендом (рис. 4.9). На основі виміряних значень крутного моменту і частоти обертання відповідно до [2] розраховується ефективна потужність двигуна.

Витрата палива визначалась масовим методом за допомогою електронних терезів МЕРА ВМ–2/3, заводський номер № 51184, та секундоміру (рис. 4.10). За значеннями виміряної витрати палива, коефіцієнту надміру повітря та ефективної потужності двигуна розраховувались годинна витрата повітря та питома ефективна витрата палива [2]. Коефіцієнт наповнення циліндрів повітрям розраховувався відповідно до [2].

Рисунок 4.8 – ПК з адаптером OBD II та програмним забезпеченням

Рисунок 4.9 – Загальний вигляд пульту керування стендом

Рисунок 4.10 – Обладнання для вимірювання витрати палива

Концентрації у ВГ C_{CO}, $C_{C_mH_n}$, C_{NO_x} і C_{CO_2} вимірювались за допомогою газоаналізуючої апаратури (рис. 4.11). Для вимірювання концентрації C_{CO}, $C_{C_mH_n}$ і C_{CO_2} використовувався багатокомпонентний газоаналізатор інфрачервоного типу «МЕТА-Автотест-02», діапазони вимірювань: 0 – 7 % для C_{CO}, 0–3000 *млн*$^{-1}$ для $C_{C_mH_n}$ та 0-16 % для C_{CO_2}; для вимірювання концентрації C_{NO_x} – газоаналізатор 344 ХЛ 14, діапазони вимірювань: 0–200, 0–500, 0–1000, 0–2000, 0–5000 *млн*$^{-1}$. На основі виміряних концентрацій ШР за формулами (3.46), (3.49-3.52) визначались масові викиди та ефективність нейтралізації ШР.

Під час випробувань контролювався тиск в паливній системі за допомогою пружинного манометра МТП–1М.

Для охолодження двигуна використовувалась штатна система охолодження, охолоджуюча рідина – ТОСОЛ–А40М. Для охолодження

охолоджуючої рідини використовувався радіатор з проточною водою із системи водопостачання.

Рисунок 4.11 – Газоаналізуюча апаратура

Для визначення тиску в четвертому циліндрі застосовувався високотемпературний тензометричний перетворювач надлишкового тиску МИДА–ДИ–12П–081, з відкритою контактною мембраною, що з’єднана з вимірювальною мембраною жорстким штоком. Матеріал мембран – високоміцний титановий сплав. Напівпровідниковий чутливий елемент являю собою монокристалічну сапфірову основу на якій сформовані гетероепітаксіальні кремнієві тензоопори. Діапазон вимірювання тиску 0–10 *МПа*. Максимальна температура чутливого елемента – 350 *°С*.

Для здійснення вимірювань тиску датчик встановлювався за допомогою спеціального охолоджуваного штуцера в канал головки циліндрів, з’єднаний з камерою згоряння четвертого циліндра (рис. 4.12). Для забезпечення можливості вимірювання тиску розрідження датчик був встановлений в штуцері таким чином, щоб забезпечити попередній натяг контактної мембрани. Схему встановлення датчика в головці циліндрів двигуна показано на рис. 4.13.

На схемі показано: блок циліндрів *1*, головка циліндрів *2*, поршень *3*, камера згоряння *4*, свічка запалювання *5*, сорочка охолодження двигуна *6*, канал для вимірювання тиску *7*, штуцер для з'єднання датчика з вимірювальним каналом *8*, сорочка охолодження датчика *9*, датчик тиску *10*, контактна мембрана *11*, вимірювальна мембрана *12*, тензочутливий елемент *13*.

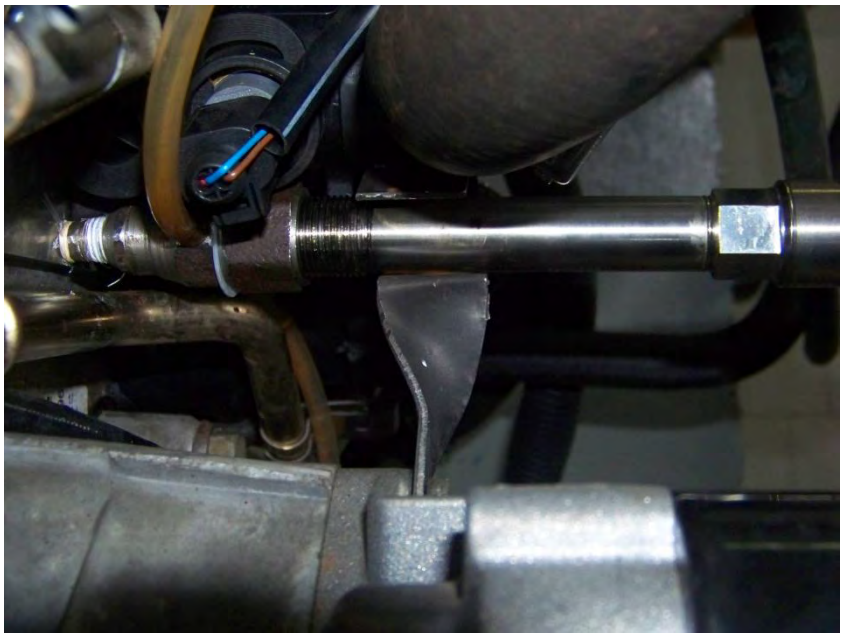


Рисунок 4.12 – Датчик тиску в четвертому циліндрі

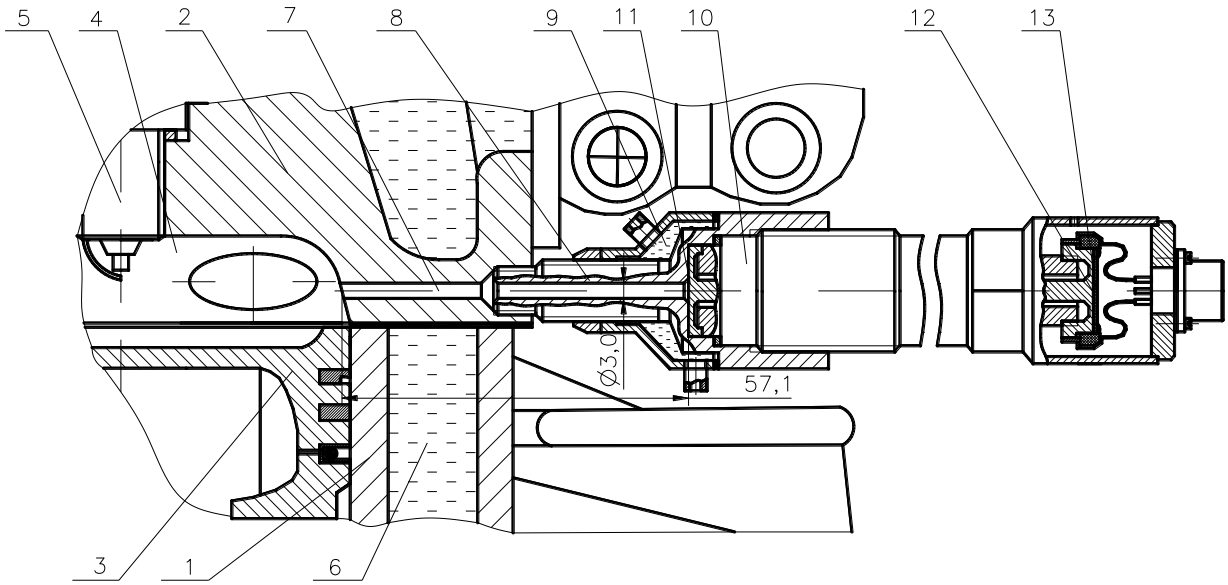


Рисунок 4.13 – Схема встановлення датчика в головці циліндрів двигуна

Датчик сполучено з камерою згоряння вимірювальним каналом, довжина якого складає 57,1 *мм* при діаметрі 3,0 *мм*, що враховано при обробці результатів вимірювання поправкою, яка визначена за методикою [84]. Охолодження датчика здійснювалось поблизу контактної мембрани шляхом подачі в штуцер проточної води з системи водопостачання лабораторії.

Деформація контактної мембрани за допомогою жорсткого штока передається на вимірювальну мембрану з чутливим елементом. Це забезпечує додатковий захист чутливого елемента від дії високих температур, що мають місце в циліндрі під час згоряння.

Сигнал від тензоперетворювача тиску передавався через операційний підсилювач, побудований за схемою [85], до АЦП USB Autoscope II з відповідним програмним забезпеченням (рис. 4.14) за допомогою якого здійснювався запис індикаторних діаграм. Одночасно із сигналом від датчика тиску на інші канали АЦП поступали сигнали від датчика частоти обертання та управляючої напруги котушкою запалювання четвертого циліндра. На рис. 4.15 показано приклад запису індикаторних діаграм за допомогою USB Autoscope II. Для визначення ВМТ кінця стикання четвертого циліндра визначався момент часу, що відповідає початку 14-го зубця після синхронізуючої мітки.

Рисунок 4.14 – АЦП USB Autoscope II

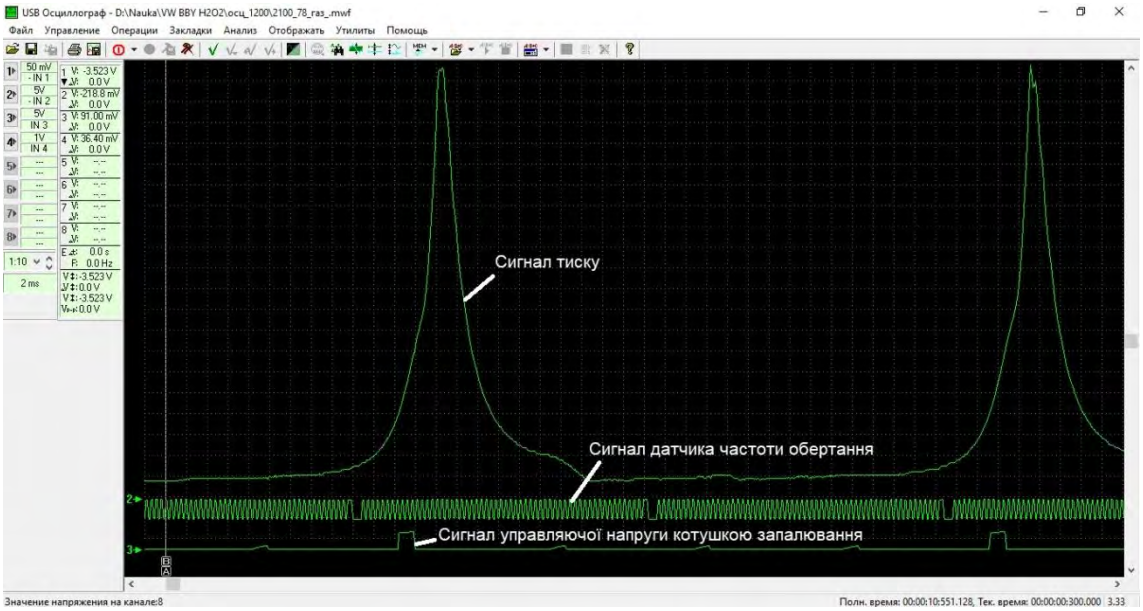


Рисунок 4.15 – Приклад запису індикаторних діаграм

Для визначення дійсних значень тиску в циліндрі сигнал напруги від датчика тиску переводився в одиниці тиску за допомогою тарувальної характеристики та спеціального програмного забезпечення [86]. Тарувальна характеристика датчика тиску, попередньо визначена за допомогою гідравлічного преса, зображена на рис. 4.16.

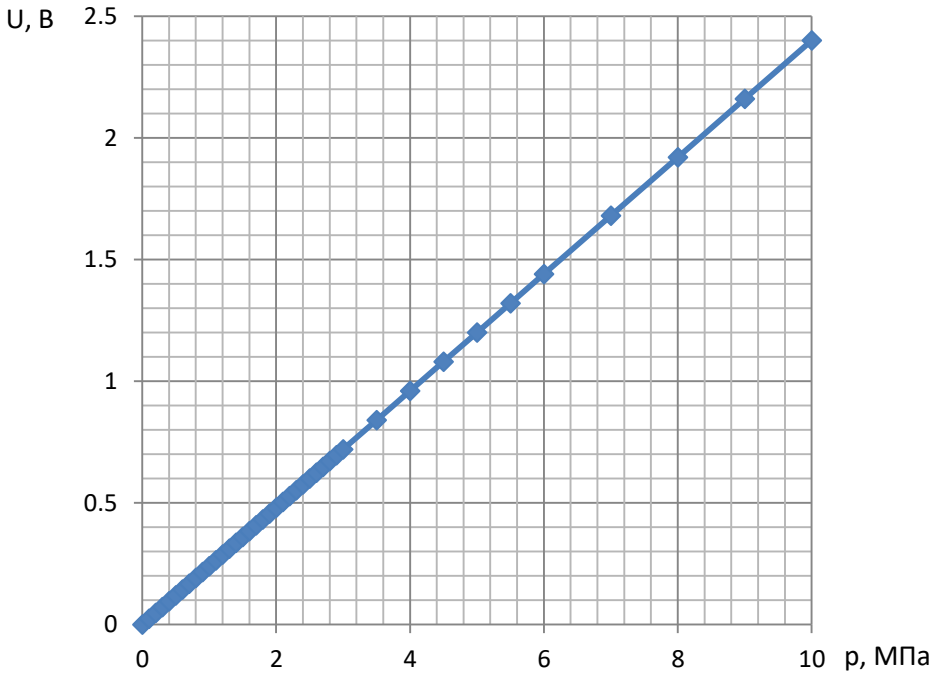


Рисунок 4.16 – Тарувальна характеристика датчика тиску в циліндрі

На основі отриманих індикаторних діаграм за методикою [86] були визначені максимальний тиск і температура в циліндрі під час згоряння, кути повороту колінчастого вала, що відповідають початку другої, третьої фаз і кінця згоряння, тривалість згоряння.

Сила струму у ланцюгу живлення генератора водневмісного газу визначалась за допомогою амперметра, продуктивність генератора – за допомогою ротаметра (рис. 4.1). Споживана потужність на виробництво водневмісного газу була визначена як добуток напруги і сили струму живлення генератора. На основі витрати повітря, продуктивності генератора та параметрів навколишнього середовища визначалась масова частка водневмісного газу в повітряному заряді двигуна.

Сила струму у ланцюгу живлення додаткової батареї від ТЕГ визначалась за допомогою приладу для вимірювання електричних параметрів PeaceFair, модель PZEM-051 (рис. 4. 17), межі вимірювання напруги 6.5 – 100 В, струму 0 – 100 А. На основі виміряної сили струму і напруги в ланцюгу ТЕГ було визначено його електричну потужність.

Рисунок 4.17 – Прилад для вимірювання електричних параметрів PeaceFair

4.5. Похибки приладів і вимірювань при проведенні експерименту

Похибки вимірювань при стендових випробуваннях оцінювались, виходячи з методу вимірювань, який застосовувався, і по методикам, що приведені в [84, 87].

При прямих і непрямих багаторазових вимірюваннях похибки вимірювань визначаються похибками застосовуваних приладів.

Похибки приладів і вимірювального обладнання, яке застосовувалось при проведенні випробувань, приведено в табл. 4.1. Ці дані свідчать про те, що прилади і вимірювальне обладнання відповідають вимогам щодо вимірювальної апаратури [88].

Таблиця 4.1 – Похибки приладів і обладнання, яке застосовувалося при проведенні експерименту

№ п/п	Величина, яка вимірювалась	Розмір-ність	Засоби вимірювання	Похибка
1.	Частота обертання колінчастого вала	*хв*$^{-1}$	пристрій для вимірювання частоти обертання	±1
			стержневий датчик Холла	±1
2.	Крутний момент	*Нм*	динамометрична ланка з чутливим тензоелементом	0,01 %
3.	Маса палива	*кг*	електронні терези МЕРА ВМ – 2/3	±0,0005
4.	Час	*с*	секундомір	±0,01
5.	Тиск у впускному трубопроводі	*мбар*	мікромеханічний датчик тиску	±1
6.	Кут випередження запалювання	*°п.к.в.*	діагностичний інтерфейс OBD II зі спеціальним адаптером	±1
7.	Температура охолоджуючої рідини	*°С*	датчик температури з термістором	±1
8.	Кут відкриття дросельної заслінки	*град*	потенціометричний датчик положення дросельної заслінки	±0,1
9.	Температура відпрацьованих газів	*°С*	термістор в корпусі широкополосного λ-датчика	±5

Продовження таблиці 4.1

10.	Тиск палива в системі паливоподачі	*кгс/см²*	манометр МТП – 1М	±0,2
11.	Температура повітря у впускному колекторі	*°С*	датчик температури з чутливим термістором	±1
12.	Коефіцієнт надміру повітря	-	широкополосний λ-датчик перед каталітичним нейтралізатором	±0,01
13.	Тиск газів в циліндрі	*МПа*	високотемпературний тензометричний перетворювач надлишкового тиску МИДА–ДИ–12П–081	±0,5%
14.	Атмосферний тиск	*Па*	барометр-анероїд НД-49-А	±100
15.	Температура повітря	*°С*	ртутний термометр	±0,1%
16.	Відносна вологість повітря	*%*	волосяний гігрометр	±2,5
17.	Концентрація у ВГ *CO*	*%*	МЕТА-Автотест-02	±0,2
18.	Концентрація у ВГ C_mH_n	*млн*$^{-1}$	МЕТА-Автотест-02	±20
19.	Концентрація у ВГ NO_x	*млн*$^{-1}$	344 ХЛ 01	±5%
20.	Концентрація у ВГ CO_2	*%*	МЕТА-Автотест-02	±1
21.	Сила струму у ланцюгу живлення генератора водневмісного газу	*А*	Амперметр	±0,1
22.	Продуктивність генератора водневмісного газу	*л/хв*	Ротаметр	±0,25
23.	Сила струму у ланцюгу живлення додаткової батареї	*А*	Прилад для вимірювання електричних параметрів PeaceFair PZEM-051	±0,01

4.6. Результати експериментальних досліджень

З використанням описаної методики експериментальних досліджень визначено вплив використання розробленої системи добавки водневмісного газу до повітряного заряду двигуна з термоелектричним генератором на параметри робочого процесу, паливну економічність, екологічні показники

двигуна VW BBY у різних режимах роботи. Також досліджено ефективність забезпечення процесу виробництва водневмісного газу електричною енергією від термоелектричного генератора. У відповідності до технічних характеристик системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду двигуна (таблиця 2.1) вона забезпечувала під час досліджень подачу водневмісного газу у кількості 3 л/хв.

На рис. 4.18 зображено залежності годинної та питомої витрат палива від навантаження та частоти обертання колінчастого вала двигуна з різною величиною добавки водневмісного газу. Ці залежності отримано під час стендових випробувань двигуна. Так, при частоті обертання 1200 хв$^{-1}$ добавка водневмісного газу 0.75 % до повітряного заряду при навантаженні близько 1 кВт призводить до зменшення годинної та питомої витрати палива на 2.4 %. При навантаженні близько 9 кВт добавка водневмісного газу складає близько 0.2 %, що призводить до зменшення витрати палива на 3.8 %. При збільшенні частоти обертання до 2100 хв$^{-1}$ величина добавки водневмісного газу знижується до 0.4… 0.1 % в діапазоні навантажень. Витрата палива знижується на 3.5 % при навантаженні близько 2 кВт. При навантаженнях більше 8 кВт витрата палива практично не змінюється при додаванні водневмісного газу до повітряного заряду двигуна. При частоті обертання 3000 хв$^{-1}$ добавка водневмісного газу складає 0.22 … 0.06 %. Однак, добавка водневмісного газу практично не впливає на витрату палива при цій частоті обертання. Таким чином, отримані результати експериментальних досліджень впливу добавки водневмісного газу на витрату палива свідчать, що найбільший вплив додавання водневмісного газу проявляється в режимах низьких частоти обертання та низького навантаження.

На основі проведених досліджень витрати палива при різних частках водневмісного газу у повітряному заряді двигуна встановлено її вплив на величину відносного зменшення витрати палива. На рис. 4.19 показано відповідну залежність. Видно, що при збільшенні частки газу у повітряному заряді двигуна величина зменшення витрати палива лінійно зростає.

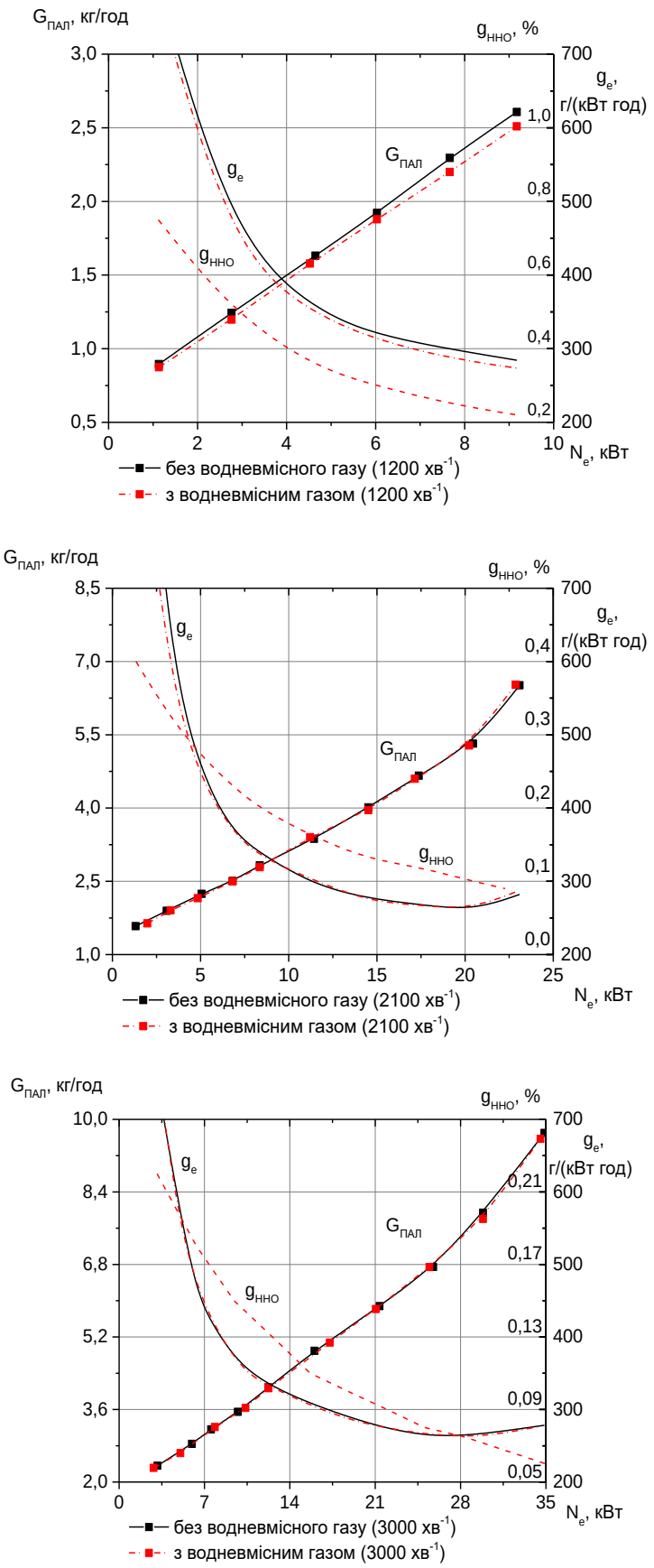


Рисунок 4.18 – Залежності годинної та питомої витрат палива від навантаження та частоти обертання колінчастого вала двигуна з різною величиною добавки водневмісного газу

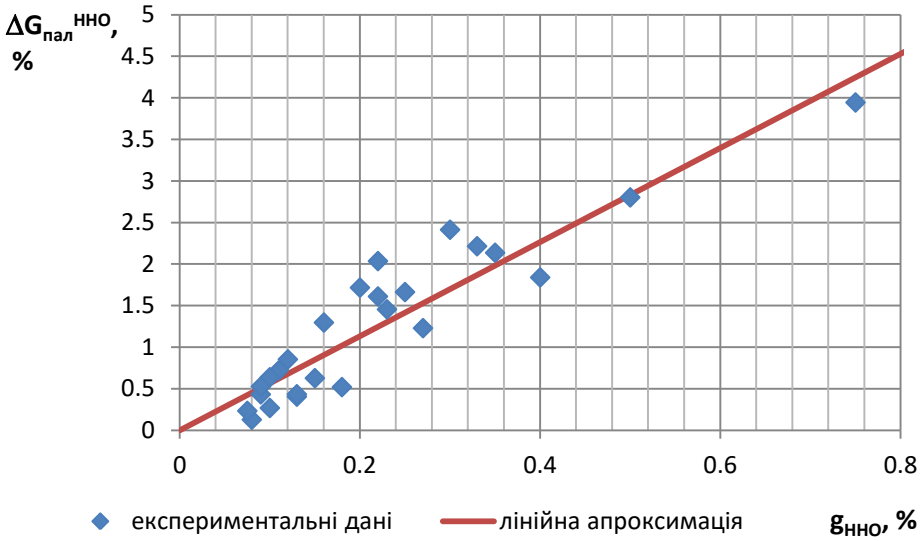


Рисунок 4.19 – Залежність відносного зменшення годинної витрати палива від частки водневмісного газу у повітряному заряді двигуна

Безпосередній характер впливу добавки водневмісного газу на процес згоряння можна представити через залежності тиску, температури та частки згорівшого палива [77] від кута повороту колінчастого вала двигуна, які представлені на рис. 4.20 для частоти обертання 2100 хв$^{-1}$ та тиску у впускному колекторі 30 кПа. На графіку залежностей витрати палива від навантаження (рис. 4.18) цей режим відповідає навантаженню 1.32 кВт без додавання водневмісного газу та 1.98 кВт з додаванням водневмісного газу оскільки додавання водневмісного газу призводить до збільшення потужності двигуна при постійному куті відкриття дросельної заслінки та тиску у впускному колекторі. Із залежностей видно, що при додаванні водневмісного газу тиск під час згоряння зростає більш інтенсивно і досягає свого максимального значення при меншому куті повороту колінчастого валу (1.14 МПа при 392.5 град без додавання водневмісного газу; 1.29 МПа при 389.6 з додаванням водневмісного газу). Температура в циліндрі також має більш високе значення і досягає максимуму (2482 К) при 397.9 град при додаванні водневмісного газу ніж без його додавання (2316 К при 400 град).

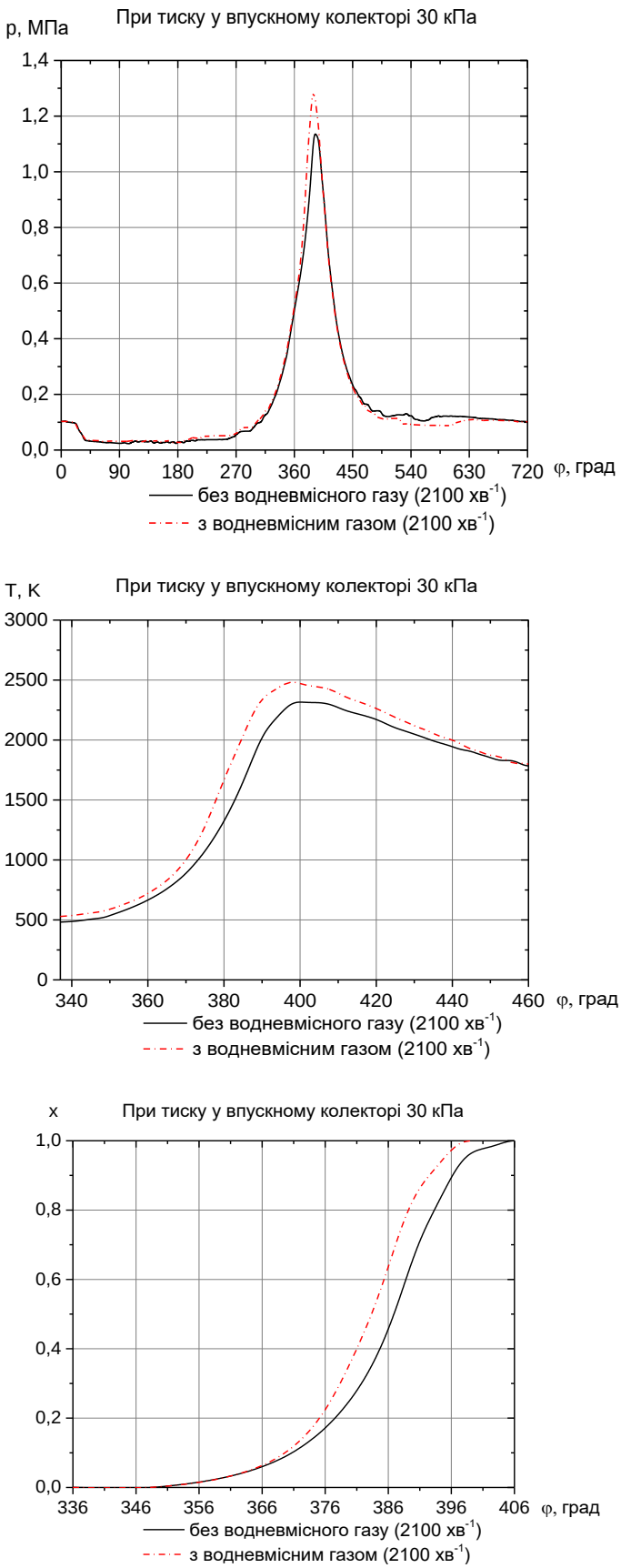


Рисунок 4.20 – Залежності тиску, температури та частки згорівшого палива від кута повороту колінчастого вала двигуна з різною величиною добавки водневмісного газу

За характером залежності частки згорівшого палива x видно, що збільшення інтенсивності згоряння відбувається в основному у періоді швидкого згоряння. Загальне скорочення тривалості згоряння складає 7 град.

Викиди шкідливих речовин двигуном визначаються їх концентраціями у відпрацьованих газах. Як показують результати експериментальних досліджень при частоті обертання 2100 хв$^{-1}$ (рис. 4.21) додавання водневмісного газу практично не впливає на концентрації шкідливих речовин.

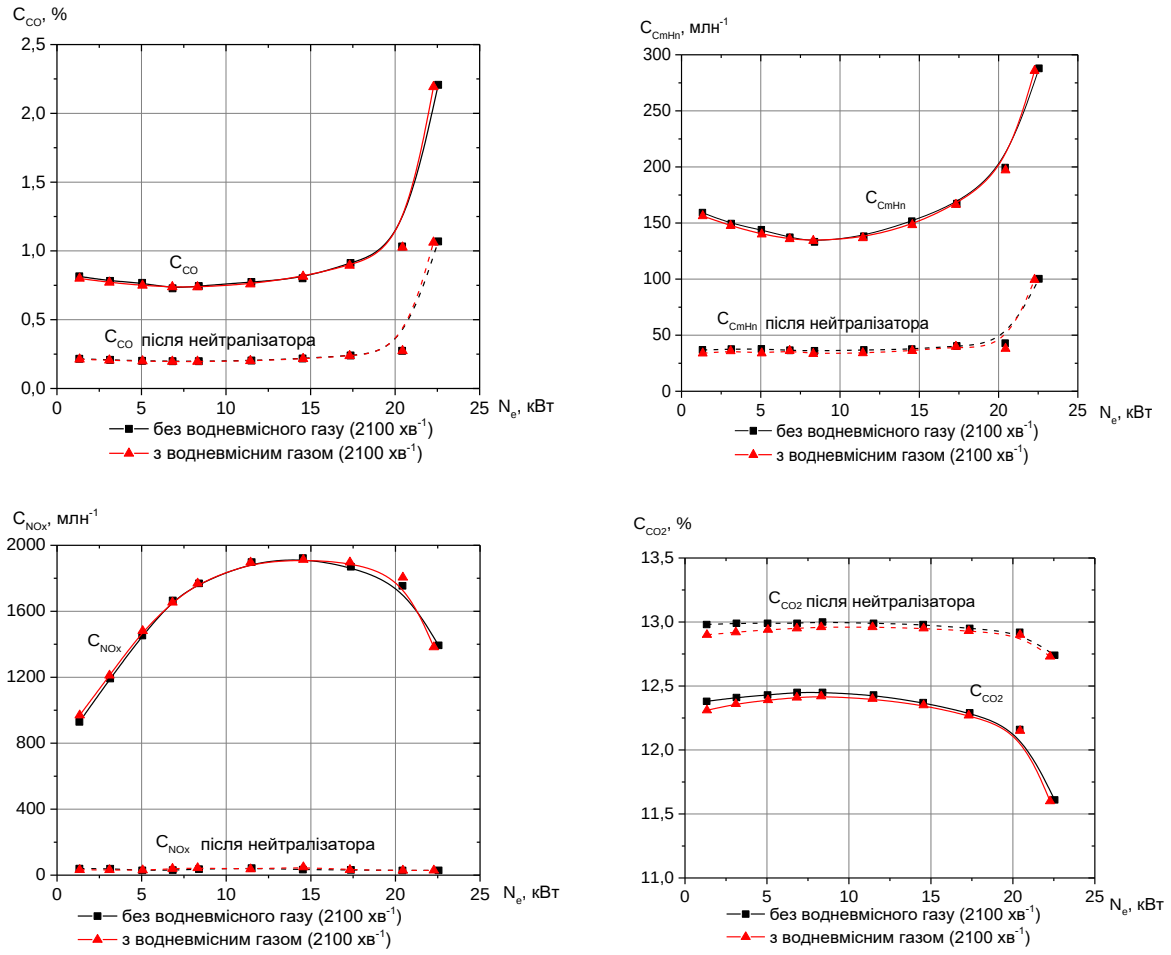


Рисунок 4.21 – Залежності концентрацій шкідливих речовин у відпрацьованих газах від навантаження двигуна з різною величиною добавки водневмісного газу

Деяке зменшення концентрацій CO і CO_2 пов’язане зі зменшенням вмісту вуглецю в паливо повітряній суміші при додаванні водневмісного газу. Незначне зниження концентрації C_mH_n викликане активізацією процесу

згоряння, що сприяє більшій повноті згоряння. Однак внаслідок цього дещо зростають концентрації NO_x. При цьому, як показали дослідження, додавання водневмісного газу до повітряного заряду не впливає на ефективність роботи системи нейтралізації. Тому, після обробки відпрацьованих газів нейтралізатором концентрації шкідливих речовин при добавці водневмісного газу і без неї практично однакові. Для інших частот обертання колінчастого валу отримані подібні результати.

Електричні параметри ТЕГ під корисним навантаженням були також досліджені. Результати виміряної напруги та сили струму у різних швидкісних і навантажувальних режимах роботи двигуна представлено на рис. 4.22-4.23. Як видно із представлених даних, ці параметри зростають при збільшенні частоти обертання колінчастого валу і навантаження двигуна.

Як було визначено у розділі 2 одним із показників ефективності системи є забезпечення максимальної кількості електричної енергії від термоелектричного генератора. Виміряні значення сили струму і напруги ТЕГ дозволили визначити генеровану електричну потужність. Проведені дослідження потужності генерування електричної енергії за допомогою термоелектричного генератора (рис. 4.24) показують, що генерована потужність збільшується при збільшенні частоти обертання і навантаження двигуна.

Порівнюючи отримані залежності потужності ТЕГ та вплив додавання водневмісного газу на витрату палива у різних режимах роботи двигуна (рис. 4.18) бачимо, що у режимах де доцільно додавати водневмісний газ до повітряного заряду і використовувати для цього електричну енергію має місце низька ефективність генерування електричної енергії ТЕГ. У цих режимах роботи двигуна споживання електрична енергія буде перевищувати її виробництво. При цьому, висока ефективність ТЕГ буде у режимах високих навантажень де недоцільно додавати водневмісний газ до повітряного заряду. Ці режими роботи двигуна будуть забезпечувати накопичення електричної енергії у додатковій батареї.

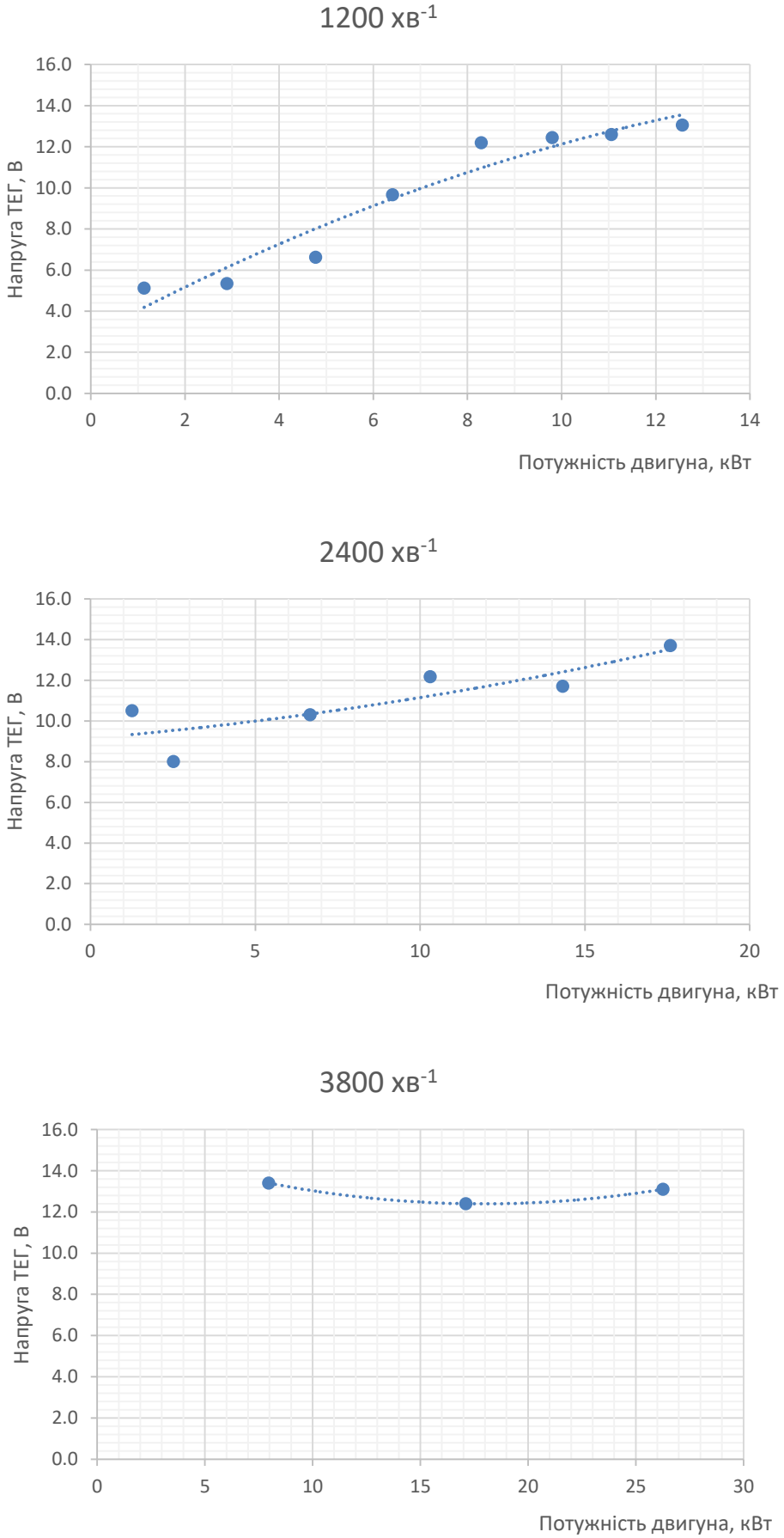


Рисунок 4.22 – Напруга ТЕГ у різних режимах роботи двигуна

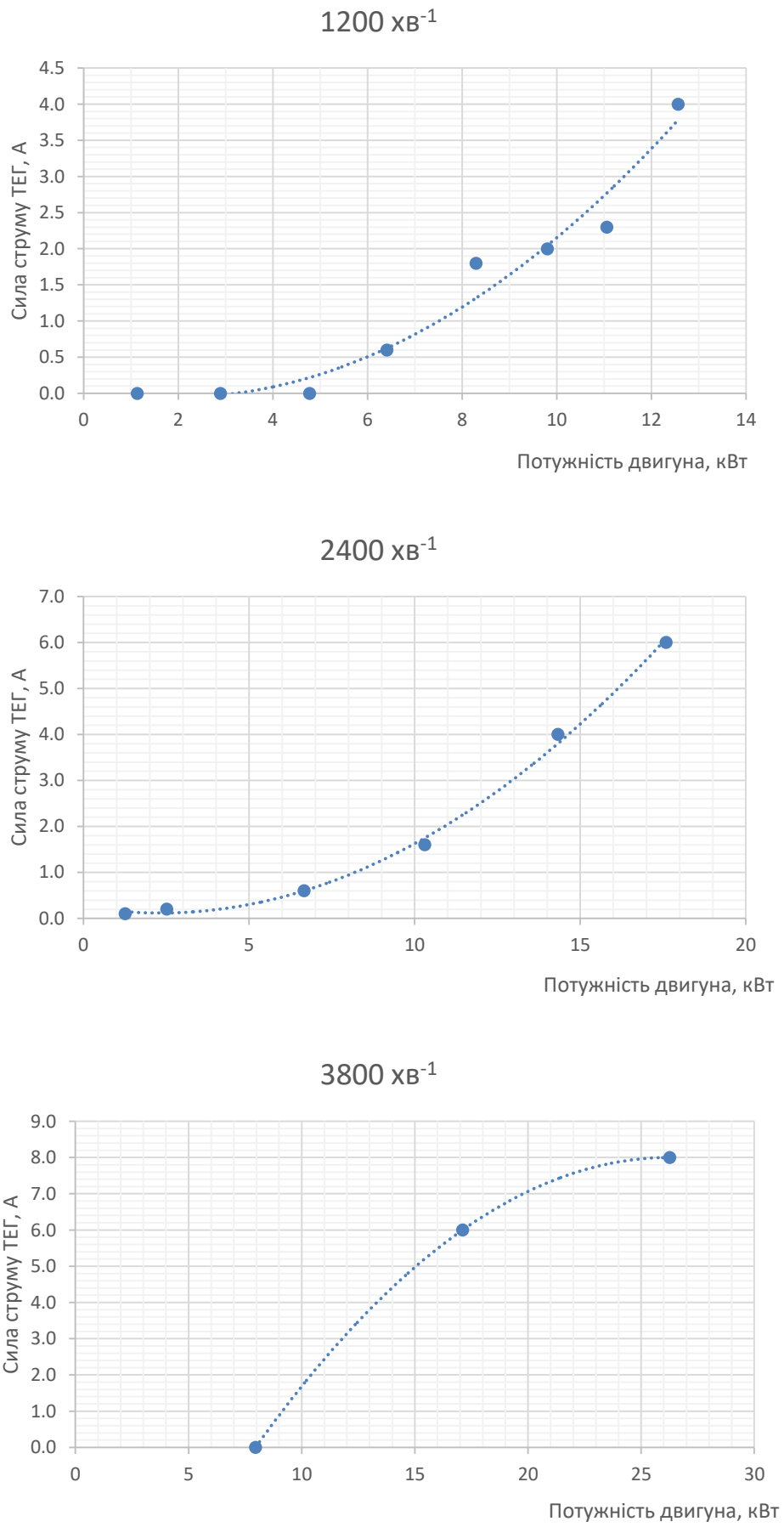


Рисунок 4.23 – Сила струму ТЕГ у різних режимах роботи двигуна

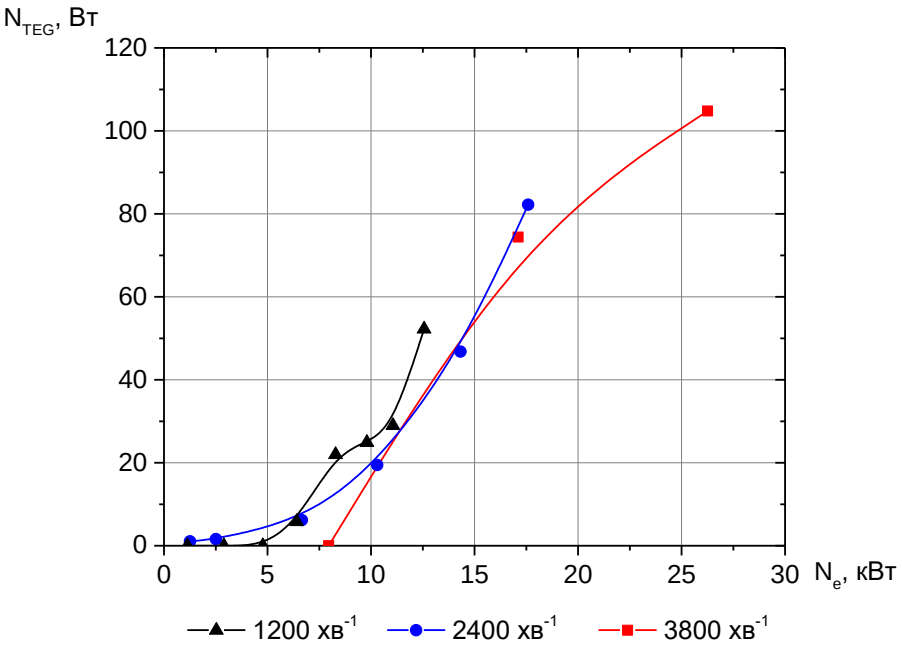


Рисунок 4.24 – Залежності потужності термоелектричного генератора від навантаження і частоти обертання колінчастого вала двигуна

На основі визначеної потужності генерованої електричної енергії ТЕГ можна визначити ефективність його роботи. Загальний ККД генерування електричної енергії ТЕГ визначається шляхом відношення генерованої потужності до потоку теплової енергії ВГ. Враховуючи залежності частки теплоти, що припадає у ДВЗ на ВГ (рис. 1.1), визначено значення ККД ТЕГ в різних режимах роботи двигуна (рис. 4.25). Видно, що загальний ККД ТЕГ зростає при збільшенні навантаження двигуна, оскільки зростає перепад температур на поверхнях термоелектричних модулів.

Як було зазначено, максимальна кількість та коефіцієнт термоелектричного перетворення досягається при найбільшому перепаді температур, який визначається температурою ВГ. Під час досліджень верхня межа температури ВГ утримувалась такою, щоб не перевищити максимально допустиме значення температури термоелектричного модуля (рис. 4.26). Водночас, під час термоелектричного перетворення теплообмінник розсіює частину теплоти, що відводиться від відпрацьованих газів. В результаті, навіть при максимальних значеннях температури ВГ неможливо досягти

максимальної потужності термоелектричного перетворення модулями, встановленої виробником.

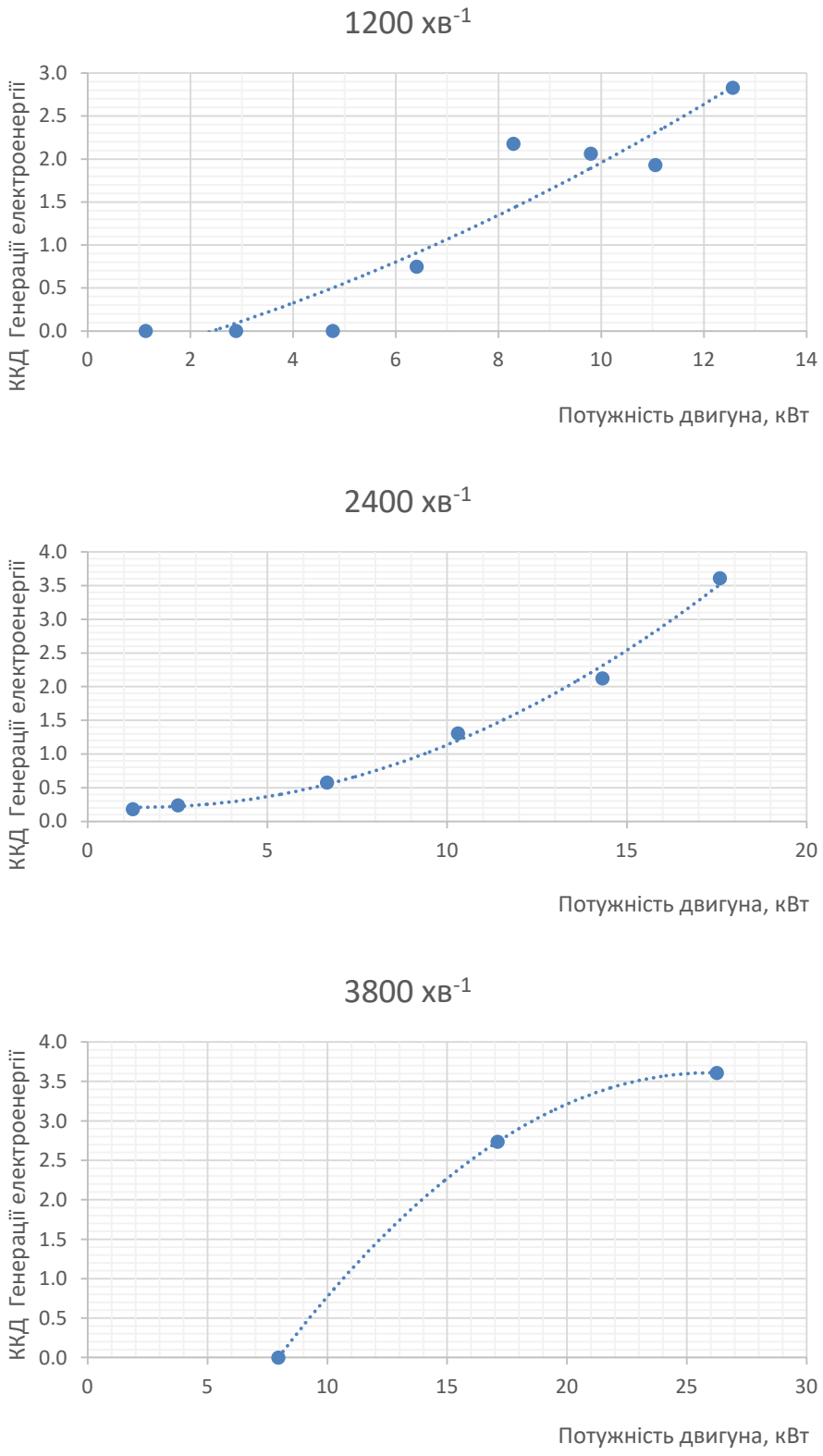


Рисунок 4.25 – Залежності ККД ТЕГ від режиму роботи двигуна

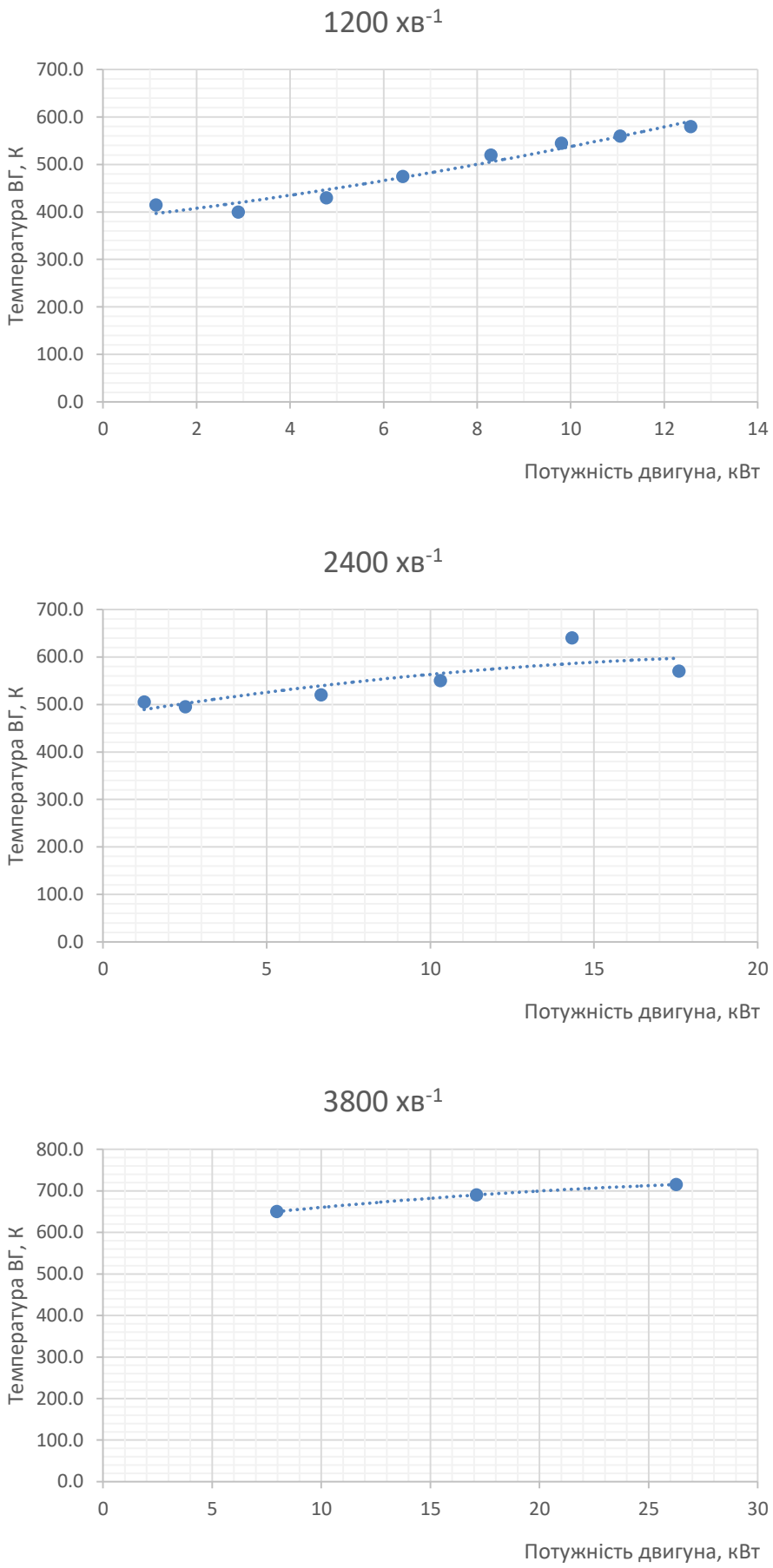


Рисунок 4.26 – Залежності температури ВГ від режиму роботи двигуна

З метою визначення впливу конструкції теплообмінника на величину генерування електричної енергії ТЕГ, було визначено ККД теплообмінника як відношення фактично отриманої потужності ТЕГ до номінального значення 152 Вт. Ці залежності представлено на рис. 4.27. Вони свідчать, що максимальний досягнутий рівень ККД теплообмінника складає 70 %.

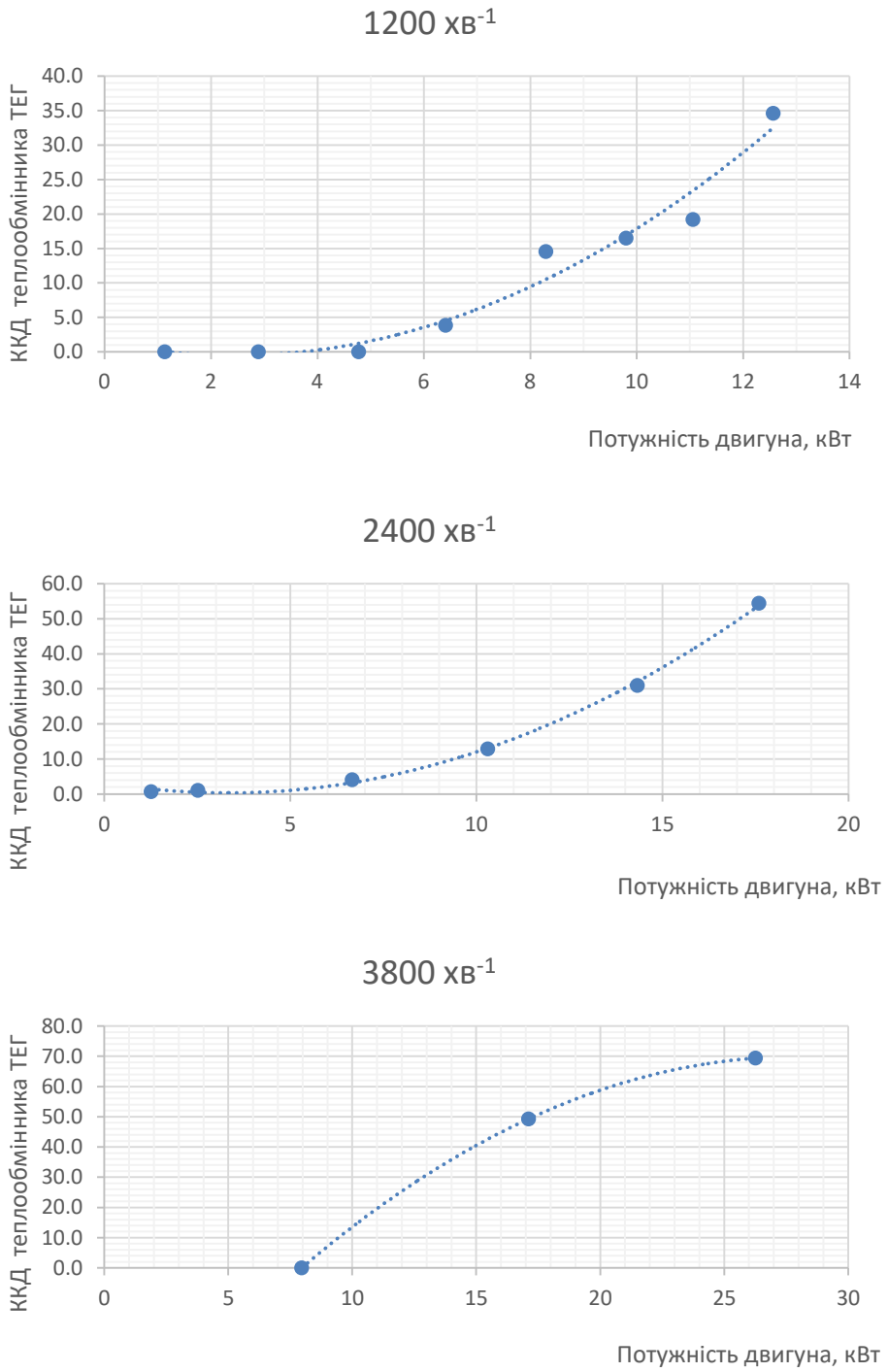


Рисунок 4.27 – Залежності ККД теплообмінника ТЕГ від режиму роботи двигуна

4.7. Висновки до розділу 4

1. Визначено мету і програму експериментальних досліджень двигуна з системою термоелектричної утилізації теплової енергії відпрацьованих газів.

2. Розроблено експериментальну установку для випробувань двигуна, обладнаного обладнано генератором водневмісного газу, що подає отриманий газ у впускний трубопровід двигуна перед дросельною заслінкою та термоелектричним генератором, який встановлено у випускній системі двигуна після каталітичного нейтралізатора.

3. За результатами експериментальних досліджень двигуна VW BBY при використанні розробленої системи додавання водневмісного газу встановлено, що найбільший вплив додавання водневмісного газу проявляється в режимах низьких частоти обертання та низького навантаження. В цих режимах використання добавки водневмісного газу призводить до скорочення тривалості згоряння, максимального тиску і температури в циліндрі та потужності двигуна. Завдяки такому впливу у режимах низького навантаження можливо зменшити витрату палива на 2.4-3.8 %.

4. Встановлено, що додавання водневмісного газу практично не впливає на вміст шкідливих речовин у відпрацьованих газах та ефективність роботи системи нейтралізації. Спостерігається незначне зменшення концентрацій CO, C_mH_n і CO_2 та незначне зростання концентрації NO_x.

5. Дослідження електричних параметрів ТЕГ дозволили встановити залежності потужності та ефективності термоелектричного перетворення ТЕГ від режимів роботи двигуна. Отримані значення сили електричного струму та напруги дозволяють використовувати ТЕГ даної конструкції у системі електропостачання автомобіля. При цьому, ступінь досягнення номінальної потужності ТЕГ, встановленої заводом-виробником термоелектричних модулів, який визначається ККД теплообмінника, не перевищує 70 %, що є характерною особливістю даної конструкції ТЕГ.

РОЗДІЛ 5
РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ АВТОМОБІЛЯ З СИСТЕМОЮ ДОДАВАННЯ ВОДНЕВМІСНОГО ГАЗУ ДО ПОВІТРЯНОГО ЗАРЯДУ З ВИКОРСИТАННЯМ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНОГО ГЕНЕРАТОРА

5.1. Перевірка адекватності математичної моделі двигуна

За отриманими залежностями впливу додавання водневмісного газу до повітряного заряду двигуна на витрату палива, параметри робочого процесу і концентрації шкідливих речовин у різних режимах роботи двигуна та залежностями потужності термоелектричного генератора від навантаження і частоти обертання колінчастого вала двигуна було уточнено математичну модель системи «двигун – каталітичний нейтралізатор – термоелектричний генератор – генератор водневмісного газу».

Для визначення масової частки водневмісного газу у свіжому заряді та концентрацій шкідливих речовин у ВГ в математичній моделі використовувались поліноміальні моделі, отримані за результатами експериментальних досліджень в залежності від двох незалежних факторів: частоти обертання колінчастого вала двигуна $n_д$ і навантаження двигуна, що оцінювалось за значенням крутного моменту M_e або коефіцієнта наповнення циліндру η_v.

По плану симетричного повного факторного експерименту [89] визначалися значення параметра в точках плану, по яких з використанням методу найменших квадратів [90] за допомогою ПК та програми з використанням середовища Mathcad визначалися коефіцієнти поліноміальних моделей. Текст програми та результати розрахунків наведено в додатках Д – С.

Перевірка адекватності поліноміальних моделей проводилась з використанням F - критерію Фішера, який розраховується за формулою:

$$F = \begin{cases} S_{ад}^2 / S_y^2 \text{ якщо } S_{ад}^2 > S_y^2 \\ S_y^2 / S_{ад}^2 \text{ якщо } S_y^2 > S_{ад}^2 \end{cases}, \quad (5.1)$$

де $S_{ад}^2$ - дисперсія адекватності;

S_y^2 - дисперсія досліду.

Дисперсія адекватності визначається за залежністю:

$$S_{ад}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N} \left(y_{ip} - y_{ie} \right)^2}{f}, \quad (5.2)$$

де y_{ip} і y_{ie} - розраховане і експериментальне на моделі значення параметра;

f – число ступенів свободи.

Число степенів свободи визначається за формулою:

$$f = N - k, \quad (5.3)$$

де N- число дослідів;

$к$ - число коефіцієнтів апроксимації.

Дисперсія досліду розраховувалась за значеннями, отриманими в серії повторних дослідів за залежністю:

$$S_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(y_i - \overline{y} \right)^2}{n-1}, \quad (5.4)$$

де y_i та $\overline{y}$ отримані в кожному досліді і середні значення вимірюваних параметрів;

n - число повторених дослідів.

Модель можна вважати адекватною з відповідною надійною імовірністю, якщо розраховане значення F-критерію не перевищує табличних даних.

Надійна імовірність становить 95 %, так як під час перевірки адекватності використовувались таблиці F-критерію Фішера при 5 % рівні значущості [91].

Під час визначення адекватності поліноміальних моделей окремих параметрів двигуна дисперсія досліду визначалася за серією повторних дослідів в середніх точках досліджуваних зон. Для зазначених поліноміальних моделей середньою була прийнята точка: $n_{\partial} = 2100$ хв$^{-1}$, $\eta_{v} = 0{,}5$. Результати визначення адекватності поліноміальних моделей наведено в табл. 5.1.

Результати, наведені в табл. 5.1 свідчать, що математичні моделі для визначення масової частки водневмісного газу у свіжому заряді та концентрацій шкідливих речовин у ВГ при роботі двигуна в різних швидкісних і навантажувальних режимах з використанням системи термоелектричної утилізації теплової енергії ВГ та без неї є адекватними. Крім того, середні відносні відхилення більшості модельованих параметрів не перевищують 2 % (табл. 5.2).

Адекватність моделювання руху автомобіля в їздовому циклі перевірено також і порівнянням сумарної витрати палива в міському та магістральному їздових циклах з даними заводу-виробника [92]. Можливість такого порівняння обумовлена тим, що відповідно до [110] визначення витрати палива також здійснюється під час випробувань за їздовим циклом ЄЕК ООН 83-05. Відповідно до даних заводу-виробника витрата палива автомобілем Scoda Fabia складає 8,9 л/100 км у міському циклі та 6,5 л/100 км у заміському циклі руху. Відповідно до результатів моделювання (Додаток В) витрата палива у елементарному міському циклі довжиною 1,013 км складає 73,656 г або 0,0969 л при густині 760 г/л, що становитиме в

середньому 9,57 л/100 км; витрата палива магістральному циклі довжиною 6,955 км складає 362,091 г або 0,476 л, що становитиме 6,85 л/100 км. Тоді відносна похибка моделювання витрати палива автомобілем складе 7,5% для міського циклу та 5,4% для магістрального циклу руху, що є достатньою величиною для підтвердження адекватності математичної моделі.

Таблиця 5.1 – Результати перевірки адекватності поліноміальних моделей

Параметр	Число ступенів свободи f	Дисперсія адекват-ності	Значення параметрів			Середнє значення	Дисперсія досліду	Значення F-критерію	Табличне значення
			Y_1	Y_2	Y_3				
g_{HHO}	32	$4.87\cdot10^{-9}$	$1.55\cdot10^{-3}$	$1.43\cdot10^{-3}$	$1.68\cdot10^{-3}$	$1.553\cdot10^{-3}$	$1.563\cdot10^{-8}$	3,208	3,49
$C_{CO}^{бенз+HHO}$	20	$5,5\cdot10^{-4}$	0,737	0,738	0,758	0,744	$1,4\cdot10^{-4}$	3,885	19,43
$C_{CmHn}^{бенз+HHO}$	20	13,1	136	134	137	135,7	2,33	5,613	19,43
$C_{NOx}^{бенз+HHO}$	20	$1,34\cdot10^{4}$	1769	1800	1740	1770	900,3	14,83	19,43
$C_{CO2}^{бенз+HHO}$	20	$1,53\cdot10^{-4}$	12,94	12,9	12,93	12,923	$4,33\cdot10^{-4}$	2,83	3,49
$C_{CO}^{бенз}$	12	0,0027	0,81	0,84	0,75	0,8	0,0021	1,29	19,4
$C_{CmHn}^{бенз}$	12	53,66	175	166	169	170	21	8,33	19,4
$C_{NOx}^{бенз}$	6	60270	2030	2000	2120	2050	3900	15,45	19,3
$C_{CO2}^{бенз}$	20	$5,76\cdot10^{-5}$	13	12,99	12,98	12,99	$1\cdot10^{-4}$	1,74	3,49
T_T	31	59,78	685	692	693	690	19	3,146	19,5
N_{TEG}	22	28,64	52	50	53	51,67	2,33	12,27	19,43
$G_{ПАЛ}$	18	$3,42\cdot10^{-4}$	2,827	2,857	2,79	2,825	$1,13\cdot10^{-3}$	3,29	3,55
$G_{ПАЛ}^{+HHO}$	18	$3,15\cdot10^{-4}$	2,79	2,815	2,77	2,792	$5,08\cdot10^{-4}$	1,61	3,55

Таблиця 5.2 – Середні відносні відхилення модельованих параметрів

Показник	$G_{ПАЛ}$	$G_{ПАЛ}^{+HHO}$	CO	C_mH_n	NO_X	CO_2	CO^{+HHO}	$C_mH_n^{+HHO}$	NO_X^{+HHO}	CO_2^{+HHO}	N_{TEG}
Середнє відхилення, %	0,57	0,55	1,61	1,57	6,99	0,04	1,64	1,68	7,05	0,07	5,9

Адекватність математичної моделі також підтверджується порівнянням експериментальних і розрахункових залежностей годинної витрати палива (рис. 5.1) та залежностей потужності ТЕГ (рис. 5.2).

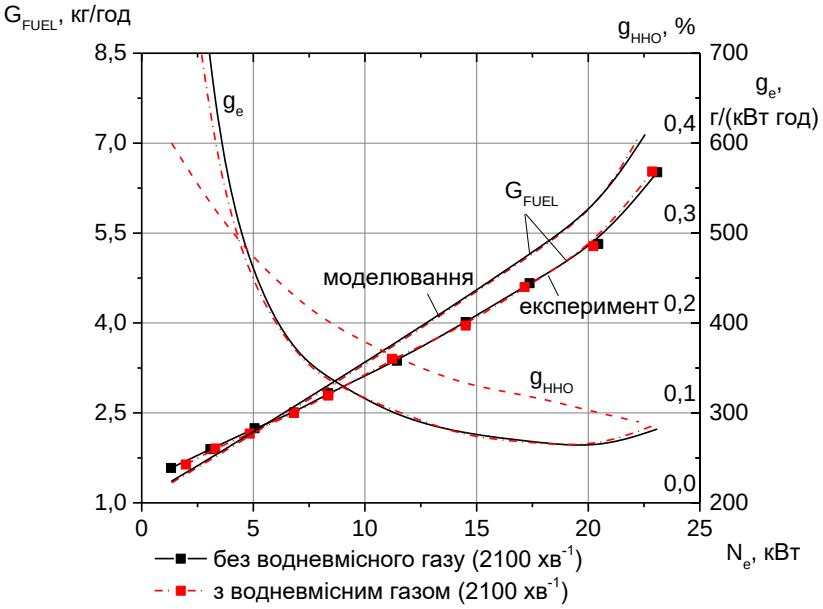


Рисунок 5.1 – Порівняння експериментальної та змодельованої залежностей годинної витрати палива від навантаження двигуна з різною величиною добавки водневмісного газу

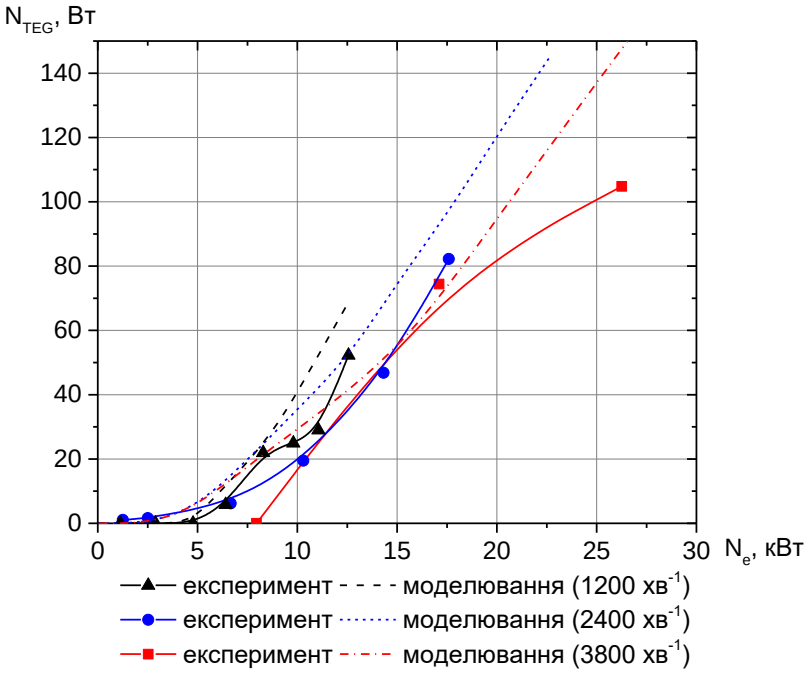


Рисунок 5.2 – Порівняння експериментальної та змодельованої залежностей потужності термоелектричного генератора від навантаження і частоти обертання колінчастого вала двигуна

5.2. Дослідження впливу використання системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду з використанням термоелектричного генератора на паливну економічність і екологічні показники автомобіля в режимах їздового циклу

З використанням даної математичної моделі було досліджено ефективність використання системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду двигуна з ТЕГ на витрату палива та викиди шкідливих речовин автомобілем у їздовому циклі за Правилами ЄЕК ООН № 83-05. За отриманими результатами моделювання при подачах водневмісного газу 3 л/хв (у режимах, для яких у розділі 3 визначено таке додавання) встановлено, що при використанні розробленої системи додавання водневмісного газу сумарна витрата палива за їздовий цикл (рис. 5.3) зменшується на 1,9 % (з 708 до 694,5 г), сумарний викид CO (рис. 5.4) зменшується на 3,6 % (з 31,1 до 30 г), сумарний викид C_mH_n (рис. 5.5) зменшується на 3 % (з 1,286 до 1,248 г), сумарний викид NO_x (рис. 5.6) зменшується на 1,2 % (з 1,851 до 1,828 г), сумарний викид CO_2 (рис. 5.7) зменшується на 2,2 % (з 1879 до 1837 г). Також, подібні результати отримано і для величин подачі водневмісного газу 6 л/хв та 9 л/хв. Зведені результати оцінювання представлено в таблиці 5.3.

Масив даних, отриманий у результаті моделювання приведено у додатку В (для подачі водневмісного газу 3 л/хв). Відповідно приведені поточні значення параметрів, визначених залежностями розділу 3. Це, зокрема, такі параметри як коефіцієнт наповнення, годинні витрати палива і повітря, концентрації шкідливих речовин у ВГ до і після нейтралізатора, ефективність нейтралізації, масові викиди шкідливих речовин, сумарні витрата палива і викиди за їздовий цикл, частка водневмісного газу у повітряному заряді, потужність яку генерує ТЕГ, кількість енергії, накопиченої у додатковій батареї. Ці дані необхідні для формування залежностей, представлених на рис. 5.3-5.7.

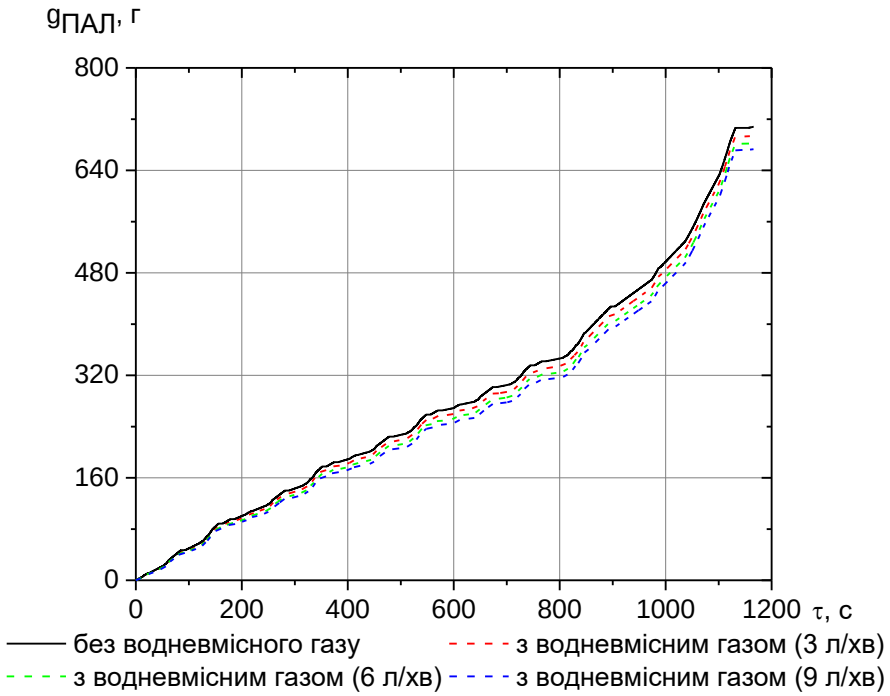


Рисунок 5.3 – Залежності сумарної витрати палива від часу руху автомобіля в їздовому циклі з різною величиною добавки водневмісного газу

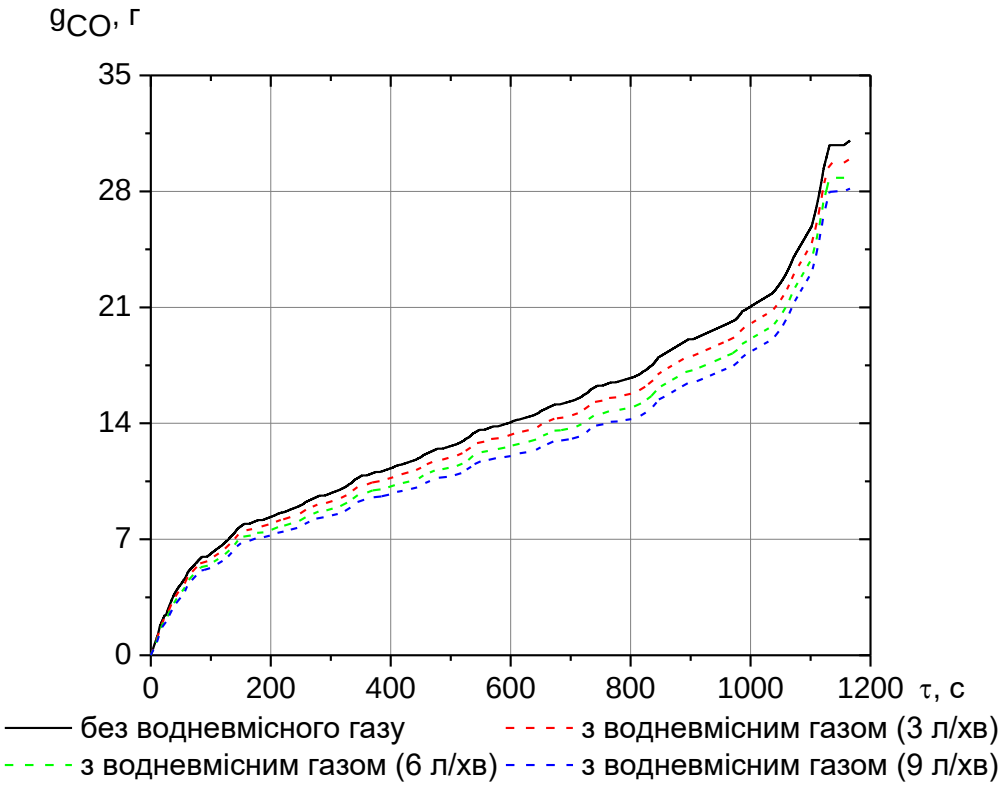


Рисунок 5.4 – Залежності сумарних викидів CO від часу руху автомобіля в їздовому циклі з різною величиною добавки водневмісного газу

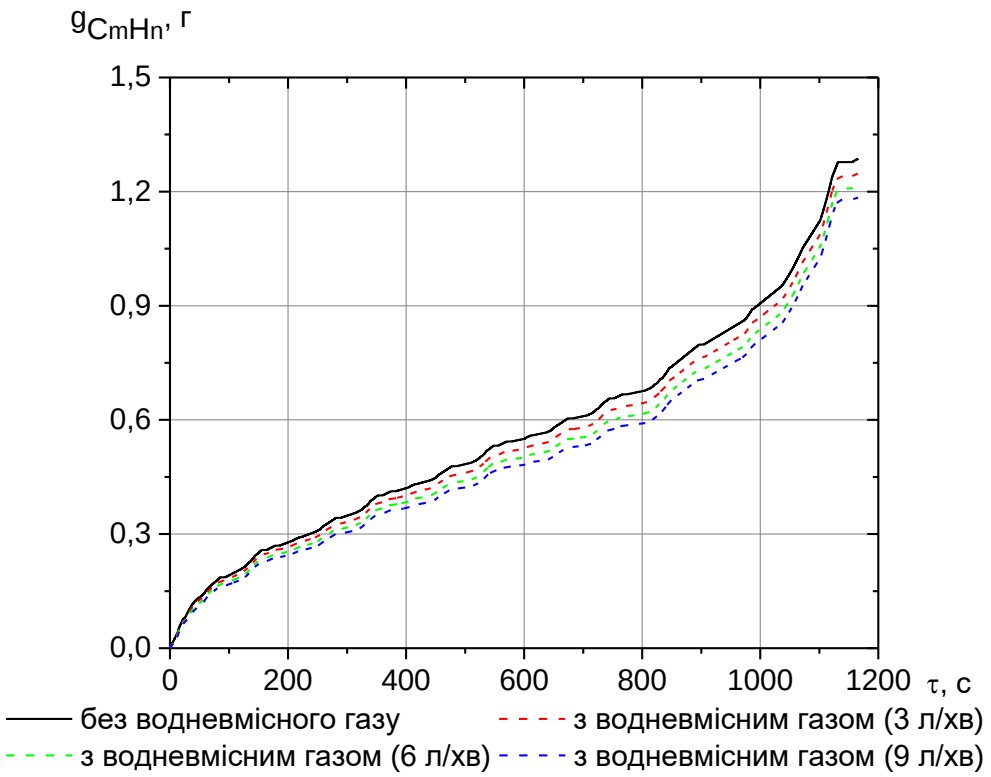


Рисунок 5.5 – Залежності сумарних викидів C_mH_n від часу руху автомобіля в їздовому циклі з різною величиною добавки водневмісного газу

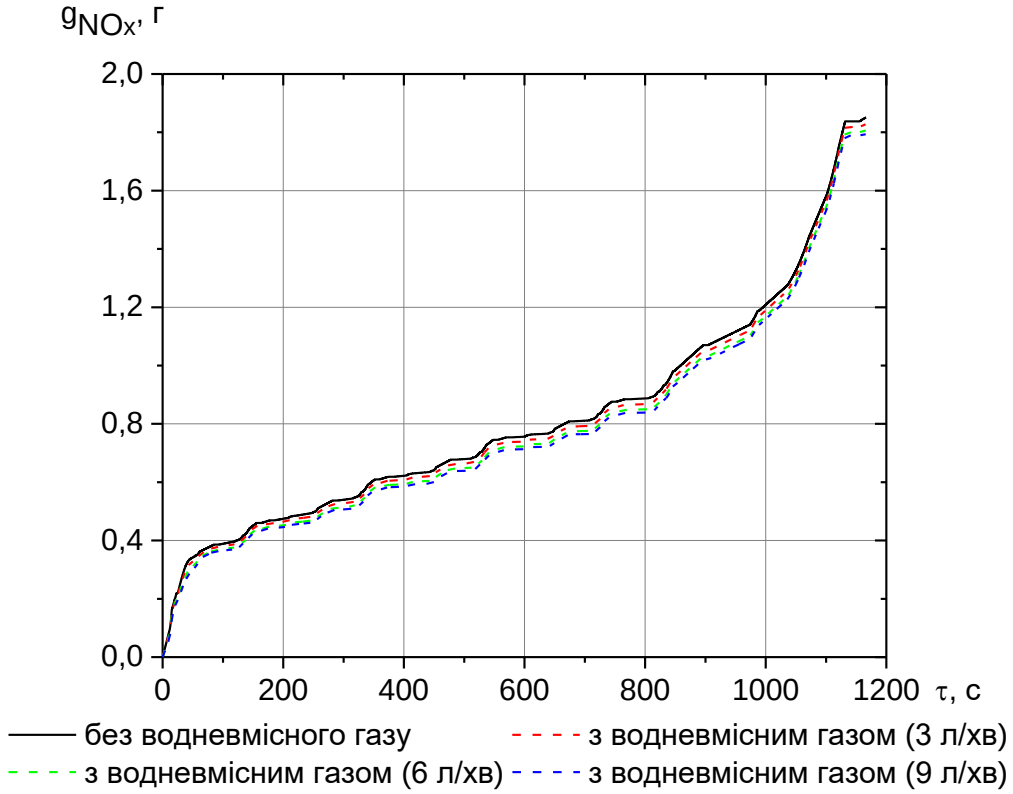


Рисунок 5.6 – Залежності сумарних викидів NO_x від часу руху автомобіля в їздовому циклі з різною величиною добавки водневмісного газу

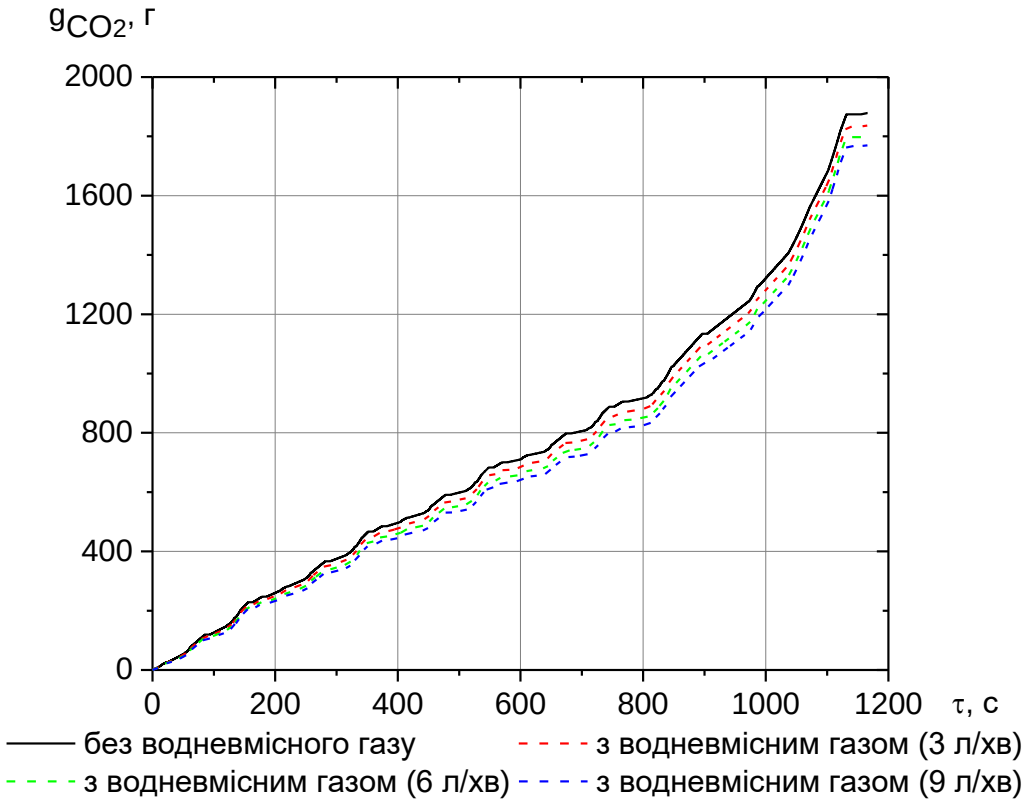


Рисунок 5.7 – Залежності сумарних викидів CO_2 від часу руху автомобіля в їздовому циклі з різною величиною добавки водневмісного газу

Таблиця 5.3 – Сумарні витрата палива та викиди ШР автомобілем під час руху в їздовому циклі

	$G_{пал}$, г	G_{CO}, г	$G_{C_mH_n}$, г	G_{NO_x}, г	G_{CO_2}, г
Без використання ТЕГ та добавки водневмісного газу	708,0	31,1	1,29	1,85	1879
З використанням ТЕГ та добавкою водневмісного газу (3 л/хв.)	694,5	30,0	1,25	1,83	1837
Різниця, %	1,9	3,6	3,1	1,2	2,2
З використанням ТЕГ та добавкою водневмісного газу (6 л/хв.)	682,9	29,0	1,21	1,81	1801
Різниця, %	3,5	6,8	6,2	2,2	4,2
З використанням ТЕГ та добавкою водневмісного газу (9 л/хв.)	673,1	28,2	1,18	1,79	1770
Різниця, %	4,9	9,3	8,5	3,2	5,8

У представлених графічних залежностях витрати палива та викидів шкідливих речовин під час руху автомобіля в їздовому циклі виділяються ділянки прогріву нейтралізатора (перші 50 с), де видно більш стрімке зростання викидів шкідливих речовин. Також виділяється ділянка руху у магістральній частині циклу (з 1000 с), де також інтенсивність витрати палива і викидів значно збільшується.

З метою визначення впливу продуктивності генератора воденвмісного газу було здійснено моделювання з різною величиною подачі газу до 9 л/хв. Сумарні значення отриманих витрат палива і викидів наведено у таблиці 5.3 та представлено на рис. 5.8-5.12.

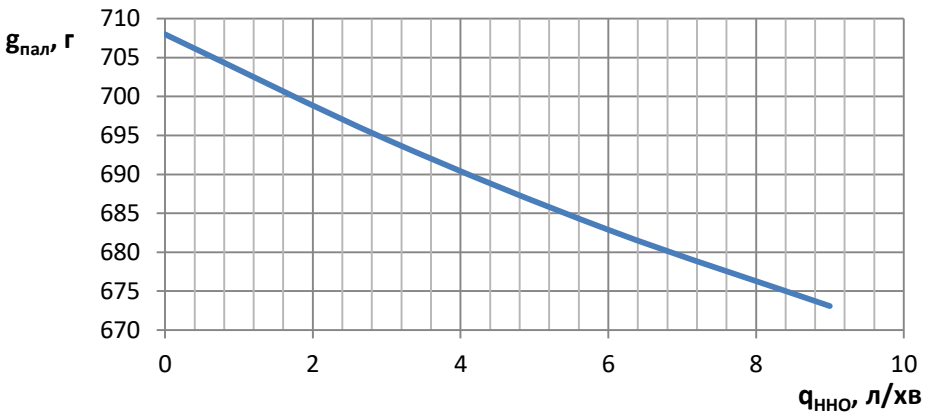


Рисунок 5.8 – Сумарна витрата палива за цикл в залежності від подачі воденвмісного газу

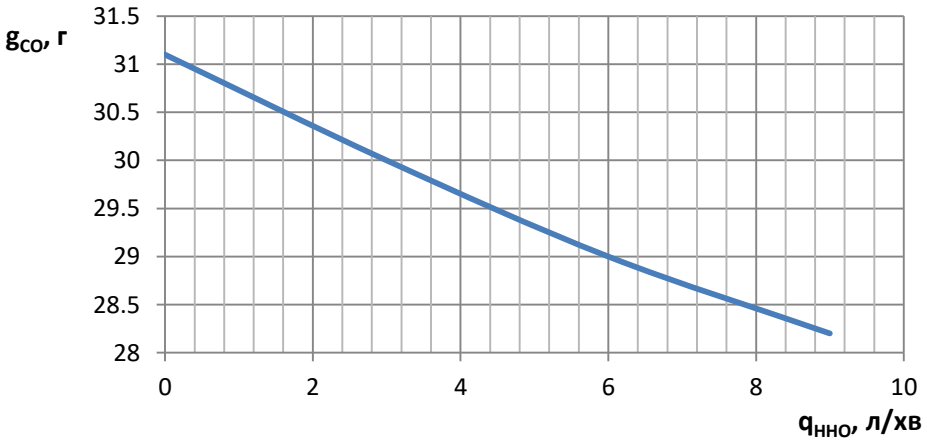


Рисунок 5.9 – Сумарні викиди оксиду вуглецю за цикл в залежності від подачі воденвмісного газу

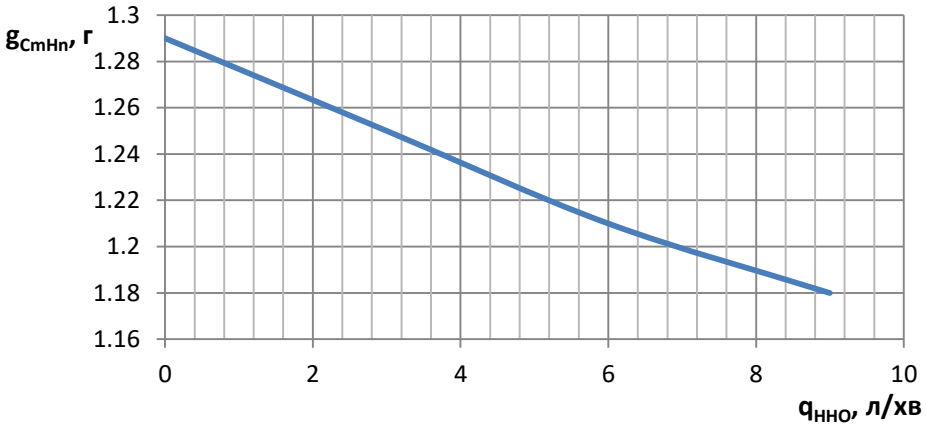


Рисунок 5.10 – Сумарні викиди вуглеводнів за цикл в залежності від подачі воденвмісного газу

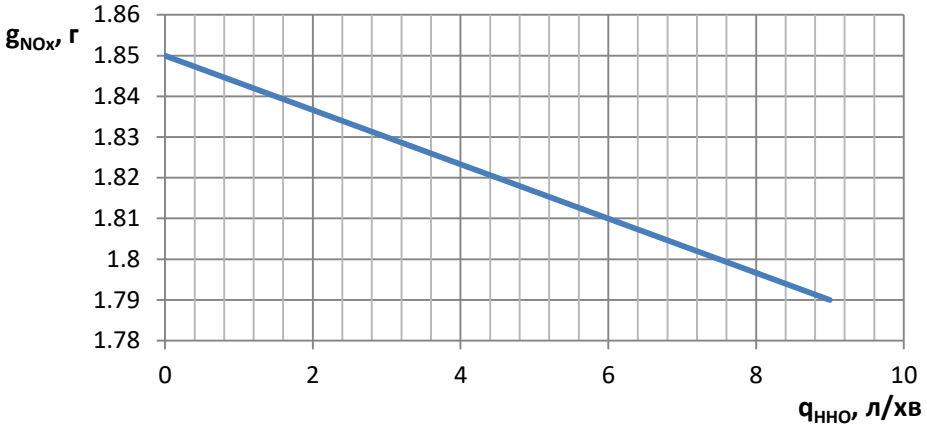


Рисунок 5.11 – Сумарні викиди оксидів азоту за цикл в залежності від подачі воденвмісного газу

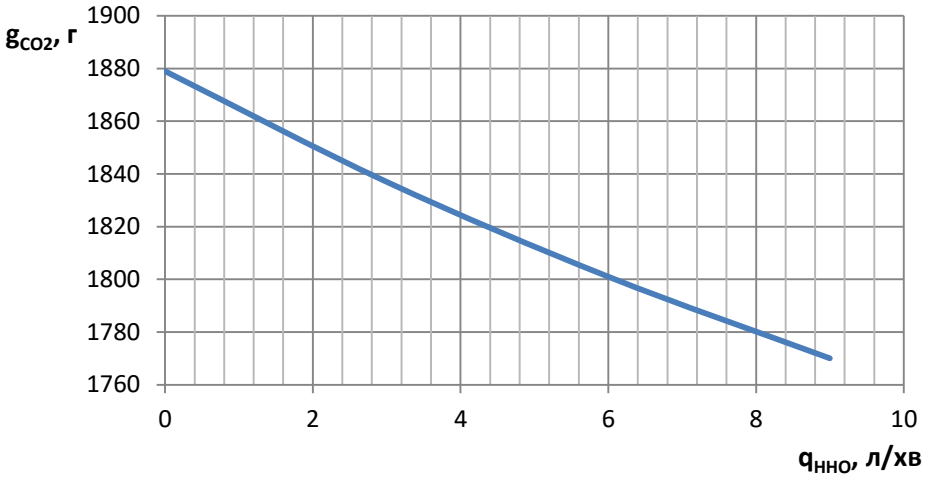


Рисунок 5.12 – Сумарні викиди діоксиду вуглецю за цикл в залежності від подачі воденвмісного газу

Як свідчать результати моделювання, витрата палива та викиди майже лінійно знижуються при збільшенні величини добавки воденвмісного газу до повітряного заряду. Однак, для визначення доцільної величини добавки газу під час експлуатації автомобіля необхідно оцінити як при цьому здійснюється забезпечення роботи генератора водневмісного газу електричною енергією від додаткової батареї.

Результати оцінювання кількості накопиченої електричної енергії в додатковій батареї, що заряджається від ТЕГ та використовується для живлення генератора водневмісного газу в розробленій системі під час руху автомобіля в їздовому циклі представлені на рис. 5.13. Із цих результатів видно, що режими накопичення і споживання електричної енергії чергуються, але в цілому кількість спожитої енергії перебільшує отриману на значній ділянці їздового циклу. Велична загального зниження кількості енергії у додатковій батареї майже пропорційна величині подачі водневмісного газу. Відчутне збільшення накопиченої енергії відбувається лише під час руху автомобіля в магістральній частині їздового циклу.

За цими результатами визначено відносну величину ступеня зарядженості додаткової батареї $\Delta E_E{}^{AD}$ в залежності від величини подачі водневмісного газу (рис. 5.14). Встановлено, що ступінь зарядженості після виконання автомобілем їздового циклу дещо нелінійно зменшується при збільшенні величини подачі газу до 70 % при 9 л/хв. Експлуатація автомобіля з використанням таких величин подачі газу недоцільна, оскільки повне розряджання батареї відбудеться достатньо швидко (кілька днів експлуатації), після чого буде відбуватись споживання енергії від основної батареї, що практично знівелює ефект від використання системи.

Це пов’язано із недостатньою потужністю термоелектричного генератора. Визначення оптимальних параметрів системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду двигуна з іскровим запалюванням з використанням термоелектричного генератора дозволить поліпшити показник накопичення електричної енергії в додатковій батареї.

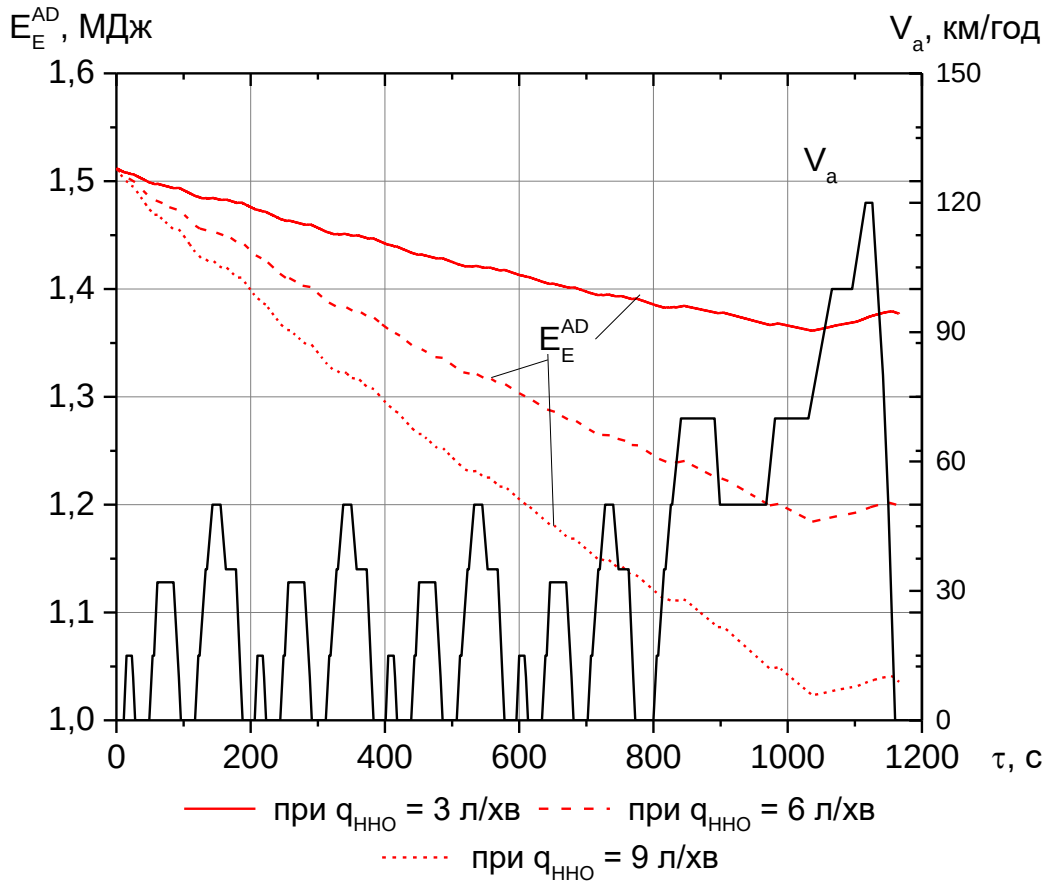


Рисунок 5.13 – Залежність накопиченої електричної енергії у додатковій батареї з використанням термоелектричного генератора від часу руху автомобіля в їздовому циклі з різною величиною добавки водневмісного газу

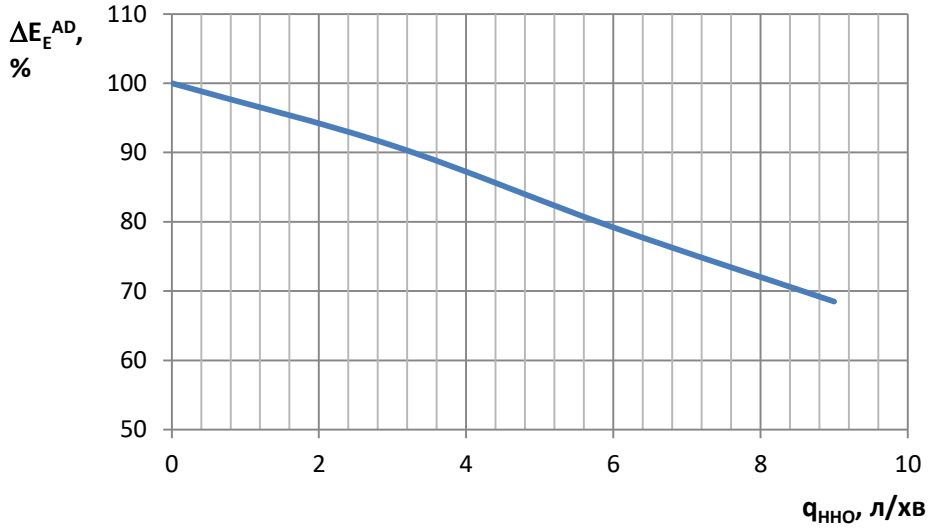


Рисунок 5.14 – Відносний ступінь зарядженості додаткової батареї після виконання їздового циклу в залежності від подачі водневмісного газу

5.3. Розробка рекомендацій щодо вибору доцільних значень параметрів системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду з використанням термоелектричного генератора

Наведені вище характеристики свідчать, що для максимально повної рекуперації теплової енергії відпрацьованих газів необхідно збільшувати потужність ТЕГ. Для цього, базуючись на попередніх детальних дослідженнях теплового балансу ДВЗ [3], розраховано кількість теплоти, котра покидає двигун з ВГ та визначено кількість електроенергії, що може бути максимально отримана при використанні даного типу ТЕГ. Характеристика даного типу ТЕГ включає ефективний ККД, що визначається відношенням максимального експериментального значення потужності генерованої електроенергії термоелектричними модулями до потужності потоку теплової енергії ВГ в системі випуску двигуна. Так як максимальний коефіцієнт перетворення теплової енергії термоелектричними модулями становить 5%, а ККД теплообмінника ТЕГ – 70%, то загальний максимальний ККД ТЕГ становитиме 3,5 % (при максимальній потужності двигуна у визначеному діапазоні до 30 кВт, що обумовлено умовами руху транспортного засобу у їздовому циклі відповідно до правил ЄЕК ООН № 83-05).

На рис. 5.15 наведено залежність потужності, котра можлива для генерації ТЕГ при врахуванні кількості теплоти ВГ та даної конструктивної реалізації ТЕГ. З графіка видно, що в режимі до 30 кВт, максимальна потужність, котра може бути генерована, становить 348 Вт. При цьому, загальна номінальна потужність термоелектричних модулів, враховуючи 70% ККД теплообмінника, має становити близько 500 Вт. Цей факт практично підтверджує виконаний проектний розрахунок теплообмінника (розділ 2), який виконувався виходячи із проектної потужності ТЕГ 360 Вт. Отже, з урахуванням номінальної потужності 8-ми термоелектричних модулів, 152 Вт, можна зробити висновок, що дана конструктивна реалізація дозволить

використати до 24 термоелектричних модулі або трикратне збільшення експериментально дослідженої потужності ТЕГ.

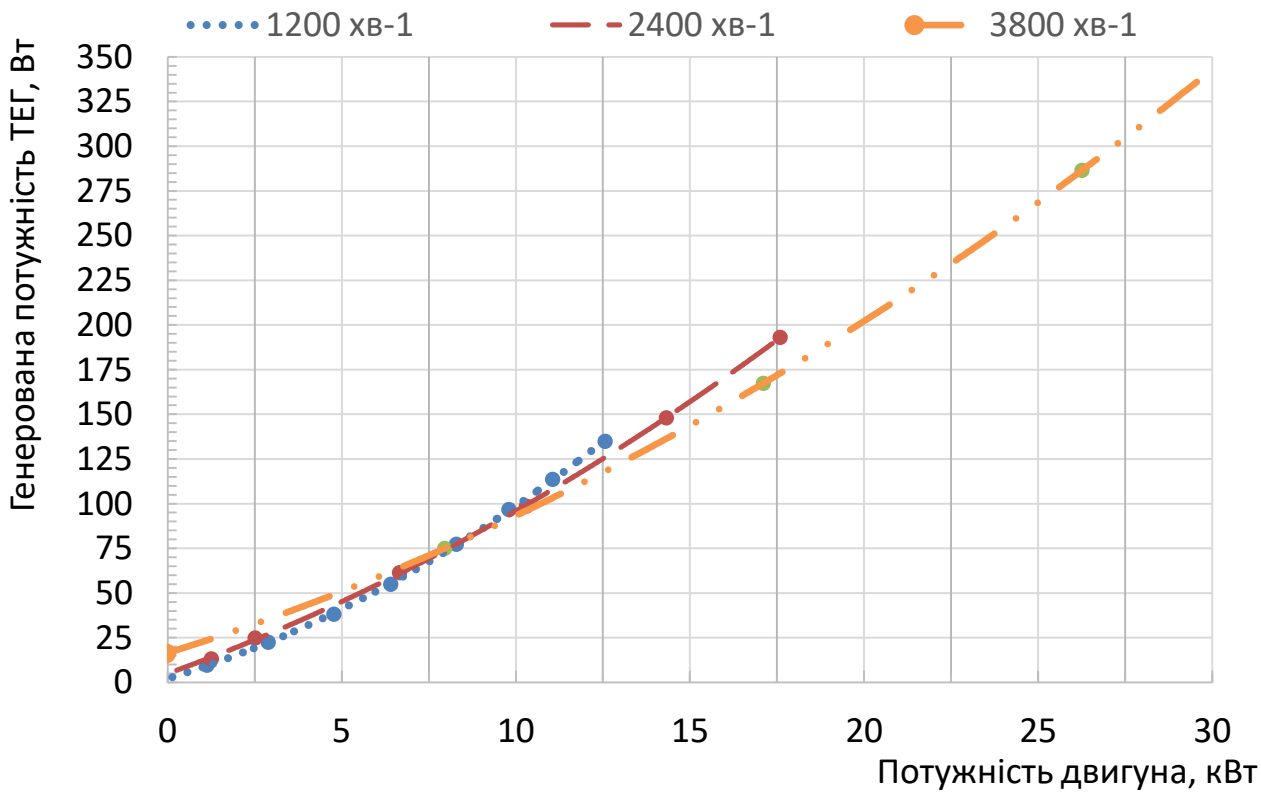


Рисунок 5.15 – Характеристика ТЕГ збільшеної потужності

Використання ТЕГ збільшеної потужності забезпечить додатково до штатного генератора живлення електричних підсистем енергоустановки та роботу додаткових систем поліпшення показників двигуна, зокрема, генератора водневмісного газу [64].

Оскільки, як показали результати дослідження (рис. 5.14), досліджувана потужність ТЕГ забезпечує зарядку додаткової батареї приблизно до 90% від номінальної ємності при подачі водневмісного газу 3 л/хв, то для поліпшення цього результату пропонується збільшити номінальну потужність ТЕГ максимально до 3 разів (до 456 Вт для 24 модулів з урахуванням наведених вище даних та рис. 5.15). Також, було досліджено проміжний варіант збільшення номінальної потужності експериментальної конструкції ТЕГ у 2 рази для 16-ти термоелектричних модулів відповідно. Результати

розрахункового дослідження енергії накопиченої у додатковій батареї при дво- і трикратному збільшенні номінальної потужності експериментального зразка ТЕГ представлені на рис. 5.16.

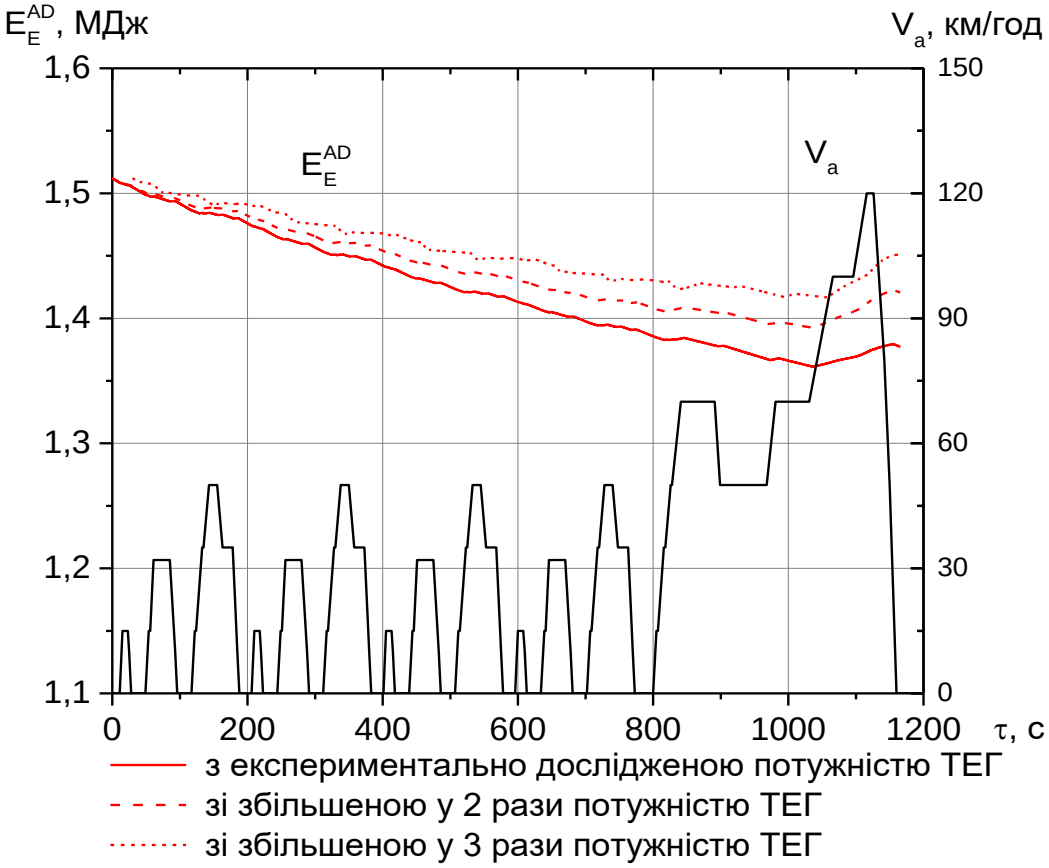


Рисунок 5.16 – Результати моделювання накопиченої електричної енергії у додатковій батареї при використанні ТЕГ збільшеної потужності

Результати свідчать, що кількість накопиченої енергії суттєво зростає при збільшенні номінальної потужності ТЕГ. Зокрема, збільшення потужності ТЕГ у 2 рази забезпечує відносний ступінь зарядженості додаткової батареї після виконання їздового циклу до 94% від номінальної ємності; збільшення потужності ТЕГ у 3 рази – до 96% від номінальної ємності при подачі водневмісного газу 3 л/хв (рис. 5.17). Це підвищує ефективність розробленої системи в експлуатаційних умовах та дозволяє її використовувати для виробництва водневмісного газу для додавання до повітряного заряду двигуна на борту автомобіля. Використання генератора

водневмісного газу з продуктивністю більше 3 л/хв вимагає розробки і дослідження ТЕГ з іншими конструктивними параметрами.

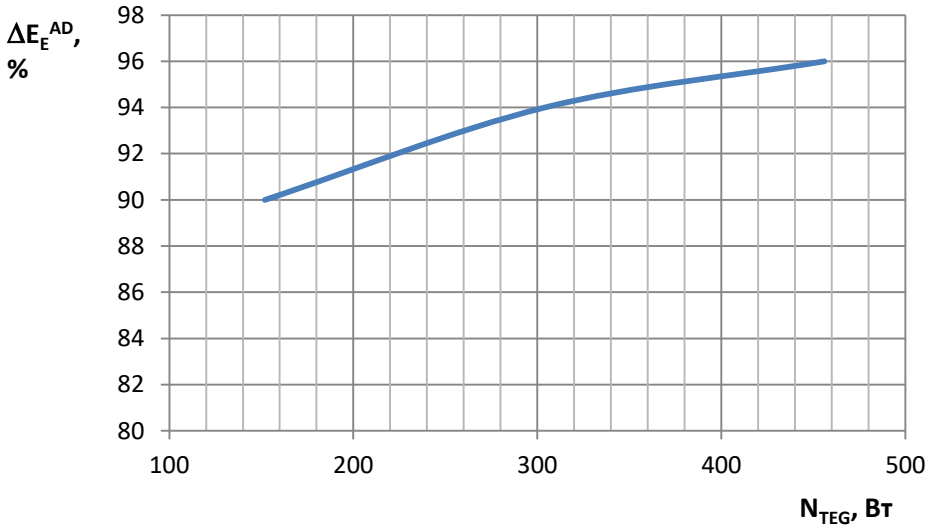


Рисунок 5.17 – Відносний ступінь зарядженості додаткової батареї після виконання їздового циклу в залежності від номінальної потужності ТЕГ

Отже, враховуючи результати досліджень представлені вище, доцільними параметрами експериментального зразка системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду двигуна з використанням рекуперованої теплової енергії відпрацьованих газів є продуктивність генератора водневмісного газу 3 л/хв та номінальна потужність ТЕГ 456 Вт.

Таким чином, додавання водневмісного газу до повітряного заряду двигуна на основі рекуперованої з використанням ТЕГ теплової енергії ВГ є ефективним способом поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобіля в умовах експлуатації.

5.4. Висновки до розділу 5

1. За допомогою критерію Фішера підтверджено адекватність поліноміальних залежностей математичної моделі, які описують масову частку водневмісного газу у свіжому заряді, годинну витрату палива,

концентрації шкідливих речовин у ВГ, температуру ВГ двигуна та потужність термоелектричного перетворення. Адекватність математичної моделі підтверджується порівнянням експериментальних і розрахункових даних та результатів моделювання витрати палива з даними заводу-виробника автомобіля.

2. Прогнозування витрати палива і викидів шкідливих речовин автомобілем Scoda Fabia з двигуном VW BBY у їздовому циклі за Правилами ЄЕК ООН № 83-05 показує, що використання розробленої системи додавання водневмісного газу з термоелектричним генератором дозволяє знизити сумарну витрату палива на 1,9 % та викиди окремих шкідливих речовин на 1,2-3,6 % при додаванні водневмісного газу у кількості 3 л/хв та майже лінійним поліпшенням цих показників при збільшенні величини додавання водневмісного газу. Разом з тим, для визначення доцільних параметрів системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду з використанням термоелектричного генератора необхідно визначити ступінь заряджання додаткової акумуляторної батареї від ТЕГ, що забезпечує живлення генератора водневмісного газу. Це дозволить оцінити ефективність використання даної системи в умовах експлуатації автомобіля.

3. Як свідчать результати впливу величини додавання водневмісного газу на кількість накопиченої у додатковій батареї електричної енергії, ця величина майже лінійно знижується при збільшенні виробництва водневмісного газу системою, що унеможливлює її ефективне використання в умовах експлуатації.

4. Для усунення цього недоліку пропонується використати ТЕГ збільшеної потужності, максимальне значення якої обумовлене тепловими та електричними характеристиками дослідженого експериментального зразка ТЕГ. З урахуванням ККД термоелектричних модулів та ККД теплообмінника встановлено максимально можливу номінальну потужність ТЕГ близько 500 Вт, яку можна ефективно задіяти в системі.

5. З урахуванням практичної можливості реалізації визначеної максимально можливої номінальної потужності ТЕГ досліджено ефективність використання ТЕГ з 16-ма та 24-ма термоелектричними модулями. На основі проведених досліджень розроблено рекомендації щодо вибору доцільних значень параметрів системи додавання водневмісного газу з термоелектричним генератором даної конструкції. Зокрема, визначено, що для ефективного використання добавки водневмісного газу до повітряного заряду автомобільного бензинового двигуна VW BBY 4Ч 7,65/7,56 у діапазоні навантажень у їздовому циклі відповідно до Правил ЄЕК ООН № 83-05 необхідне використання генератора водневмісного газу продуктивністю 3 л/хв та термоелектричного генератора номінальної потужності 456 Вт. Це забезпечить відносний ступінь зарядженості додаткової батареї на рівні до 96 % та встановлені вище показники паливної економічності та екологічності автомобіля в умовах експлуатації.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз розподілу теплових втрат автомобільного бензинового двигуна у різних режимах роботи та умовах експлуатації свідчить про значний вплив рівня цих втрат на паливну економічність та екологічні показники автомобіля. Існуючі способи рекуперації теплової енергії, зокрема, відпрацьованих газів: газотурбінний наддув, рециркуляція, накопичення у тепловому акумуляторі, дозволяють певною мірою поліпшити вказані показники автомобіля. Разом з тим, додавання водневмісного газу до повітряного заряду також є відомим способом поліпшення ефективних показників двигуна через вплив на його робочий процес та розподіл теплових втрат в ньому та може використовуватись паралельно із вказаними способами. Однак, головною проблемою використання водневмісного газу на борту автомобіля є питання енергозабезпечення процесу виробництва даного газу. Одним із можливих методів комплексного вирішення вказаної проблеми забезпечення виробництва водневмісного газу в умовах експлуатації автомобільного транспортного засобу з бензиновим двигуном є використання термоелектричної рекуперації теплової енергії відпрацьованих газів.

2. З метою дослідження впливу додавання водневмісного газу до повітряного заряду двигуна з використанням термоелектричної рекуперації теплової енергії відпрацьованих газів на паливну економічність та екологічні показники автомобіля з бензиновим двигуном розроблено відповідну методику. Дана методика включає проведення стендових випробувань двигуна, обладнаного засобами для подачі водневмісного газу та термоелектричного перетворення теплової енергії, у різних швидкісних і навантажувальних режимах роботи та визначення параметрів робочого циклу та процесу згорання, параметрів системи управління двигуном, витрати палива та концентрацій шкідливих речовин у відпрацьованих газах з використанням спеціалізованого апаратного і програмного забезпечення.

3. Для ефективного використання вказаного методу забезпечення виробництва водневмсного газу створено експериментальний зразок системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду бензинового двигуна з використанням термоелектричного перетворення теплової енергії відпрацьованих газів, що містить генератор водневмісного газу для його виробництва і подачі у впускну систему двигуна, додаткову акумуляторну батарею для забезпечення енергопостачання генератора газу, термоелектричний генератор у випускній системі для забезпечення заряджання додаткової батареї шляхом рекуперації теплової енергії відпрацьованих газів у електричну.

4. Для визначення впливу створеної системи на паливну економічність та екологічні показники автомобіля розроблено алгоритм математичного моделювання, що містить логічну послідовність операцій для визначення вказаних показників в процесі руху автомобіля в їздовому циклі. Моделювання здійснюється шляхом послідовного визначення поточних значень коефіцієнту наповнення, годинних витрат палива і повітря, концентрацій шкідливих речовин у відпрацьованих газах до і після нейтралізатора, ефективності нейтралізації, масових викидів шкідливих речовин, сумарних витрат палива і викидів за їздовий цикл залежно від частки водневмісного газу у повітряному заряді, потужності термоелектричного генератора, кількості енергії, накопиченої у додатковій батареї, у режимах роботи двигуна відповідних умовам руху автомобіля. Вказані параметри описано поліноміальними залежностями уточненими в процесі експериментальних досліджень.

5. За результатами експериментальних досліджень двигуна VW BBY при використанні розробленої системи додавання водневмісного газу встановлено, що найбільший вплив додавання водневмісного газу проявляється в режимах низької частоти обертання та низького навантаження. В цих режимах використання добавки водневмісного газу призводить до скорочення тривалості згорання, збільшення максимального

тиску і температури в циліндрі та потужності двигуна. Завдяки такому впливу у режимах низького навантаження можливо зменшити витрату палива на 2,4-3,8 %. При цьому, концентрації CO, C_mH_n і CO_2 також зменшуються, концентрація NO_x дещо зростає.

6. Дослідження електричних параметрів експериментального зразка термоелектричного генератора дозволили встановити залежності потужності та ефективності термоелектричного перетворення від режимів роботи двигуна. Отримані значення сили електричного струму та напруги дозволяють використовувати термоелектричний генератор даної конструкції у системі електропостачання автомобіля. При цьому, ступінь досягнення номінальної потужності термоелектричного генератора, встановленої заводом-виробником термоелектричних модулів, обмежено коефіцієнтом корисної дії теплообмінника, який за результатами досліджень не перевищує 70 %, що є характерною особливістю даної конструкції термоелектричного генератора.

7. На основі проведених експериментальних досліджень перевірено адекватність окремих поліноміальних залежностей математичної моделі. Адекватність моделювання також підтверджена порівнянням результатів моделювання витрати палива з даними заводу-виробника автомобіля. За результатами прогнозування витрати палива і викидів шкідливих речовин автомобілем Scoda Fabia з двигуном VW BBY у їздовому циклі відповідно до Правил ЄЕК ООН № 83-05 встановлено, що використання розробленої системи додавання водневмісного газу з термоелектричним генератором дозволяє знизити сумарну витрату палива на 1,9 % та викиди окремих шкідливих речовин на 1,2-3,6 % при додаванні водневмісного газу у кількості 3 л/хв та майже лінійним поліпшенням цих показників при збільшенні величини додавання водневмісного газу. За результатами впливу величини додавання водневмісного газу на кількість накопиченої у додатковій батареї електричної енергії встановлено, що ця величина майже лінійно знижується

при збільшенні обсягу виробництва водневмісного газу системою, що унеможливлює її ефективне використання в умовах експлуатації.

8. Для забезпечення можливості використання системи в умовах експлуатації визначено максимально можливу доцільну номінальну потужність термоелектричного генератора з урахуванням його коефіцієнту корисної дії, яка складає 500 Вт. З урахуванням практичної можливості реалізації визначеної максимально можливої номінальної потужності досліджено ефективність використання термоелектричного генератора з 16-ма та 24-ма термоелектричними модулями. На основі проведених досліджень розроблено рекомендації щодо вибору доцільних значень параметрів системи додавання водневмісного газу з термоелектричним генератором даної конструкції. Зокрема, визначено, що для ефективного використання добавки водневмісного газу до повітряного заряду автомобільного бензинового двигуна VW BBY 4Ч 7,65/7,56 у діапазоні навантажень у їздовому циклі відповідно до Правил ЄЕК ООН № 83-05 необхідне використання генератора водневмісного газу продуктивністю 3 л/хв та термоелектричного генератора номінальної потужності 456 Вт. Це забезпечить ступінь зарядженості додаткової батареї до 96 % та встановлені вище показники паливної економічності та екологічності автомобіля в умовах експлуатації.

Результати роботи прийняті до використання в ДП «ДержавтотрансНДІпроект» та в Директораті автомобільного та електричного міського транспорту Міністерства інфраструктури України (м. Київ); Українському науково-дослідному та навчальному центрі хіммотології і сертифікації паливно-мастильних матеріалів і технічних рідин Національного авіаційного університету (м. Київ) (Додаток Т).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Теоретичні основи теплотехніки: навч. посібник / Ю.Ф. Гутаревич, В.І. Дмитренко, А.О. Корпач, В.В. Кухтик. – К.: НТУ, 2009. – 136 с.

2. Автомобільні двигуни: підручник / Ф.І. Абрамчук, Ю.Ф. Гутаревич, К.Є. Долганов, І.І. Тимченко. – К.: Арістей, 2007. – 476 с.

3. Tsiuman, M, Artemenko, R.. The peculiarities of heat losses simulation of automotive gasoline engine in operational conditions. Автомобильный транспорт : сб. науч. тр. ХНАДУ. Харьков, 2016. Вып. 38. С. 39–46. URL: http://dspace.khadi.kharkov.ua/dspace/handle123456789/1679

4. Матейчик В. П. Математичне моделювання процесу згоряння бензинового двигуна з електронним управлінням системами живлення та запалювання / В. Матейчик, В. Яновський, М. Цюман // Materiały XX konferencji międzynarodowej ”Metody obliczeniowe i badawcze w rozwoju pojazdów samochodowych i maszyn roboczych samojezdnych. Zarządzanie i marketing w motoryzacji”. – Rzeszów: Politehnika Rzeszowska, 2009. – С. 171–176.

5. Матейчик В.П. Вплив рециркуляції відпрацьованих газів на показники бензинового двигуна з системою нейтралізації / В.П. Матейчик, М.П. Цюман, А.Б. Сінкевич // Автошляховик України. Окремий випуск. – К.: 2009. – № 12. – С. 137–141.

6. Gunter P. Merker. Combustion engines development : mixture formation, combustion, emissions and simulation / Gunter P. Merker, Christian Schwarz, Rudiger Teichmann, editors. – Springer, 2012. – 642 p.

7. ДСТУ UN/ECE R 83-05:2009. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження колісних транспортних засобів стосовно викидів забруднювальних речовин залежно від палива, необхідного для двигунів.

8. Цюман М.П. Поліпшення паливної економічності бензинового двигуна з системою нейтралізації відпрацьованих газів: дис. … канд. техн. наук: 05.05.03 / Цюман Микола Павлович. – К., 2010. – 266 с.

9. Тріфонов Д.М. Поліпшення паливної економічності і екологічних показників автомобіля використанням теплових акумуляторів фазового переходу для прогріву двигуна: дис. … канд. техн. наук: 05.22.20 / Тріфонов Дмитро Миколайович. – К., 2018. – 236 с.

10. Gritsuk, I., Gutarevych, Y., Mateichyk, V., and Volkov, V., "Improving the Processes of Preheating and Heating after the Vehicular Engine Start by Using Heating System with Phase-Transitional Thermal Accumulator," SAE Technical Paper 2016-01-0204, 2016, doi:10.4271/2016-01-0204.

11. Матейчик В.П. Особливості застосування методів визначення і оцінювання показників оптимального температурного стану двигуна і транспортного засобу в умовах експлуатації / В.П. Матейчик, В.П. Волков, І.В. Грицук, М.П. Цюман // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – К. : НТУ, 2015. - Вип. 15(1). – С. 108-118.

12. Gritsuk, I., Volkov, V., Mateichyk, V., Gutarevych, Y. et al., "The Evaluation of Vehicle Fuel Consumption and Harmful Emission Using the Heating System in a Driving Cycle," *SAE Int. J. Fuels Lubr.* 10(1):236-248, 2017, https://doi.org/10.4271/2017-26-0364.

13. Tsiuman M.P., Gritsuk I.V., Smieszek M. Research of use the thermal accumulator for reducing harmful emissions of the vehicular engine by rapid after-start heating of the catalytic converter. Visnyk of National Transport University. Series “Technical sciences”. Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2018. Vol. 3(42).

14. Gritsuk, I., Mateichyk, V., Tsiuman, M., Gutarevych, Y. et al., "Reducing Harmful Emissions of the Vehicular Engine by Rapid After-Start Heating of the Catalytic Converter Using Thermal Accumulator," SAE Technical Paper 2018-01-0784, 2018, https://doi.org/10.4271/2018-01-0784.

15. Дяченко В.Г. Двигуни внутрішнього згоряння: Теорія: підручник / В.Г. Дяченко; за ред. А.П. Марченка. - Харків: НТУ ХПІ, 2008. – 488 с.

16. Андреев В.И., Крамарь Н.П. Турбонаддув современных бензиновых двигателей. Обзорная информация. НИИНавтопром. Москва. – 1982. – 45с.

17. Лурье В.А., Магнушев В.А., Маркова И.В., Черняк В.Я. Наддув как средство повышения топливной экономичности бензиновых двигателей легковых автомобилей. Автомобильные двигатели. «Двигатели Внутреннего Сгорания», АН СССР ВИНИТИ, – 1985, – с.74-92.

18. Андреев В.И. Влияние степени сжатия на допустимое давление наддува бензиновых двигателей // Повышение ефективности работы автотракторных двигателей и их агрегатов. Сборник научных трудов МАДИ. Изд. Мадии, – 1982, – 130с, – с.74-78.

19. Морозов К.А., Андреев В.И., Крамарь Н.П., Улучшение показателей бензиновых двигателей при турбонаддуве // Совершенствование автотракторных двигателей внутреннего сгорания. Сборник научных трудов МАДИ. Изд. Мади, – 1985, – 172с, – с.70-75.

20. Морозов К.А., Андреев В.И., Крамарь Н.П. Турбонаддув бензинового двигателя как средство улучшения топливной экономичности легкового автомобіля // Автомобильная промышленность. – № 5. – 1983. – С. 9-12.

21. Дацюк Р. Пневматичний регулятор тиску наддуву повітря в двигунах газобалонних автомобілів / Р. Дацюк, А. Божок, О. Дацюк // Вісник Львівського національного аграрного університету. Сер : Агроінженерні дослідження. - 2013. - № 17. - С. 216-221. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vlnau_agr_2013_17_37

22. The tolerant turbo // Autocar, – 1980, 152, № 4346, p. 20-22.

23. Хак Г. Турбодвигатели и компрессоры: Справочное пособие/ Г.Хак, Лангхабель – М.: ООО «изд. Астрель», 2003. – 351с.

24. Miyashita, K., Kurasawa, M., Matsuoka, H., Ikeya, N. et al., "Development of High Efficiency Ball-Bearing Turbocharger," SAE Technical Paper 870354, 1987, https://doi.org/10.4271/870354.

25. Tashima, S., Taqdokoro, T., Okimoto, H., and Niwa, Y., "Development of Sequential Twin Turbo System for Rotary Engine," SAE Technical Paper 910624, 1991, https://doi.org/10.4271/910624.

26. Hiereth, H. and Withalm, G., "Some Special Features of the Turbocharged Gasoline Engine," SAE Technical Paper 790207, 1979, https://doi.org/10.4271/790207.

27. Аршавский Е.Я. Исследование возможностей рециркуляции отработавших газов как метода снижения токсичности автомобильных двигателей с искровым зажиганием: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.04.02 «Тепловые двигатели» / Е.Я. Аршавский. – М., – 1979. – 16 с.

28. Луканин В.Н. Промышленно-транспортная экология: учебник для ВУЗов / В.Н. Луканин, Ю.В. Трофименко; под ред. В.Н. Луканина. – М.: Высшая школа., 2001. – 273 с.

29. Черняк Б.Я. Влияние рециркуляции отработавших газов на рабочий процес и выброс NOx в двигателе с искровым зажиганием / Б.Я. Черняк, Е.Я. Аршавский, М.Г. Шиянов // Токсичность двигателей внутреннего сгорания. – М.: ВЗМИ, 1977. – С. 109–117.

30. Дмитриевский А. Против окислов азота / А. Дмитриевский, А. Тюфяков // За рулем. – 1986. – № 12. – С. 6–7.

31. Звонов В.А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания / В.А. Звонов. – М.: Машиностроение, 1973. – 200 с.

32. Совершенствование двигателей NISSAN // Поршневые и газотурбинные двигатели: экспресс-информация. – 1982. – № 9. – С. 3–8.

33. Гутаревич Ю.Ф. Охрана окружающей среды от загрязнений выбросами двигателей / Ю.Ф. Гутаревич. – К.: Урожай, 1989. – 224 с.

34. Что даёт рециркуляция отработавших газов // Автомобильная промышленность. – 1996. – № 4. – С. 28.

35. Kopa, R., "Control of Automotive Exhaust Emission by Modifications of the Carburetion System," SAE Technical Paper 660114, 1966, https://doi.org/10.4271/660114.

36. R.D. Kopa, R.G. Jewell & R.V. Spangler (1962) Effect of Exhaust Gas Recirculation on Automotive Ring Wear, Journal of the Air Pollution Control Association, 12:5, 246-255, DOI: 10.1080/00022470.1962.10468074.

37. Матейчик В. П. Дослідження впливу регулювальних параметрів на складові механічних втрат бензинового двигуна з системою нейтралізації відпрацьованих газів / В. П. Матейчик, М. П. Цюман // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. - 2010. - № 6 (148). – С.35-38.

38. Матейчик В. П. Дослідження впливу регулювальних параметрів на паливну економічність і екологічні показники бензинового двигуна з системою нейтралізації відпрацьованих газів / В. П. Матейчик, М. П. Цюман // Наукові нотатки. - 2010. - Вип. 28. - С. 331-335. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2010_28_66.

39. Пат. № 34283 Україна. МПК (2006) F02D 9/00. Система випуску двигуна внутрішнього згоряння з іскровим запалюванням і електронним керуванням з нейтралізацією і рециркуляцією відпрацьованих газів / Матейчик В.П., Цюман М.П.; власник Національний транспортний університет. – № u200801512; заявл. 05.02.2008; опубл. 11.08.2008, Бюл. № 15.

40. Грицук І.В. Концепція забезпечення оптимального температурного стану двигунів і транспортних засобів в умовах експлуатації: дис. … докт. техн. наук: 05.22.20 / Грицук Ігор Валерійович. – Харків, 2016. – 552 с.

41. Gritsuk, I., Volkov, V., Gutarevych, Y., Mateichyk, V. et al., "Improving Engine Pre-Start And After-Start Heating by Using the Combined Heating System," SAE Technical Paper 2016-01-8071, 2016, https://doi.org/10.4271/2016-01-8071.

42. Ципленкин Г. Е., Дейч Р. С., Иовлев В. И. Турбокомпаундные системы как средство утилизации отходящего тепла силовых установок с ДВС/ Г. Е. Ципленкин// Двигателестроение. - 2009. - №1.- с. 28-34.

43. Рыбалко А.И. Расчетно-экспериментальное исследование процессов в двигателе Стирлинга, предназначенном для утилизации бросовой теплоты: дис. … канд. техн. наук: 05.04.02/ Рыбалко Андрей Иванович. – Новосибирск, 2011. – 192 с.

44. Антипов Ю.А. Утилизация вторичных энергоресурсов газовых двигателей и газотурбинных установок с использованием тепловых насосов: автореферат дис. … канд. техн. наук : 05.04.02/ Антипов Юрий Александрович. – Москва, 2005. – 135 с.

45. Нгуен К.Д. Утилизация теплоты отработавших газов судовых дизелей в термоэлектрических генераторах : автореферат дис. ... канд. техн. наук : 05.08.05 / Нгуен Конг Доан. – Астрахань, 2012. – 19 с.

46. Райшев Д. В.. Система утилизации тепла с термоэлектрическим генератором для строительных машин (На примере бульдозера Б-10М) : дис. ... канд. техн. наук : 05.05.04 / Райшев Денис Владимирович. – Тюмень, 2004. – 142 с.

47. Иоффе А. Ф. Полупроводниковые термоэлементы /А. Ф. Иоффе; Академия наук СССР. Институт полупроводников. - М.; Л.: Издательство АН СССР, 1960. - 188 с.

48. Бурштейн А.И. Физические основы расчета полупроводниковых термоэлектрических устройств. М.: Физматгиз, 1962.

49. Кочегаров Б. Е., Лоцманенко В. В., Опарин Г. В. Бытовые машины и приборы: Учеб. пособие. Ч.1 – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2003.- 178 с.

50. Маник, Т. О. Проектування секційних модулів на основі Bi(2)Te(3) та PbTe для термоелектричних генераторів/ Т. О. Маник, В. Р. Білинський-Слотило // Науковий вісник Ужгородського університету. – Ужгород : Говерла, 2013. – Вип. 34. – с. 224–229.

51. Анатичук Л.І. Термоелектричний генератор для бензинового двигуна / Л. І. Анатичук, Р. В. Кузь, Ю. Ю. Розвер //Термоелектрика. - 2012. - № 2. - С. 93-100.

52. Кузь Р. В. Система моніторингу параметрів автомобіля, що рухається / Р. В. Кузь // Термоелектрика. - 2012. - № 4. - с. 89-94.

53. Пат.71613 Україна. МПК: H01L35/02. Термоелектричний генератор/ Анатичук Л.І., Кузь Р.В. (Україна); опубл.: 25.07.2012.

54. Kaminski V.V., Vasil'ev L.N., Kazanin M.M., Solov'ev S.M., Golubkov A.V., "Electromotive force generation in SmS based nanostructures", Nanotechnologies in the area of physics, chemistry and biotechnology Fifth ISTC SAC Seminar St.-Petersburg Russia May 27-29 2002 p.p. 131-134.

55. Anatychuk, L.I. and Kuz, R.V., “Materials for vehicular thermoelectric generators,” J. Electronic Materials 41(6):1778–1784, 2012, doi:10.1007/s11664-012-1982-0.

56. Gao Min and Rowe, D.M., “Recent concepts in thermoelectric power generation,” Twenty-First International Conference on Thermoelectrics, Proceedings ICT ’02, 2002, doi:10.1109/ict.2002.1190341.

57. Fairbanks, J., “Automotive thermoelectric generators and HVAC,” https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/03/f13/ace00e_fairbanks_2013_o.pdf , May 17, 2013.

58. Haidar, J.G. and Ghojel, J.I., “Waste heat recovery from the exhaust of low-power diesel engine using thermoelectric generators. 20 International Conference on Thermoelectrics, Proceedings ICT2001, 2001, doi:10.1109/ict.2001.979919.

59. Vijayagopal, R. and Rousseau, A., "Impact of TEGs on the Fuel Economy of Conventional and Hybrid Vehicles," SAE Technical Paper 2015-01-1712, 2015, doi:10.4271/2015-01-1712.

60. Zheng, S. and Fan, W., "Simulations of TEG-Based Vehicle Power System’s Impact on the Fuel Economy of Hybrid and Conventional Vehicles," SAE Technical Paper 2016-01-0900, 2016, doi:10.4271/2016-01-0900.

61. Mercedes Benz серии W124. Руководство по ремонту и инструкция по эксплуатации.– М.: "Ани". – 1998. – 183 с.

62. Daniel Madyira, M. and Wayne Harding, G., “Effect of HHO on Four Stroke Petrol Engine Performance,” SACCAM, http://hdl.handle.net/10210/13711, 2014.

63. Le Anh, T., Nguyen Duc, K., Tran Thi Thu, H., and Cao Van, T., "Improving Performance and Reducing Pollution Emissions of a Carburetor Gasoline Engine by Adding HHO Gas into the Intake Manifold," SAE Technical Paper 2013-01-0104, 2013, doi:10.4271/2013-01-0104.

64. Gutarevych, Y., Shuba, Y., Matijošius, J., Karev, S. et al., “Intensification of the combustion process in a gasoline engine by adding a hydrogen-containing gas,” Int. J. Hydrogen Energy 43(33):16334–16343, 2018, doi:10.1016/j.ijhydene.2018.06.124.

65. D'Andrea, T., Henshaw, P., Ting, D., and Sobiesiak, A., "Investigating Combustion Enhancement and Emissions Reduction with the Addition of 2H2 + O2 to a SI Engine," SAE Technical Paper 2003-32-0011, 2003, doi:10.4271/2003-32-0011.

66. Wang Shuofeng, Changwei Ji, Jian Zhang, and Bo Zhang, “Improving the Performance of a Gasoline Engine with the Addition of Hydrogen–oxygen Mixtures,” Int. J. Hydrogen Energy 36(17):11164–11173, 2011, doi:10.1016/j.ijhydene.2011.05.138.

67. Wang Shuofeng, Changwei Ji, Bo Zhang, and Xiaolong Liu, “Performance of a Hydroxygen-Blended Gasoline Engine at Different Hydrogen Volume Fractions in the Hydroxygen,” Int. J. Hydrogen Energy 37(17):13209–13218, 2012, doi:10.1016/j.ijhydene.2012.03.072.

68. Lakshmi, D.V.N., Mishra, T.R., Das, R., and Mohapatra, S.S., “Effects of Brown Gas Performance and Emission in a SI Engine,” Int. J. Scientific and Engineering Research 4(12):170 –173, 2013.

69. Bari, S. and Mohammad-Esmaeil, M., “Effect of H2/O2 Addition in Increasing the Thermal Efficiency of a Diesel Engine,” Fuel 89(2):378–383, 2010, doi:10.1016/j.fuel.2009.08.030.

70. Dandrea, T., “The Addition of Hydrogen to a Gasoline-Fuelled SI Engine,” Int. J. Hydrogen Energy 29(14):1541–1552, 2004, doi:10.1016/j.ijhydene.2004.02.002.

71. Гутаревич Ю.Ф. Вплив додавання суміші водню з киснем на паливну економічність і токсичність бензинового двигуна в режимі холостого ходу / Ю.Ф. Гутаревич, А.О. Корпач, Є.В. Шуба, О.Д. Філоненко, І.В. Самойленко // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ, 2014. – Вип. 30. – С. 78-85.

72. Recycling waste heat for a cooler tomorrow // TEGproTM, 2014. URL: http://www.tegmart.com/datasheets/TGPR-22W-7V.pdf

73. Матейчик В.П. Повышение топливной экономичности многоцилиндровых бензиновых двигателей совершенствованием способа отключения группы цилиндров: дис. … канд. техн. наук: 05.04.02 / Матейчик Василий Петрович. – К., 1990. – 231 с.

74. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей: учебник / [Д.Н. Вырубов, Н.А. Иващенко, В.И. Ивин и др.]; под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. – М.: Машиностроение, 1983. – 372 с.

75. Дубовкин Н.Ф. Справочник по теплофизическим свойствам углеводородных топлив и их продуктов сгорания / Н.Ф. Дубовкин. – М.; Л.: Госэнергоиздат, 1962. – 288 с.

76. Глаголев Н.М. Тепловозные двигатели и газовые турбины / Н.М. Глаголев, В.В. Водолажченко, А.А. Кудрин. – М.: Транспорт, 1965. – 405 с.

77. Вибе И.И. Новое о рабочем цикле двигателей. Скорость сгорания и рабочий цикл двигателей / И.И. Вибе. – М.; Свердловск: Машгиз, 1962. – 271 с.

78. Автомобильные двигатели / [В.М. Архангельский, М.М. Вихерт, А.Н. Воинов и др.]; под ред. М.С. Ховаха. – М.: Машиностроение, 1977. – 591 с.

79. Woschni G. Untersuchungen zum Warmeubergang in Verbrenungsmotor / G. Woschni // Internal combastion engines conference. – Bucharest, 1967. – P. 437–449.

80. Woschni G. Experimentelle Bestimmung des ortlich gemittelten Warmeubergangs Koeffizienten im Ottomotor / G. Woschni, I. Fieger // MTZ. – 1981. – Vol. 42, № 6. – S. 229–234.

81. Группы блоков измеряемых величин – бензиновые двигатели Версия 1.24. Інтернет-ресурс. Режим доступу: https://motorstate.com.ua/upload/product-manual/vag-com-409_bloki_izmeritelnih_velichin_rus.pdf

82. Матейчик В.П. Методи оцінювання та способи підвищення екологічної безпеки дорожніх транспортних засобів: монографія / В.П. Матейчик. – К.: НТУ, 2006. – 216 с.

83. Екологія та автомобільний транспорт: навчальний посібник / [Ю.Ф. Гутаревич, Д.В. Зеркалов, А.Г. Говорун та ін.]. – К.: Арістей, 2006. – 292 с.

84. Райков И.Я. Испытания двигателей внутреннего сгорания / И.Я. Райков. – М.: Высшая школа, 1975. – 320 с.

85. Датчики: справочник / [З.Ю. Готра, Л.Я. Ильницкий, Е.С. Полищук и др.]; под ред. З.Ю. Готры, О.И. Чайковского. – Львов: Каменяр, 1995. – 312 с.

86. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 32176 Україна. Науковий твір «Розрахунок індикаторних показників циклу і характеристик тепловиділення за експериментальними індикаторними діаграмами двигуна внутрішнього згоряння» / В.П. Матейчик, М.П. Цюман (Україна). – № 32325; заявл. 24.12.2009; зареєстр. 24.02.2010.

87. Испытания двигателей внутреннего сгорания / [Б.С. Стефановский, Е.А. Скобцов, Е.К. Корси и др.]. – М.: Машиностроение, 1974. – 108 с.

88. Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний: ГОСТ 14846–81. – [Введ. 01-01-82]. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 53 с.

89. Таблицы планов эксперимента для факторных и полиномиальных моделей / [В.З. Бродский, Л.И. Бродский, Т.И. Голикова и др.]. – М.: Металлургия, 1982. – 752 с.

90. Рафалес-Лемарка Э.З. Некоторые методы планирования и математического анализа биологических экспериментов / Э.З. Рафалес-Лемарка, В.Т. Николаев. – К.: Наукова думка, 1971. – 116 с.

91. Завадский Ю.В. Статистическая обработка эксперимента в задачах автомобильного транспорта / Ю.В. Завадский. – М.: МАДИ, 1982. – 136 с.

92. Skoda Fabia 1.4 16V (75 л.с.) 5-МКП / Інтернет-ресурс. Режим доступу: https://skoda-fabia.infocar.ua/mod_454_fabia_id114.html

93. Цюман М.П., Р.В. Артеменко, І.І. Садовник. Поліпшення паливної економічності та екологічних показників ДВЗ термоелектричною утилізацією теплових втрат. LXXIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету. Тези доповідей. – К.: НТУ, 2017. – С. 42.

94. Цюман М.П., Бориско С.Г., Артеменко Р.В., Садовник І.І. Особливості оцінювання ефективності термоелектричної утилізації теплової енергії двигуна внутрішнього згоряння. Systemy i Srodki Transportu Samochodowego. Wybrane Zagadnienia : Monografia / pod redakcja naukowa Kazimierza Lejdy. – Seria Transport № 9. - Rzeszów: Politehnika Rzeszowska, 2017. – С. 109–116.

95. Gritsuk Igor, Mateichyk Vasyl, Simonenko Roman, Volkov Yurii, Sadovnik Ivan. The formation of information system to study the vehicular heating with the heating system and thermal accumulator in pre-start and after-start heating processes. Матеріали 8-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування», 28-29 вересня 2017 р. – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2017. С. 57-61.

96. Цюман Н.П., И.А.Шевчук, И.И.Садовник. Мониторинг экологической безопасности транспортных средств на основе их параметров

технического состояния в эксплуатационных условиях. Материалы 15-ой Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике»: в 4 томах. – Минск: БНТУ, 2017. – т.2. – С. 104–105, 129.

97. Цюман М.П., Р.В. Артеменко, І.І. Садовник. Поліпшення паливної економічності ДВЗ термоелектричною утилізацією теплоти в режимах холостого ходу та малих навантажень. LXXIV наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету. Тези доповідей. – К.: НТУ, 2018. – С. 38.

98. Цюман М.П., Матейчик В.П., Артеменко Р.В., Садовник І.І. Аналіз впливу міських режимів руху транспортного засобу на витрату палива і шкідливі викиди. Systemy i Srodki Transportu Samochodowego. Wybrane Zagadnienia : Monografia / pod redakcja naukowa Kazimierza Lejdy. – Seria Transport № 13. - Rzeszów: Politehnika Rzeszowska, 2018. – С. 95–102.

99. Цюман М.П., Артеменко Р.В., Бориско С.Г., Садовник І.І. Особливості застосування термоелектричної утилізації теплової енергії двигуна внутрішнього згоряння. Наукові праці Міжнародної науково-практичної конференції «Новітні технології розвитку автомобільного транспорту», Конференція проводиться щорічно з нагоди Дня автомобіліста і дорожника, 16–19 жовтня 2018 р. (Посвідчення УкрІНТЕІ від 26 грудня 2017 року № 777). – Харків: Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 2018. С. 238-240.

100. Цюман Н.П., Артеменко Р.В., Садовник И.И. Повышение топливной економичности и экологических показателей ДВС путем термоэлектрической утилизации теплоты отработавших газов. Материалы 16-ой Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике»: в 4 томах. – Минск: БНТУ, 2018. – т.2. – С. 88.

101. Цюман М.П., Р.В. Артеменко, І.І. Садовник. Поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобільної енергоустановки з використанням системи термоелектричного генерування водневмісного газу. LXXV наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету, присвячена 75-річчю з дня заснування університету. Тези доповідей. – К.: НТУ, 2019. – С. 38.

102. Цюман Микола, Грищук Олександр, Артеменко Роман, Садовник Іван, Бориско Сергій. Експериментальне дослідження термоелектричного генератора для утилізації теплової енергії двигуна внутрішнього згоряння. Systemy i Srodki Transportu Samochodowego. Wybrane Zagadnienia : Monografia / pod redakcja naukowa Kazimierza Lejdy. – Seria Transport № 17. – Rzeszów: Politehnika Rzeszowska, 2019. – С. 107–114.

103. Mykola Tsiuman, Vasyl Mateichyk, Miroslaw Smieszek, Ivan Sadovnyk, Roman Artemenko, Yevheniia Tsiuman, Igor Gritsuk, Andrii Koval. The System for Adding Hydrogen-containing Gas to the Air Charge of the Spark Ignition Engine Using a Thermoelectric Generator. SAE Technical Paper 2020-01-2142, 2020, doi:https://doi.org/10.4271/2020-01-2142

104. Tsiuman Mykola, Mateichyk Vasyl, Smieszek Miroslaw, Sadovnyk Ivan, Artemenko Roman, Tsiuman Yevheniia. Investigation of efficiency of the system for adding hydrogen-containing gas to the air charge of the vehicular engine using a thermoelectric generator. International Symposium on Electric Aviation and Autonomous Systems, ISEAS20, International Symposium on Aircraft Technology, MRO and Operations, ISATECH20, International Course on Unmanned Aerial Vehicle, ICUAV20, Kyiv, Ukraine, September 22-24, 2020, Proceedings, P. 199-202.

105. Програмний інформаційний комплекс для прогнозування параметрів стану двигуна і ТЗ в умовах експлуатації. Грицук І.В., Волков В.П., Грицук Ю.В., Волков Ю.В., Володарець М.В., Павленко В.М., Вербовський В.С., Грицук А.І., Вербовська В.В., Грицук В.Ю., Матейчик

В.П., Цюман М.П., Шевчук І.О., Артеменко Р.В., Бориско С.Г., Садовник І.І., Коломієць С.В. Свідоцтво про внесення відомостей до Реєстру виробників та розповсюджувачів програмного забезпечення ВР № 01884 Україна. Зареєстр. 06.04.2017.

106. Програмний комплекс для дослідження паливної економічності та екологічних показників двигуна нерухомого транспортного засобу з урахуванням процесів прогріву в процесі руху. Грицук І.В., Волков В.П., Матейчик В.П., Цюман М.П., Шевчук І.О., Артеменко Р.В., Бориско С.Г., Садовник І.І., Лук'янченко Ю.О., Краснокутська З.І. Свідоцтво про внесення відомостей до Реєстру виробників та розповсюджувачів програмного забезпечення ВР № 01883 Україна. Зареєстр. 06.04.2017.

107. Програмний комплекс для дослідження паливної економічності та екологічних показників двигуна нерухомого транспортного засобу з урахуванням процесів прогріву. Грицук І.В., Волков В.П., Грицук Ю.В., Волков Ю.В., Володарець М.В., Павленко В.М., Вербовський В.С., Грицук А.І., Вербовська В.В., Грицук В.Ю., Матейчик В.П., Цюман М.П., Шевчук І.О., Артеменко Р.В., Бориско С.Г., Садовник І.І., Коломієць С.В., Краснокутська З.І. Свідоцтво про внесення відомостей до Реєстру виробників та розповсюджувачів програмного забезпечення ВР № 01882 Україна. Зареєстр. 06.04.2017.

108. Програмний інформаційний комплекс для оцінювання способів забезпечення оптимального температурного стану двигунів і транспортних засобів з можливостями прогнозування параметрів їх технічного стану в умовах експлуатації. Грицук І.В., Волков В.П., Грицук Ю.В., Волков Ю.В., Володарець М.В., Павленко В.М., Вербовський В.С., Грицук А.І., Вербовська В.В., Грицук В.Ю., Матейчик В.П., Цюман М.П., Шевчук І.О., Артеменко Р.В., Бориско С.Г., Садовник І.І., Лук'янченко Ю.О., Краснокутська З.І. Свідоцтво про внесення відомостей до Реєстру виробників та розповсюджувачів програмного забезпечення ВР № 01875 Україна. Зареєстр. 06.04.2017.

109. Артеменко Р.В., Цюман М.П. Оцінювання можливості поліпшення паливної економічності та екологічних показників ДВЗ утилізацією теплової енергії в термоелектричному генераторі. Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. К. : НТУ, 2016. Вип. 1 (34). С. 21-28.

110. Автомобильный справочник: пер. с англ. 2-е изд., перераб и доп. М.: ЗАО КЖИ «За рулем», 2004. 992 с.

Додаток А

Програма оцінювання показників автомобіля з використанням системи системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду з викорситанням термоелектричного генератора

```
REAL
ND,P0,T0,L0,PI,GV,TW,GT,ETAV,CO,CH,NOX,CO1,CH1,NOX1,GSCO,GSCO1,GCO,GCH,GNOX,GCO1,GCH1,GNO
X1
REAL
ECO,ECH,ENOX,gcpal,ghpal,gopal,nd1,nd2,mk1,tvg,tn,mcvg,dtn,etvg,vco,vch,vnox,gpal,tau,dnd
t,tauc
REAL
gopalr,l0r,gh2o2,gh2o2g,qh2o2,kpal,co2,kfco,co21,gco2,gco21,vco2,nteg,qacb,tau1,gcpalr,gh
palr
      LOGICAL a112
      integer iteg,imax
     OPEN (8,FILE='data20.txt',STATUS='unknown')
      OPEN (9,FILE='N1.DAT',STATUS='unknown')
data ALF/0.92/, t0/293/,p0/101000/,gcpalr/0.855/,ghpalr/0.145/,gopalr/0/
       tau1=0
       tn=t0
       tw=t0
      vco=0
      vch=0
      vnox=0
      vco2=0
      gpal=0
       qacb=2.52E+6
      write (9,1451)
1451
FORMAT(2x,'nd',4X,'alf',6X,'MK',4X,'ETAV',6X,'GT',5X,'GV',6X,'CO',5X,'CH',6X,'NOX',6X,'CO
2',6x,'CO1',5X,'CH1',5X,'NOX1',7X,'CO21',6x,'GCO',5X,'GCH',5X,'GNOX',4X,'GCO2',5x,'GCO1',
4X,'GCH1',3X,'GNOX1',4X,'GCO21',7x,'ECO',5X,'ECH',6X,'ENOX',4x,'Тн',6x,'gCO',7x,'gCH',5x,
'gNOx',5x,'gCO2',5x,'gpal',5x,'Tw',7x,'Twg',7x,'tau',4x,'QH2O2',5x,'gH2O2',2x,'NTEG',6x,'
QACB'/)
139   read(8,*) nd1, nd2, mk1, imax, tau, dndt, iteg
      tauc=0
         nd=nd1
145   if(mk1.eq.0)then
          nd=-0.1423*tw**2+79.878*tw-9705.9
         if(nd.lt.800)then
         nd=800
         else
         endif
        else
      endif
      if(imax.ne.1)then
          alf=0.0026*tw+0.158
          if(alf.gt.0.98)then
              alf=0.98
          else
          endif
      endif
gh2o2=0.02113-1.10852E-5*nd-6.368E-4*mk1+1.023E-9*nd**2+8.094E-6*mk1**2+3.446E-
7*nd*mk1+4.592E-13*nd**3-4.844E-8*mk1**3-6.699E-11*nd**2*mk1-2.847E-9*nd*mk1**2-8.139E-
17*nd**4+1.068E-10*mk1**4+8.508E-12*nd*mk1**3+2.558E-13*nd**2*mk1**2+4.55E-15*nd**3*mk1
      if(((nd*mk1/9550).gt.8).or.(dndt.lt.0)) gh2o2=0
!      gh2o2=0
      if(gh2o2.eq.0)then
etav=-1.986e-7*nd*mk1+1.058e-5*mk1**2+5.698e-3*mk1+0.143+4.164e-5*nd-9.584e-9*nd**2
```

```
gt=3.448e-3*nd*etav-0.13*etav**2-0.045*etav+0.46-4.927e-4*nd+1.127e-7*nd**2
        else
etav=-9.108e-8*nd*mk1+8.94e-6*mk1**2+5.574e-3*mk1+0.105+7.375e-5*nd-1.68e-8*nd**2
gt=3.455e-3*nd*etav-0.176*etav**2-0.021*etav+0.449-4.86e-4*nd+1.107e-7*nd**2
        endif
        write (*,*) tw,nd1,nd,nd2,mk1, tau,tauc,tau1
      L0r=28.95/0.21*(gcpalr/12+ghpalr/4-gopalr/32)
        if(dndt.lt.0) gt=0
           GV=alf*GT*L0r
          gh2o2g=gh2o2*GV
          if(gt.eq.0)then
          gcpal=0
          ghpal=0
          gopal=0
          l0=0
          kpal=0
      else
      gcpal=gcpalr*gt/(gt+ gh2o2g)
      ghpal=(gh2o2g +9*ghpalr*gt)/(9*(gt+gh2o2g))
      gopal=(8*gh2o2g +9*gopalr*gt)/(9*(gt+gh2o2g))
      l0=28.95/0.21*(gcpal/12+ghpal/4-gopal/32)
            kpal=2.6376*ghpal/gcpal
         endif
Tvg=0.068*ND*ETAV-0.551*ETAV**2+68.525*ETAV+403.543+0.08*ND-2.63E-06*ND**2
      qh2o2=gh2o2g*693*t0*1000/(60*p0)
nteg=8.175e-4*nd*mk1+0.013*mk1**2-1.569*mk1-1.347+6.923e-3*nd-2.757e-6*nd**2
     if(nteg.le.0)nteg=0
     qacb=qacb+nteg*120/nd-(qh2o2/1.5*0.1)*120/nd*1000
      if(qacb.gt.2.52E+6)qacb=2.52E+6
      if(qacb.lt.0)qacb=0
        IF(ALF.LT.1)then
      MCvg=((18.93+4.19*ALF)+(3.6+2.51*ALF)/1000*(tvg-273))
      else
       MCvg=((21.03+2.14/ALF)+(4.27+1.84/ALF)/1000*(Tvg-273))
      endif
dtn=((gv+gt+gh2o2g)*120/(nd*3600)*(1.3/29*mcvg)*(tvg/0.7-tn))/(1.0*0.75)
      tn=tn+dtn
             if(tw.gt.358)then
         tw=tw
      else
          tw=t0+tau1*(358-t0)/550
            endif
      if(dndt.lt.0)then
      co=0
      ch=0
      nox=0
      co2=0
      else
kfco=(gcpal/12+ghpal/4-
gopal/32)*1.45*(0.855/12+0.145/2+0.79*alf/0.21*(0.855/12+0.145/4))/((0.855/12+0.145/4)*(1
+kpal)*(gcpal/12+ghpal/2+0.79*alf/0.21*(gcpal/12+ghpal/4-gopal/32)))
CO=(6.999E-4*ND*ETAV+1.281*ETAV**2-2.504*ETAV+2.542-1.378E-3*ND+2.474E-7*ND**2)*(21-
20*alf)*kfco
CH=(0.036*ND*ETAV+423.4*ETAV**2-442.399*ETAV+270.664-0.047*ND+7.371E-6*ND**2)*(5-
4*alf)*kfco
NOX=(.373*ND*ETAV-9271*ETAV**2+9208*ETAV-1385+.238*ND+5.543E-5*ND**2)*(3.85*alf-
2.85)/kfco                              !!!
      if(alf.gt.1)then
co2=100*gcpal/(alf/0.21*(gcpal+3*ghpal-3*gopal/8)+3*ghpal+3*gopal/8)-co
      else
co2=100*gcpal/(gcpal+6*ghpal+alf*0.79/0.21*(gcpal+3*ghpal-3*gopal/8))-co
      endif
      endif
      if(tn.lt.350) then
      etvg=0
```

```
      else
      etvg=(1-EXP(-30*((tn-350)/200)**4))
      endif
      ECO=(15383-59573*ALF+84945*ALF**2-52692*ALF**3+12017*ALF**4)*etvg
      ECH=(-1924+5275*ALF-4620*ALF**2+1344*ALF**3)*etvg
       if(alf.lt.0.98) then
       enox=95*etvg
      else
         if(alf.gt.1.0) then
           enox=5*etvg
         else
           enox=(-3000*alf+3035)*etvg
         endif
       endif
       IF(CO.LT.0) CO=0.01
       IF(CH.LT.0) CH=1
       IF(NOX.LT.0) NOX=1
      if(co2.lt.0) co2=0.01
       CO1=CO-CO*ECO/100
      CH1=CH-CH*ECH/100
      NOX1=NOX-NOX*ENOX/100
      co21=co2+co-co1
      if(alf.le.1) then
GCO=(CO)/100*28*(0.79+0.37*kpal)/28.95/(1+kpal)*(28.95*(gcpal/12+kpal*(gcpal/4+ghpal/2-
gopal/16))/(0.79+0.37*kpal)*(GT+gh2o2g)+GV)
GCH=(CH)/1E6*86*(0.79+0.37*kpal)/28.95/(1+kpal)*(28.95*(gcpal/12+kpal*(gcpal/4+ghpal/2-
gopal/16))/(0.79+0.37*kpal)*(GT+gh2o2g)+GV)
GNOX=(NOX)/1E6*46*0.79/28.95*(28.95*(gcpal/12+ghpal/2)/0.79*(GT+gh2o2g)+GV)
gco2=(CO2)/100*44*(0.79+0.37*kpal)/28.95/(1+kpal)*(28.95*(gcpal/12+kpal*(gcpal/4+ghpal/2-
gopal/16))/(0.79+0.37*kpal)*(GT+gh2o2g)+GV)
GCO1=(CO1)/100*28*(0.79+0.37*kpal)/28.95/(1+kpal)*(28.95*(gcpal/12+kpal*(gcpal/4+ghpal/2-
gopal/16))/(0.79+0.37*kpal)*(GT+gh2o2g)+GV)
GCH1=(CH1)/1E6*86*(0.79+0.37*kpal)/28.95/(1+kpal)*(28.95*(gcpal/12+kpal*(gcpal/4+ghpal/2-
gopal/16))/(0.79+0.37*kpal)*(GT+gh2o2g)+GV)
GNOX1=(NOX1)/1E6*46*0.79/28.95*(28.95*(gcpal/12+ghpal/2)/0.79*(GT+gh2o2g)+GV)
gco21=(CO21)/100*44*(0.79+0.37*kpal)/28.95/(1+kpal)*(28.95*(gcpal/12+kpal*(gcpal/4+ghpal/
2-gopal/16))/(0.79+0.37*kpal)*(GT+gh2o2g)+GV)
       else
GCO=(CO)/100*28*1/28.95*(28.95*(gopal/32-ghpal/4)*(GT+gh2o2g)+GV)
GCH=(CH)/1E6*86*1/28.95*(28.95*(gopal/32-ghpal/4)*(GT+gh2o2g)+GV)
GNOX=(NOX)/1E6*46*1/28.95*(28.95*(ghpal/4+gopal/32)*(GT+gh2o2g)+GV)
gco2=(CO2)/100*44*1/28.95*(28.95*(gopal/32-ghpal/4)*(GT+gh2o2g)+GV)
GCO1=(CO1)/100*28*1/28.95*(28.95*(gopal/32-ghpal/4)*(GT+gh2o2g)+GV)
GCH1=(CH1)/1E6*86*1/28.95*(28.95*(gopal/32-ghpal/4)*(GT+gh2o2g)+GV)
GNOX1=(NOX1)/1E6*46*1/28.95*(28.95*(ghpal/4+gopal/32)*(GT+gh2o2g)+GV)
gco21=(CO21)/100*44*1/28.95*(28.95*(gopal/32-ghpal/4)*(GT+gh2o2g)+GV)
      endif
      GSCO=GCO+3.16*GCH+41.1*GNOX
      GSCO1=GCO1+3.16*GCH1+41.1*GNOX1
      vco=vco+GCO1/3.6*120/nd
      vch=vch+GCH1/3.6*120/nd
      vnox=vnox+GNOX1/3.6*120/nd
      vco2=vco2+gco21/3.6*120/nd
      gpal=gpal+gt/3.6*120/nd
      tau1=tau1+120/nd
write (9,1448)
nd,alf,MK1,ETAV,GT,GV,CO,CH,NOX,co2,CO1,CH1,NOX1,co21,GCO,GCH,GNOX,gco2,GCO1,GCH1,GNOX1,g
co21,ECO,ECH,ENOX,tn,vco,vch,vnox,vco2,gpal,tw,tvg,tau1,qh2o2,gh2o2,nteg,qacb
1448
FORMAT(F6.1,2X,F5.3,2X,F5.1,2X,F6.3,2X,F6.3,2X,F6.3,2X,F6.3,2X,F6.1,2X,F6.1,2X,F7.3,2X,F7
.3,2X,F6.1,2X,F6.1,2X,F9.2,2X,F8.3,2X,F6.3,2X,F6.3,2X,F6.3,2X,F6.3,2X,F6.3,2X,F5.1,2X,F8.
3,2X,f8.2,2x,F7.2,2X,F7.2,
2X,F6.1,f8.3,2x,2X,F6.3,2X,F6.3,2X,F7.2,2X,f7.2,2x,F7.1,2X,F7.1,2X,F8.3,2X,f6.3,2x,F8.5,2
X,F5.1,2X,F10.0)
      tauc=tauc+120/nd
```

```
      nd=nd+dndt*120/nd
      a112=eof(8)
      if(a112.eq..true.) then
       goto 1450
      else
        if(tauc.gt.tau)then
             goto 139
        else
        goto 145
        endif
      endif
1450      STOP
         END
```

Додаток Б
Параметри і їх ідентифікатори, що прийняті в програмі розрахунку показників автомобіля

Параметри	Позначення параметрів	Розмірність	Ідентифіка-тори
Атмосферний тиск	p_0	*Па*	P0
Температура навколишнього середовища	T_0	*К*	T0
Теоретично необхідна кількість повітря для згоряння 1 кг палива	l_0	$\frac{кг}{кг}$	L0
Температура ВГ	$T_{ВГ}$	*К*	TVG
Коефіцієнт надлишку повітря	α	-	ALF
Коефіцієнт наповнення	η_v	-	ETAV
Крутний момент	$M_к$	*Н·м*	MK
Годинна витрата палива	G_n	$\frac{кг}{год}$	GT
Ефективність нейтралізації *CO*	E_{CO}	%	ECO
Ефективність нейтралізації C_mH_n	E_{CH}	%	ECH
Ефективність нейтралізації NO_x	E_{NOx}	%	ENOX
Концентрація до нейтралізаторів *CO*	C_{CO}	%	CO
Концентрація до нейтралізаторів C_mH_n	C_{CH}	$млн^{-1}$	CH
Концентрація до нейтралізаторів NO_x	C_{NOx}	$млн^{-1}$	NOX
Масовий викид до нейтралізаторів *CO*	G_{CO}	*кг/год*	GCO
Масовий викид до нейтралізаторів C_mH_n	G_{CH}	*кг/год*	GCH
Масовий викид до нейтралізаторів NO_x	G_{NOx}	*кг/год*	GNOX
Сумарний масовий викид до нейтралізаторів	$G_{\Sigma CO}$	*кг/год*	GSCO
Концентрація після нейтралізаторів *CO*	C_{CO1}	%	CO1
Концентрація після нейтралізаторів C_mH_n	C_{CH1}	$млн^{-1}$	CH1
Концентрація після нейтралізаторів NO_x	C_{NOx1}	$млн^{-1}$	NOX1
Масовий викид після нейтралізаторів *CO*	G_{CO1}	*кг/год*	GCO1
Масовий викид після нейтралізаторів C_mH_n	G_{CH1}	*кг/год*	GCH1
Масовий викид після нейтралізаторів NO_x	G_{NOx1}	*кг/год*	GNOX1
Сумарний масовий викид після нейтралізаторів	$G_{\Sigma CO1}$	*кг/год*	GSCO1
Масова частка вуглецю в суміші палива і водневмісного газу	g_C^{n+HHO}	-	gcpal
Масова частка водню в суміші палива і водневмісного газу	g_H^{n+HHO}	-	ghpal
Масова частка кисню в суміші палива і водневмісного газу	g_O^{n+HHO}	-	gopal
Масова частка вуглецю в паливі	g_C^n	-	gcpalr
Масова частка водню в паливі	g_H^n	-	ghpalr
Масова частка кисню в паливі	g_O^n	-	gopalr

Масова частка водневмісного газу в повітряному заряді	g_{HHO}	-	gh2o2
Годинна витрата водневмісного газу	$G_{HHO}^{Г}$	*кг/год*	gh2o2g
Продуктивність генератора водневмісного газу	q_{HHO}	л/хв	qh2o2
Відношення кількості молів водню і *CO* у продуктах згоряння	k_n	-	kpal
Концентрація CO_2 у ВГ	C_{CO2}	*%*	co2
Масовий викид CO_2	G_{CO2}	*кг/год*	gco2
Потужність, яку розвиває ТЕГ	N_{TEG}	*Вт*	nteg
Кількість електричної енергії, що накопичена у додатковій батареї	E_E^{AD}	*Дж*	qacb
Частота обертання колінчастого валу	$n_д$	$хв^{-1}$	ND
Годинна витрата палива	$G_{пов}$	$\frac{кг}{год}$	GV
Температура охолоджуючої рідини	*Тв*	*К*	TW
Температура нейтралізатора	*Тн*	*К*	TN
Мольна теплоємність ВГ	$\mu C_{ВГ}$	*Дж/(кмоль·К)*	MCVG

Додаток В

Приклад оцінювання показників автомобіля з використанням системи системи додавання водневмісного газу до повітряного заряду з викорситанням термоелектричного генератора під час руху автомобіля в їздовому циклі

tau	nd	alf	MK	ETAV	GT	GV	CO1	CH1	NOX1	CO21	GCO1	GCH1	GNOX1	GCO21	ECO	ECH	ENOX	Тн	gCO	gCH	gNOx	gCO2	gpal	Tw	gH2O2	NTEG	QACB
Міський їздовий цикл																											
Холостий хід																											
0.08	1482	0.92	0.12	0.266	1.499	20.43	1.868	183.06	738	11.78	0.3518	0.0106	0.0266	3.488	0	0	0	293.39	0.01	0.0002	0.0006	0.078	0.034	293.008	0.00805	0.054	1519974
1.05	1481.7	0.92	0.154	0.266	1.499	20.44	1.864	182.87	740	11.79	0.3512	0.0106	0.0266	3.489	0	0	0	298.03	0.1	0.0031	0.0078	1.021	0.438	293.109	0.00805	0.049	1519662
2.02	1481.3	0.92	0.168	0.266	1.499	20.44	1.861	182.71	741	11.79	0.3506	0.0106	0.0267	3.49	0	0	0	302.63	0.2	0.006	0.015	1.963	0.843	293.211	0.00805	0.049	1519350
3	1481	0.921	0.189	0.267	1.499	20.45	1.857	182.53	743	11.79	0.35	0.0106	0.0267	3.491	0	0	0	307.18	0.29	0.0088	0.0222	2.905	1.248	293.312	0.00806	0.049	1519038
4.05	1480.6	0.921	0.211	0.267	1.499	20.46	1.853	182.34	744	11.79	0.3493	0.0106	0.0268	3.492	0	0	0	312.07	0.39	0.0119	0.03	3.927	1.686	293.421	0.00806	0.049	1518700
5.02	1480.2	0.921	0.229	0.267	1.499	20.46	1.849	182.16	746	11.79	0.3487	0.0106	0.0269	3.493	0	0	0	316.53	0.49	0.0147	0.0373	4.871	2.091	293.523	0.00806	0.049	1518388
6	1479.8	0.921	0.248	0.267	1.499	20.47	1.846	181.99	747	11.79	0.3481	0.0105	0.0269	3.494	0	0	0	320.95	0.58	0.0176	0.0446	5.815	2.497	293.624	0.00806	0.049	1518074
7.05	1479.4	0.922	0.267	0.267	1.499	20.47	1.842	181.81	749	11.79	0.3474	0.0105	0.027	3.495	0	0	0	325.69	0.68	0.0207	0.0524	6.839	2.936	293.734	0.00807	0.049	1517733
8.02	1479	0.922	0.284	0.267	1.499	20.48	1.838	181.63	750	11.79	0.3468	0.0105	0.0271	3.496	0	0	0	330.02	0.78	0.0235	0.0598	7.784	3.341	293.835	0.00807	0.049	1517418
9	1478.7	0.922	-0.176	0.263	1.473	20.13	1.843	182.44	735	11.78	0.3418	0.0104	0.0261	3.433	0	0	0	334.31	0.87	0.0264	0.0671	8.728	3.746	293.937	0.00807	0.048	1517104
10.05	1478.2	0.922	0.263	0.267	1.498	20.48	1.831	181.32	753	11.79	0.3453	0.0105	0.0271	3.495	0	0	0	338.89	0.97	0.0294	0.0748	9.741	4.18	294.046	0.00807	0.049	1516767
11.03	1477.9	0.923	-0.257	0.261	1.462	20	1.839	182.46	732	11.78	0.3388	0.0103	0.0258	3.41	0	0	0	343.06	1.07	0.0322	0.0819	10.674	4.58	294.147	0.00808	0.048	1516458
Прискорення																											
11.2	700	0.923	42.786	0.464	1.243	17	2.6	178.69	863	11.1	0.4069	0.0086	0.0257	2.729	0	0	0	343.24	1.08	0.0327	0.0832	10.804	4.639	294.164	0.00416	0.018	1516433
11.51	808.4	0.923	43.162	0.459	1.423	19.46	2.424	176.26	898	11.28	0.4343	0.0097	0.0306	3.175	0	0	0	343.62	1.12	0.0335	0.0857	11.065	4.756	294.198	0.00395	0.02	1516388
12.03	988.5	0.923	43.164	0.453	1.717	23.49	2.159	172.63	958	11.55	0.467	0.0115	0.0393	3.924	0	0	0	344.4	1.19	0.035	0.0908	11.591	4.989	294.259	0.00359	0.026	1516304
12.47	1139.4	0.923	42.81	0.449	1.962	26.84	1.964	169.98	1010	11.75	0.4852	0.0129	0.0474	4.562	0	0	0	345.26	1.25	0.0365	0.0963	12.125	5.219	294.318	0.00329	0.028	1516230
13.04	1333.2	0.923	42.878	0.451	2.304	31.53	1.743	166.98	1086	11.97	0.5059	0.0149	0.0598	5.461	0	0	0	346.48	1.33	0.0388	0.105	12.938	5.565	294.401	0.00293	0.038	1516133
13.47	1475	0.924	43.047	0.453	2.562	35.07	1.611	165.22	1145	12.11	0.5199	0.0164	0.0701	6.142	0	0	0	347.64	1.39	0.0406	0.1128	13.627	5.854	294.468	0.00267	0.039	1516061
14	1652.9	0.924	42.978	0.455	2.881	39.45	1.481	163.58	1220	12.24	0.5378	0.0182	0.0839	6.984	0	0	0	349.33	1.46	0.0432	0.1242	14.603	6.258	294.558	0.00238	0.041	1515970
14.48	1813.2	0.924	43.163	0.461	3.221	44.11	1.413	164.33	1282	12.36	0.5733	0.0205	0.0983	7.881	0	0	0	351.01	1.54	0.0458	0.1365	15.6	6.667	294.646	0	0.058	1515921
15.05	2000.3	0.924	42.932	0.463	3.572	48.93	1.357	163.69	1368	12.41	0.611	0.0226	0.1164	8.779	0	0	0	352.86	1.63	0.0492	0.1534	16.909	7.201	294.756	0	0.067	1515956
Постійна швидкість																											
15.1	2014	0.924	5.066	0.206	1.578	21.62	1.476	188.67	705	12.2	0.2938	0.0115	0.0267	3.814	0	0	0	353.02	1.64	0.0494	0.1538	16.972	7.227	294.764	0.00458	0.024	1515944
16	2014	0.925	4.939	0.204	1.565	21.44	1.475	188.91	699	12.2	0.2911	0.0115	0.0262	3.782	0	0	0	355.32	1.71	0.0522	0.1604	17.915	7.617	294.882	0.00458	0.024	1515770
17.01	2014	0.925	5.154	0.206	1.581	21.67	1.468	188.16	710	12.2	0.2927	0.0115	0.0269	3.823	0	0	0	357.91	1.79	0.0555	0.1679	18.985	8.06	295.016	0.00458	0.024	1515572
18.02	2014	0.925	4.963	0.204	1.564	21.45	1.467	188.46	702	12.2	0.2895	0.0114	0.0263	3.783	0	0	0	360.47	1.87	0.0587	0.1754	20.055	8.502	295.15	0.00458	0.024	1515375
19.04	2014	0.926	5.177	0.206	1.58	21.68	1.459	187.68	713	12.2	0.291	0.0115	0.027	3.823	0	0	0.1	363	1.95	0.0619	0.1829	21.125	8.945	295.284	0.00458	0.024	1515177
20.05	2014	0.926	4.988	0.204	1.564	21.46	1.458	187.93	704	12.2	0.2877	0.0114	0.0264	3.783	0.1	0.1	0.1	365.51	2.04	0.0651	0.1904	22.195	9.387	295.417	0.00458	0.024	1514978
21	2014	0.926	4.998	0.204	1.563	21.46	1.453	187.63	705	12.2	0.2868	0.0114	0.0265	3.784	0.1	0.1	0.2	367.85	2.11	0.0682	0.1975	23.202	9.803	295.543	0.00458	0.024	1514790
22.02	2014	0.927	5.012	0.205	1.566	21.51	1.447	187.15	708	12.2	0.2863	0.0114	0.0266	3.792	0.2	0.2	0.3	370.31	2.19	0.0714	0.205	24.271	10.244	295.677	0.00458	0.024	1514590
23.09	2014	0.927	5.01	0.205	1.565	21.5	1.442	186.71	707	12.2	0.285	0.0113	0.0266	3.791	0.3	0.3	0.5	372.89	2.28	0.0748	0.2129	25.4	10.711	295.819	0.00458	0.024	1514378
Сповільнення																											
23.15	2014	0.927	-32.16	0.218	0	23.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0.3	0.5	372.83	2.28	0.0748	0.2129	25.4	10.711	295.82	0	0.024	1514380
24.06	1713.3	0.927	-30.05	0.218	0	19.71	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.3	0.4	372	2.28	0.0748	0.2129	25.4	10.711	295.829	0	0.021	1514401
25.16	1348.2	0.927	-27.84	0.218	0	15.51	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.3	0.4	371.17	2.28	0.0748	0.2129	25.4	10.711	295.84	0	0.016	1514422
Сповільнення з виключеним зчепленням, холостий хід																											
25.24	1470.9	0.927	0.221	0.262	1.452	19.95	1.777	179.46	747	11.8	0.326	0.0101	0.0262	3.4	0.2	0.3	0.4	371.49	2.28	0.075	0.2135	25.477	10.744	295.849	0.00812	0.047	1514396
27.04	1470.1	0.928	0.11	0.264	1.464	20.12	1.758	177.69	752	11.81	0.3254	0.0101	0.0266	3.434	0.7	0.8	1.2	378.53	2.45	0.08	0.2265	27.169	11.465	296.033	0.00812	0.049	1513831
29	1469.2	0.928	0.151	0.265	1.464	20.14	1.733	175.09	741	11.83	0.3208	0.01	0.0262	3.441	1.7	2.1	3	386.07	2.62	0.0854	0.2404	29.015	12.252	296.234	0.00813	0.049	1513215
31.04	1468.3	0.929	-0.194	0.259	1.43	19.68	1.703	171.74	697	11.85	0.3081	0.0095	0.0241	3.37	3.6	4.4	6.3	393.77	2.8	0.0909	0.2546	30.943	13.071	296.443	0.00813	0.048	1512570
33	1467.4	0.929	-0.15	0.259	1.43	19.7	1.644	165.05	663	11.91	0.2977	0.0092	0.0229	3.387	6.6	8	11.3	401.03	2.97	0.0961	0.2678	32.805	13.859	296.645	0.00814	0.048	1511950
35.05	1466.4	0.93	-0.065	0.262	1.442	19.87	1.559	155.07	617	11.99	0.2845	0.0087	0.0215	3.439	10.8	13.2	18.7	408.45	3.13	0.1012	0.2806	34.757	14.68	296.855	0.00815	0.048	1511304
37.01	1465.5	0.93	-0.299	0.258	1.418	19.54	1.468	144.24	539	12.07	0.2636	0.008	0.0185	3.406	16.1	19.5	27.6	415.42	3.28	0.1057	0.2917	36.638	15.466	297.056	0.00815	0.047	1510685
39.06	1464.5	0.931	0.077	0.262	1.439	19.85	1.344	129.62	469	12.19	0.2452	0.0073	0.0164	3.493	22.5	27.2	38.4	422.52	3.43	0.1101	0.3017	38.612	16.283	297.265	0.00816	0.048	1510040
41.03	1463.6	0.931	0.108	0.262	1.439	19.86	1.225	115.32	386	12.3	0.2233	0.0065	0.0134	3.525	29.1	35.1	49.6	429.21	3.55	0.1138	0.3098	40.522	17.066	297.467	0.00816	0.048	1509420
43	1462.6	0.932	0.15	0.263	1.439	19.87	1.107	101.26	303	12.41	0.202	0.0057	0.0106	3.559	35.6	42.9	60.5	435.76	3.67	0.1171	0.3162	42.441	17.846	297.667	0.00817	0.049	1508802

tau	nd	alf	MK	ETAV	GT	GV	CO1	CH1	NOX1	CO21	GCO1	GCH1	GNOX1	GCO21	ECO	ECH	ENOX	Тн	gCO	gCH	gNOx	gCO2	gpal	Tw	gH2O2	NTEG	QACB
45.05	1461.6	0.932	-0.19	0.258	1.414	19.54	1	88.46	220	12.52	0.1794	0.0049	0.0075	3.528	41.9	50.3	70.9	442.46	3.78	0.1201	0.3212	44.461	18.658	297.877	0.00818	0.048	1508158
47.02	1460.6	0.933	-0.129	0.259	1.415	19.57	0.91	77.83	159	12.6	0.1635	0.0043	0.0055	3.556	46.9	56.1	79.1	448.77	3.87	0.1226	0.3248	46.419	19.44	298.078	0.00818	0.048	1507539
49.24	1459.5	0.934	0.004	0.262	1.427	19.75	0.832	68.74	109	12.67	0.1507	0.0038	0.0038	3.609	51.1	61.1	85.9	455.73	3.97	0.1251	0.3276	48.629	20.317	298.304	0.00819	0.048	1506841
Прискорення																											
49.41	700	0.934	35.535	0.408	1.078	14.92	1.214	68.22	121	12.35	0.1661	0.0029	0.0032	2.657	51.1	61.1	85.9	455.77	3.98	0.1252	0.3278	48.756	20.368	298.32	0.005	0.016	1506815
50.01	865.5	0.934	35.531	0.401	1.311	18.14	1.088	66.67	126	12.49	0.1811	0.0034	0.004	3.266	51.3	61.2	86.1	455.97	4.01	0.1258	0.3284	49.257	20.57	298.381	0.00455	0.018	1506719
50.51	1003.1	0.934	35.407	0.397	1.502	20.79	0.992	65.42	131	12.59	0.1892	0.0038	0.0047	3.773	51.4	61.4	86.2	456.19	4.03	0.1263	0.329	49.757	20.77	298.437	0.00419	0.022	1506633
51.06	1151.5	0.934	35.258	0.394	1.714	23.73	0.897	64	135	12.69	0.1952	0.0043	0.0056	4.341	51.7	61.6	86.5	456.55	4.06	0.1269	0.3298	50.386	21.019	298.504	0.00381	0.024	1506536
51.55	1282.5	0.934	35.481	0.395	1.917	26.55	0.82	62.73	139	12.77	0.1997	0.0047	0.0064	4.887	51.9	61.8	86.8	456.9	4.09	0.1275	0.3306	51.018	21.268	298.569	0.00349	0.03	1506449
52.08	1423.6	0.934	35.585	0.398	2.146	29.71	0.747	61.42	144	12.85	0.2036	0.0051	0.0074	5.502	52.1	62.1	87.1	457.35	4.12	0.1282	0.3317	51.784	21.567	298.644	0.00317	0.034	1506355
52.56	1551.7	0.935	35.417	0.399	2.341	32.42	0.692	60.31	146	12.91	0.2056	0.0055	0.0082	6.031	52.4	62.4	87.5	457.9	4.14	0.1289	0.3327	52.557	21.868	298.717	0.0029	0.034	1506270
53	1669.9	0.935	35.204	0.398	2.514	34.83	0.649	59.36	147	12.95	0.2072	0.0058	0.0089	6.502	52.7	62.7	87.9	458.48	4.17	0.1296	0.3338	53.335	22.169	298.789	0.00268	0.034	1506191
53.48	1797.9	0.935	35.578	0.403	2.745	38.04	0.609	58.28	149	12.99	0.2124	0.0062	0.0099	7.123	53.1	63.1	88.4	459.2	4.2	0.1305	0.335	54.252	22.523	298.871	0.00245	0.04	1506108
54	1933.7	0.935	35.408	0.405	2.964	41.08	0.579	57.42	151	13.03	0.218	0.0066	0.0108	7.71	53.4	63.4	88.8	459.88	4.23	0.1314	0.3365	55.311	22.93	298.963	0.00224	0.053	1506028
54.3	2013.9	0.935	35.43	0.407	3.104	43.03	0.566	57.02	153	13.04	0.2233	0.0069	0.0114	8.083	53.6	63.6	89	460.21	4.25	0.132	0.3374	55.978	23.186	299.019	0.00213	0.056	1505982
Переключення передачі																											
54.38	1455.8	0.935	-0.147	0.259	1.407	19.51	0.778	63.92	83	12.71	0.1392	0.0035	0.0028	3.572	53.7	63.7	89.2	460.47	4.25	0.132	0.3375	56.059	23.219	299.028	0.00821	0.048	1505956
55.54	1455.1	0.936	-0.22	0.258	1.401	19.43	0.757	61.57	69	12.72	0.1349	0.0034	0.0023	3.563	54.9	65	91	463.98	4.29	0.1331	0.3383	57.207	23.67	299.145	0.00822	0.048	1505594
56.36	1454.7	0.936	0.214	0.263	1.427	19.8	0.74	59.87	63	12.74	0.1344	0.0033	0.0022	3.634	55.6	65.8	92	466.46	4.33	0.1339	0.3389	58.03	23.994	299.229	0.00822	0.049	1505336
Прискорення																											
56.46	1221	0.936	54.089	0.526	2.431	33.72	0.716	56.02	92	12.87	0.2214	0.0053	0.0054	6.253	55.6	65.8	92	466.5	4.33	0.134	0.339	58.201	24.06	299.244	0.00266	0.042	1505320
57.01	1376.1	0.936	54.182	0.528	2.75	38.16	0.656	55.31	96	12.94	0.2293	0.0059	0.0064	7.11	55.8	65.9	92.1	466.82	4.37	0.1349	0.3399	59.229	24.459	299.334	0.00244	0.05	1505233
57.5	1515.2	0.936	54.22	0.533	3.075	42.67	0.618	55.37	97	13.02	0.2416	0.0066	0.0072	8	56	66.1	92.3	467.38	4.4	0.1358	0.3408	60.277	24.862	299.421	0	0.052	1505240
58.03	1662.6	0.937	53.867	0.53	3.354	46.56	0.581	54.67	100	13.05	0.248	0.0072	0.0081	8.751	56.2	66.3	92.5	468.03	4.43	0.1368	0.342	61.507	25.334	299.52	0	0.057	1505268
58.51	1797.9	0.937	54.23	0.535	3.657	50.78	0.558	54.38	103	13.07	0.2595	0.0078	0.009	9.558	56.4	66.4	92.7	468.56	4.47	0.1378	0.3431	62.739	25.806	299.616	0	0.072	1505300
59.02	1940.8	0.937	53.808	0.534	3.942	54.75	0.543	54.13	107	13.09	0.2725	0.0083	0.0101	10.314	56.5	66.5	92.8	468.88	4.51	0.139	0.3445	64.157	26.348	299.724	0	0.082	1505339
59.5	2073.8	0.938	53.88	0.539	4.249	59.03	0.54	54.22	111	13.09	0.2922	0.009	0.0113	11.119	56.7	66.6	92.8	469.07	4.54	0.1401	0.3459	65.584	26.893	299.83	0	0.092	1505381
60	2213.9	0.938	54.013	0.545	4.577	63.62	0.546	54.28	113	13.08	0.3183	0.0097	0.0124	11.974	56.9	66.8	93	469.89	4.59	0.1414	0.3476	67.203	27.512	299.948	0	0.099	1505430
60.52	2359.7	0.938	53.919	0.545	4.877	67.8	0.56	54.15	113	13.06	0.3475	0.0103	0.0132	12.744	57.2	67.1	93.3	471.22	4.63	0.1429	0.3495	69.005	28.201	300.078	0	0.098	1505482
61.01	2497	0.938	53.974	0.544	5.157	71.73	0.581	54.18	114	13.04	0.3816	0.0109	0.0141	13.454	57.5	67.3	93.6	472.42	4.68	0.1443	0.3513	70.804	28.89	300.205	0	0.097	1505530
61.39	2601.5	0.939	53.901	0.545	5.378	74.82	0.603	54.33	114	13.01	0.4133	0.0114	0.0148	14.006	57.7	67.5	93.8	473.33	4.73	0.1455	0.3529	72.24	29.441	300.305	0	0.1	1505566
Постійна швидкість																											
61.44	2606	0.939	8.705	0.246	2.412	33.56	0.504	55.26	75	13.05	0.1547	0.0052	0.0044	6.304	57.7	67.5	93.8	473.42	4.73	0.1456	0.3529	72.321	29.472	300.313	0.00273	0.035	1505559
63	2606	0.94	8.674	0.246	2.41	33.55	0.494	54.39	70	13.06	0.1517	0.0051	0.0041	6.303	58.2	67.9	94.2	476.57	4.8	0.1478	0.3547	75.074	30.525	300.587	0.00273	0.035	1505295
65.03	2606	0.94	8.705	0.246	2.408	33.56	0.483	53.55	66	13.06	0.1484	0.0051	0.0038	6.303	58.8	68.3	94.6	480.54	4.88	0.1507	0.357	78.637	31.887	300.942	0.00273	0.036	1504954
67.01	2606	0.941	8.967	0.248	2.426	33.85	0.474	52.81	64	13.06	0.1468	0.005	0.0038	6.356	59.3	68.6	94.8	484.31	4.96	0.1535	0.359	82.118	33.216	301.288	0.00273	0.036	1504621
69.03	2606	0.942	8.998	0.248	2.425	33.86	0.465	52.29	63	13.06	0.144	0.005	0.0037	6.355	59.7	68.8	94.9	488.06	5.04	0.1563	0.3611	85.68	34.576	301.643	0.00273	0.036	1504280
71.01	2606	0.943	8.797	0.246	2.402	33.58	0.457	51.95	62	13.06	0.1403	0.0049	0.0036	6.3	60.1	69	94.9	491.61	5.12	0.159	0.3631	89.16	35.903	301.99	0.00273	0.036	1503947
73.04	2606	0.944	8.829	0.246	2.401	33.59	0.449	51.53	62	13.05	0.1378	0.0049	0.0036	6.299	60.4	69.2	95	495.14	5.2	0.1618	0.3652	92.721	37.26	302.345	0.00273	0.036	1503606
75.02	2606	0.945	9.091	0.248	2.419	33.88	0.441	51.03	63	13.05	0.1366	0.0049	0.0037	6.352	60.8	69.3	95	498.49	5.28	0.1644	0.3672	96.2	38.586	302.692	0.00273	0.036	1503272
77	2606	0.946	8.89	0.246	2.397	33.6	0.434	50.76	62	13.05	0.1331	0.0048	0.0036	6.297	61.1	69.4	95	501.75	5.35	0.1671	0.3692	99.678	39.91	303.04	0.00273	0.036	1502939
79.03	2606	0.947	8.922	0.246	2.395	33.61	0.426	50.39	63	13.05	0.1308	0.0048	0.0036	6.295	61.4	69.6	95	504.98	5.42	0.1698	0.3713	103.237	41.265	303.396	0.00273	0.036	1502598
81.01	2606	0.948	9.186	0.248	2.414	33.91	0.418	49.91	63	13.05	0.1295	0.0047	0.0037	6.348	61.8	69.7	95	508.05	5.5	0.1724	0.3733	106.714	42.588	303.743	0.00273	0.036	1502265
83.03	2606	0.949	9.033	0.247	2.398	33.71	0.411	49.62	63	13.04	0.1265	0.0047	0.0037	6.308	62.1	69.8	95	511.11	5.57	0.175	0.3754	110.269	43.939	304.099	0.00273	0.036	1501924
85.43	2606	0.95	9.067	0.247	2.396	33.72	0.402	49.19	64	13.04	0.1237	0.0046	0.0037	6.306	62.5	70	95	514.61	5.65	0.1781	0.3778	114.464	45.533	304.52	0.00273	0.036	1501521
Сповільнення																											
85.47	2606	0.95	-37.38	0.264	0	36.2	0	0	0	0	0	0	0	0	62.5	70	95	514.44	5.65	0.1781	0.3778	114.464	45.533	304.52	0	0.036	1501523
87.01	2264.6	0.95	-34.98	0.264	0	31.46	0	0	0	0	0	0	0	0	62.6	70	95	509.49	5.65	0.1781	0.3778	114.464	45.533	304.539	0	0.031	1501577
89.01	1818.4	0.95	-31.82	0.264	0	25.26	0	0	0	0	0	0	0	0	62.6	70	95	504.17	5.65	0.1781	0.3778	114.464	45.533	304.563	0	0.025	1501636
91.06	1364.8	0.95	-29.05	0.264	0	18.96	0	0	0	0	0	0	0	0	62.6	70	95	500.03	5.65	0.1781	0.3778	114.464	45.533	304.586	0	0.019	1501684
93.49	832.5	0.95	-26.94	0.264	0	11.57	0	0	0	0	0	0	0	0	62.6	70	95	496.71	5.65	0.1781	0.3778	114.464	45.533	304.613	0	0.012	1501722
Сповільнення з виключеним зчепленням, холостий хід																											
93.57	1422.1	0.95	0.291	0.261	1.364	19.21	0.558	50.36	41	12.77	0.0979	0.0027	0.0014	3.519	62.6	70	95	496.95	5.65	0.1782	0.3779	114.546	45.565	304.621	0.00842	0.047	1501696
95.01	1421.1	0.95	0.269	0.259	1.348	18.98	0.556	50.38	41	12.77	0.0963	0.0027	0.0013	3.476	62.8	70.1	95	500.85	5.69	0.1793	0.3784	115.931	46.102	304.764	0.00843	0.047	1501246
97.04	1419.7	0.951	0.294	0.259	1.347	18.98	0.55	50.16	41	12.77	0.0953	0.0027	0.0013	3.474	63	70.1	95	506.27	5.75	0.1808	0.3792	117.88	46.858	304.966	0.00844	0.047	1500613
99.07	1418.3	0.951	0.281	0.259	1.345	18.97	0.545	49.95	41	12.77	0.0943	0.0027	0.0013	3.472	63.2	70.2	95	511.6	5.8	0.1823	0.3799	119.815	47.607	305.167	0.00845	0.047	1499984
101.01	1417	0.952	-0.106	0.254	1.319	18.61	0.543	50.03	40	12.77	0.0921	0.0026	0.0013	3.406	63.3	70.3	95	516.62	5.85	0.1837	0.3806	121.665	48.324	305.36	0.00845	0.046	1499382
103.05	1415.6	0.952	-0.093	0.254	1.317	18.59	0.537	49.83	40	12.77	0.0911	0.0026	0.0013	3.402	63.5	70.3	95	521.79	5.9	0.1851	0.3813	123.593	49.071	305.561	0.00846	0.046	1498754

tau	nd	alf	MK	ETAV	GT	GV	CO1	CH1	NOX1	CO21	GCO1	GCH1	GNOX1	GCO21	ECO	ECH	ENOX	Тн	gCO	gCH	gNOx	gCO2	gpal	Tw	gH2O2	NTEG	QACB
105	1414.2	0.953	0.192	0.257	1.332	18.81	0.53	49.45	41	12.77	0.091	0.0026	0.0013	3.441	63.7	70.4	95	526.66	5.95	0.1866	0.382	125.439	49.786	305.754	0.00847	0.047	1498151
107.04	1412.7	0.953	-0.14	0.254	1.31	18.51	0.527	49.48	40	12.76	0.089	0.0026	0.0013	3.385	63.9	70.5	95	531.7	6	0.188	0.3828	127.37	50.533	305.956	0.00848	0.046	1497521
109.08	1411.3	0.954	0.2	0.257	1.326	18.74	0.52	49.08	41	12.77	0.0889	0.0026	0.0013	3.427	64.1	70.5	95	536.68	6.05	0.1895	0.3835	129.301	51.28	306.157	0.00849	0.046	1496887
111.03	1409.9	0.954	0.13	0.256	1.32	18.67	0.516	48.94	41	12.77	0.0877	0.0026	0.0013	3.414	64.3	70.6	95	541.38	6.1	0.1909	0.3842	131.158	51.998	306.351	0.0085	0.046	1496278
113.08	1408.4	0.955	0.151	0.257	1.319	18.66	0.51	48.73	41	12.76	0.0868	0.0025	0.0013	3.411	64.5	70.7	95	546.22	6.15	0.1923	0.385	133.098	52.748	306.553	0.00851	0.045	1495636
115.04	1407	0.956	0.076	0.256	1.311	18.57	0.506	48.61	41	12.76	0.0856	0.0025	0.0013	3.393	64.7	70.7	95	550.76	6.2	0.1937	0.3857	134.95	53.464	306.747	0.00852	0.045	1495020
117.6	1405.1	0.956	0.095	0.255	1.308	18.53	0.5	48.38	41	12.76	0.0844	0.0025	0.0013	3.386	64.9	70.8	95	556.56	6.26	0.1955	0.3867	137.36	54.395	306.999	0.00853	0.046	1494222
Прискорення																											
117.77	700	0.956	35.101	0.401	1.032	14.63	0.706	47.67	47	12.63	0.0941	0.002	0.0012	2.644	64.9	70.8	95	556.49	6.26	0.1956	0.3867	137.486	54.444	307.015	0.00501	0.016	1494196
118.08	787.4	0.956	34.912	0.395	1.145	16.23	0.668	47.21	49	12.67	0.0987	0.0021	0.0014	2.942	65	70.8	95	556.36	6.27	0.1958	0.3868	137.735	54.541	307.046	0.00477	0.017	1494148
118.5	902	0.956	35.271	0.393	1.306	18.5	0.618	46.51	51	12.72	0.1042	0.0024	0.0016	3.37	65	70.8	95	556.2	6.28	0.196	0.387	138.11	54.687	307.09	0.00446	0.019	1494080
119.1	1065	0.957	35.277	0.391	1.533	21.73	0.554	45.59	54	12.79	0.1096	0.0028	0.002	3.978	65.1	70.9	95	555.97	6.3	0.1965	0.3873	138.733	54.927	307.159	0.00403	0.023	1493978
119.52	1178.9	0.957	35.229	0.389	1.691	23.98	0.514	45.01	56	12.84	0.1121	0.003	0.0023	4.405	65.1	70.9	95	555.85	6.31	0.1968	0.3876	139.23	55.118	307.212	0.00375	0.025	1493903
120	1307.1	0.957	34.947	0.388	1.871	26.54	0.473	44.41	59	12.88	0.1142	0.0033	0.0027	4.892	65.2	70.9	95	555.67	6.33	0.1972	0.3879	139.855	55.358	307.276	0.00344	0.031	1493819
120.52	1445.7	0.957	35.158	0.391	2.086	29.59	0.433	43.76	62	12.93	0.1166	0.0036	0.0032	5.473	65.2	70.9	95	555.5	6.34	0.1977	0.3883	140.612	55.646	307.35	0.00313	0.034	1493730
121.07	1592.1	0.957	35.315	0.393	2.309	32.76	0.398	43.2	66	12.97	0.1188	0.004	0.0037	6.078	65.3	71	95	555.41	6.36	0.1983	0.3889	141.5	55.984	307.435	0.00283	0.034	1493634
121.5	1707.4	0.957	35.014	0.394	2.48	35.19	0.376	42.84	69	12.99	0.1204	0.0042	0.0042	6.54	65.4	71	95	555.37	6.38	0.1988	0.3894	142.266	56.275	307.506	0.00261	0.035	1493559
122.04	1850	0.958	34.998	0.396	2.707	38.42	0.354	42.46	72	13.02	0.1239	0.0046	0.0048	7.153	65.5	71	95	555.33	6.39	0.1995	0.39	143.294	56.665	307.599	0.00237	0.049	1493471
122.66	2013.9	0.958	35.379	0.403	2.995	42.53	0.337	42.11	77	13.03	0.1305	0.005	0.0057	7.928	65.6	71.1	95	555.04	6.42	0.2003	0.3909	144.595	57.156	307.713	0.00213	0.057	1493378
Переключення передачі																											
122.74	1399.6	0.958	0.14	0.255	1.297	18.41	0.482	47.74	41	12.76	0.0808	0.0025	0.0013	3.361	65.6	71.1	95	555.24	6.42	0.2004	0.391	144.675	57.187	307.721	0.00857	0.045	1493351
124.71	1398.1	0.959	0.09	0.256	1.299	18.46	0.477	47.5	41	12.76	0.0801	0.0025	0.0013	3.37	65.8	71.1	95	559.6	6.46	0.2017	0.3917	146.496	57.889	307.913	0.00858	0.044	1492743
Прискорення																											
124.81	1221	0.959	38.787	0.414	1.863	26.46	0.471	43.75	60	12.87	0.1135	0.0032	0.0027	4.87	65.8	71.1	95	559.55	6.46	0.2018	0.3917	146.628	57.94	307.927	0.0034	0.031	1492726
125.01	1256.3	0.959	38.533	0.413	1.912	27.17	0.461	43.59	60	12.88	0.1139	0.0033	0.0028	5.004	65.8	71.1	95	559.45	6.47	0.202	0.3919	146.894	58.042	307.954	0.00332	0.032	1492694
125.55	1356.7	0.959	38.711	0.415	2.075	29.49	0.431	43.11	63	12.91	0.1158	0.0036	0.0032	5.444	65.9	71.2	95	559.14	6.49	0.2025	0.3924	147.691	58.346	308.032	0.00311	0.036	1492601
126.06	1450.1	0.959	38.419	0.413	2.208	31.38	0.408	42.76	65	12.94	0.1165	0.0037	0.0035	5.804	66	71.2	95	558.96	6.5	0.203	0.3928	148.493	58.651	308.109	0.00292	0.037	1492515
126.54	1537.8	0.959	38.793	0.416	2.358	33.52	0.387	42.4	67	12.96	0.1181	0.004	0.0039	6.211	66	71.2	95	558.83	6.52	0.2035	0.3933	149.298	58.957	308.185	0.00276	0.037	1492434
127	1620.6	0.959	38.426	0.415	2.475	35.19	0.371	42.15	69	12.98	0.1187	0.0041	0.0042	6.528	66.1	71.2	95	558.72	6.53	0.204	0.3938	150.103	59.262	308.259	0.00261	0.037	1492357
127.5	1712.2	0.96	38.458	0.416	2.623	37.3	0.355	41.87	72	12.99	0.1203	0.0044	0.0046	6.928	66.2	71.3	95	558.64	6.55	0.2046	0.3945	151.047	59.62	308.344	0.00245	0.039	1492273
128.04	1811.2	0.96	38.324	0.418	2.786	39.64	0.34	41.61	74	13.01	0.1226	0.0046	0.0051	7.371	66.3	71.3	95	558.54	6.57	0.2053	0.3952	152.135	60.031	308.441	0.0023	0.051	1492185
128.56	1905	0.96	38.399	0.421	2.954	42.03	0.329	41.4	77	13.02	0.1257	0.0049	0.0056	7.821	66.4	71.3	95	558.3	6.59	0.206	0.396	153.229	60.445	308.536	0.00216	0.057	1492108
129.05	1994.4	0.96	38.369	0.424	3.128	44.51	0.324	41.65	79	13.07	0.1312	0.0052	0.006	8.311	66.5	71.3	95	557.93	6.61	0.2067	0.3968	154.333	60.861	308.63	0	0.062	1492061
129.52	2079.9	0.961	38.473	0.428	3.292	46.86	0.319	41.52	81	13.07	0.1358	0.0054	0.0066	8.751	66.6	71.4	95	557.48	6.62	0.2074	0.3976	155.454	61.283	308.723	0	0.065	1492091
130.02	2172.1	0.961	38.374	0.429	3.449	49.11	0.315	41.42	84	13.07	0.1408	0.0057	0.0071	9.17	66.7	71.4	95	557.08	6.64	0.2082	0.3986	156.721	61.759	308.826	0	0.07	1492125
130.51	2260.5	0.961	38.693	0.434	3.625	51.64	0.315	41.38	87	13.07	0.1479	0.006	0.0077	9.641	66.8	71.4	95	556.94	6.66	0.2089	0.3996	157.997	62.239	308.929	0	0.072	1492160
131.03	2354.8	0.961	38.303	0.432	3.762	53.6	0.316	41.36	90	13.06	0.1541	0.0062	0.0083	10.002	66.9	71.5	95	556.99	6.68	0.2098	0.4007	159.418	62.774	309.043	0	0.071	1492197
131.53	2445.5	0.962	38.861	0.438	3.958	56.41	0.321	41.41	93	13.05	0.1648	0.0065	0.009	10.519	67	71.5	95	557.08	6.71	0.2107	0.4019	160.844	63.31	309.156	0	0.071	1492232
132.01	2532.9	0.962	38.409	0.436	4.078	58.15	0.327	41.46	95	13.05	0.1728	0.0067	0.0095	10.835	67.1	71.5	95	557.15	6.73	0.2116	0.4032	162.273	63.848	309.267	0	0.071	1492266
132.52	2625.7	0.962	38.749	0.439	4.254	60.68	0.336	41.59	98	13.03	0.1854	0.007	0.0103	11.294	67.2	71.6	95	557.16	6.75	0.2126	0.4046	163.847	64.44	309.389	0	0.073	1492302
133.01	2715.3	0.963	38.683	0.44	4.411	62.94	0.347	41.74	101	13.02	0.1985	0.0073	0.011	11.701	67.3	71.6	95	557.18	6.78	0.2136	0.4061	165.424	65.035	309.51	0	0.076	1492338
133.75	2848.2	0.963	38.365	0.441	4.635	66.16	0.367	42.02	106	12.99	0.2204	0.0078	0.012	12.275	67.5	71.7	95	557.28	6.82	0.2151	0.4084	167.871	65.958	309.696	0	0.084	1492397
Переключення передачі																											
133.83	1383.8	0.963	-0.232	0.247	1.236	17.65	0.438	46.38	40	12.75	0.0702	0.0023	0.0012	3.215	67.5	71.7	95	557.47	6.82	0.2152	0.4084	167.948	65.988	309.704	0.00867	0.043	1492371
135.83	1382.2	0.964	0.012	0.251	1.256	17.93	0.431	45.97	41	12.75	0.0703	0.0023	0.0013	3.266	67.7	71.7	95	561.81	6.86	0.2164	0.4091	169.759	66.684	309.897	0.00868	0.044	1491759
Прискорення																											
135.89	1887	0.964	49.35	0.495	3.447	49.22	0.308	41.06	81	13.05	0.1376	0.0056	0.0069	9.169	67.7	71.7	95	561.74	6.87	0.2165	0.4093	169.921	66.745	309.91	0	0.066	1491763
136.46	1944.1	0.964	49.684	0.5	3.584	51.2	0.303	41.02	83	13.05	0.141	0.0059	0.0073	9.537	67.8	71.8	95	560.99	6.89	0.2174	0.4104	171.389	67.297	310.026	0	0.077	1491806
137	1999.6	0.964	49.327	0.499	3.676	52.53	0.299	40.91	85	13.05	0.1429	0.006	0.0077	9.785	67.9	71.8	95	560.16	6.91	0.2183	0.4115	172.861	67.85	310.142	0	0.08	1491848
137.53	2053.6	0.965	49.585	0.501	3.795	54.25	0.297	40.88	87	13.05	0.1463	0.0062	0.0081	10.104	68	71.8	95	559.3	6.93	0.2192	0.4127	174.338	68.404	310.257	0	0.084	1491893
138	2100.4	0.965	49.466	0.502	3.889	55.61	0.295	40.84	88	13.05	0.1491	0.0063	0.0084	10.355	68.1	71.9	95	558.66	6.95	0.2201	0.4137	175.652	68.898	310.359	0	0.087	1491933
138.5	2151.8	0.965	49.308	0.503	3.989	57.07	0.294	40.81	90	13.05	0.1524	0.0065	0.0088	10.624	68.2	71.9	95	558.16	6.97	0.221	0.415	177.136	69.455	310.473	0	0.09	1491978
139	2202	0.965	49.344	0.505	4.096	58.61	0.294	40.81	91	13.04	0.1564	0.0067	0.0092	10.909	68.3	71.9	95	557.91	6.99	0.2219	0.4162	178.625	70.014	310.587	0	0.092	1492023
139.54	2256.5	0.966	49.553	0.508	4.218	60.37	0.294	40.83	93	13.04	0.1614	0.0069	0.0096	11.232	68.4	72	95	557.85	7.02	0.2229	0.4176	180.284	70.638	310.714	0	0.093	1492073
140.01	2304.5	0.966	49.582	0.508	4.312	61.74	0.295	40.83	95	13.04	0.1655	0.007	0.01	11.482	68.5	72	95	557.9	7.04	0.2238	0.4189	181.778	71.199	310.827	0	0.094	1492118
140.52	2356.6	0.966	49.359	0.507	4.391	62.89	0.296	40.78	96	13.03	0.169	0.0072	0.0104	11.691	68.7	72	95	558.01	7.06	0.2248	0.4204	183.437	71.822	310.952	0	0.091	1492165
141.03	2407.6	0.967	49.343	0.506	4.48	64.19	0.298	40.78	98	13.03	0.1735	0.0073	0.0108	11.927	68.8	72.1	95	558.09	7.09	0.2258	0.4219	185.095	72.444	311.076	0	0.09	1492211
141.52	2457.5	0.967	49.599	0.508	4.586	65.73	0.301	40.83	100	13.02	0.1794	0.0075	0.0112	12.206	68.9	72.1	95	558.11	7.11	0.2268	0.4234	186.75	73.066	311.199	0	0.09	1492256

tau	nd	alf	MK	ETAV	GT	GV	CO1	CH1	NOX1	CO21	GCO1	GCH1	GNOX1	GCO21	ECO	ECH	ENOX	Тн	gCO	gCH	gNOx	gCO2	gpal	Tw	gH2O2	NTEG	QACB
142	2506.5	0.967	49.858	0.51	4.698	67.35	0.304	40.91	101	13.01	0.186	0.0077	0.0117	12.499	69	72.1	95	558.07	7.14	0.2279	0.4249	188.408	73.689	311.322	0	0.091	1492300
142.52	2559.2	0.968	49.331	0.508	4.771	68.43	0.307	40.89	103	13.01	0.1908	0.0078	0.0121	12.692	69.1	72.2	95	558	7.16	0.229	0.4266	190.231	74.374	311.456	0	0.092	1492347
143.03	2610.9	0.968	49.552	0.509	4.878	69.99	0.312	40.97	105	13	0.198	0.008	0.0126	12.971	69.3	72.2	95	557.94	7.19	0.2301	0.4284	192.056	75.061	311.59	0	0.093	1492394
143.53	2661.6	0.968	49.858	0.511	4.996	71.7	0.317	41.09	107	12.99	0.2063	0.0082	0.0131	13.278	69.4	72.3	95	557.91	7.22	0.2312	0.4302	193.879	75.747	311.723	0	0.095	1492440
143.85	2693.4	0.969	49.763	0.512	5.056	72.58	0.32	41.14	108	12.99	0.211	0.0083	0.0134	13.435	69.5	72.3	95	557.9	7.24	0.2319	0.4313	195.04	76.184	311.807	0	0.097	1492470
Постійна швидкість																											
143.89	2696	0.969	15.753	0.291	2.865	41.12	0.273	41.07	82	12.99	0.1017	0.0047	0.0058	7.615	69.5	72.3	95	557.93	7.24	0.232	0.4314	195.135	76.219	311.816	0.0022	0.044	1492463
146.03	2696	0.97	15.643	0.289	2.839	40.8	0.265	40.8	82	12.99	0.0982	0.0046	0.0057	7.55	69.9	72.4	95	559.38	7.3	0.2348	0.4348	199.599	77.898	312.237	0.0022	0.043	1492128
148.03	2696	0.971	15.434	0.287	2.814	40.49	0.259	40.56	82	12.98	0.0949	0.0046	0.0057	7.488	70.2	72.5	95	560.7	7.35	0.2373	0.438	203.782	79.47	312.632	0.0022	0.042	1491819
150.03	2696	0.972	15.716	0.289	2.834	40.82	0.252	40.18	83	12.98	0.0933	0.0046	0.0058	7.544	70.6	72.6	95	561.98	7.4	0.2399	0.4412	207.964	81.042	313.027	0.0022	0.043	1491510
152.04	2696	0.973	15.506	0.287	2.809	40.5	0.246	39.95	83	12.97	0.0902	0.0045	0.0057	7.482	71	72.7	95	563.22	7.45	0.2424	0.4444	212.144	82.612	313.421	0.0022	0.042	1491200
154	2696	0.974	15.543	0.287	2.807	40.51	0.24	39.65	83	12.97	0.0879	0.0045	0.0058	7.479	71.3	72.8	95	564.41	7.5	0.2448	0.4475	216.229	84.145	313.807	0.0022	0.042	1490898
155.87	2696	0.975	15.577	0.287	2.805	40.52	0.234	39.37	83	12.97	0.0858	0.0044	0.0058	7.476	71.7	72.9	95	565.51	7.55	0.2472	0.4506	220.127	85.608	314.176	0.0022	0.042	1490609
Сповільнення																											
155.91	2696	0.975	-38.71	0.306	0	43.41	0	0	0	0	0	0	0	0	71.7	72.9	95	565.28	7.55	0.2472	0.4506	220.127	85.608	314.177	0	0.042	1490611
158	2485.4	0.975	-37.29	0.306	0	40.02	0	0	0	0	0	0	0	0	71.7	72.9	95	555.31	7.55	0.2472	0.4506	220.127	85.608	314.201	0	0.039	1490701
160.01	2282	0.975	-35.86	0.306	0	36.75	0	0	0	0	0	0	0	0	71.7	72.9	95	546.73	7.55	0.2472	0.4506	220.127	85.608	314.224	0	0.036	1490781
162.05	2076.2	0.975	-34.42	0.306	0	33.43	0	0	0	0	0	0	0	0	71.7	72.9	95	539.03	7.55	0.2472	0.4506	220.127	85.608	314.247	0	0.033	1490855
163.87	1893.1	0.975	-33.16	0.306	0	30.48	0	0	0	0	0	0	0	0	71.7	72.9	95	532.94	7.55	0.2472	0.4506	220.127	85.608	314.267	0	0.03	1490915
Постійна швидкість																											
163.93	1887	0.975	13.934	0.253	1.721	24.87	0.252	41.13	54	12.91	0.0567	0.0028	0.0023	4.57	71.7	72.9	95	532.99	7.55	0.2472	0.4506	220.208	85.638	314.276	0.00385	0.025	1490903
166.03	1887	0.976	13.987	0.253	1.721	24.89	0.247	40.89	54	12.91	0.0556	0.0028	0.0023	4.572	72	73	95	534.59	7.58	0.2489	0.452	222.867	86.64	314.571	0.00385	0.025	1490502
168	1887	0.977	13.826	0.253	1.718	24.87	0.242	40.69	54	12.91	0.0546	0.0028	0.0023	4.565	72.3	73.1	95	536.06	7.61	0.2504	0.4532	225.357	87.577	314.848	0.00385	0.025	1490126
170.04	1887	0.977	13.854	0.253	1.718	24.88	0.238	40.46	55	12.91	0.0535	0.0028	0.0023	4.565	72.5	73.2	95	537.54	7.64	0.252	0.4545	227.923	88.543	315.133	0.00385	0.025	1489738
172.01	1887	0.978	13.578	0.25	1.697	24.59	0.234	40.39	54	12.9	0.052	0.0028	0.0023	4.511	72.8	73.2	95	538.96	7.67	0.2535	0.4558	230.407	89.477	315.409	0.00385	0.025	1489362
174.04	1887	0.979	13.607	0.25	1.696	24.6	0.229	40.17	54	12.9	0.051	0.0027	0.0023	4.51	73	73.3	95	540.39	7.7	0.2551	0.4571	232.972	90.442	315.694	0.00385	0.025	1488974
176.02	1887	0.98	13.943	0.253	1.716	24.9	0.224	39.82	55	12.9	0.0505	0.0028	0.0024	4.564	73.3	73.4	95	541.75	7.73	0.2566	0.4584	235.458	91.376	315.971	0.00385	0.025	1488598
176.91	1887	0.98	13.954	0.253	1.715	24.91	0.222	39.72	55	12.9	0.05	0.0027	0.0024	4.564	73.4	73.4	95	542.35	7.74	0.2572	0.459	236.58	91.798	316.096	0.00385	0.025	1488428
Переключення передачі																											
177	1325.1	0.98	0.006	0.245	1.15	16.7	0.301	41.35	41	12.72	0.0454	0.0019	0.0012	3.017	73.4	73.4	95	542.56	7.74	0.2573	0.459	236.655	91.827	316.104	0.00905	0.039	1488401
178.99	1323.2	0.98	0.214	0.247	1.158	16.82	0.299	41.2	41	12.72	0.0455	0.0019	0.0012	3.039	73.4	73.4	95	547.07	7.77	0.2584	0.4596	238.337	92.468	316.289	0.00907	0.04	1487797
Сповільнення																											
179.03	2850	0.98	-36.16	0.26	0	39.03	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	546.9	7.77	0.2584	0.4596	238.337	92.468	316.289	0	0.086	1487801
181	2280	0.98	-32.42	0.26	0	31.22	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	539.89	7.77	0.2584	0.4596	238.337	92.468	316.312	0	0.069	1487958
183	1704.4	0.98	-28.58	0.26	0	23.34	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	534.51	7.77	0.2584	0.4596	238.337	92.468	316.333	0	0.052	1488082
185.06	1115.5	0.98	-25.60	0.26	0	15.28	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	530.68	7.77	0.2584	0.4596	238.337	92.468	316.352	0	0.034	1488172
186.07	834.1	0.98	-24.76	0.26	0	11.42	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	529.41	7.77	0.2584	0.4596	238.337	92.468	316.36	0	0.025	1488202
Сповільнення з виключеним зчепленням, холостий хід																											
186.16	1322.4	0.98	0.003	0.244	1.144	16.61	0.3	41.35	41	12.71	0.0451	0.0019	0.0012	3.001	73.4	73.4	95	529.63	7.77	0.2584	0.4597	238.413	92.497	316.369	0.00907	0.039	1488175
188.06	1320.6	0.98	-0.045	0.243	1.14	16.55	0.301	41.39	40	12.71	0.045	0.0019	0.0012	2.989	73.4	73.4	95	534.16	7.79	0.2594	0.4603	240.006	93.104	316.545	0.00909	0.039	1487598
190.06	1318.7	0.98	0.144	0.247	1.157	16.81	0.3	41.18	41	12.71	0.0456	0.0019	0.0012	3.036	73.4	73.4	95	538.82	7.82	0.2605	0.4609	241.673	93.739	316.729	0.0091	0.038	1486995
192.07	1316.8	0.98	-0.095	0.244	1.142	16.58	0.301	41.34	41	12.71	0.0452	0.0019	0.0012	2.995	73.4	73.4	95	543.41	7.84	0.2615	0.4616	243.338	94.374	316.914	0.00911	0.038	1486391
194.07	1314.9	0.98	-0.019	0.245	1.143	16.61	0.301	41.31	41	12.71	0.0453	0.0019	0.0012	2.999	73.4	73.4	95	547.91	7.87	0.2626	0.4622	245.001	95.008	317.098	0.00912	0.038	1485788
196.08	1313	0.98	-0.191	0.243	1.132	16.44	0.303	41.43	40	12.71	0.045	0.0019	0.0011	2.969	73.4	73.4	95	552.33	7.89	0.2636	0.4629	246.664	95.642	317.282	0.00914	0.038	1485182
198	1311.2	0.98	-0.058	0.243	1.129	16.39	0.303	41.45	40	12.71	0.0449	0.0019	0.0011	2.96	73.4	73.4	95	556.49	7.92	0.2647	0.4635	248.254	96.248	317.458	0.00915	0.037	1484601
200.02	1309.2	0.98	-0.072	0.243	1.126	16.35	0.303	41.47	40	12.71	0.0449	0.0019	0.0011	2.953	73.4	73.4	95	560.77	7.94	0.2657	0.4641	249.92	96.883	317.643	0.00916	0.037	1483992
202.04	1307.3	0.98	-0.113	0.242	1.123	16.31	0.304	41.49	40	12.71	0.0448	0.0019	0.0011	2.945	73.4	73.4	95	564.97	7.97	0.2668	0.4648	251.577	97.515	317.827	0.00918	0.036	1483383
204.06	1305.3	0.98	0.018	0.244	1.127	16.37	0.304	41.44	40	12.71	0.045	0.0019	0.0011	2.956	73.4	73.4	95	569.11	7.99	0.2678	0.4654	253.244	98.151	318.012	0.00919	0.036	1482770
206.08	1303.3	0.98	0.114	0.244	1.13	16.41	0.304	41.39	40	12.71	0.0451	0.0019	0.0011	2.963	73.4	73.4	95	573.18	8.02	0.2689	0.4661	254.916	98.788	318.197	0.0092	0.036	1482154
207.19	1302.3	0.98	0.181	0.245	1.132	16.44	0.304	41.36	40	12.71	0.0452	0.0019	0.0012	2.968	73.4	73.4	95	575.37	8.03	0.2695	0.4664	255.831	99.137	318.298	0.00921	0.037	1481815
Прискорення																											
207.36	700	0.98	43.158	0.455	1.145	16.63	0.382	39.23	56	12.73	0.0575	0.0018	0.0016	3.006	73.4	73.4	95	575.27	8.03	0.2696	0.4665	255.974	99.192	318.316	0.00416	0.019	1481792
208.07	946.8	0.98	43.103	0.444	1.513	21.98	0.327	38.12	61	12.79	0.065	0.0023	0.0023	3.994	73.4	73.4	95	574.82	8.05	0.27	0.4669	256.678	99.459	318.396	0.00367	0.026	1481687
208.52	1103.6	0.98	42.98	0.441	1.75	25.41	0.296	37.5	65	12.83	0.068	0.0026	0.0028	4.632	73.4	73.4	95	574.55	8.05	0.2703	0.4672	257.237	99.67	318.455	0.00336	0.029	1481614
209.02	1272	0.98	42.985	0.439	2.012	29.21	0.267	36.92	69	12.87	0.0705	0.003	0.0035	5.34	73.4	73.4	95	574.22	8.06	0.2707	0.4677	257.935	99.934	318.525	0.00304	0.037	1481533
209.55	1447.8	0.98	42.758	0.439	2.292	33.29	0.242	36.42	73	12.9	0.0727	0.0034	0.0042	6.099	73.4	73.4	95	573.89	8.07	0.2712	0.4682	258.776	100.25	318.606	0.00272	0.042	1481448
210.01	1604.1	0.98	42.902	0.442	2.553	37.08	0.224	36.08	77	12.92	0.075	0.0037	0.0049	6.806	73.4	73.4	95	573.69	8.08	0.2716	0.4688	259.621	100.567	318.684	0.00246	0.045	1481372
210.51	1768.9	0.98	42.679	0.442	2.821	40.97	0.21	35.83	82	12.94	0.0777	0.0041	0.0058	7.532	73.4	73.4	95	573.5	8.09	0.2722	0.4696	260.613	100.939	318.772	0.00221	0.048	1481294

tau	nd	alf	MK	ETAV	GT	GV	CO1	CH1	NOX1	CO21	GCO1	GCH1	GNOX1	GCO21	ECO	ECH	ENOX	Тн	gCO	gCH	gNOx	gCO2	gpal	Tw	gH2O2	NTEG	QACB
211.02	1939.9	0.98	42.757	0.448	3.152	45.78	0.202	36.04	86	12.99	0.0838	0.0046	0.0068	8.448	73.4	73.4	95	573.1	8.11	0.2728	0.4705	261.772	101.371	318.87	0	0.067	1481325
211.21	2000.3	0.98	43.075	0.451	3.274	47.54	0.2	36.02	88	12.99	0.0861	0.0048	0.0072	8.775	73.4	73.4	95	572.87	8.11	0.273	0.4709	262.211	101.535	318.906	0	0.071	1481338
Постійна швидкість																											
211.27	2014	0.98	5.075	0.198	1.429	20.76	0.22	41.98	44	12.88	0.0413	0.0024	0.0016	3.799	73.4	73.4	95	572.9	8.11	0.2731	0.4709	262.273	101.559	318.914	0.00458	0.025	1481326
213.05	2014	0.98	5.092	0.199	1.435	20.85	0.22	41.93	44	12.88	0.0414	0.0024	0.0016	3.816	73.4	73.4	95	573.85	8.13	0.2743	0.4717	264.168	102.271	319.149	0.00458	0.025	1480989
215.02	2014	0.98	5.099	0.199	1.436	20.85	0.22	41.93	44	12.88	0.0414	0.0024	0.0016	3.816	73.4	73.4	95	574.88	8.15	0.2756	0.4725	266.252	103.055	319.408	0.00458	0.025	1480618
217.04	2014	0.98	5.113	0.199	1.436	20.86	0.22	41.92	44	12.88	0.0414	0.0024	0.0016	3.818	73.4	73.4	95	575.91	8.18	0.277	0.4734	268.4	103.863	319.675	0.00458	0.025	1480235
219.25	2014	0.98	5.126	0.199	1.436	20.86	0.22	41.92	44	12.88	0.0414	0.0024	0.0016	3.819	73.4	73.4	95	577.01	8.2	0.2785	0.4744	270.738	104.743	319.965	0.00458	0.025	1479819
Сповільнення																											
219.31	2014	0.98	-31.75	0.211	0	22.4	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	576.85	8.2	0.2785	0.4744	270.738	104.743	319.966	0	0.025	1479820
221.32	1348.2	0.98	-27.53	0.211	0	14.99	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	572.28	8.2	0.2785	0.4744	270.738	104.743	319.982	0	0.017	1479862
Сповільнення з виключеним зчепленням, холостий хід																											
221.42	1283.7	0.98	0.255	0.246	1.12	16.27	0.307	41.38	40	12.7	0.0452	0.0019	0.0011	2.936	73.4	73.4	95	572.46	8.2	0.2785	0.4744	270.814	104.772	319.99	0.00934	0.039	1479834
223.01	1282.1	0.98	-0.165	0.241	1.094	15.89	0.309	41.67	39	12.7	0.0444	0.0018	0.0011	2.868	73.4	73.4	95	575.57	8.22	0.2793	0.4749	272.088	105.258	320.132	0.00935	0.038	1479356
225.07	1280.1	0.98	-0.117	0.241	1.094	15.89	0.309	41.65	39	12.7	0.0445	0.0018	0.0011	2.868	73.4	73.4	95	579.53	8.25	0.2804	0.4755	273.732	105.885	320.316	0.00936	0.038	1478739
227.04	1278.1	0.98	-0.126	0.24	1.087	15.78	0.31	41.73	39	12.7	0.0443	0.0018	0.0011	2.847	73.4	73.4	95	583.23	8.27	0.2814	0.4761	275.293	106.481	320.492	0.00937	0.036	1478151
229.01	1276.1	0.98	0.286	0.246	1.111	16.13	0.309	41.44	40	12.7	0.045	0.0019	0.0011	2.91	73.4	73.4	95	586.89	8.3	0.2824	0.4767	276.872	107.083	320.668	0.00939	0.038	1477556
231.08	1274	0.98	-0.119	0.24	1.082	15.71	0.311	41.76	38	12.7	0.0442	0.0018	0.001	2.834	73.4	73.4	95	590.65	8.32	0.2835	0.4773	278.528	107.715	320.853	0.0094	0.036	1476932
233.06	1272	0.98	-0.021	0.242	1.089	15.82	0.311	41.66	39	12.7	0.0445	0.0018	0.0011	2.854	73.4	73.4	95	594.16	8.35	0.2845	0.4779	280.089	108.311	321.028	0.00942	0.037	1476343
235.04	1270	0.98	0.114	0.242	1.089	15.81	0.311	41.65	39	12.7	0.0445	0.0018	0.0011	2.853	73.4	73.4	95	597.62	8.37	0.2855	0.4785	281.66	108.911	321.204	0.00943	0.036	1475749
237.03	1267.9	0.98	0.298	0.244	1.098	15.95	0.311	41.53	39	12.7	0.0448	0.0018	0.0011	2.878	73.4	73.4	95	601.03	8.4	0.2865	0.4791	283.246	109.516	321.381	0.00945	0.037	1475149
239.02	1265.9	0.98	0.171	0.244	1.092	15.86	0.311	41.59	39	12.7	0.0447	0.0018	0.0011	2.862	73.4	73.4	95	604.37	8.42	0.2875	0.4797	284.814	110.115	321.557	0.00946	0.037	1474555
241.01	1263.8	0.98	-0.05	0.241	1.078	15.65	0.313	41.75	38	12.69	0.0443	0.0018	0.001	2.823	73.4	73.4	95	607.64	8.45	0.2885	0.4802	286.375	110.71	321.732	0.00947	0.037	1473963
243.01	1261.8	0.98	-0.253	0.237	1.06	15.39	0.315	41.95	38	12.69	0.0438	0.0018	0.001	2.776	73.4	73.4	95	610.84	8.47	0.2895	0.4808	287.926	111.303	321.907	0.00949	0.035	1473372
245.01	1259.7	0.98	0.073	0.242	1.079	15.67	0.313	41.7	39	12.69	0.0444	0.0018	0.0011	2.826	73.4	73.4	95	613.98	8.5	0.2905	0.4814	289.481	111.896	322.083	0.0095	0.037	1472781
245.48	1259.2	0.98	0.002	0.24	1.07	15.54	0.314	41.81	38	12.69	0.0441	0.0018	0.001	2.802	73.4	73.4	95	614.73	8.5	0.2907	0.4815	289.853	112.038	322.124	0.00951	0.036	1472640
Прискорення																											
245.65	700	0.98	35.449	0.399	1.001	14.54	0.399	39.95	52	12.7	0.0525	0.0016	0.0013	2.622	73.4	73.4	95	614.6	8.5	0.2908	0.4816	289.978	112.086	322.14	0.005	0.017	1472614
246.11	827.4	0.98	35.511	0.392	1.165	16.92	0.369	39.39	55	12.73	0.0564	0.0019	0.0016	3.06	73.4	73.4	95	614.24	8.51	0.291	0.4818	290.348	112.227	322.186	0.00465	0.019	1472544
246.51	936.9	0.98	35.373	0.39	1.312	19.06	0.343	38.88	57	12.76	0.0592	0.0021	0.0019	3.456	73.4	73.4	95	613.92	8.52	0.2912	0.482	290.715	112.367	322.229	0.00436	0.021	1472479
247.09	1094.6	0.98	35.108	0.384	1.512	21.96	0.311	38.28	60	12.8	0.0617	0.0023	0.0023	3.994	73.4	73.4	95	613.43	8.53	0.2916	0.4823	291.326	112.598	322.298	0.00395	0.024	1472381
247.51	1205.6	0.98	35.036	0.385	1.668	24.22	0.289	37.82	62	12.83	0.0634	0.0025	0.0026	4.416	73.4	73.4	95	613.1	8.53	0.2919	0.4826	291.814	112.783	322.35	0.00367	0.027	1472310
248.06	1354.9	0.98	35.562	0.387	1.885	27.37	0.263	37.25	66	12.86	0.0652	0.0028	0.0031	5.002	73.4	73.4	95	612.55	8.54	0.2923	0.483	292.55	113.06	322.426	0.00332	0.034	1472214
248.49	1467.5	0.98	35.117	0.386	2.038	29.6	0.247	36.91	69	12.89	0.0661	0.003	0.0035	5.419	73.4	73.4	95	612.16	8.55	0.2927	0.4834	293.167	113.292	322.487	0.00308	0.035	1472143
249.03	1611.9	0.98	35.402	0.39	2.262	32.85	0.229	36.48	73	12.91	0.0679	0.0033	0.0041	6.025	73.4	73.4	95	611.7	8.56	0.2931	0.484	294.036	113.619	322.571	0.00278	0.035	1472051
249.52	1744.2	0.98	35.041	0.39	2.45	35.58	0.215	36.21	76	12.93	0.0693	0.0036	0.0047	6.534	73.4	73.4	95	611.3	8.57	0.2936	0.4846	294.91	113.947	322.653	0.00254	0.039	1471968
250.05	1883.9	0.98	35.459	0.396	2.69	39.07	0.205	35.93	81	12.94	0.0722	0.0039	0.0054	7.184	73.4	73.4	95	610.8	8.58	0.2942	0.4853	295.921	114.325	322.745	0.00231	0.052	1471884
250.54	2013.9	0.98	35.336	0.398	2.889	41.96	0.198	35.8	84	12.95	0.0752	0.0042	0.0061	7.721	73.4	73.4	95	610.12	8.59	0.2947	0.4861	296.937	114.706	322.835	0.00213	0.058	1471813
Переключення передачі																											
250.64	1250.7	0.98	0.01	0.239	1.059	15.39	0.316	41.88	38	12.69	0.044	0.0018	0.001	2.774	73.4	73.4	95	610.27	8.59	0.2948	0.4862	297.011	114.734	322.844	0.00957	0.036	1471785
252.56	1248.6	0.98	-0.106	0.238	1.051	15.27	0.317	41.97	37	12.69	0.0438	0.0018	0.001	2.752	73.4	73.4	95	613.26	8.62	0.2957	0.4867	298.494	115.3	323.011	0.00958	0.035	1471215
Прискорення																											
252.66	1221	0.98	54.105	0.516	2.273	33.02	0.264	37.31	70	12.88	0.0788	0.0034	0.004	6.04	73.4	73.4	95	613.1	8.62	0.2958	0.4868	298.659	115.362	323.026	0.00266	0.043	1471200
253.03	1326.5	0.98	54.016	0.517	2.471	35.89	0.249	37.05	73	12.89	0.0808	0.0037	0.0045	6.574	73.4	73.4	95	612.48	8.63	0.2962	0.4873	299.317	115.61	323.086	0.00251	0.05	1471144
253.54	1470.3	0.98	53.894	0.52	2.773	40.28	0.235	37.24	76	12.96	0.0855	0.0042	0.0052	7.414	73.4	73.4	95	611.79	8.64	0.2967	0.488	300.316	115.985	323.173	0	0.054	1471117
254.01	1601.1	0.98	53.75	0.518	3.008	43.69	0.222	37	80	12.97	0.0878	0.0045	0.006	8.05	73.4	73.4	95	611.16	8.65	0.2973	0.4887	301.326	116.362	323.258	0	0.054	1471142
254.51	1741.2	0.98	53.969	0.521	3.29	47.78	0.213	36.9	84	12.98	0.0918	0.0049	0.0068	8.81	73.4	73.4	95	610.4	8.66	0.298	0.4896	302.505	116.803	323.354	0	0.065	1471172
255.03	1888.5	0.98	53.821	0.522	3.575	51.92	0.206	36.85	88	12.99	0.0968	0.0053	0.0078	9.578	73.4	73.4	95	609.32	8.68	0.2987	0.4907	303.859	117.308	323.462	0	0.081	1471212
255.52	2025	0.98	54.177	0.528	3.875	56.27	0.205	37	92	12.99	0.1041	0.0058	0.0089	10.383	73.4	73.4	95	607.97	8.69	0.2995	0.4918	305.22	117.816	323.568	0	0.091	1471254
256.03	2168.2	0.98	53.842	0.531	4.177	60.67	0.207	37.21	97	12.99	0.1133	0.0063	0.01	11.192	73.4	73.4	95	606.72	8.71	0.3003	0.4932	306.765	118.392	323.685	0	0.102	1471304
256.51	2302.5	0.98	53.926	0.534	4.457	64.73	0.212	37.47	101	12.98	0.1241	0.0067	0.0112	11.937	73.4	73.4	95	606.09	8.72	0.3012	0.4946	308.32	118.973	323.802	0	0.105	1471354
257.02	2443	0.98	54.032	0.534	4.731	68.71	0.221	37.77	105	12.97	0.1373	0.0072	0.0124	12.661	73.4	73.4	95	605.5	8.74	0.3022	0.4962	310.049	119.619	323.929	0	0.101	1471406
257.59	2601.5	0.98	53.851	0.534	5.035	73.13	0.235	38.19	111	12.96	0.1556	0.0078	0.0138	13.461	73.4	73.4	95	604.61	8.76	0.3034	0.4983	312.117	120.392	324.079	0	0.103	1471464
Постійна швидкість																											
257.63	2606	0.98	8.959	0.241	2.26	32.83	0.199	39.4	71	12.94	0.0591	0.0036	0.004	6.035	73.4	73.4	95	604.62	8.76	0.3034	0.4984	312.194	120.421	324.087	0.00273	0.037	1471456
259.02	2606	0.98	8.829	0.24	2.256	32.76	0.199	39.42	71	12.94	0.0589	0.0036	0.004	6.022	73.4	73.4	95	604.92	8.79	0.3048	0.4999	314.505	121.286	324.326	0.00273	0.037	1471231
261	2606	0.98	8.846	0.241	2.256	32.77	0.199	39.42	71	12.94	0.059	0.0036	0.004	6.024	73.4	73.4	95	605.33	8.82	0.3068	0.5021	317.817	122.527	324.669	0.00273	0.037	1470908
263.02	2606	0.98	8.861	0.241	2.257	32.78	0.199	39.42	71	12.94	0.059	0.0036	0.004	6.025	73.4	73.4	95	605.74	8.85	0.3088	0.5044	321.208	123.797	325.019	0.00273	0.037	1470578

tau	nd	alf	MK	ETAV	GT	GV	CO1	CH1	NOX1	CO21	GCO1	GCH1	GNOX1	GCO21	ECO	ECH	ENOX	Тн	gCO	gCH	gNOx	gCO2	gpal	Tw	gH2O2	NTEG	QACB
265	2606	0.98	8.877	0.241	2.257	32.78	0.199	39.42	71	12.94	0.059	0.0036	0.004	6.027	73.4	73.4	95	606.13	8.88	0.3108	0.5066	324.522	125.038	325.362	0.00273	0.037	1470256
267.03	2606	0.98	8.893	0.241	2.258	32.79	0.199	39.41	71	12.94	0.059	0.0036	0.004	6.028	73.4	73.4	95	606.52	8.92	0.3128	0.5088	327.915	126.309	325.712	0.00273	0.037	1469926
269.01	2606	0.98	8.908	0.241	2.258	32.8	0.199	39.41	71	12.94	0.059	0.0036	0.004	6.03	73.4	73.4	95	606.89	8.95	0.3148	0.511	331.231	127.551	326.055	0.00273	0.037	1469604
271.04	2606	0.98	8.924	0.241	2.259	32.81	0.199	39.41	71	12.94	0.059	0.0036	0.004	6.031	73.4	73.4	95	607.26	8.98	0.3168	0.5133	334.625	128.822	326.405	0.00273	0.037	1469274
273.02	2606	0.98	8.94	0.241	2.26	32.82	0.199	39.41	71	12.94	0.059	0.0036	0.004	6.033	73.4	73.4	95	607.61	9.02	0.3188	0.5155	337.942	130.065	326.748	0.00273	0.037	1468951
275	2606	0.98	8.956	0.241	2.26	32.82	0.199	39.4	71	12.94	0.0591	0.0036	0.004	6.034	73.4	73.4	95	607.96	9.05	0.3207	0.5177	341.261	131.308	327.09	0.00273	0.037	1468628
277.02	2606	0.98	8.972	0.241	2.261	32.83	0.199	39.4	71	12.94	0.0591	0.0036	0.004	6.036	73.4	73.4	95	608.3	9.08	0.3228	0.52	344.658	132.58	327.441	0.00273	0.037	1468298
279	2606	0.98	8.988	0.241	2.261	32.84	0.199	39.4	71	12.94	0.0591	0.0036	0.004	6.037	73.4	73.4	95	608.62	9.11	0.3247	0.5222	347.978	133.823	327.783	0.00273	0.037	1467976
281.03	2606	0.98	9.004	0.241	2.262	32.85	0.199	39.4	71	12.94	0.0591	0.0036	0.004	6.039	73.4	73.4	95	608.95	9.15	0.3267	0.5244	351.376	135.096	328.134	0.00273	0.037	1467646
281.63	2606	0.98	9.008	0.241	2.262	32.85	0.199	39.39	71	12.94	0.0591	0.0036	0.004	6.039	73.4	73.4	95	609.04	9.16	0.3273	0.5251	352.38	135.472	328.237	0.00273	0.037	1467548
Сповільнення																											
281.67	2606	0.98	-36.88	0.257	0	35.2	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	608.82	9.16	0.3273	0.5251	352.38	135.472	328.237	0	0.037	1467550
283.05	2299.8	0.98	-34.78	0.257	0	31.07	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	602.8	9.16	0.3273	0.5251	352.38	135.472	328.25	0	0.033	1467599
285.01	1862	0.98	-31.74	0.257	0	25.15	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	595.64	9.16	0.3273	0.5251	352.38	135.472	328.267	0	0.026	1467659
287	1422.3	0.98	-29.05	0.257	0	19.21	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	590.07	9.16	0.3273	0.5251	352.38	135.472	328.284	0	0.02	1467706
289.02	978.5	0.98	-27.09	0.257	0	13.22	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	586	9.16	0.3273	0.5251	352.38	135.472	328.3	0	0.014	1467741
289.69	832.5	0.98	-26.68	0.257	0	11.25	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	584.99	9.16	0.3273	0.5251	352.38	135.472	328.306	0	0.012	1467750
Сповільнення з виключеним зчепленням, холостий хід																											
289.79	1180.7	0.98	0.277	0.241	1.006	14.61	0.33	42.09	37	12.67	0.0435	0.0017	0.0009	2.629	73.4	73.4	95	585.15	9.16	0.3274	0.5251	352.454	135.501	328.314	0.01007	0.036	1467720
292.03	1178.3	0.98	-0.066	0.233	0.97	14.09	0.333	42.54	35	12.66	0.0425	0.0017	0.0008	2.534	73.4	73.4	95	588.59	9.18	0.3284	0.5257	354.044	136.109	328.498	0.01008	0.034	1467074
294.07	1176	0.98	0.121	0.235	0.976	14.18	0.333	42.44	35	12.66	0.0427	0.0017	0.0009	2.551	73.4	73.4	95	591.67	9.21	0.3294	0.5262	355.497	136.665	328.665	0.0101	0.034	1466481
296.01	1173.8	0.98	0.25	0.237	0.984	14.29	0.333	42.32	36	12.66	0.043	0.0017	0.0009	2.571	73.4	73.4	95	594.56	9.23	0.3303	0.5266	356.882	137.195	328.824	0.01012	0.035	1465916
298.06	1171.5	0.98	-0.094	0.233	0.967	14.05	0.334	42.52	35	12.66	0.0425	0.0017	0.0008	2.527	73.4	73.4	95	597.53	9.26	0.3312	0.5271	358.33	137.75	328.991	0.01013	0.035	1465323
300	1169.3	0.98	-0.164	0.233	0.962	13.97	0.335	42.58	34	12.66	0.0423	0.0017	0.0008	2.512	73.4	73.4	95	600.3	9.28	0.3321	0.5276	359.701	138.274	329.149	0.01015	0.034	1464762
302.06	1167	0.98	-0.056	0.234	0.964	14.01	0.335	42.53	35	12.66	0.0425	0.0017	0.0008	2.519	73.4	73.4	95	603.16	9.3	0.3331	0.5281	361.138	138.824	329.316	0.01017	0.035	1464172
304.01	1164.8	0.98	0.092	0.235	0.969	14.07	0.335	42.46	35	12.66	0.0427	0.0017	0.0009	2.531	73.4	73.4	95	605.84	9.33	0.334	0.5285	362.51	139.35	329.475	0.01018	0.035	1463608
306.08	1162.5	0.98	0.221	0.237	0.973	14.12	0.335	42.39	35	12.66	0.0428	0.0017	0.0009	2.54	73.4	73.4	95	608.61	9.35	0.3349	0.529	363.96	139.905	329.642	0.0102	0.035	1463011
308.04	1160.3	0.98	0.087	0.233	0.958	13.91	0.337	42.57	34	12.66	0.0424	0.0016	0.0008	2.502	73.4	73.4	95	611.18	9.37	0.3358	0.5295	365.32	140.425	329.8	0.01022	0.034	1462450
310.01	1158.1	0.98	-0.007	0.232	0.951	13.82	0.338	42.65	34	12.65	0.0422	0.0016	0.0008	2.484	73.4	73.4	95	613.72	9.4	0.3367	0.5299	366.685	140.948	329.959	0.01023	0.034	1461887
312.08	1155.7	0.98	0.108	0.233	0.954	13.86	0.338	42.59	34	12.65	0.0423	0.0016	0.0008	2.492	73.4	73.4	95	616.34	9.42	0.3377	0.5304	368.116	141.496	330.125	0.01025	0.034	1461294
313.74	1153.8	0.98	-0.281	0.229	0.934	13.57	0.34	42.85	33	12.65	0.0417	0.0016	0.0008	2.44	73.4	73.4	95	618.41	9.44	0.3384	0.5308	369.259	141.934	330.258	0.01026	0.033	1460820
Прискорення																											
313.92	700	0.98	35.363	0.396	0.993	14.43	0.401	40.02	52	12.69	0.0522	0.0016	0.0013	2.602	73.4	73.4	95	618.28	9.44	0.3385	0.5308	369.383	141.981	330.274	0.00501	0.017	1460795
314.51	865.5	0.98	35.087	0.388	1.205	17.5	0.361	39.29	55	12.74	0.0571	0.0019	0.0017	3.167	73.4	73.4	95	617.81	9.45	0.3388	0.5311	369.873	142.168	330.334	0.00456	0.019	1460702
315.02	1003.1	0.98	35.405	0.387	1.394	20.24	0.33	38.64	58	12.78	0.0603	0.0022	0.002	3.675	73.4	73.4	95	617.38	9.46	0.3391	0.5314	370.361	142.353	330.39	0.00419	0.024	1460620
315.57	1151.5	0.98	35.311	0.385	1.593	23.13	0.299	38.03	61	12.82	0.0626	0.0024	0.0024	4.213	73.4	73.4	95	616.93	9.47	0.3394	0.5317	370.969	142.583	330.456	0.00382	0.025	1460526
316.05	1282.5	0.98	35.111	0.383	1.765	25.63	0.276	37.57	64	12.85	0.064	0.0027	0.0028	4.679	73.4	73.4	95	616.48	9.48	0.3398	0.5321	371.578	142.813	330.52	0.0035	0.031	1460442
316.5	1401	0.98	35.051	0.385	1.942	28.2	0.257	37.12	67	12.87	0.0654	0.0029	0.0032	5.158	73.4	73.4	95	616.02	9.49	0.3401	0.5324	372.192	143.044	330.581	0.00323	0.035	1460367
317.06	1551.7	0.98	35.207	0.387	2.163	31.42	0.236	36.66	71	12.9	0.067	0.0032	0.0038	5.758	73.4	73.4	95	615.53	9.5	0.3406	0.533	373.056	143.369	330.665	0.00291	0.035	1460271
317.51	1669.9	0.98	35.106	0.389	2.339	33.97	0.222	36.37	74	12.92	0.0683	0.0034	0.0043	6.233	73.4	73.4	95	615.14	9.51	0.341	0.5335	373.799	143.648	330.736	0.00268	0.036	1460196
318.05	1815.4	0.98	35.134	0.39	2.553	37.08	0.21	36.09	78	12.94	0.0703	0.0037	0.005	6.815	73.4	73.4	95	614.68	9.52	0.3416	0.5342	374.799	144.023	330.828	0.00243	0.039	1460105
318.5	1933.7	0.98	35.246	0.394	2.744	39.84	0.202	35.91	82	12.95	0.0727	0.004	0.0056	7.329	73.4	73.4	95	614.16	9.53	0.3421	0.5349	375.682	144.354	330.907	0.00224	0.055	1460037
318.8	2013.9	0.98	35.373	0.396	2.876	41.77	0.198	35.82	84	12.95	0.0748	0.0042	0.006	7.686	73.4	73.4	95	613.71	9.53	0.3424	0.5354	376.316	144.591	330.963	0.00213	0.058	1459994
Переключення передачі																											
318.91	1143.7	0.98	0.125	0.235	0.951	13.81	0.34	42.55	35	12.65	0.0424	0.0016	0.0008	2.483	73.4	73.4	95	613.84	9.53	0.3425	0.5354	376.389	144.619	330.971	0.01034	0.034	1459964
320.9	1141.4	0.98	0.261	0.235	0.949	13.78	0.34	42.56	34	12.65	0.0424	0.0016	0.0008	2.477	73.4	73.4	95	616.33	9.56	0.3434	0.5359	377.754	145.142	331.13	0.01035	0.034	1459391
Прискорення																											
321	1221	0.98	38.843	0.41	1.799	26.13	0.281	37.37	65	12.84	0.0664	0.0027	0.0029	4.768	73.4	73.4	95	616.23	9.56	0.3434	0.5359	377.884	145.191	331.144	0.0034	0.031	1459375
321.56	1324.1	0.98	38.606	0.41	1.954	28.37	0.264	37.01	68	12.87	0.0677	0.0029	0.0033	5.186	73.4	73.4	95	615.59	9.57	0.3439	0.5364	378.665	145.486	331.222	0.00318	0.036	1459281
322	1404.2	0.98	38.642	0.411	2.077	30.17	0.252	36.75	70	12.88	0.0687	0.0031	0.0036	5.521	73.4	73.4	95	615.1	9.58	0.3442	0.5368	379.316	145.731	331.286	0.00301	0.038	1459209
322.49	1494.6	0.98	38.665	0.41	2.205	32.02	0.24	36.52	72	12.9	0.0694	0.0032	0.004	5.866	73.4	73.4	95	614.64	9.59	0.3447	0.5374	380.101	146.026	331.361	0.00284	0.037	1459127
323.04	1593.5	0.98	38.525	0.41	2.352	34.15	0.228	36.29	74	12.91	0.0704	0.0034	0.0044	6.265	73.4	73.4	95	614.12	9.6	0.3452	0.538	381.018	146.37	331.447	0.00266	0.038	1459038
323.55	1686.6	0.98	38.632	0.412	2.507	36.41	0.218	36.08	77	12.93	0.0719	0.0036	0.0048	6.685	73.4	73.4	95	613.63	9.61	0.3457	0.5387	381.94	146.716	331.532	0.0025	0.04	1458953
324.03	1774.7	0.98	38.885	0.415	2.654	38.54	0.211	35.92	80	12.94	0.0735	0.0038	0.0053	7.083	73.4	73.4	95	613.19	9.62	0.3462	0.5393	382.865	147.063	331.615	0.00235	0.042	1458874
324.56	1870.4	0.98	38.892	0.418	2.818	40.93	0.204	35.78	83	12.95	0.0756	0.0041	0.0058	7.528	73.4	73.4	95	612.59	9.63	0.3468	0.5401	383.93	147.462	331.709	0.00221	0.057	1458796
325.05	1961.4	0.98	38.305	0.416	2.94	42.69	0.2	35.72	85	12.95	0.0771	0.0042	0.0062	7.855	73.4	73.4	95	611.86	9.64	0.3473	0.541	384.999	147.862	331.802	0.00209	0.06	1458725
325.53	2048.3	0.98	38.331	0.42	3.117	45.27	0.199	36.01	87	12.99	0.0814	0.0045	0.0067	8.357	73.4	73.4	95	611.01	9.65	0.3479	0.5418	386.089	148.268	331.894	0	0.066	1458743
326.05	2141.8	0.98	38.703	0.425	3.297	47.89	0.197	35.97	90	13	0.0854	0.0048	0.0074	8.84	73.4	73.4	95	610.05	9.66	0.3486	0.5429	387.323	148.729	331.996	0	0.07	1458779

tau	nd	alf	MK	ETAV	GT	GV	CO1	CH1	NOX1	CO21	GCO1	GCH1	GNOX1	GCO21	ECO	ECH	ENOX	Тн	gCO	gCH	gNOx	gCO2	gpal	Tw	gH2O2	NTEG	QACB
326.54	2231.4	0.98	38.714	0.428	3.465	50.33	0.198	35.98	93	13	0.0899	0.005	0.008	9.291	73.4	73.4	95	609.3	9.67	0.3493	0.5439	388.565	149.192	332.097	0	0.074	1458815
327.01	2317.5	0.98	38.705	0.43	3.608	52.4	0.199	36.03	96	12.99	0.0943	0.0052	0.0086	9.673	73.4	73.4	95	608.79	9.69	0.3499	0.545	389.814	149.658	332.198	0	0.074	1458850
327.52	2409.6	0.98	38.641	0.43	3.753	54.51	0.202	36.12	99	12.99	0.0997	0.0055	0.0092	10.06	73.4	73.4	95	608.36	9.7	0.3507	0.5463	391.204	150.176	332.31	0	0.072	1458887
328.01	2498.3	0.98	38.36	0.428	3.876	56.29	0.207	36.23	101	12.99	0.1052	0.0057	0.0097	10.384	73.4	73.4	95	607.92	9.71	0.3514	0.5476	392.594	150.695	332.42	0	0.07	1458922
328.53	2592.3	0.98	38.652	0.432	4.058	58.94	0.214	36.41	105	12.98	0.1138	0.006	0.0105	10.868	73.4	73.4	95	607.37	9.73	0.3523	0.549	394.13	151.269	332.54	0	0.073	1458960
329.03	2683	0.98	38.667	0.434	4.216	61.23	0.222	36.61	108	12.97	0.1227	0.0062	0.0113	11.282	73.4	73.4	95	606.8	9.75	0.3531	0.5505	395.671	151.845	332.66	0	0.075	1458996
329.51	2770.8	0.98	38.396	0.433	4.352	63.21	0.231	36.84	110	12.96	0.1317	0.0065	0.0119	11.639	73.4	73.4	95	606.26	9.76	0.354	0.5521	397.215	152.422	332.778	0	0.079	1459033
329.94	2848.2	0.98	38.802	0.438	4.518	65.61	0.241	37.09	113	12.95	0.1427	0.0068	0.0127	12.072	73.4	73.4	95	605.82	9.78	0.3548	0.5536	398.62	152.947	332.885	0	0.085	1459068
Переключення передачі																											
330.04	1115.7	0.98	0.034	0.231	0.909	13.2	0.348	42.93	33	12.64	0.0415	0.0016	0.0008	2.371	73.4	73.4	95	605.96	9.78	0.3548	0.5536	398.691	152.974	332.893	0.01055	0.032	1459038
331.98	1113.4	0.98	-0.037	0.229	0.903	13.11	0.349	43	32	12.64	0.0413	0.0016	0.0007	2.354	73.4	73.4	95	608.46	9.8	0.3557	0.554	399.957	153.46	333.043	0.01056	0.032	1458496
Прискорення																											
332.04	1887	0.98	49.605	0.491	3.362	48.83	0.205	36.37	87	12.99	0.0905	0.0049	0.0073	9.008	73.4	73.4	95	608.33	9.8	0.3558	0.5541	400.116	153.519	333.056	0	0.067	1458500
332.55	1937.8	0.98	49.81	0.494	3.472	50.43	0.203	36.39	89	12.99	0.0928	0.0051	0.0077	9.305	73.4	73.4	95	607.27	9.82	0.3565	0.5552	401.395	153.996	333.158	0	0.079	1458538
333.03	1987.4	0.98	49.344	0.493	3.554	51.62	0.202	36.38	90	12.99	0.0944	0.0052	0.008	9.525	73.4	73.4	95	606.13	9.83	0.3572	0.5562	402.675	154.474	333.259	0	0.081	1458578
333.51	2035.7	0.98	49.639	0.496	3.658	53.12	0.202	36.42	92	12.99	0.0969	0.0054	0.0083	9.803	73.4	73.4	95	604.93	9.84	0.3579	0.5573	403.958	154.953	333.359	0	0.084	1458618
334.03	2088.8	0.98	49.658	0.498	3.769	54.73	0.202	36.47	93	12.99	0.0998	0.0055	0.0087	10.101	73.4	73.4	95	603.65	9.86	0.3587	0.5586	405.406	155.493	333.472	0	0.088	1458663
334.54	2140.5	0.98	49.338	0.498	3.864	56.13	0.202	36.5	95	12.99	0.1025	0.0057	0.0091	10.357	73.4	73.4	95	602.58	9.87	0.3594	0.5598	406.859	156.035	333.584	0	0.091	1458709
335.04	2191	0.98	49.326	0.499	3.967	57.62	0.203	36.57	97	12.99	0.1058	0.0059	0.0095	10.632	73.4	73.4	95	601.78	9.88	0.3602	0.5611	408.315	156.579	333.696	0	0.093	1458755
335.53	2240.3	0.98	49.464	0.502	4.076	59.19	0.205	36.66	98	12.99	0.1095	0.006	0.0099	10.921	73.4	73.4	95	601.19	9.9	0.3611	0.5624	409.78	157.125	333.808	0	0.095	1458802
336.01	2288.6	0.98	49.627	0.503	4.175	60.64	0.207	36.75	100	12.99	0.1132	0.0062	0.0103	11.186	73.4	73.4	95	600.74	9.91	0.3619	0.5638	411.246	157.672	333.919	0	0.095	1458846
336.52	2341.1	0.98	49.411	0.503	4.265	61.94	0.209	36.82	101	12.98	0.1169	0.0063	0.0107	11.425	73.4	73.4	95	600.33	9.93	0.3628	0.5653	412.875	158.28	334.042	0	0.095	1458896
337.03	2392.4	0.98	49.782	0.504	4.375	63.54	0.212	36.95	103	12.98	0.1217	0.0065	0.0112	11.717	73.4	73.4	95	599.92	9.95	0.3637	0.5669	414.505	158.889	334.165	0	0.093	1458944
337.53	2442.7	0.98	49.368	0.501	4.438	64.46	0.214	36.98	105	12.98	0.125	0.0066	0.0115	11.884	73.4	73.4	95	599.48	9.96	0.3646	0.5684	416.134	159.497	334.286	0	0.092	1458990
338.01	2491.9	0.98	49.807	0.505	4.557	66.19	0.219	37.15	106	12.97	0.1308	0.0068	0.012	12.199	73.4	73.4	95	598.98	9.98	0.3655	0.57	417.762	160.105	334.407	0	0.093	1459034
338.53	2545	0.98	49.532	0.503	4.645	67.46	0.223	37.25	108	12.97	0.1359	0.007	0.0125	12.429	73.4	73.4	95	598.39	10	0.3665	0.5718	419.551	160.774	334.538	0	0.093	1459082
339	2592.2	0.98	49.41	0.503	4.727	68.64	0.227	37.37	109	12.97	0.1409	0.0071	0.0129	12.644	73.4	73.4	95	597.85	10.02	0.3674	0.5734	421.181	161.383	334.658	0	0.093	1459126
339.51	2643.3	0.98	49.413	0.503	4.822	70.02	0.232	37.51	111	12.96	0.147	0.0073	0.0133	12.893	73.4	73.4	95	597.27	10.04	0.3684	0.5753	422.974	162.054	334.788	0	0.094	1459173
340	2693.4	0.98	49.675	0.506	4.94	71.74	0.238	37.73	113	12.95	0.1546	0.0075	0.0139	13.202	73.4	73.4	95	596.73	10.06	0.3694	0.5772	424.769	162.725	334.918	0	0.097	1459220
Постійна швидкість																											
340.04	2696	0.98	15.703	0.287	2.791	40.53	0.204	37.92	85	12.95	0.0747	0.0043	0.0059	7.454	73.4	73.4	95	596.74	10.06	0.3695	0.5772	424.861	162.759	334.927	0.0022	0.044	1459213
342	2696	0.98	15.387	0.283	2.748	39.91	0.204	38.05	84	12.95	0.0735	0.0042	0.0058	7.339	73.4	73.4	95	596.97	10.1	0.3718	0.5804	428.872	164.261	335.305	0.0022	0.043	1458916
344.01	2696	0.98	15.627	0.285	2.771	40.25	0.204	37.98	85	12.95	0.0742	0.0042	0.0058	7.403	73.4	73.4	95	597.2	10.14	0.3742	0.5836	432.974	165.797	335.69	0.0022	0.043	1458612
346.01	2696	0.98	15.426	0.283	2.749	39.93	0.204	38.05	84	12.95	0.0736	0.0042	0.0058	7.344	73.4	73.4	95	597.43	10.18	0.3765	0.5869	437.076	167.332	336.076	0.0022	0.043	1458308
348.01	2696	0.98	15.666	0.285	2.773	40.27	0.204	37.98	85	12.95	0.0742	0.0042	0.0059	7.407	73.4	73.4	95	597.65	10.22	0.3789	0.5901	441.179	168.869	336.462	0.0022	0.043	1458004
350.02	2696	0.98	15.462	0.283	2.751	39.95	0.204	38.05	84	12.95	0.0736	0.0042	0.0058	7.347	73.4	73.4	95	597.86	10.27	0.3812	0.5933	445.283	170.405	336.848	0.0022	0.043	1457700
352.02	2696	0.98	15.703	0.286	2.774	40.29	0.204	37.97	85	12.95	0.0743	0.0042	0.0059	7.411	73.4	73.4	95	598.07	10.31	0.3836	0.5966	449.389	171.942	337.234	0.0022	0.043	1457397
Сповільнення																											
352.07	2696	0.98	-38.53	0.304	0	43.16	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	597.82	10.31	0.3836	0.5966	449.389	171.942	337.234	0	0.043	1457399
354.01	2500	0.98	-37.25	0.304	0	40.02	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	587.52	10.31	0.3836	0.5966	449.389	171.942	337.25	0	0.04	1457483
356.01	2297.9	0.98	-35.87	0.304	0	36.78	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	578.02	10.31	0.3836	0.5966	449.389	171.942	337.265	0	0.037	1457563
358.04	2093.6	0.98	-34.47	0.304	0	33.51	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	569.48	10.31	0.3836	0.5966	449.389	171.942	337.281	0	0.034	1457637
360.02	1893.1	0.98	-33.12	0.304	0	30.3	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	562.08	10.31	0.3836	0.5966	449.389	171.942	337.295	0	0.03	1457703
Постійна швидкість																											
360.09	1887	0.98	13.843	0.251	1.698	24.66	0.222	39.79	55	12.9	0.0494	0.0027	0.0023	4.517	73.4	73.4	95	562.11	10.31	0.3836	0.5966	449.469	171.972	337.304	0.00385	0.026	1457691
362	1887	0.98	13.998	0.25	1.697	24.64	0.222	39.8	55	12.9	0.0494	0.0027	0.0023	4.515	73.4	73.4	95	563.07	10.33	0.3851	0.5978	451.856	172.87	337.565	0.00385	0.026	1457332
364.03	1887	0.98	13.94	0.25	1.694	24.6	0.222	39.82	54	12.9	0.0493	0.0027	0.0023	4.507	73.4	73.4	95	564.08	10.36	0.3866	0.5991	454.404	173.827	337.844	0.00385	0.025	1456948
366	1887	0.98	13.955	0.25	1.694	24.61	0.222	39.81	54	12.9	0.0493	0.0027	0.0023	4.508	73.4	73.4	95	565.03	10.39	0.3881	0.6004	456.872	174.755	338.113	0.00385	0.025	1456576
368.04	1887	0.98	13.97	0.25	1.695	24.62	0.222	39.81	55	12.9	0.0493	0.0027	0.0023	4.51	73.4	73.4	95	565.99	10.42	0.3896	0.6017	459.421	175.713	338.392	0.00385	0.025	1456192
370.01	1887	0.98	13.987	0.25	1.695	24.62	0.222	39.81	55	12.9	0.0494	0.0027	0.0023	4.511	73.4	73.4	95	566.89	10.44	0.3911	0.603	461.891	176.641	338.661	0.00385	0.025	1455820
372.04	1887	0.98	13.993	0.251	1.699	24.68	0.222	39.78	55	12.9	0.0494	0.0027	0.0023	4.522	73.4	73.4	95	567.81	10.47	0.3927	0.6043	464.44	177.599	338.94	0.00385	0.026	1455436
373.06	1887	0.98	13.998	0.251	1.699	24.68	0.222	39.78	55	12.9	0.0495	0.0027	0.0023	4.522	73.4	73.4	95	568.27	10.49	0.3934	0.6049	465.707	178.075	339.079	0.00385	0.026	1455248
Переключення передачі																											
373.18	1018.2	0.98	-0.277	0.221	0.793	11.51	0.374	43.96	28	12.6	0.039	0.0014	0.0006	2.061	73.4	73.4	95	568.44	10.49	0.3935	0.6049	465.774	178.101	339.087	0.0113	0.028	1455217
375.07	1015.9	0.98	0.226	0.229	0.821	11.92	0.371	43.48	30	12.6	0.04	0.0014	0.0006	2.134	73.4	73.4	95	571.07	10.51	0.3942	0.6052	466.875	178.524	339.222	0.01132	0.028	1454704
Сповільнення																											
375.11	2850	0.98	-35.63	0.241	0	36.09	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	570.9	10.51	0.3942	0.6052	466.875	178.524	339.222	0	0.079	1454708
377.03	2295.2	0.98	-32.08	0.241	0	29.06	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	563.89	10.51	0.3942	0.6052	466.875	178.524	339.239	0	0.064	1454841

tau	nd	alf	MK	ETAV	GT	GV	CO1	CH1	NOX1	CO21	GCO1	GCH1	GNOX1	GCO21	ECO	ECH	ENOX	Тн	gCO	gCH	gNOx	gCO2	gpal	Tw	gH2O2	NTEG	QACB
379.01	1724.6	0.98	-28.31	0.241	0	21.84	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	558.38	10.51	0.3942	0.6052	466.875	178.524	339.254	0	0.048	1454948
381.03	1145.9	0.98	-25.37	0.24	0	14.51	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	554.44	10.51	0.3942	0.6052	466.875	178.524	339.267	0	0.032	1455026
382.14	834.1	0.98	-24.44	0.24	0	10.56	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	552.98	10.51	0.3942	0.6052	466.875	178.524	339.273	0	0.023	1455056
Сповільнення з виключеним зчепленням, холостий хід																											
382.26	1014.9	0.98	0.097	0.225	0.806	11.7	0.373	43.71	29	12.6	0.0395	0.0014	0.0006	2.095	73.4	73.4	95	553.16	10.51	0.3943	0.6053	466.944	178.551	339.282	0.01133	0.029	1455024
384.04	1012.8	0.98	-0.024	0.224	0.799	11.61	0.374	43.8	29	12.6	0.0393	0.0014	0.0006	2.078	73.4	73.4	95	555.79	10.53	0.395	0.6055	467.972	178.947	339.408	0.01134	0.028	1454544
386.05	1010.4	0.98	0.132	0.229	0.816	11.85	0.373	43.51	30	12.6	0.0399	0.0014	0.0006	2.122	73.4	73.4	95	558.78	10.55	0.3958	0.6059	469.154	179.401	339.552	0.01136	0.03	1453994
388.07	1008	0.98	0.062	0.229	0.813	11.8	0.373	43.55	30	12.6	0.0398	0.0014	0.0006	2.112	73.4	73.4	95	561.73	10.57	0.3965	0.6062	470.319	179.849	339.694	0.01138	0.032	1453452
390.1	1005.6	0.98	-0.168	0.219	0.778	11.3	0.378	44.09	28	12.59	0.0386	0.0014	0.0005	2.022	73.4	73.4	95	564.63	10.59	0.3973	0.6065	471.479	180.296	339.837	0.0114	0.028	1452911
392.01	1003.4	0.98	0.041	0.222	0.784	11.39	0.377	43.97	28	12.59	0.0389	0.0014	0.0006	2.038	73.4	73.4	95	567.34	10.62	0.3981	0.6069	472.581	180.72	339.972	0.01142	0.028	1452398
394.05	1000.9	0.98	0.192	0.225	0.795	11.55	0.377	43.77	29	12.59	0.0393	0.0014	0.0006	2.066	73.4	73.4	95	570.18	10.64	0.3989	0.6072	473.751	181.17	340.115	0.01144	0.028	1451851
396.09	998.5	0.98	0.117	0.229	0.806	11.71	0.375	43.57	30	12.59	0.0398	0.0014	0.0006	2.095	73.4	73.4	95	573.06	10.66	0.3997	0.6075	474.936	181.626	340.259	0.01146	0.034	1451301
398.01	996.2	0.98	0.231	0.23	0.809	11.74	0.376	43.51	30	12.59	0.0399	0.0014	0.0006	2.101	73.4	73.4	95	575.75	10.68	0.4004	0.6079	476.058	182.058	340.395	0.01148	0.034	1450780
400.06	993.7	0.98	0.055	0.224	0.785	11.41	0.379	43.87	29	12.59	0.0391	0.0014	0.0006	2.04	73.4	73.4	95	578.54	10.7	0.4012	0.6082	477.24	182.513	340.539	0.0115	0.027	1450228
402	991.4	0.98	-0.103	0.222	0.776	11.27	0.38	44.01	28	12.59	0.0388	0.0014	0.0006	2.016	73.4	73.4	95	581.09	10.73	0.402	0.6085	478.334	182.934	340.674	0.01151	0.027	1449710
403.33	989.9	0.98	0.104	0.228	0.797	11.57	0.378	43.65	30	12.59	0.0395	0.0014	0.0006	2.07	73.4	73.4	95	582.83	10.74	0.4025	0.6087	479.088	183.224	340.766	0.01153	0.033	1449354
Прискорення																											
403.5	700	0.98	42.904	0.451	1.136	16.5	0.383	39.26	56	12.73	0.0572	0.0018	0.0016	2.984	73.4	73.4	95	582.73	10.74	0.4026	0.6088	479.23	183.278	340.783	0.00416	0.02	1449331
404.08	903.2	0.98	42.83	0.441	1.431	20.78	0.338	38.36	60	12.78	0.0634	0.0022	0.0021	3.774	73.4	73.4	95	582.36	10.75	0.4029	0.6091	479.789	183.491	340.846	0.00376	0.024	1449247
404.56	1066.7	0.98	42.791	0.437	1.678	24.36	0.304	37.68	64	12.82	0.067	0.0025	0.0027	4.438	73.4	73.4	95	582.06	10.76	0.4032	0.6094	480.345	183.701	340.905	0.00344	0.029	1449172
405.07	1240.2	0.98	42.782	0.437	1.951	28.33	0.273	37.04	68	12.86	0.0698	0.0029	0.0033	5.175	73.4	73.4	95	581.73	10.77	0.4036	0.6099	481.04	183.963	340.974	0.0031	0.035	1449090
405.52	1391.7	0.98	42.765	0.438	2.193	31.86	0.249	36.58	72	12.89	0.0718	0.0032	0.0039	5.833	73.4	73.4	95	581.4	10.78	0.404	0.6103	481.737	184.225	341.041	0.00282	0.042	1449018
406.01	1553.8	0.98	43.039	0.44	2.465	35.79	0.229	36.18	76	12.91	0.0741	0.0036	0.0047	6.567	73.4	73.4	95	581.18	10.79	0.4045	0.6109	482.578	184.541	341.118	0.00254	0.042	1448940
406.52	1723.4	0.98	42.868	0.439	2.729	39.64	0.213	35.89	80	12.93	0.0764	0.004	0.0055	7.284	73.4	73.4	95	580.98	10.8	0.405	0.6116	483.564	184.911	341.205	0.00228	0.046	1448860
407.04	1898.6	0.98	43.162	0.448	3.085	44.8	0.204	36.07	85	12.99	0.0827	0.0045	0.0065	8.266	73.4	73.4	95	580.63	10.81	0.4056	0.6125	484.714	185.341	341.302	0	0.066	1448862
407.35	2000.3	0.98	43.141	0.451	3.267	47.45	0.2	36.02	88	12.99	0.086	0.0047	0.0072	8.757	73.4	73.4	95	580.26	10.82	0.406	0.6131	485.439	185.611	341.361	0	0.071	1448884
Постійна швидкість																											
407.41	2014	0.98	5.03	0.196	1.411	20.5	0.22	42.12	43	12.88	0.0408	0.0024	0.0015	3.752	73.4	73.4	95	580.3	10.82	0.4061	0.6131	485.501	185.635	341.369	0.00458	0.026	1448873
409.02	2014	0.98	4.938	0.196	1.412	20.5	0.22	42.12	43	12.88	0.0408	0.0024	0.0015	3.752	73.4	73.4	95	581.15	10.84	0.4072	0.6138	487.176	186.265	341.575	0.00458	0.026	1448576
411.04	2014	0.98	5.138	0.197	1.42	20.63	0.22	42.05	43	12.88	0.0411	0.0024	0.0015	3.776	73.4	73.4	95	582.2	10.86	0.4085	0.6147	489.285	187.058	341.834	0.00458	0.026	1448202
413.01	2014	0.98	5.143	0.197	1.421	20.63	0.22	42.05	43	12.88	0.0411	0.0024	0.0015	3.776	73.4	73.4	95	583.21	10.88	0.4098	0.6155	491.331	187.828	342.085	0.00458	0.026	1447838
415.03	2014	0.98	4.622	0.194	1.397	20.28	0.221	42.24	42	12.88	0.0405	0.0024	0.0015	3.712	73.4	73.4	95	584.23	10.91	0.4112	0.6163	493.439	188.621	342.343	0.00458	0.026	1447464
415.39	2014	0.98	4.622	0.194	1.397	20.28	0.221	42.24	42	12.88	0.0405	0.0024	0.0015	3.712	73.4	73.4	95	584.41	10.91	0.4114	0.6165	493.811	188.761	342.389	0.00458	0.026	1447398
Сповільнення																											
415.45	2014	0.98	-31.42	0.205	0	21.77	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	584.24	10.91	0.4114	0.6165	493.811	188.761	342.389	0	0.026	1447400
417.47	1348.2	0.98	-27.30	0.205	0	14.58	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	579.71	10.91	0.4114	0.6165	493.811	188.761	342.401	0	0.017	1447442
Холостий хід																											
417.59	961.4	0.98	0.052	0.227	0.768	11.16	0.385	43.88	29	12.58	0.0389	0.0014	0.0006	1.994	73.4	73.4	95	579.87	10.91	0.4114	0.6165	493.881	188.788	342.41	0.01176	0.033	1447409
419.09	959.6	0.98	-0.186	0.221	0.748	10.87	0.388	44.21	27	12.57	0.0382	0.0013	0.0005	1.942	73.4	73.4	95	581.69	10.93	0.412	0.6167	494.691	189.1	342.511	0.01177	0.028	1447017
421.09	957.2	0.98	0.151	0.223	0.751	10.91	0.388	44.14	28	12.57	0.0383	0.0013	0.0005	1.949	73.4	73.4	95	584.13	10.95	0.4127	0.617	495.781	189.52	342.646	0.01179	0.027	1446492
423.1	954.8	0.98	-0.077	0.222	0.745	10.82	0.389	44.22	27	12.57	0.0381	0.0013	0.0005	1.933	73.4	73.4	95	586.52	10.97	0.4135	0.6173	496.871	189.94	342.782	0.01181	0.029	1445965
425.12	952.4	0.98	-0.018	0.22	0.739	10.73	0.391	44.31	27	12.57	0.0379	0.0013	0.0005	1.917	73.4	73.4	95	588.87	10.99	0.4142	0.6176	497.959	190.359	342.917	0.01183	0.027	1445439
427.01	950.2	0.98	-0.193	0.22	0.738	10.72	0.391	44.31	27	12.57	0.0379	0.0013	0.0005	1.914	73.4	73.4	95	591.06	11.01	0.4149	0.6179	498.978	190.752	343.044	0.01185	0.027	1444944
429.03	947.8	0.98	-0.048	0.219	0.73	10.61	0.392	44.43	26	12.57	0.0376	0.0013	0.0005	1.894	73.4	73.4	95	593.34	11.03	0.4157	0.6182	500.061	191.17	343.18	0.01187	0.027	1444416
431.06	945.4	0.98	0.077	0.22	0.733	10.64	0.392	44.36	27	12.57	0.0378	0.0013	0.0005	1.901	73.4	73.4	95	595.59	11.05	0.4164	0.6184	501.144	191.587	343.315	0.01189	0.027	1443890
433.09	942.9	0.98	-0.057	0.224	0.743	10.78	0.391	44.16	27	12.57	0.0382	0.0013	0.0005	1.926	73.4	73.4	95	597.81	11.08	0.4172	0.6187	502.224	192.004	343.45	0.01191	0.033	1443365
435	940.7	0.98	0.088	0.226	0.749	10.88	0.391	44.02	28	12.57	0.0385	0.0013	0.0005	1.944	73.4	73.4	95	599.87	11.1	0.4179	0.619	503.236	192.394	343.577	0.01193	0.032	1442873
437.05	938.2	0.98	0.222	0.223	0.737	10.71	0.393	44.21	27	12.57	0.038	0.0013	0.0005	1.912	73.4	73.4	95	602.05	11.12	0.4186	0.6193	504.316	192.81	343.713	0.01195	0.027	1442342
439.1	935.8	0.98	0.04	0.221	0.729	10.58	0.394	44.34	27	12.56	0.0377	0.0013	0.0005	1.889	73.4	73.4	95	604.31	11.14	0.4194	0.6196	505.396	193.227	343.849	0.01197	0.028	1441808
441.02	933.5	0.98	0.059	0.223	0.734	10.65	0.394	44.23	27	12.56	0.038	0.0013	0.0005	1.902	73.4	73.4	95	606.39	11.16	0.4201	0.6198	506.409	193.618	343.977	0.01199	0.027	1441307
441.54	932.9	0.98	-0.274	0.218	0.717	10.41	0.396	44.53	26	12.56	0.0373	0.0013	0.0005	1.858	73.4	73.4	95	606.94	11.16	0.4202	0.6199	506.678	193.722	344.011	0.01199	0.027	1441175
Прискорення																											
441.71	700	0.98	35.037	0.396	0.995	14.45	0.4	40	52	12.69	0.0523	0.0016	0.0013	2.606	73.4	73.4	95	606.82	11.17	0.4203	0.62	506.802	193.769	344.027	0.005	0.017	1441150
442.02	787.4	0.98	35.499	0.392	1.106	16.07	0.379	39.62	54	12.72	0.0551	0.0018	0.0015	2.904	73.4	73.4	95	606.61	11.17	0.4205	0.6201	507.049	193.863	344.057	0.00476	0.018	1441102
442.57	936.9	0.98	35.587	0.388	1.305	18.96	0.344	38.93	56	12.76	0.059	0.002	0.0018	3.437	73.4	73.4	95	606.24	11.18	0.4208	0.6203	507.539	194.049	344.114	0.00436	0.021	1441015
443.04	1065	0.98	35.449	0.386	1.476	21.43	0.317	38.39	59	12.8	0.0614	0.0023	0.0022	3.896	73.4	73.4	95	605.9	11.19	0.421	0.6206	508.026	194.234	344.168	0.00403	0.025	1440936
443.56	1205.6	0.98	35.447	0.385	1.668	24.22	0.289	37.82	62	12.83	0.0634	0.0025	0.0026	4.415	73.4	73.4	95	605.56	11.2	0.4214	0.621	508.636	194.465	344.232	0.00367	0.027	1440847
444.03	1331.2	0.98	35.159	0.384	1.837	26.68	0.268	37.38	65	12.86	0.0646	0.0028	0.003	4.874	73.4	73.4	95	605.18	11.21	0.4218	0.6213	509.246	194.695	344.294	0.00338	0.033	1440767

tau	nd	alf	MK	ETAV	GT	GV	CO1	CH1	NOX1	CO21	GCO1	GCH1	GNOX1	GCO21	ECO	ECH	ENOX	Тн	gCO	gCH	gNOx	gCO2	gpal	Tw	gH2O2	NTEG	QACB
444.54	1467.5	0.98	35.121	0.386	2.038	29.6	0.247	36.91	69	12.89	0.0661	0.003	0.0035	5.418	73.4	73.4	95	604.8	11.22	0.4222	0.6218	509.984	194.973	344.367	0.00308	0.036	1440681
445.01	1592.1	0.98	35.496	0.388	2.225	32.31	0.231	36.55	72	12.91	0.0675	0.0033	0.004	5.925	73.4	73.4	95	604.49	11.22	0.4226	0.6223	510.725	195.251	344.437	0.00282	0.035	1440602
445.51	1725.9	0.98	35.361	0.39	2.423	35.19	0.217	36.25	76	12.93	0.069	0.0035	0.0046	6.462	73.4	73.4	95	604.17	11.23	0.4231	0.6229	511.594	195.577	344.518	0.00257	0.038	1440518
446.04	1867	0.98	35.043	0.391	2.629	38.18	0.206	36.02	80	12.94	0.0711	0.0038	0.0052	7.02	73.4	73.4	95	603.84	11.24	0.4236	0.6236	512.594	195.952	344.608	0.00234	0.051	1440432
446.6	2013.9	0.98	35	0.393	2.853	41.43	0.198	35.85	84	12.95	0.0743	0.0041	0.006	7.624	73.4	73.4	95	603.23	11.26	0.4242	0.6245	513.733	196.378	344.708	0.00213	0.058	1440353
Переключення передачі																											
446.73	920.1	0.98	0.234	0.229	0.743	10.79	0.395	43.93	29	12.56	0.0385	0.0013	0.0005	1.926	73.4	73.4	95	603.37	11.26	0.4243	0.6245	513.802	196.405	344.716	0.0121	0.034	1440319
448.69	917.8	0.98	-0.256	0.22	0.712	10.34	0.399	44.48	26	12.56	0.0373	0.0013	0.0005	1.844	73.4	73.4	95	605.41	11.28	0.425	0.6248	514.811	196.794	344.843	0.01212	0.032	1439824
Прискорення																											
448.78	1221	0.98	53.776	0.511	2.249	32.66	0.265	37.25	70	12.88	0.0781	0.0034	0.0039	5.974	73.4	73.4	95	605.27	11.28	0.4251	0.6249	514.974	196.855	344.858	0.00266	0.043	1439809
449.07	1300.9	0.98	54.199	0.514	2.412	35.03	0.253	37.08	72	12.89	0.0801	0.0036	0.0044	6.415	73.4	73.4	95	604.85	11.29	0.4253	0.6252	515.466	197.041	344.903	0.00255	0.049	1439766
449.5	1424	0.98	53.704	0.517	2.669	38.76	0.24	37.29	75	12.95	0.0841	0.004	0.005	7.133	73.4	73.4	95	604.33	11.3	0.4258	0.6258	516.289	197.35	344.974	0	0.053	1439718
450.06	1580.1	0.98	54.06	0.518	2.972	43.16	0.224	37.03	79	12.97	0.0874	0.0044	0.0058	7.951	73.4	73.4	95	603.73	11.31	0.4265	0.6266	517.462	197.788	345.072	0	0.055	1439748
450.56	1721.9	0.98	54.241	0.521	3.252	47.22	0.214	36.91	83	12.98	0.0912	0.0048	0.0067	8.707	73.4	73.4	95	603.13	11.32	0.4271	0.6275	518.637	198.227	345.167	0	0.065	1439778
451.03	1852.8	0.98	54.227	0.522	3.504	50.89	0.207	36.85	87	12.99	0.0954	0.0052	0.0076	9.388	73.4	73.4	95	602.38	11.33	0.4278	0.6284	519.816	198.667	345.259	0	0.08	1439812
451.53	1991.7	0.98	53.908	0.523	3.776	54.84	0.204	36.88	91	12.99	0.1013	0.0056	0.0085	10.119	73.4	73.4	95	601.24	11.35	0.4285	0.6296	521.171	199.173	345.363	0	0.09	1439855
452.05	2137.2	0.98	53.786	0.527	4.084	59.32	0.205	37.07	96	12.99	0.1101	0.0061	0.0097	10.944	73.4	73.4	95	600.01	11.36	0.4294	0.6309	522.705	199.745	345.479	0	0.101	1439906
452.54	2273.3	0.98	54.269	0.534	4.401	63.92	0.211	37.43	100	12.98	0.1217	0.0066	0.0109	11.788	73.4	73.4	95	599.44	11.38	0.4302	0.6323	524.255	200.324	345.593	0	0.106	1439956
453	2401.7	0.98	54.041	0.531	4.627	67.2	0.217	37.6	104	12.98	0.1321	0.007	0.012	12.387	73.4	73.4	95	599.1	11.39	0.4311	0.6338	525.805	200.903	345.706	0	0.101	1440004
453.53	2549.8	0.98	54.225	0.533	4.925	71.53	0.23	38.01	109	12.96	0.1486	0.0075	0.0133	13.172	73.4	73.4	95	598.52	11.42	0.4322	0.6356	527.693	201.608	345.842	0	0.102	1440058
453.72	2601.5	0.98	53.794	0.531	5.012	72.79	0.235	38.12	111	12.96	0.1544	0.0077	0.0138	13.399	73.4	73.4	95	598.3	11.42	0.4326	0.6363	528.38	201.865	345.891	0	0.104	1440077
Постійна швидкість																											
453.76	2606	0.98	8.881	0.238	2.234	32.44	0.199	39.52	71	12.94	0.0584	0.0036	0.0039	5.964	73.4	73.4	95	598.32	11.42	0.4326	0.6364	528.456	201.894	345.899	0.00273	0.037	1440069
455.01	2606	0.98	8.651	0.237	2.22	32.25	0.199	39.58	70	12.94	0.0581	0.0035	0.0039	5.928	73.4	73.4	95	598.86	11.44	0.4339	0.6377	530.503	202.661	346.109	0.00273	0.037	1439874
457.03	2606	0.98	8.661	0.237	2.221	32.25	0.199	39.58	70	12.94	0.0581	0.0035	0.0039	5.929	73.4	73.4	95	599.71	11.48	0.4358	0.6399	533.839	203.91	346.451	0.00273	0.037	1439554
459.01	2606	0.98	8.671	0.237	2.221	32.25	0.199	39.58	70	12.94	0.0581	0.0035	0.0039	5.929	73.4	73.4	95	600.52	11.51	0.4378	0.6421	537.1	205.132	346.786	0.00273	0.037	1439243
461.04	2606	0.98	8.681	0.237	2.221	32.26	0.199	39.58	70	12.94	0.0581	0.0035	0.0039	5.93	73.4	73.4	95	601.33	11.54	0.4398	0.6442	540.438	206.382	347.128	0.00273	0.037	1438924
463.02	2606	0.98	8.689	0.237	2.221	32.26	0.199	39.58	70	12.94	0.0581	0.0035	0.0039	5.93	73.4	73.4	95	602.09	11.57	0.4417	0.6464	543.701	207.604	347.462	0.00273	0.037	1438612
465	2606	0.98	8.699	0.237	2.221	32.26	0.199	39.57	70	12.94	0.0581	0.0035	0.0039	5.931	73.4	73.4	95	602.83	11.61	0.4437	0.6485	546.963	208.825	347.796	0.00273	0.037	1438300
467.03	2606	0.98	8.708	0.237	2.222	32.26	0.199	39.57	70	12.94	0.0581	0.0035	0.0039	5.931	73.4	73.4	95	603.57	11.64	0.4457	0.6507	550.301	210.076	348.137	0.00273	0.037	1437981
469.01	2606	0.98	8.717	0.237	2.222	32.27	0.199	39.57	70	12.94	0.0581	0.0035	0.0039	5.932	73.4	73.4	95	604.27	11.67	0.4476	0.6528	553.563	211.297	348.47	0.00273	0.037	1437670
471.03	2606	0.98	8.726	0.237	2.222	32.27	0.199	39.57	70	12.94	0.0581	0.0035	0.0039	5.932	73.4	73.4	95	604.97	11.7	0.4496	0.655	556.901	212.547	348.811	0.00273	0.037	1437350
473.01	2606	0.98	8.735	0.237	2.222	32.27	0.199	39.57	70	12.94	0.0581	0.0035	0.0039	5.932	73.4	73.4	95	605.63	11.73	0.4516	0.6572	560.164	213.77	349.144	0.00273	0.037	1437039
475.04	2606	0.98	8.744	0.237	2.222	32.27	0.199	39.57	70	12.94	0.0581	0.0035	0.0039	5.933	73.4	73.4	95	606.29	11.77	0.4536	0.6594	563.502	215.021	349.485	0.00273	0.037	1436720
477.02	2606	0.98	8.752	0.237	2.222	32.27	0.199	39.57	70	12.94	0.0581	0.0035	0.0039	5.933	73.4	73.4	95	606.92	11.8	0.4555	0.6615	566.764	216.243	349.819	0.00273	0.037	1436408
477.76	2606	0.98	8.756	0.237	2.222	32.28	0.199	39.57	70	12.94	0.0581	0.0035	0.0039	5.933	73.4	73.4	95	607.14	11.81	0.4563	0.6623	567.978	216.698	349.943	0.00273	0.037	1436292
Сповільнення																											
477.8	2606	0.98	-36.52	0.252	0	34.59	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	606.93	11.81	0.4563	0.6623	567.978	216.698	349.943	0	0.037	1436294
480.05	2105.1	0.98	-33.13	0.252	0	27.94	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	597.78	11.81	0.4563	0.6623	567.978	216.698	349.957	0	0.03	1436371
482.03	1664.7	0.98	-30.25	0.252	0	22.09	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	591.49	11.81	0.4563	0.6623	567.978	216.698	349.969	0	0.023	1436425
484.04	1220.4	0.98	-27.88	0.252	0	16.2	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	586.7	11.81	0.4563	0.6623	567.978	216.698	349.98	0	0.017	1436467
485.82	832.5	0.98	-26.55	0.252	0	11.05	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	583.74	11.81	0.4563	0.6623	567.978	216.698	349.99	0	0.012	1436493
Сповільнення з виключеним зчепленням, холостий хід																											
485.96	819.9	0.98	-0.014	0.222	0.64	9.29	0.424	44.89	25	12.52	0.0356	0.0012	0.0004	1.652	73.4	73.4	95	583.89	11.81	0.4563	0.6623	568.045	216.724	349.998	0.01295	0.028	1436458
488.02	817.5	0.98	-0.107	0.219	0.629	9.13	0.426	45.09	24	12.51	0.0352	0.0011	0.0004	1.624	73.4	73.4	95	585.94	11.83	0.457	0.6625	568.974	217.083	350.119	0.01297	0.027	1435971
490.07	815.1	0.98	-0.103	0.218	0.623	9.05	0.427	45.19	23	12.51	0.035	0.0011	0.0004	1.609	73.4	73.4	95	587.96	11.85	0.4576	0.6628	569.9	217.442	350.239	0.01299	0.029	1435485
492.14	812.7	0.98	-0.005	0.22	0.628	9.11	0.427	45.07	24	12.51	0.0352	0.0011	0.0004	1.62	73.4	73.4	95	589.95	11.87	0.4583	0.663	570.821	217.799	350.36	0.01301	0.032	1434998
494.06	810.5	0.98	-0.059	0.219	0.623	9.05	0.428	45.13	24	12.51	0.035	0.0011	0.0004	1.609	73.4	73.4	95	591.79	11.89	0.4589	0.6632	571.681	218.132	350.472	0.01303	0.033	1434542
496.14	808.1	0.98	0.143	0.222	0.63	9.15	0.427	44.97	24	12.51	0.0353	0.0011	0.0004	1.626	73.4	73.4	95	593.73	11.91	0.4595	0.6634	572.61	218.492	350.592	0.01305	0.028	1434048
498.07	805.9	0.98	-0.127	0.218	0.618	8.97	0.43	45.2	23	12.51	0.0349	0.0011	0.0004	1.595	73.4	73.4	95	595.54	11.93	0.4601	0.6636	573.469	218.825	350.704	0.01307	0.028	1433590
500.01	803.6	0.98	-0.08	0.217	0.613	8.9	0.431	45.28	23	12.51	0.0347	0.0011	0.0004	1.582	73.4	73.4	95	597.31	11.95	0.4607	0.6638	574.328	219.157	350.816	0.01309	0.029	1433130
502.1	801.2	0.98	-0.216	0.216	0.608	8.83	0.432	45.37	23	12.5	0.0345	0.0011	0.0003	1.568	73.4	73.4	95	599.19	11.97	0.4614	0.664	575.249	219.514	350.937	0.01311	0.029	1432636
504.05	799	0.98	-0.184	0.216	0.606	8.8	0.433	45.39	23	12.5	0.0344	0.0011	0.0003	1.563	73.4	73.4	95	600.91	11.99	0.462	0.6642	576.101	219.844	351.048	0.01313	0.028	1432179
506.01	796.7	0.98	-0.275	0.215	0.601	8.72	0.434	45.47	22	12.5	0.0342	0.0011	0.0003	1.55	73.4	73.4	95	602.62	12.01	0.4626	0.6644	576.962	220.178	351.161	0.01315	0.029	1431716
508.12	794.3	0.98	0.247	0.223	0.622	9.04	0.43	44.97	24	12.5	0.0352	0.0011	0.0004	1.606	73.4	73.4	95	604.46	12.03	0.4632	0.6646	577.885	220.536	351.282	0.01317	0.028	1431220
509.94	792.2	0.98	-0.22	0.216	0.601	8.73	0.434	45.41	23	12.5	0.0343	0.0011	0.0003	1.55	73.4	73.4	95	606.02	12.04	0.4638	0.6648	578.676	220.842	351.385	0.01319	0.029	1430793
Прискорення																											
510.11	700	0.98	35.308	0.395	0.992	14.41	0.401	40.03	52	12.69	0.0522	0.0016	0.0013	2.598	73.4	73.4	95	605.92	12.05	0.4639	0.6648	578.799	220.89	351.401	0.00501	0.017	1430768

tau	nd	alf	MK	ETAV	GT	GV	CO1	CH1	NOX1	CO21	GCO1	GCH1	GNOX1	GCO21	ECO	ECH	ENOX	Тн	gCO	gCH	gNOx	gCO2	gpal	Tw	gH2O2	NTEG	QACB
510.57	827.4	0.98	35.006	0.385	1.142	16.59	0.371	39.57	54	12.73	0.0557	0.0018	0.0015	3	73.4	73.4	95	605.62	12.05	0.4641	0.665	579.165	221.029	351.445	0.00466	0.019	1430699
511.09	970.6	0.98	35.142	0.383	1.336	19.41	0.338	38.87	57	12.77	0.0593	0.0021	0.0019	3.521	73.4	73.4	95	605.27	12.06	0.4644	0.6653	579.65	221.213	351.5	0.00428	0.022	1430614
511.55	1094.6	0.98	35.047	0.381	1.499	21.78	0.312	38.35	59	12.8	0.0614	0.0023	0.0022	3.961	73.4	73.4	95	604.97	12.07	0.4647	0.6655	580.134	221.397	351.553	0.00396	0.025	1430538
512.06	1231.8	0.98	35.27	0.383	1.697	24.64	0.285	37.75	63	12.84	0.0635	0.0026	0.0027	4.494	73.4	73.4	95	604.64	12.08	0.465	0.6659	580.742	221.626	351.616	0.00362	0.029	1430450
512.52	1354.9	0.98	35.484	0.384	1.873	27.2	0.264	37.29	66	12.86	0.0649	0.0028	0.0031	4.971	73.4	73.4	95	604.28	12.09	0.4654	0.6663	581.351	221.856	351.677	0.00333	0.035	1430372
513.02	1489	0.98	34.94	0.382	2.049	29.75	0.245	36.92	69	12.89	0.0658	0.003	0.0035	5.448	73.4	73.4	95	603.94	12.1	0.4658	0.6667	582.086	222.133	351.749	0.00304	0.035	1430288
513.55	1631.4	0.98	34.951	0.385	2.259	32.81	0.227	36.52	73	12.91	0.0674	0.0033	0.0041	6.019	73.4	73.4	95	603.62	12.11	0.4663	0.6673	582.949	222.457	351.83	0.00275	0.039	1430198
514.05	1762.2	0.98	34.932	0.386	2.448	35.55	0.214	36.24	76	12.93	0.0689	0.0036	0.0046	6.531	73.4	73.4	95	603.35	12.12	0.4667	0.6679	583.817	222.782	351.909	0.00252	0.038	1430117
514.5	1883.9	0.98	34.973	0.39	2.645	38.41	0.205	36.01	80	12.94	0.0712	0.0038	0.0053	7.063	73.4	73.4	95	603.07	12.12	0.4672	0.6685	584.69	223.109	351.987	0.00232	0.052	1430045
514.99	2013.9	0.98	35.229	0.393	2.857	41.49	0.198	35.84	84	12.95	0.0744	0.0041	0.006	7.635	73.4	73.4	95	602.55	12.13	0.4678	0.6693	585.697	223.486	352.074	0.00213	0.058	1429975
Переключення передачі																											
515.15	778.1	0.98	-0.236	0.216	0.59	8.56	0.438	45.5	22	12.49	0.0339	0.0011	0.0003	1.52	73.4	73.4	95	602.68	12.14	0.4678	0.6693	585.762	223.512	352.083	0.01331	0.028	1429939
517	776	0.98	0.294	0.22	0.599	8.7	0.437	45.26	23	12.49	0.0344	0.0011	0.0004	1.544	73.4	73.4	95	604.24	12.15	0.4684	0.6695	586.552	223.818	352.187	0.01333	0.031	1429510
Прискорення																											
517.1	1221	0.98	38.374	0.404	1.775	25.78	0.282	37.45	65	12.84	0.0658	0.0027	0.0029	4.705	73.4	73.4	95	604.16	12.16	0.4684	0.6696	586.681	223.866	352.2	0.0034	0.031	1429494
517.57	1307.5	0.98	38.628	0.406	1.912	27.77	0.267	37.11	67	12.86	0.0671	0.0029	0.0032	5.075	73.4	73.4	95	603.73	12.16	0.4688	0.67	587.328	224.111	352.264	0.00321	0.035	1429416
518.01	1388.5	0.98	38.358	0.405	2.025	29.42	0.255	36.87	69	12.88	0.0678	0.003	0.0035	5.382	73.4	73.4	95	603.33	12.17	0.4692	0.6704	587.976	224.355	352.327	0.00305	0.038	1429343
518.51	1479.9	0.98	38.513	0.407	2.169	31.5	0.242	36.59	71	12.89	0.0689	0.0032	0.0039	5.771	73.4	73.4	95	602.98	12.18	0.4696	0.6709	588.757	224.648	352.401	0.00287	0.038	1429261
519.06	1579.7	0.98	38.673	0.409	2.328	33.8	0.23	36.33	74	12.91	0.0702	0.0034	0.0043	6.2	73.4	73.4	95	602.61	12.19	0.4701	0.6715	589.671	224.992	352.485	0.00268	0.038	1429171
519.5	1660.5	0.98	38.306	0.408	2.442	35.46	0.221	36.17	76	12.92	0.071	0.0036	0.0046	6.51	73.4	73.4	95	602.32	12.2	0.4705	0.6721	590.455	225.286	352.556	0.00254	0.038	1429099
520.06	1762.4	0.98	38.843	0.412	2.62	38.06	0.212	35.95	79	12.93	0.0729	0.0038	0.0052	6.993	73.4	73.4	95	601.97	12.21	0.4711	0.6729	591.507	225.68	352.65	0.00237	0.041	1429009
520.53	1847	0.98	38.551	0.414	2.754	40	0.206	35.83	82	12.94	0.0744	0.004	0.0056	7.354	73.4	73.4	95	601.64	12.22	0.4716	0.6736	592.431	226.026	352.731	0.00224	0.055	1428938
521.03	1939	0.98	38.861	0.416	2.908	42.24	0.201	35.73	84	12.95	0.0767	0.0042	0.0061	7.77	73.4	73.4	95	601.11	12.23	0.4722	0.6744	593.496	226.425	352.822	0.00212	0.061	1428866
521.51	2026.9	0.98	38.321	0.417	3.064	44.5	0.199	36.03	86	12.99	0.0802	0.0045	0.0066	8.215	73.4	73.4	95	600.46	12.24	0.4728	0.6752	594.573	226.827	352.912	0	0.065	1428858
522.03	2121.4	0.98	38.455	0.42	3.233	46.95	0.197	35.98	89	13	0.0838	0.0047	0.0072	8.667	73.4	73.4	95	599.66	12.26	0.4734	0.6762	595.798	227.284	353.012	0	0.069	1428894
522.53	2211.8	0.98	38.464	0.423	3.392	49.26	0.197	35.98	92	13	0.0878	0.0049	0.0078	9.093	73.4	73.4	95	599.03	12.27	0.4741	0.6773	597.031	227.744	353.111	0	0.073	1428930
523.01	2298.7	0.98	38.683	0.427	3.559	51.68	0.199	36.02	95	12.99	0.0928	0.0052	0.0084	9.54	73.4	73.4	95	598.65	12.28	0.4748	0.6784	598.272	228.207	353.211	0	0.075	1428966
523.52	2391.5	0.98	38.507	0.427	3.699	53.72	0.201	36.09	98	12.99	0.0978	0.0054	0.009	9.915	73.4	73.4	95	598.41	12.29	0.4755	0.6796	599.653	228.722	353.32	0	0.074	1429004
524.01	2480.8	0.98	38.571	0.428	3.847	55.87	0.206	36.21	101	12.99	0.1038	0.0056	0.0096	10.307	73.4	73.4	95	598.18	12.31	0.4763	0.6809	601.037	229.238	353.428	0	0.072	1429040
524.53	2575.5	0.98	38.426	0.428	3.997	58.05	0.212	36.36	104	12.98	0.1111	0.0059	0.0103	10.704	73.4	73.4	95	597.87	12.32	0.4771	0.6823	602.561	229.807	353.546	0	0.073	1429078
525.03	2666.8	0.98	38.53	0.43	4.154	60.32	0.219	36.56	107	12.97	0.1197	0.0061	0.011	11.118	73.4	73.4	95	597.53	12.34	0.478	0.6838	604.091	230.379	353.663	0	0.075	1429116
525.52	2755	0.98	38.499	0.432	4.314	62.65	0.229	36.78	110	12.96	0.1295	0.0064	0.0118	11.539	73.4	73.4	95	597.21	12.35	0.4788	0.6853	605.625	230.952	353.779	0	0.079	1429154
526.03	2848.2	0.98	38.394	0.433	4.466	64.86	0.239	37.05	113	12.95	0.1404	0.0067	0.0125	11.936	73.4	73.4	95	596.91	12.37	0.4797	0.6871	607.304	231.58	353.905	0	0.085	1429196
Переключення передачі																											
526.2	740.4	0.98	0.094	0.212	0.551	8	0.451	45.94	21	12.48	0.0326	0.001	0.0003	1.419	73.4	73.4	95	597.04	12.38	0.4798	0.6871	607.368	231.605	353.913	0.01364	0.035	1429162
528.14	738.2	0.98	-0.009	0.216	0.559	8.12	0.449	45.71	22	12.48	0.033	0.001	0.0003	1.44	73.4	73.4	95	598.61	12.39	0.4803	0.6873	608.151	231.909	354.018	0.01366	0.028	1428726
Прискорення																											
528.21	1887	0.98	49.721	0.49	3.354	48.72	0.205	36.36	87	12.99	0.0903	0.0049	0.0073	8.989	73.4	73.4	95	598.51	12.4	0.4804	0.6874	608.31	231.968	354.031	0	0.075	1428731
528.52	1918.9	0.98	49.317	0.489	3.402	49.41	0.204	36.33	88	12.99	0.0911	0.005	0.0074	9.118	73.4	73.4	95	597.97	12.4	0.4809	0.688	609.104	232.265	354.093	0	0.077	1428754
529.02	1969	0.98	49.477	0.491	3.505	50.9	0.203	36.35	90	12.99	0.0932	0.0051	0.0078	9.393	73.4	73.4	95	597.01	12.42	0.4816	0.6891	610.378	232.74	354.193	0	0.08	1428794
529.5	2017.7	0.98	49.34	0.491	3.592	52.16	0.202	36.35	91	12.99	0.0951	0.0053	0.0081	9.627	73.4	73.4	95	596.01	12.43	0.4823	0.6902	611.652	233.216	354.291	0	0.083	1428834
530.02	2071.2	0.98	49.694	0.495	3.718	54	0.202	36.42	93	12.99	0.0984	0.0055	0.0086	9.966	73.4	73.4	95	594.87	12.44	0.4831	0.6914	613.092	233.753	354.402	0	0.087	1428879
530.54	2123.4	0.98	49.451	0.495	3.813	55.37	0.202	36.45	94	12.99	0.101	0.0056	0.0089	10.219	73.4	73.4	95	593.89	12.46	0.4838	0.6926	614.536	234.292	354.512	0	0.091	1428925
531.04	2174.3	0.98	49.377	0.497	3.92	56.93	0.203	36.52	96	12.99	0.1042	0.0058	0.0093	10.506	73.4	73.4	95	593.18	12.47	0.4846	0.6939	615.986	234.832	354.622	0	0.094	1428972
531.53	2224	0.98	49.846	0.502	4.049	58.81	0.204	36.65	98	12.99	0.1086	0.006	0.0098	10.851	73.4	73.4	95	592.7	12.49	0.4854	0.6952	617.443	235.376	354.731	0	0.096	1429020
532.01	2272.6	0.98	49.319	0.498	4.105	59.62	0.205	36.64	99	12.99	0.1106	0.0061	0.0101	10.999	73.4	73.4	95	592.42	12.5	0.4862	0.6966	618.9	235.92	354.84	0	0.096	1429066
532.53	2325.5	0.98	49.34	0.5	4.214	61.2	0.208	36.74	101	12.99	0.1148	0.0062	0.0106	11.289	73.4	73.4	95	592.19	12.52	0.4871	0.6981	620.523	236.526	354.961	0	0.096	1429116
533.04	2377.1	0.98	49.864	0.502	4.328	62.86	0.211	36.87	103	12.98	0.1197	0.0064	0.011	11.592	73.4	73.4	95	592.01	12.53	0.488	0.6996	622.144	237.131	355.081	0	0.094	1429164
533.54	2427.7	0.98	49.439	0.499	4.391	63.77	0.213	36.9	104	12.98	0.1228	0.0065	0.0113	11.758	73.4	73.4	95	591.78	12.55	0.4889	0.7012	623.765	237.736	355.2	0	0.092	1429211
534.03	2477.2	0.98	49.611	0.5	4.49	65.21	0.217	37.03	106	12.98	0.1277	0.0067	0.0118	12.021	73.4	73.4	95	591.5	12.57	0.4898	0.7027	625.384	238.341	355.319	0	0.092	1429256
534.51	2525.8	0.98	49.541	0.5	4.582	66.55	0.221	37.14	107	12.97	0.1327	0.0069	0.0122	12.264	73.4	73.4	95	591.16	12.58	0.4907	0.7043	627.005	238.946	355.436	0	0.093	1429301
535.03	2578.1	0.98	49.83	0.503	4.701	68.28	0.226	37.33	109	12.97	0.1393	0.0071	0.0127	12.578	73.4	73.4	95	590.78	12.6	0.4917	0.7061	628.786	239.612	355.565	0	0.094	1429349
535.53	2629.5	0.98	49.365	0.501	4.775	69.35	0.23	37.42	111	12.96	0.1443	0.0072	0.0131	12.77	73.4	73.4	95	590.4	12.62	0.4928	0.7079	630.567	240.278	355.693	0	0.095	1429396
536.03	2679.8	0.98	49.818	0.504	4.897	71.13	0.236	37.65	112	12.96	0.152	0.0074	0.0137	13.091	73.4	73.4	95	590.05	12.64	0.4938	0.7098	632.355	240.946	355.821	0	0.097	1429442
536.16	2693.4	0.98	49.428	0.502	4.896	71.11	0.237	37.63	113	12.96	0.1525	0.0074	0.0137	13.088	73.4	73.4	95	589.96	12.65	0.494	0.7103	632.841	241.129	355.856	0	0.097	1429455
Постійна швидкість																											
536.21	2696	0.98	15.418	0.277	2.696	39.16	0.204	38.22	83	12.95	0.0721	0.0042	0.0056	7.202	73.4	73.4	95	589.98	12.65	0.4941	0.7104	632.931	241.162	355.864	0.0022	0.039	1429448
538.03	2696	0.98	15.356	0.281	2.727	39.6	0.204	38.12	84	12.95	0.0729	0.0042	0.0057	7.283	73.4	73.4	95	590.71	12.69	0.4962	0.7133	636.625	242.545	356.206	0.0022	0.043	1429172

tau	nd	alf	MK	ETAV	GT	GV	CO1	CH1	NOX1	CO21	GCO1	GCH1	GNOX1	GCO21	ECO	ECH	ENOX	Тн	gCO	gCH	gNOx	gCO2	gpal	Tw	gH2O2	NTEG	QACB
540.03	2696	0.98	15.365	0.281	2.727	39.6	0.204	38.12	84	12.95	0.0729	0.0042	0.0057	7.283	73.4	73.4	95	591.49	12.73	0.4985	0.7164	640.676	244.062	356.581	0.0022	0.043	1428868
542.04	2696	0.98	15.312	0.28	2.723	39.55	0.204	38.13	84	12.95	0.0728	0.0042	0.0057	7.273	73.4	73.4	95	592.24	12.77	0.5009	0.7196	644.725	245.578	356.955	0.0022	0.043	1428564
544.04	2696	0.98	15.388	0.281	2.727	39.61	0.204	38.12	84	12.95	0.0729	0.0042	0.0057	7.285	73.4	73.4	95	592.96	12.81	0.5032	0.7227	648.775	247.094	357.33	0.0022	0.043	1428260
546	2696	0.98	15.397	0.281	2.727	39.61	0.204	38.12	84	12.95	0.0729	0.0042	0.0057	7.285	73.4	73.4	95	593.63	12.85	0.5055	0.7258	652.735	248.577	357.697	0.0022	0.043	1427964
548.18	2696	0.98	15.343	0.28	2.724	39.56	0.204	38.13	84	12.95	0.0728	0.0042	0.0057	7.275	73.4	73.4	95	594.36	12.89	0.508	0.7293	657.145	250.227	358.005	0.0022	0.043	1427633
Сповільнення																											
548.22	2696	0.98	-38.16	0.299	0	42.37	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	594.12	12.89	0.508	0.7293	657.145	250.227	358.005	0	0.043	1427635
553.02	2211.9	0.98	-34.99	0.299	0	34.76	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	571.41	12.89	0.508	0.7293	657.145	250.227	358.005	0	0.035	1427831
556.18	1893.1	0.98	-32.89	0.299	0	29.75	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	559.61	12.89	0.508	0.7293	657.145	250.227	358.005	0	0.03	1427939
Постійна швидкість																											
556.24	1887	0.98	13.975	0.252	1.708	24.8	0.221	39.72	55	12.9	0.0496	0.0027	0.0023	4.544	73.4	73.4	95	559.64	12.89	0.5081	0.7293	657.225	250.257	358.005	0.00385	0.022	1427927
561.01	1887	0.98	13.758	0.247	1.676	24.33	0.222	39.94	54	12.89	0.0489	0.0027	0.0023	4.458	73.4	73.4	95	562.41	12.96	0.5117	0.7323	663.129	252.477	358.005	0.00385	0.026	1427064
566.04	1887	0.98	13.758	0.247	1.676	24.33	0.222	39.94	54	12.89	0.0489	0.0027	0.0023	4.458	73.4	73.4	95	565.16	13.03	0.5154	0.7354	669.349	254.816	358.005	0.00385	0.026	1426155
569.22	1887	0.98	13.759	0.247	1.676	24.34	0.222	39.94	54	12.89	0.0489	0.0027	0.0023	4.458	73.4	73.4	95	566.82	13.07	0.5178	0.7374	673.286	256.296	358.005	0.00385	0.026	1425580
Переключення передачі																											
569.39	700	0.98	0.176	0.219	0.538	7.81	0.459	45.74	22	12.46	0.0324	0.001	0.0003	1.382	73.4	73.4	95	566.96	13.07	0.5179	0.7374	673.351	256.321	358.005	0.01401	0.025	1425542
571.28	700	0.98	-0.144	0.213	0.522	7.58	0.462	46.14	20	12.46	0.0317	0.001	0.0003	1.342	73.4	73.4	95	568.57	13.09	0.5184	0.7376	674.066	256.599	358.005	0.01401	0.031	1425135
Сповільнення																											
571.32	2850	0.98	-34.72	0.22	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	568.43	13.09	0.5184	0.7376	674.066	256.599	358.005	0	0.124	1425140
576.04	1487.2	0.98	-26.13	0.22	0	17.22	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	556.77	13.09	0.5184	0.7376	674.066	256.599	358.005	0	0.065	1425586
578.35	834.1	0.98	-23.66	0.22	0	9.66	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	553.85	13.09	0.5184	0.7376	674.066	256.599	358.005	0	0.036	1425702
Сповільнення з виключеним зчепленням, холостий хід																											
578.52	700	0.98	0.06	0.218	0.536	7.78	0.459	45.78	21	12.46	0.0323	0.001	0.0003	1.378	73.4	73.4	95	554	13.09	0.5184	0.7376	674.132	256.625	358.005	0.01401	0.027	1425664
583.15	700	0.98	0.021	0.216	0.529	7.69	0.46	45.95	21	12.46	0.032	0.001	0.0003	1.361	73.4	73.4	95	558.16	13.13	0.5197	0.738	675.881	257.305	358.005	0.01401	0.03	1424670
588.12	700	0.98	-0.12	0.214	0.525	7.62	0.461	46.07	20	12.46	0.0318	0.001	0.0003	1.349	73.4	73.4	95	562.58	13.18	0.521	0.7383	677.764	258.037	358.005	0.01401	0.026	1423600
593.09	700	0.98	-0.229	0.212	0.519	7.54	0.462	46.2	20	12.46	0.0315	0.001	0.0003	1.335	73.4	73.4	95	566.87	13.22	0.5224	0.7387	679.642	258.768	358.005	0.01401	0.031	1422530
599.61	700	0.98	0.165	0.217	0.532	7.73	0.46	45.87	21	12.46	0.0321	0.001	0.0003	1.369	73.4	73.4	95	572.34	13.28	0.5242	0.7392	682.099	259.723	358.005	0.01401	0.031	1421132
Прискорення																											
599.78	700	0.98	43.125	0.452	1.137	16.52	0.383	39.26	56	12.73	0.0572	0.0018	0.0016	2.987	73.4	73.4	95	572.25	13.28	0.5242	0.7393	682.241	259.778	358.005	0.00416	0.02	1421109
600.09	808.4	0.98	43.064	0.446	1.295	18.81	0.358	38.76	58	12.76	0.0609	0.002	0.0019	3.409	73.4	73.4	95	572.1	13.29	0.5244	0.7395	682.522	259.884	358.005	0.00395	0.022	1421066
600.61	988.5	0.98	43.181	0.439	1.56	22.65	0.32	37.99	62	12.8	0.0654	0.0024	0.0024	4.12	73.4	73.4	95	571.83	13.3	0.5247	0.7398	683.077	260.095	358.005	0.00359	0.028	1420987
601.05	1139.4	0.98	43.069	0.436	1.789	25.98	0.29	37.41	65	12.84	0.0682	0.0027	0.0029	4.737	73.4	73.4	95	571.66	13.3	0.5251	0.7401	683.631	260.304	358.005	0.00329	0.03	1420916
601.54	1303	0.98	42.642	0.434	2.035	29.55	0.263	36.87	69	12.87	0.0703	0.003	0.0035	5.404	73.4	73.4	95	571.4	13.31	0.5254	0.7405	684.324	260.566	358.005	0.00298	0.039	1420838
602.05	1475	0.98	43.025	0.438	2.328	33.81	0.238	36.36	74	12.9	0.0729	0.0034	0.0043	6.197	73.4	73.4	95	571.2	13.32	0.5259	0.7411	685.161	260.88	358.005	0.00267	0.042	1420756
602.51	1628.7	0.98	43.028	0.438	2.573	37.37	0.222	36.04	78	12.92	0.0749	0.0037	0.005	6.86	73.4	73.4	95	571.11	13.33	0.5264	0.7417	686	261.195	358.005	0.00242	0.047	1420683
603	1791.2	0.98	42.853	0.442	2.871	41.7	0.21	36.19	82	12.98	0.0793	0.0042	0.0058	7.691	73.4	73.4	95	571.04	13.34	0.5269	0.7424	686.985	261.564	358.005	0	0.057	1420621
603.51	1960.3	0.98	42.893	0.446	3.17	46.03	0.202	36.03	87	12.99	0.0839	0.0046	0.0068	8.495	73.4	73.4	95	570.73	13.35	0.5275	0.7433	688.136	261.993	358.005	0	0.069	1420654
603.63	2000.3	0.98	42.685	0.446	3.231	46.93	0.2	36.01	88	12.99	0.085	0.0047	0.0071	8.662	73.4	73.4	95	570.61	13.36	0.5277	0.7436	688.426	262.102	358.005	0	0.071	1420662
Постійна швидкість																											
603.69	2014	0.98	4.602	0.193	1.391	20.21	0.221	42.28	42	12.88	0.0404	0.0024	0.0015	3.698	73.4	73.4	95	570.65	13.36	0.5277	0.7436	688.487	262.125	358.005	0.00458	0.027	1420651
608.04	2014	0.98	4.951	0.195	1.407	20.44	0.22	42.15	43	12.88	0.0407	0.0024	0.0015	3.741	73.4	73.4	95	573.51	13.41	0.5306	0.7454	692.981	263.814	358.005	0.00458	0.027	1419857
611.67	2014	0.98	4.717	0.193	1.391	20.2	0.221	42.28	42	12.88	0.0404	0.0024	0.0015	3.697	73.4	73.4	95	575.81	13.45	0.533	0.7469	696.735	265.226	358.005	0.00458	0.026	1419194
Сповільнення																											
611.73	2014	0.98	-31.24	0.205	0	21.69	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	575.65	13.45	0.533	0.7469	696.735	265.226	358.005	0	0.026	1419196
613.74	1348.2	0.98	-27.18	0.205	0	14.52	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	571.27	13.45	0.533	0.7469	696.735	265.226	358.005	0	0.017	1419238
Сповільнення з виключеним зчепленням, холостий хід																											
613.91	700	0.98	0.138	0.219	0.538	7.81	0.459	45.73	22	12.46	0.0324	0.001	0.0003	1.383	73.4	73.4	95	571.41	13.45	0.5331	0.7469	696.801	265.252	358.005	0.01401	0.029	1419200
619.06	700	0.98	0.096	0.215	0.528	7.66	0.461	45.99	21	12.46	0.0319	0.001	0.0003	1.357	73.4	73.4	95	575.65	13.5	0.5345	0.7473	698.747	266.009	358.005	0.01401	0.032	1418092
624.03	700	0.98	0.001	0.216	0.53	7.69	0.46	45.94	21	12.46	0.032	0.001	0.0003	1.362	73.4	73.4	95	579.69	13.54	0.5358	0.7477	700.623	266.739	358.005	0.01401	0.028	1417026
629	700	0.98	0.029	0.214	0.526	7.64	0.461	46.04	20	12.46	0.0318	0.001	0.0003	1.352	73.4	73.4	95	583.59	13.58	0.5372	0.7481	702.5	267.469	358.005	0.01401	0.033	1415958
634.15	700	0.98	0.238	0.221	0.543	7.88	0.458	45.61	22	12.46	0.0326	0.001	0.0003	1.395	73.4	73.4	95	587.59	13.63	0.5386	0.7485	704.439	268.223	358.005	0.01401	0.028	1414853
637.92	700	0.98	0.163	0.217	0.533	7.75	0.459	45.84	21	12.46	0.0322	0.001	0.0003	1.371	73.4	73.4	95	590.47	13.66	0.5396	0.7488	705.866	268.778	358.005	0.01401	0.03	1414040
Прискорення																											
638.09	700	0.98	35.209	0.395	0.992	14.4	0.401	40.04	52	12.69	0.0522	0.0016	0.0013	2.597	73.4	73.4	95	590.39	13.67	0.5397	0.7488	705.99	268.825	358.005	0.005	0.017	1414015
638.55	827.4	0.98	35.169	0.386	1.145	16.63	0.371	39.55	54	12.73	0.0558	0.0018	0.0015	3.008	73.4	73.4	95	590.15	13.67	0.5399	0.749	706.356	268.965	358.005	0.00465	0.019	1413945
639.07	970.6	0.98	35.527	0.387	1.349	19.59	0.337	38.79	57	12.77	0.0596	0.0021	0.0019	3.555	73.4	73.4	95	589.88	13.68	0.5402	0.7493	706.843	269.15	358.005	0.00427	0.023	1413860
639.53	1094.6	0.98	35.237	0.383	1.506	21.88	0.311	38.31	59	12.8	0.0616	0.0023	0.0022	3.98	73.4	73.4	95	589.66	13.69	0.5405	0.7495	707.327	269.333	358.005	0.00395	0.024	1413784
640.04	1231.8	0.98	35.348	0.384	1.7	24.68	0.285	37.74	63	12.84	0.0636	0.0026	0.0027	4.502	73.4	73.4	95	589.43	13.7	0.5408	0.7499	707.934	269.563	358.005	0.00361	0.029	1413696

tau	nd	alf	MK	ETAV	GT	GV	CO1	CH1	NOX1	CO21	GCO1	GCH1	GNOX1	GCO21	ECO	ECH	ENOX	Тн	gCO	gCH	gNOx	gCO2	gpal	Tw	gH2O2	NTEG	QACB
640.5	1354.9	0.98	35.202	0.383	1.865	27.09	0.264	37.32	65	12.86	0.0647	0.0028	0.003	4.95	73.4	73.4	95	589.16	13.71	0.5412	0.7503	708.543	269.793	358.005	0.00332	0.034	1413619
641	1489	0.98	35.331	0.386	2.068	30.04	0.244	36.85	69	12.89	0.0663	0.0031	0.0036	5.5	73.4	73.4	95	588.93	13.71	0.5416	0.7507	709.28	270.07	358.005	0.00303	0.036	1413535
641.54	1631.4	0.98	35.517	0.388	2.279	33.1	0.227	36.46	73	12.91	0.0678	0.0034	0.0042	6.072	73.4	73.4	95	588.74	13.72	0.5421	0.7513	710.142	270.393	358.005	0.00275	0.039	1413445
642.03	1762.2	0.98	35.418	0.389	2.47	35.87	0.214	36.19	77	12.93	0.0694	0.0036	0.0047	6.589	73.4	73.4	95	588.6	13.73	0.5425	0.7519	711.009	270.719	358.005	0.00251	0.039	1413364
642.55	1900.7	0.98	35.273	0.391	2.676	38.87	0.204	35.98	80	12.94	0.0716	0.0039	0.0054	7.147	73.4	73.4	95	588.39	13.74	0.5431	0.7527	712.009	271.093	358.005	0.00229	0.054	1413284
642.98	2013.9	0.98	35.095	0.392	2.847	41.35	0.198	35.86	84	12.95	0.0741	0.0041	0.0059	7.609	73.4	73.4	95	588.06	13.75	0.5436	0.7533	712.892	271.424	358.005	0.00213	0.058	1413223
Переключення передачі																											
643.15	700	0.98	-0.298	0.212	0.519	7.54	0.462	46.2	20	12.46	0.0315	0.001	0.0003	1.335	73.4	73.4	95	588.19	13.75	0.5436	0.7533	712.956	271.449	358.005	0.01401	0.028	1413187
645.03	700	0.98	0.129	0.217	0.532	7.73	0.46	45.88	21	12.46	0.0321	0.001	0.0003	1.368	73.4	73.4	95	589.62	13.77	0.5441	0.7535	713.667	271.725	358.005	0.01401	0.029	1412782
Прискорення																											
645.13	1221	0.98	53.916	0.509	2.241	32.55	0.265	37.24	70	12.88	0.0779	0.0034	0.0039	5.954	73.4	73.4	95	589.51	13.77	0.5442	0.7536	713.83	271.786	358.005	0.00266	0.04	1412767
645.51	1326.5	0.98	54.196	0.513	2.453	35.62	0.25	37.01	73	12.89	0.0804	0.0037	0.0045	6.525	73.4	73.4	95	589.08	13.78	0.5446	0.754	714.483	272.032	358.005	0.00251	0.051	1412712
646.02	1470.3	0.98	54.163	0.518	2.763	40.12	0.235	37.21	76	12.96	0.0852	0.0041	0.0052	7.386	73.4	73.4	95	588.69	13.79	0.5451	0.7547	715.476	272.405	358.005	0	0.054	1412686
646.56	1621.9	0.98	54.266	0.519	3.05	44.3	0.221	36.98	80	12.97	0.0884	0.0045	0.0061	8.164	73.4	73.4	95	588.3	13.81	0.5458	0.7556	716.646	272.842	358.005	0	0.057	1412716
647.05	1760.3	0.98	53.736	0.516	3.292	47.81	0.211	36.79	84	12.98	0.0914	0.0049	0.0069	8.817	73.4	73.4	95	587.88	13.82	0.5464	0.7565	717.817	273.279	358.005	0	0.067	1412746
647.51	1888.5	0.98	53.859	0.519	3.552	51.59	0.206	36.79	88	12.99	0.0961	0.0053	0.0078	9.517	73.4	73.4	95	587.27	13.83	0.5471	0.7574	718.994	273.718	358.005	0	0.082	1412782
648	2025	0.98	53.976	0.522	3.831	55.64	0.204	36.88	92	12.99	0.1026	0.0057	0.0088	10.266	73.4	73.4	95	586.3	13.84	0.5478	0.7586	720.344	274.222	358.005	0	0.092	1412824
648.51	2168.2	0.98	54.131	0.529	4.161	60.44	0.206	37.16	97	12.99	0.1127	0.0062	0.01	11.15	73.4	73.4	95	585.46	13.86	0.5487	0.7599	721.877	274.794	358.005	0	0.104	1412876
649.04	2316.9	0.98	53.925	0.53	4.453	64.67	0.212	37.4	101	12.98	0.124	0.0067	0.0112	11.926	73.4	73.4	95	585.23	13.88	0.5497	0.7615	723.594	275.435	358.005	0	0.106	1412932
649.54	2456.6	0.98	53.981	0.529	4.714	68.46	0.221	37.67	106	12.97	0.1368	0.0072	0.0124	12.615	73.4	73.4	95	585.09	13.9	0.5506	0.7631	725.309	276.076	358.005	0	0.101	1412984
650.06	2601.5	0.98	54.054	0.531	5.005	72.68	0.235	38.1	111	12.96	0.1541	0.0077	0.0137	13.38	73.4	73.4	95	584.77	13.92	0.5517	0.765	727.191	276.78	358.005	0	0.104	1413036
Постійна швидкість																											
650.11	2606	0.98	8.892	0.237	2.222	32.27	0.199	39.57	70	12.94	0.0581	0.0035	0.0039	5.932	73.4	73.4	95	584.8	13.92	0.5517	0.7651	727.267	276.808	358.005	0.00273	0.037	1413029
655.03	2606	0.98	8.809	0.237	2.22	32.25	0.199	39.58	70	12.94	0.0581	0.0035	0.0039	5.928	73.4	73.4	95	588.06	14	0.5566	0.7704	735.378	279.848	358.005	0.00273	0.037	1412253
660	2606	0.98	8.808	0.237	2.22	32.25	0.199	39.58	70	12.94	0.0581	0.0035	0.0039	5.928	73.4	73.4	95	591.1	14.08	0.5615	0.7758	743.565	282.917	358.005	0.00273	0.037	1411470
665.02	2606	0.98	8.808	0.237	2.22	32.25	0.199	39.58	70	12.94	0.0581	0.0035	0.0039	5.928	73.4	73.4	95	593.93	14.16	0.5664	0.7812	751.828	286.013	358.005	0.00273	0.037	1410680
670.04	2606	0.98	8.809	0.237	2.22	32.25	0.199	39.58	70	12.94	0.0581	0.0035	0.0039	5.928	73.4	73.4	95	596.55	14.24	0.5714	0.7866	760.091	289.11	358.005	0.00273	0.037	1409890
674.09	2606	0.98	8.809	0.237	2.22	32.25	0.199	39.58	70	12.94	0.0581	0.0035	0.0039	5.928	73.4	73.4	95	598.51	14.3	0.5754	0.791	766.762	291.611	358.005	0.00273	0.037	1409252
Сповільнення																											
674.13	2606	0.98	-36.45	0.252	0	34.56	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	598.31	14.3	0.5754	0.791	766.762	291.611	358.005	0	0.037	1409254
679.04	1513.3	0.98	-29.35	0.252	0	20.07	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	581.52	14.3	0.5754	0.791	766.762	291.611	358.005	0	0.021	1409400
682.15	832.5	0.98	-26.56	0.252	0	11.04	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	575.74	14.3	0.5754	0.791	766.762	291.611	358.005	0	0.012	1409453
Сповільнення з виключеним зчепленням, холостий хід																											
682.32	700	0.98	0.164	0.22	0.539	7.83	0.458	45.69	22	12.46	0.0325	0.001	0.0003	1.387	73.4	73.4	95	575.89	14.31	0.5754	0.791	766.828	291.636	358.005	0.01401	0.03	1409416
687.12	700	0.98	-0.277	0.21	0.515	7.48	0.463	46.31	19	12.46	0.0313	0.001	0.0003	1.324	73.4	73.4	95	579.77	14.35	0.5767	0.7913	768.636	292.339	358.005	0.01401	0.03	1408386
692.09	700	0.98	0.277	0.218	0.536	7.79	0.459	45.77	21	12.46	0.0323	0.001	0.0003	1.379	73.4	73.4	95	583.71	14.39	0.5781	0.7917	770.52	293.072	358.005	0.01401	0.032	1407316
697.06	700	0.98	0.253	0.218	0.534	7.76	0.459	45.82	21	12.46	0.0322	0.001	0.0003	1.374	73.4	73.4	95	587.56	14.44	0.5794	0.7921	772.407	293.806	358.005	0.01401	0.029	1406241
702.04	700	0.98	0.297	0.22	0.541	7.85	0.458	45.66	22	12.46	0.0325	0.001	0.0003	1.391	73.4	73.4	95	591.35	14.48	0.5808	0.7925	774.295	294.541	358.005	0.01401	0.027	1405167
706.32	700	0.98	-0.193	0.214	0.526	7.64	0.461	46.02	20	12.46	0.0319	0.001	0.0003	1.353	73.4	73.4	95	594.53	14.52	0.582	0.7928	775.918	295.172	358.005	0.01401	0.026	1404242
Прискорення																											
706.49	700	0.98	35.474	0.396	0.993	14.42	0.401	40.02	52	12.69	0.0522	0.0016	0.0013	2.601	73.4	73.4	95	594.44	14.52	0.582	0.7929	776.042	295.219	358.005	0.00501	0.017	1404218
707.09	865.5	0.98	35.435	0.387	1.202	17.46	0.361	39.31	55	12.74	0.057	0.0019	0.0016	3.161	73.4	73.4	95	594.12	14.53	0.5823	0.7931	776.529	295.404	358.005	0.00456	0.02	1404126
707.6	1003.1	0.98	35.37	0.384	1.382	20.07	0.331	38.71	57	12.78	0.06	0.0022	0.002	3.643	73.4	73.4	95	593.84	14.54	0.5826	0.7934	777.013	295.588	358.005	0.00419	0.024	1404044
708.04	1123.4	0.98	34.958	0.38	1.533	22.27	0.306	38.26	60	12.81	0.0617	0.0024	0.0023	4.052	73.4	73.4	95	593.61	14.55	0.5829	0.7937	777.496	295.771	358.005	0.00389	0.025	1403968
708.54	1257.4	0.98	35.338	0.384	1.735	25.19	0.28	37.64	63	12.84	0.0638	0.0026	0.0027	4.597	73.4	73.4	95	593.35	14.56	0.5833	0.794	778.102	296	358.005	0.00356	0.03	1403883
709.08	1401	0.98	35.168	0.383	1.928	28.01	0.257	37.17	67	12.87	0.0651	0.0029	0.0032	5.121	73.4	73.4	95	593.01	14.57	0.5837	0.7945	778.832	296.275	358.005	0.00323	0.035	1403793
709.56	1531.1	0.98	35.176	0.384	2.118	30.76	0.239	36.77	70	12.9	0.0664	0.0031	0.0037	5.636	73.4	73.4	95	592.8	14.57	0.5841	0.795	779.569	296.552	358.005	0.00295	0.035	1403711
710.01	1650.8	0.98	35.471	0.387	2.303	33.44	0.225	36.43	73	12.91	0.0679	0.0034	0.0042	6.136	73.4	73.4	95	592.63	14.58	0.5845	0.7954	780.308	296.83	358.005	0.00272	0.039	1403636
710.5	1780.1	0.98	35.373	0.389	2.497	36.27	0.212	36.16	77	12.93	0.0696	0.0036	0.0048	6.663	73.4	73.4	95	592.46	14.59	0.585	0.7961	781.176	297.156	358.005	0.00249	0.04	1403557
711.02	1917.2	0.98	35.333	0.391	2.705	39.28	0.203	35.95	81	12.95	0.072	0.0039	0.0055	7.224	73.4	73.4	95	592.21	14.6	0.5855	0.7968	782.175	297.53	358.005	0.00227	0.054	1403478
711.38	2013.9	0.98	35.335	0.393	2.854	41.45	0.198	35.85	84	12.95	0.0743	0.0041	0.006	7.627	73.4	73.4	95	591.89	14.61	0.5859	0.7974	782.93	297.812	358.005	0.00213	0.058	1403427
Переключення передачі																											
711.55	700	0.98	-0.053	0.217	0.531	7.72	0.46	45.89	21	12.46	0.0321	0.001	0.0003	1.366	73.4	73.4	95	592.02	14.61	0.586	0.7974	782.995	297.837	358.005	0.01401	0.027	1403390
713.44	700	0.98	-0.249	0.211	0.519	7.53	0.463	46.22	20	12.46	0.0315	0.001	0.0003	1.333	73.4	73.4	95	593.44	14.63	0.5865	0.7975	783.708	298.115	358.005	0.01401	0.028	1402984
Прискорення																											
713.54	1221	0.98	38.824	0.407	1.787	25.95	0.282	37.41	65	12.84	0.0661	0.0027	0.0029	4.734	73.4	73.4	95	593.37	14.63	0.5866	0.7976	783.838	298.164	358.005	0.0034	0.031	1402968
714.01	1307.5	0.98	38.614	0.407	1.913	27.79	0.267	37.11	67	12.86	0.0671	0.0029	0.0032	5.078	73.4	73.4	95	593.03	14.64	0.5869	0.798	784.482	298.407	358.005	0.00321	0.035	1402890
714.54	1404.2	0.98	38.598	0.406	2.054	29.83	0.253	36.81	69	12.88	0.0681	0.003	0.0036	5.458	73.4	73.4	95	592.64	14.65	0.5874	0.7985	785.259	298.699	358.005	0.00301	0.038	1402804

tau	nd	alf	MK	ETAV	GT	GV	CO1	CH1	NOX1	CO21	GCO1	GCH1	GNOX1	GCO21	ECO	ECH	ENOX	Тн	gCO	gCH	gNOx	gCO2	gpal	Tw	gH2O2	NTEG	QACB
715.03	1494.6	0.98	38.624	0.407	2.189	31.8	0.24	36.56	72	12.9	0.069	0.0032	0.0039	5.826	73.4	73.4	95	592.4	14.66	0.5878	0.799	786.039	298.992	358.005	0.00284	0.038	1402722
715.5	1579.7	0.98	38.307	0.406	2.311	33.57	0.23	36.36	74	12.91	0.0698	0.0034	0.0042	6.157	73.4	73.4	95	592.17	14.67	0.5882	0.7996	786.82	299.286	358.005	0.00268	0.038	1402646
716.01	1673.6	0.98	38.544	0.408	2.462	35.76	0.22	36.14	76	12.92	0.0711	0.0036	0.0047	6.565	73.4	73.4	95	591.93	14.68	0.5887	0.8002	787.734	299.629	358.005	0.00252	0.039	1402562
716.5	1762.4	0.98	38.758	0.411	2.609	37.89	0.212	35.97	79	12.93	0.0727	0.0038	0.0051	6.963	73.4	73.4	95	591.74	14.69	0.5892	0.8009	788.655	299.974	358.005	0.00237	0.041	1402483
717.03	1858.7	0.98	38.66	0.412	2.764	40.15	0.205	35.83	82	12.94	0.0745	0.004	0.0056	7.382	73.4	73.4	95	591.47	14.7	0.5898	0.8017	789.71	300.369	358.005	0.00223	0.056	1402402
717.53	1950.2	0.98	38.4	0.413	2.902	42.14	0.2	35.75	84	12.95	0.0763	0.0042	0.0061	7.753	73.4	73.4	95	591.04	14.71	0.5904	0.8025	790.772	300.767	358.005	0.0021	0.06	1402332
718.01	2037.6	0.98	38.436	0.417	3.082	44.76	0.199	36.02	86	12.99	0.0806	0.0045	0.0066	8.262	73.4	73.4	95	590.49	14.72	0.591	0.8034	791.849	301.169	358.005	0	0.066	1402337
718.53	2131.6	0.98	38.651	0.421	3.254	47.26	0.197	35.98	89	13	0.0843	0.0047	0.0072	8.725	73.4	73.4	95	589.81	14.73	0.5916	0.8044	793.073	301.625	358.005	0	0.07	1402373
719.02	2221.6	0.98	38.639	0.424	3.414	49.58	0.197	35.98	92	13	0.0884	0.005	0.0078	9.153	73.4	73.4	95	589.32	14.74	0.5923	0.8054	794.306	302.085	358.005	0	0.074	1402409
719.5	2308.1	0.98	38.733	0.426	3.568	51.82	0.199	36.02	95	12.99	0.0931	0.0052	0.0084	9.566	73.4	73.4	95	589.1	14.75	0.593	0.8065	795.545	302.547	358.005	0	0.076	1402445
720.01	2400.6	0.98	38.641	0.426	3.711	53.89	0.202	36.1	98	12.99	0.0982	0.0054	0.009	9.946	73.4	73.4	95	589	14.77	0.5937	0.8077	796.926	303.063	358.005	0	0.073	1402483
720.5	2489.6	0.98	38.387	0.426	3.844	55.82	0.206	36.22	101	12.99	0.1039	0.0056	0.0096	10.298	73.4	73.4	95	588.91	14.78	0.5945	0.809	798.305	303.577	358.005	0	0.072	1402518
721.01	2583.9	0.98	38.659	0.428	4.012	58.26	0.212	36.38	104	12.98	0.1119	0.0059	0.0104	10.743	73.4	73.4	95	588.74	14.8	0.5953	0.8104	799.83	304.146	358.005	0	0.073	1402556
721.52	2674.9	0.98	38.516	0.43	4.17	60.57	0.22	36.58	107	12.97	0.1206	0.0062	0.0111	11.162	73.4	73.4	95	588.56	14.81	0.5961	0.8119	801.358	304.717	358.005	0	0.076	1402594
722	2762.9	0.98	38.883	0.434	4.346	63.11	0.23	36.82	110	12.96	0.1311	0.0065	0.0119	11.623	73.4	73.4	95	588.37	14.83	0.597	0.8135	802.893	305.291	358.005	0	0.081	1402632
722.47	2848.2	0.98	38.875	0.436	4.499	65.34	0.24	37.08	113	12.95	0.1419	0.0067	0.0127	12.023	73.4	73.4	95	588.23	14.85	0.5978	0.8151	804.431	305.866	358.005	0	0.086	1402671
Переключення передачі																											
722.64	700	0.98	0.231	0.218	0.536	7.79	0.459	45.77	21	12.46	0.0323	0.001	0.0003	1.379	73.4	73.4	95	588.37	14.85	0.5979	0.8151	804.497	305.892	358.005	0.01401	0.029	1402634
724.53	700	0.98	0.121	0.217	0.532	7.73	0.46	45.87	21	12.46	0.0321	0.001	0.0003	1.369	73.4	73.4	95	589.82	14.87	0.5984	0.8152	805.21	306.169	358.005	0.01401	0.029	1402228
Прискорення																											
724.59	1887	0.98	49.592	0.489	3.348	48.63	0.205	36.35	87	12.99	0.0901	0.0049	0.0072	8.972	73.4	73.4	95	589.73	14.87	0.5985	0.8154	805.368	306.228	358.005	0	0.075	1402232
725.03	1931.6	0.98	49.707	0.491	3.441	49.97	0.204	36.36	89	12.99	0.0919	0.005	0.0076	9.22	73.4	73.4	95	589.05	14.88	0.5991	0.8163	806.48	306.643	358.005	0	0.078	1402266
725.52	1981.3	0.98	49.861	0.493	3.543	51.46	0.202	36.38	90	12.99	0.0942	0.0052	0.0079	9.496	73.4	73.4	95	588.2	14.89	0.5998	0.8173	807.752	307.118	358.005	0	0.082	1402304
726	2029.7	0.98	49.586	0.492	3.623	52.61	0.202	36.37	91	12.99	0.0959	0.0053	0.0082	9.71	73.4	73.4	95	587.29	14.9	0.6005	0.8184	809.028	307.594	358.005	0	0.085	1402344
726.52	2082.9	0.98	49.688	0.495	3.737	54.28	0.202	36.42	93	12.99	0.0989	0.0055	0.0086	10.017	73.4	73.4	95	586.3	14.92	0.6013	0.8196	810.469	308.131	358.005	0	0.089	1402389
727.03	2134.8	0.98	49.371	0.495	3.829	55.61	0.202	36.45	95	12.99	0.1014	0.0056	0.009	10.263	73.4	73.4	95	585.49	14.93	0.6021	0.8209	811.912	308.67	358.005	0	0.092	1402436
727.53	2185.4	0.98	49.301	0.496	3.933	57.13	0.203	36.51	96	12.99	0.1046	0.0058	0.0094	10.542	73.4	73.4	95	584.95	14.95	0.6029	0.8222	813.36	309.21	358.005	0	0.094	1402483
728.02	2234.9	0.98	49.651	0.5	4.052	58.85	0.204	36.63	98	12.99	0.1087	0.006	0.0099	10.859	73.4	73.4	95	584.64	14.96	0.6037	0.8235	814.818	309.754	358.005	0	0.096	1402530
728.5	2283.3	0.98	49.449	0.499	4.132	60.02	0.206	36.67	99	12.99	0.1116	0.0061	0.0102	11.072	73.4	73.4	95	584.49	14.98	0.6045	0.8248	816.274	310.298	358.005	0	0.096	1402576
729.02	2335.9	0.98	49.559	0.501	4.241	61.59	0.208	36.78	101	12.98	0.1159	0.0063	0.0107	11.36	73.4	73.4	95	584.41	14.99	0.6054	0.8263	817.892	310.902	358.005	0	0.096	1402626
729.53	2387.3	0.98	49.535	0.5	4.328	62.86	0.211	36.85	103	12.98	0.1198	0.0064	0.011	11.592	73.4	73.4	95	584.36	15.01	0.6063	0.8279	819.51	311.506	358.005	0	0.094	1402674
730.02	2437.7	0.98	49.836	0.502	4.436	64.43	0.214	36.98	104	12.98	0.1248	0.0066	0.0115	11.879	73.4	73.4	95	584.26	15.03	0.6072	0.8294	821.129	312.11	358.005	0	0.094	1402720
730.51	2487	0.98	49.518	0.5	4.506	65.44	0.217	37.04	106	12.98	0.1286	0.0067	0.0119	12.062	73.4	73.4	95	584.08	15.04	0.6081	0.831	822.747	312.715	358.005	0	0.092	1402766
731.03	2540.2	0.98	49.748	0.501	4.614	67.01	0.222	37.19	108	12.97	0.1344	0.0069	0.0123	12.348	73.4	73.4	95	583.84	15.06	0.6091	0.8328	824.529	313.38	358.005	0	0.092	1402815
731.5	2587.6	0.98	49.359	0.499	4.685	68.04	0.226	37.28	109	12.97	0.1389	0.007	0.0127	12.534	73.4	73.4	95	583.6	15.08	0.61	0.8344	826.149	313.986	358.005	0	0.094	1402858
732.01	2638.7	0.98	49.442	0.501	4.788	69.54	0.231	37.44	111	12.96	0.1453	0.0072	0.0132	12.805	73.4	73.4	95	583.36	15.1	0.611	0.8362	827.93	314.652	358.005	0	0.095	1402905
732.55	2693.4	0.98	49.614	0.502	4.905	71.23	0.237	37.65	113	12.96	0.1529	0.0074	0.0137	13.109	73.4	73.4	95	583.12	15.12	0.6121	0.8383	829.877	315.38	358.005	0	0.097	1402956
Постійна швидкість																											
732.59	2696	0.98	15.587	0.281	2.731	39.66	0.204	38.11	84	12.95	0.073	0.0042	0.0057	7.293	73.4	73.4	95	583.15	15.12	0.6121	0.8383	829.968	315.414	358.005	0.0022	0.042	1402949
737	2696	0.98	15.865	0.283	2.753	39.98	0.204	38.04	84	12.95	0.0736	0.0042	0.0058	7.352	73.4	73.4	95	585.32	15.21	0.6173	0.8454	838.964	318.782	358.005	0.0022	0.043	1402281
742.02	2696	0.98	15.866	0.283	2.753	39.98	0.204	38.04	84	12.95	0.0736	0.0042	0.0058	7.352	73.4	73.4	95	587.57	15.32	0.6232	0.8535	849.234	322.627	358.005	0.0022	0.043	1401518
744.56	2696	0.98	15.866	0.283	2.753	39.98	0.204	38.04	84	12.95	0.0737	0.0042	0.0058	7.352	73.4	73.4	95	588.63	15.37	0.6262	0.8575	854.414	324.567	358.005	0.0022	0.043	1401134
Сповільнення																											
744.6	2696	0.98	-38.16	0.302	0	42.82	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	588.39	15.37	0.6262	0.8575	854.414	324.567	358.005	0	0.043	1401136
749.03	2249.9	0.98	-35.23	0.302	0	35.73	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	567.43	15.37	0.6262	0.8575	854.414	324.567	358.005	0	0.036	1401318
752.56	1893.1	0.98	-32.88	0.302	0	30.07	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	554.18	15.37	0.6262	0.8575	854.414	324.567	358.005	0	0.03	1401440
Постійна швидкість																											
752.63	1887	0.98	13.988	0.252	1.708	24.81	0.221	39.72	55	12.9	0.0496	0.0027	0.0023	4.545	73.4	73.4	95	554.22	15.37	0.6262	0.8576	854.494	324.597	358.005	0.00385	0.021	1401427
757.02	1887	0.98	13.758	0.247	1.676	24.33	0.222	39.94	54	12.89	0.0489	0.0027	0.0023	4.458	73.4	73.4	95	557.06	15.43	0.6295	0.8603	859.926	326.639	358.005	0.00385	0.026	1400633
762.04	1887	0.98	13.759	0.247	1.676	24.33	0.222	39.94	54	12.89	0.0489	0.0027	0.0023	4.458	73.4	73.4	95	560.12	15.5	0.6333	0.8635	866.146	328.978	358.005	0.00385	0.026	1399724
765.6	1887	0.98	13.759	0.247	1.676	24.34	0.222	39.94	54	12.89	0.0489	0.0027	0.0023	4.458	73.4	73.4	95	562.18	15.55	0.636	0.8657	870.555	330.635	358.005	0.00385	0.026	1399080
Переключення передачі																											
765.77	700	0.98	0.017	0.215	0.528	7.67	0.461	45.98	21	12.46	0.0319	0.001	0.0003	1.358	73.4	73.4	95	562.33	15.55	0.636	0.8657	870.62	330.66	358.005	0.01401	0.03	1399044
767.66	700	0.98	-0.147	0.214	0.525	7.62	0.461	46.06	20	12.46	0.0318	0.001	0.0003	1.349	73.4	73.4	95	563.95	15.56	0.6365	0.8659	871.332	330.937	358.005	0.01401	0.026	1398638
Сповільнення																											
767.7	2850	0.98	-34.84	0.221	0	33.18	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	563.85	15.56	0.6365	0.8659	871.332	330.937	358.005	0	0.106	1398642
772.03	1599.4	0.98	-26.87	0.221	0	18.62	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	555.49	15.56	0.6365	0.8659	871.332	330.937	358.005	0	0.059	1399002
774.73	834.1	0.98	-23.77	0.221	0	9.71	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	552.76	15.56	0.6365	0.8659	871.332	330.937	358.005	0	0.031	1399124

tau	nd	alf	MK	ETAV	GT	GV	CO1	CH1	NOX1	CO21	GCO1	GCH1	GNOX1	GCO21	ECO	ECH	ENOX	Тн	gCO	gCH	gNOx	gCO2	gpal	Tw	gH2O2	NTEG	QACB
Сповільнення з виключеним зчепленням, холостий хід																											
774.91	700	0.98	0.164	0.216	0.53	7.7	0.46	45.93	21	12.46	0.032	0.001	0.0003	1.363	73.4	73.4	95	552.91	15.57	0.6366	0.8659	871.397	330.963	358.005	0.01401	0.029	1399086
780.05	700	0.98	-0.3	0.212	0.519	7.54	0.462	46.21	20	12.46	0.0315	0.001	0.0003	1.335	73.4	73.4	95	557.56	15.61	0.638	0.8663	873.339	331.718	358.005	0.01401	0.032	1397980
784.85	700	0.98	0.008	0.215	0.528	7.68	0.46	45.97	21	12.46	0.032	0.001	0.0003	1.359	73.4	73.4	95	561.77	15.65	0.6393	0.8666	875.154	332.424	358.005	0.01401	0.029	1396945
Магістральний їздовий цикл																											
Холостий хід																											
785.02	700	0.98	-0.217	0.213	0.523	7.59	0.462	46.11	20	12.46	0.0317	0.001	0.0003	1.344	73.4	73.4	95	561.92	15.66	0.6393	0.8667	875.218	332.449	358.005	0.01401	0.029	1396909
790.16	700	0.98	-0.273	0.211	0.519	7.53	0.462	46.22	20	12.46	0.0315	0.001	0.0003	1.334	73.4	73.4	95	566.35	15.7	0.6407	0.8671	877.161	333.205	358.005	0.01401	0.031	1395803
795.14	700	0.98	-0.226	0.214	0.525	7.63	0.461	46.05	20	12.46	0.0318	0.001	0.0003	1.351	73.4	73.4	95	570.56	15.75	0.6421	0.8674	879.04	333.935	358.005	0.01401	0.028	1394736
800.11	700	0.98	0.258	0.221	0.542	7.87	0.458	45.63	22	12.46	0.0326	0.001	0.0003	1.394	73.4	73.4	95	574.69	15.79	0.6434	0.8678	880.918	334.666	358.005	0.01401	0.025	1393667
804.91	700	0.98	0.249	0.219	0.537	7.8	0.459	45.75	22	12.46	0.0323	0.001	0.0003	1.381	73.4	73.4	95	578.57	15.83	0.6447	0.8682	882.727	335.369	358.005	0.01401	0.025	1392640
Прискорення																											
805.08	700	0.98	35.485	0.396	0.993	14.43	0.401	40.02	52	12.69	0.0522	0.0016	0.0013	2.602	73.4	73.4	95	578.49	15.83	0.6448	0.8682	882.851	335.417	358.005	0.005	0.017	1392615
805.54	827.4	0.98	35.129	0.386	1.147	16.65	0.371	39.53	54	12.73	0.0558	0.0018	0.0015	3.012	73.4	73.4	95	578.29	15.84	0.645	0.8684	883.217	335.556	358.005	0.00465	0.019	1392545
806.06	970.6	0.98	35.289	0.383	1.336	19.4	0.338	38.87	57	12.77	0.0593	0.0021	0.0019	3.521	73.4	73.4	95	578.08	15.85	0.6453	0.8687	883.702	335.74	358.005	0.00427	0.023	1392461
806.63	1123.4	0.98	35.109	0.381	1.539	22.35	0.306	38.23	60	12.81	0.0618	0.0024	0.0023	4.068	73.4	73.4	95	577.88	15.86	0.6457	0.869	884.307	335.97	358.005	0.00388	0.025	1392366
807.03	1231.8	0.98	35.32	0.384	1.702	24.72	0.285	37.73	63	12.84	0.0636	0.0026	0.0027	4.509	73.4	73.4	95	577.75	15.87	0.646	0.8693	884.793	336.154	358.005	0.00361	0.029	1392297
807.58	1378.2	0.98	35.168	0.382	1.895	27.52	0.261	37.26	66	12.87	0.0649	0.0028	0.0031	5.031	73.4	73.4	95	577.52	15.88	0.6464	0.8698	885.524	336.429	358.005	0.00327	0.035	1392205
808.07	1510.2	0.98	35.144	0.383	2.083	30.26	0.242	36.84	69	12.89	0.0661	0.0031	0.0036	5.542	73.4	73.4	95	577.4	15.89	0.6468	0.8702	886.26	336.706	358.005	0.00299	0.035	1392122
808.53	1631.4	0.98	35.131	0.385	2.259	32.81	0.227	36.52	73	12.91	0.0674	0.0033	0.0041	6.018	73.4	73.4	95	577.31	15.89	0.6472	0.8707	886.998	336.983	358.005	0.00275	0.035	1392046
809.02	1762.2	0.98	35.482	0.388	2.466	35.81	0.214	36.2	76	12.93	0.0693	0.0036	0.0047	6.578	73.4	73.4	95	577.27	15.9	0.6477	0.8713	887.866	337.309	358.005	0.00251	0.038	1391965
809.54	1900.7	0.98	35.274	0.391	2.676	38.87	0.204	35.98	80	12.94	0.0716	0.0039	0.0054	7.147	73.4	73.4	95	577.17	15.91	0.6482	0.8721	888.865	337.683	358.005	0.00229	0.054	1391886
809.97	2013.9	0.98	35.094	0.392	2.847	41.35	0.198	35.86	84	12.95	0.0741	0.0041	0.0059	7.609	73.4	73.4	95	576.93	15.92	0.6487	0.8727	889.748	338.013	358.005	0.00213	0.058	1391825
Переключення передачі																											
810.14	700	0.98	-0.292	0.212	0.52	7.55	0.462	46.19	20	12.46	0.0316	0.001	0.0003	1.336	73.4	73.4	95	577.07	15.92	0.6487	0.8728	889.812	338.038	358.005	0.01401	0.028	1391788
812.03	700	0.98	0.284	0.218	0.536	7.78	0.459	45.78	21	12.46	0.0323	0.001	0.0003	1.377	73.4	73.4	95	578.6	15.94	0.6493	0.8729	890.526	338.316	358.005	0.01401	0.029	1391385
Прискорення																											
812.12	1221	0.98	38.559	0.404	1.776	25.79	0.282	37.45	65	12.84	0.0658	0.0027	0.0029	4.705	73.4	73.4	95	578.55	15.94	0.6493	0.873	890.654	338.364	358.005	0.0034	0.031	1391368
812.5	1290.7	0.98	38.566	0.406	1.887	27.41	0.27	37.17	67	12.86	0.0669	0.0028	0.0031	5.007	73.4	73.4	95	578.35	15.95	0.6496	0.8733	891.172	338.559	358.005	0.00325	0.034	1391306
813.04	1388.5	0.98	38.712	0.407	2.035	29.56	0.255	36.85	69	12.88	0.068	0.003	0.0035	5.407	73.4	73.4	95	578.05	15.96	0.6501	0.8738	891.948	338.852	358.005	0.00305	0.038	1391218
813.54	1479.9	0.98	38.753	0.409	2.179	31.64	0.242	36.57	71	12.89	0.0692	0.0032	0.0039	5.796	73.4	73.4	95	577.9	15.97	0.6505	0.8743	892.727	339.145	358.005	0.00287	0.038	1391136
814.01	1565.9	0.98	38.501	0.406	2.291	33.28	0.232	36.39	73	12.91	0.0697	0.0034	0.0042	6.102	73.4	73.4	95	577.78	15.98	0.6509	0.8748	893.508	339.438	358.005	0.00271	0.038	1391059
814.53	1660.5	0.98	38.827	0.411	2.458	35.7	0.221	36.14	76	12.92	0.0713	0.0036	0.0047	6.554	73.4	73.4	95	577.66	15.99	0.6514	0.8755	894.422	339.781	358.005	0.00254	0.039	1390974
815.02	1750	0.98	38.308	0.408	2.572	37.35	0.213	36.02	78	12.93	0.072	0.0037	0.005	6.862	73.4	73.4	95	577.59	16	0.6519	0.8761	895.339	340.125	358.005	0.00239	0.041	1390895
815.55	1847	0.98	38.496	0.412	2.742	39.82	0.206	35.85	81	12.94	0.0742	0.004	0.0056	7.321	73.4	73.4	95	577.46	16.01	0.6525	0.8769	896.394	340.52	358.005	0.00224	0.055	1390813
816.05	1939	0.98	38.787	0.416	2.907	42.21	0.201	35.73	84	12.95	0.0766	0.0042	0.0061	7.766	73.4	73.4	95	577.18	16.02	0.6531	0.8778	897.455	340.917	358.005	0.00212	0.06	1390742
816.54	2026.9	0.98	38.883	0.421	3.09	44.87	0.199	36.02	86	12.99	0.0809	0.0045	0.0066	8.283	73.4	73.4	95	576.77	16.03	0.6537	0.8786	898.532	341.319	358.005	0	0.066	1390736
817	2111.1	0.98	38.392	0.419	3.206	46.57	0.198	35.99	89	13	0.0831	0.0047	0.0071	8.596	73.4	73.4	95	576.31	16.04	0.6542	0.8795	899.618	341.724	358.005	0	0.069	1390768
817.5	2202	0.98	38.517	0.422	3.372	48.97	0.197	35.98	92	13	0.0872	0.0049	0.0077	9.041	73.4	73.4	95	575.93	16.05	0.6549	0.8805	900.849	342.184	358.005	0	0.073	1390804
818.03	2298.7	0.98	38.685	0.426	3.55	51.55	0.198	36.02	95	12.99	0.0925	0.0052	0.0084	9.517	73.4	73.4	95	575.81	16.07	0.6557	0.8817	902.223	342.696	358.005	0	0.075	1390844
818.54	2391.5	0.98	38.312	0.424	3.679	53.43	0.201	36.09	98	12.99	0.0971	0.0054	0.0089	9.86	73.4	73.4	95	575.88	16.08	0.6564	0.8829	903.602	343.211	358.005	0	0.073	1390882
819.03	2480.8	0.98	38.588	0.427	3.842	55.79	0.206	36.21	101	12.99	0.1037	0.0056	0.0096	10.293	73.4	73.4	95	575.96	16.09	0.6572	0.8842	904.986	343.727	358.005	0	0.073	1390917
819.51	2567	0.98	38.531	0.428	3.984	57.85	0.211	36.35	103	12.98	0.1104	0.0058	0.0102	10.669	73.4	73.4	95	575.98	16.11	0.6579	0.8855	906.371	344.244	358.005	0	0.073	1390952
820.01	2658.6	0.98	38.589	0.429	4.138	60.09	0.219	36.54	106	12.97	0.1188	0.0061	0.0109	11.076	73.4	73.4	95	575.98	16.12	0.6587	0.887	907.898	344.814	358.005	0	0.075	1390990
820.5	2747.1	0.98	38.324	0.429	4.276	62.1	0.227	36.75	109	12.97	0.1276	0.0063	0.0116	11.438	73.4	73.4	95	575.97	16.14	0.6596	0.8886	909.431	345.387	358.005	0	0.079	1391028
821.06	2848.2	0.98	38.874	0.436	4.499	65.34	0.24	37.08	113	12.95	0.1419	0.0067	0.0127	12.023	73.4	73.4	95	576.02	16.16	0.6606	0.8904	911.249	346.067	358.005	0	0.086	1391074
Переключення передачі																											
821.23	700	0.98	-0.032	0.215	0.527	7.66	0.461	46	20	12.46	0.0319	0.001	0.0003	1.356	73.4	73.4	95	576.16	16.16	0.6607	0.8905	911.314	346.092	358.005	0.01401	0.029	1391037
823.11	700	0.98	0.215	0.22	0.54	7.84	0.458	45.68	22	12.46	0.0325	0.001	0.0003	1.388	73.4	73.4	95	577.66	16.18	0.6612	0.8906	912.026	346.369	358.005	0.01401	0.025	1390631
Прискорення																											
823.18	1887	0.98	49.591	0.489	3.343	48.55	0.205	36.34	87	12.99	0.09	0.0049	0.0072	8.958	73.4	73.4	95	577.59	16.18	0.6613	0.8907	912.185	346.428	358.005	0	0.067	1390635
823.56	1925.3	0.98	49.307	0.489	3.411	49.54	0.204	36.33	88	12.99	0.0912	0.005	0.0075	9.141	73.4	73.4	95	577.13	16.19	0.6618	0.8915	913.138	346.784	358.005	0	0.077	1390664
824.05	1975.1	0.98	49.881	0.493	3.531	51.28	0.203	36.37	90	12.99	0.0939	0.0052	0.0079	9.463	73.4	73.4	95	576.43	16.2	0.6625	0.8926	914.411	347.259	358.005	0	0.081	1390703
824.53	2023.7	0.98	49.798	0.494	3.627	52.68	0.202	36.4	91	12.99	0.0961	0.0053	0.0082	9.721	73.4	73.4	95	575.67	16.22	0.6632	0.8936	915.686	347.735	358.005	0	0.085	1390743
825.05	2077.1	0.98	49.812	0.496	3.737	54.28	0.202	36.44	93	12.99	0.0989	0.0055	0.0086	10.017	73.4	73.4	95	574.81	16.23	0.664	0.8949	917.125	348.272	358.005	0	0.088	1390788
825.51	2123.4	0.98	49.582	0.496	3.819	55.46	0.202	36.46	94	12.99	0.1012	0.0056	0.009	10.235	73.4	73.4	95	574.2	16.24	0.6647	0.896	918.408	348.75	358.005	0	0.091	1390830
826.01	2174.3	0.98	49.486	0.497	3.921	56.94	0.203	36.52	96	12.99	0.1043	0.0058	0.0094	10.508	73.4	73.4	95	573.75	16.26	0.6655	0.8973	919.857	349.291	358.005	0	0.094	1390877
826.5	2224	0.98	49.846	0.501	4.042	58.7	0.204	36.64	98	12.99	0.1083	0.006	0.0098	10.831	73.4	73.4	95	573.54	16.27	0.6663	0.8986	921.312	349.834	358.005	0	0.096	1390924

tau	nd	alf	MK	ETAV	GT	GV	CO1	CH1	NOX1	CO21	GCO1	GCH1	GNOX1	GCO21	ECO	ECH	ENOX	Тн	gCO	gCH	gNOx	gCO2	gpal	Tw	gH2O2	NTEG	QACB
827.03	2278	0.98	49.523	0.5	4.127	59.93	0.206	36.67	99	12.99	0.1114	0.0061	0.0102	11.057	73.4	73.4	95	573.52	16.29	0.6671	0.9	922.931	350.438	358.005	0	0.096	1390975
827.5	2325.5	0.98	49.449	0.5	4.212	61.18	0.208	36.74	101	12.99	0.1148	0.0062	0.0105	11.285	73.4	73.4	95	573.59	16.3	0.668	0.9014	924.387	350.982	358.005	0	0.096	1391020
828.01	2377.1	0.98	49.598	0.501	4.316	62.68	0.21	36.85	102	12.98	0.1192	0.0064	0.011	11.56	73.4	73.4	95	573.7	16.32	0.6688	0.9029	926.005	351.586	358.005	0	0.094	1391069
828.51	2427.7	0.98	49.684	0.501	4.41	64.04	0.213	36.94	104	12.98	0.1236	0.0066	0.0114	11.809	73.4	73.4	95	573.78	16.34	0.6697	0.9045	927.624	352.19	358.005	0	0.093	1391116
829	2477.2	0.98	49.373	0.499	4.477	65.02	0.216	37	106	12.98	0.1272	0.0067	0.0117	11.987	73.4	73.4	95	573.78	16.35	0.6706	0.906	929.241	352.794	358.005	0	0.092	1391161
829.53	2530.6	0.98	49.687	0.501	4.594	66.71	0.221	37.16	107	12.97	0.1333	0.0069	0.0123	12.294	73.4	73.4	95	573.72	16.37	0.6716	0.9078	931.024	353.46	358.005	0	0.093	1391210
830	2578.1	0.98	49.856	0.503	4.697	68.21	0.226	37.32	109	12.97	0.1391	0.0071	0.0127	12.566	73.4	73.4	95	573.63	16.39	0.6726	0.9094	932.644	354.066	358.005	0	0.094	1391254
830.5	2629.5	0.98	49.368	0.5	4.767	69.24	0.23	37.41	111	12.96	0.144	0.0072	0.0131	12.75	73.4	73.4	95	573.55	16.41	0.6736	0.9113	934.425	354.732	358.005	0	0.095	1391301
831	2679.8	0.98	49.791	0.503	4.89	71.02	0.236	37.63	112	12.96	0.1516	0.0074	0.0137	13.072	73.4	73.4	95	573.49	16.43	0.6746	0.9131	936.21	355.399	358.005	0	0.097	1391348
831.13	2693.4	0.98	49.614	0.502	4.905	71.23	0.237	37.65	113	12.96	0.1529	0.0074	0.0137	13.109	73.4	73.4	95	573.48	16.44	0.6748	0.9136	936.696	355.581	358.005	0	0.097	1391360
Переключення передачі																											
831.3	700	0.98	0.289	0.221	0.542	7.87	0.458	45.64	22	12.46	0.0326	0.001	0.0003	1.393	73.4	73.4	95	573.62	16.44	0.6749	0.9136	936.762	355.607	358.005	0.01401	0.025	1391322
833.19	700	0.98	-0.036	0.217	0.532	7.73	0.46	45.88	21	12.46	0.0321	0.001	0.0003	1.368	73.4	73.4	95	575.17	16.45	0.6754	0.9138	937.479	355.885	358.005	0.01401	0.024	1390914
Прискорення																											
833.25	1994	0.98	61.679	0.574	4.148	60.25	0.21	38.25	91	12.98	0.1143	0.0064	0.0093	11.112	73.4	73.4	95	575.03	16.46	0.6755	0.9139	937.664	355.955	358.005	0	0.104	1390920
833.55	2012.4	0.98	61.885	0.576	4.205	61.08	0.21	38.36	91	12.98	0.1162	0.0065	0.0095	11.264	73.4	73.4	95	574.34	16.47	0.676	0.9147	938.594	356.302	358.005	0	0.106	1390952
834.02	2041.5	0.98	61.801	0.576	4.268	61.99	0.211	38.4	92	12.98	0.1181	0.0066	0.0098	11.433	73.4	73.4	95	573.29	16.48	0.6769	0.916	940.082	356.857	358.005	0	0.109	1391002
834.55	2073.7	0.98	61.66	0.578	4.347	63.14	0.212	38.49	93	12.98	0.1207	0.0067	0.01	11.643	73.4	73.4	95	572.27	16.5	0.6779	0.9174	941.762	357.485	358.005	0	0.112	1391060
835.01	2102	0.98	61.437	0.579	4.411	64.07	0.212	38.55	94	12.98	0.1229	0.0069	0.0103	11.814	73.4	73.4	95	571.55	16.51	0.6787	0.9187	943.26	358.044	358.005	0	0.114	1391112
835.52	2133.3	0.98	61.871	0.583	4.511	65.51	0.214	38.75	95	12.98	0.1267	0.007	0.0106	12.078	73.4	73.4	95	570.97	16.53	0.6797	0.9202	944.953	358.676	358.005	0	0.118	1391172
836.02	2164.2	0.98	61.369	0.58	4.554	66.13	0.214	38.7	96	12.98	0.1282	0.0071	0.0108	12.193	73.4	73.4	95	570.6	16.55	0.6807	0.9217	946.645	359.308	358.005	0	0.118	1391230
836.57	2198	0.98	61.35	0.58	4.627	67.19	0.216	38.77	97	12.98	0.1311	0.0072	0.0111	12.387	73.4	73.4	95	570.4	16.57	0.6818	0.9234	948.528	360.012	358.005	0	0.119	1391295
837	2224.7	0.98	61.441	0.582	4.692	68.15	0.217	38.86	98	12.98	0.1339	0.0074	0.0114	12.561	73.4	73.4	95	570.36	16.59	0.6827	0.9247	950.036	360.575	358.005	0	0.12	1391347
837.54	2257.6	0.98	61.5	0.582	4.764	69.19	0.219	38.94	99	12.97	0.137	0.0075	0.0117	12.753	73.4	73.4	95	570.4	16.61	0.6838	0.9265	951.92	361.279	358.005	0	0.121	1391412
838.01	2286.8	0.98	61.574	0.583	4.831	70.16	0.221	39.02	100	12.97	0.1401	0.0076	0.012	12.929	73.4	73.4	95	570.49	16.62	0.6848	0.928	953.615	361.912	358.005	0	0.121	1391470
838.53	2318.8	0.98	61.609	0.583	4.9	71.17	0.223	39.11	101	12.97	0.1434	0.0077	0.0123	13.113	73.4	73.4	95	570.63	16.64	0.6859	0.9298	955.499	362.616	358.005	0	0.122	1391532
839	2347.2	0.98	61.707	0.583	4.962	72.06	0.225	39.18	102	12.97	0.1465	0.0078	0.0125	13.274	73.4	73.4	95	570.75	16.66	0.6869	0.9314	957.193	363.249	358.005	0	0.121	1391588
839.5	2378.4	0.98	61.338	0.58	5.001	72.63	0.226	39.14	103	12.97	0.1487	0.0079	0.0128	13.378	73.4	73.4	95	570.84	16.68	0.688	0.9332	959.074	363.952	358.005	0	0.118	1391649
840	2409.2	0.98	61.424	0.58	5.067	73.59	0.229	39.23	104	12.96	0.1523	0.008	0.0131	13.553	73.4	73.4	95	570.85	16.7	0.6891	0.935	960.953	364.654	358.005	0	0.117	1391708
840.5	2439.6	0.98	61.419	0.58	5.129	74.5	0.231	39.3	105	12.96	0.1559	0.0081	0.0134	13.717	73.4	73.4	95	570.78	16.73	0.6902	0.9368	962.83	365.356	358.005	0	0.117	1391766
841.04	2472.6	0.98	61.326	0.579	5.192	75.4	0.234	39.37	106	12.96	0.1597	0.0082	0.0137	13.881	73.4	73.4	95	570.66	16.75	0.6915	0.9388	964.893	366.128	358.005	0	0.117	1391829
841.52	2502.2	0.98	61.635	0.582	5.277	76.63	0.238	39.56	107	12.96	0.1647	0.0084	0.014	14.103	73.4	73.4	95	570.54	16.77	0.6926	0.9407	966.768	366.829	358.005	0	0.118	1391886
842.04	2534.4	0.98	61.408	0.58	5.325	77.34	0.241	39.58	108	12.95	0.1682	0.0085	0.0143	14.231	73.4	73.4	95	570.41	16.8	0.6938	0.9427	968.83	367.601	358.005	0	0.117	1391946
842.51	2563.4	0.98	61.626	0.581	5.402	78.45	0.244	39.74	109	12.95	0.1731	0.0087	0.0146	14.431	73.4	73.4	95	570.31	16.82	0.6949	0.9446	970.704	368.302	358.005	0	0.119	1392002
843.02	2594.8	0.98	61.378	0.58	5.454	79.21	0.247	39.79	110	12.95	0.177	0.0088	0.0149	14.567	73.4	73.4	95	570.23	16.84	0.6962	0.9467	972.764	369.074	358.005	0	0.119	1392062
843.53	2625.8	0.98	61.597	0.581	5.534	80.37	0.251	39.96	111	12.94	0.1827	0.0089	0.0153	14.776	73.4	73.4	95	570.2	16.87	0.6974	0.9488	974.826	369.846	358.005	0	0.121	1392122
844.03	2656.5	0.98	61.548	0.581	5.596	81.27	0.255	40.07	112	12.94	0.1875	0.009	0.0156	14.937	73.4	73.4	95	570.2	16.89	0.6987	0.951	976.888	370.618	358.005	0	0.122	1392183
844.52	2686.9	0.98	61.425	0.58	5.655	82.12	0.259	40.16	113	12.93	0.1922	0.0092	0.0159	15.089	73.4	73.4	95	570.23	16.92	0.6999	0.9531	978.947	371.39	358.005	0	0.123	1392244
845.01	2716.9	0.98	61.302	0.58	5.713	82.97	0.263	40.26	114	12.93	0.1972	0.0093	0.0162	15.241	73.4	73.4	95	570.32	16.95	0.7012	0.9553	981.008	372.162	358.005	0	0.124	1392304
845.54	2749.2	0.98	61.599	0.583	5.807	84.33	0.268	40.5	115	12.92	0.2046	0.0095	0.0166	15.484	73.4	73.4	95	570.46	16.98	0.7025	0.9577	983.258	373.006	358.005	0	0.127	1392370
846.01	2778.6	0.98	61.466	0.582	5.864	85.16	0.273	40.6	116	12.92	0.2098	0.0096	0.017	15.631	73.4	73.4	95	570.61	17	0.7038	0.96	985.322	373.78	358.005	0	0.124	1392431
846.23	2791.8	0.98	61.893	0.585	5.924	86.04	0.276	40.8	117	12.92	0.2144	0.0097	0.0172	15.789	73.4	73.4	95	570.7	17.02	0.7044	0.961	986.26	374.132	358.005	0	0.14	1392459
Переключення передачі																											
846.4	700	0.98	-0.025	0.214	0.526	7.64	0.461	46.02	20	12.46	0.0319	0.001	0.0003	1.353	73.4	73.4	95	570.85	17.02	0.7044	0.961	986.325	374.157	358.005	0.01401	0.032	1392423
848.29	700	0.98	0.214	0.217	0.533	7.74	0.46	45.85	21	12.46	0.0322	0.001	0.0003	1.37	73.4	73.4	95	572.42	17.03	0.7049	0.9611	987.036	374.434	358.005	0.01401	0.033	1392019
Постійна швидкість																											
848.34	2212	0.98	33.044	0.384	3.064	44.5	0.194	35.87	88	12.96	0.0781	0.0044	0.0067	8.194	73.4	73.4	95	572.4	17.04	0.705	0.9612	987.16	374.48	358.005	0.00197	0.061	1392012
853.01	2212	0.98	32.882	0.383	3.059	44.42	0.194	35.87	88	12.96	0.0779	0.0044	0.0067	8.178	73.4	73.4	95	570.81	17.14	0.7107	0.9699	997.758	378.443	358.005	0.00197	0.061	1391388
858	2212	0.98	32.882	0.383	3.059	44.42	0.194	35.87	88	12.96	0.0779	0.0044	0.0067	8.178	73.4	73.4	95	569.27	17.24	0.7169	0.9793	1009.095	382.683	358.005	0.00197	0.061	1390721
863.05	2212	0.98	32.882	0.383	3.059	44.42	0.194	35.87	88	12.96	0.0779	0.0044	0.0067	8.178	73.4	73.4	95	567.88	17.35	0.7231	0.9887	1020.555	386.968	358.005	0.00197	0.061	1390046
868.04	2212	0.98	32.882	0.383	3.059	44.42	0.194	35.87	88	12.96	0.0779	0.0044	0.0067	8.178	73.4	73.4	95	566.63	17.46	0.7292	0.998	1031.897	391.208	358.005	0.00197	0.061	1389380
873.03	2212	0.98	32.882	0.383	3.059	44.42	0.194	35.87	88	12.96	0.0779	0.0044	0.0067	8.178	73.4	73.4	95	565.52	17.57	0.7354	1.0073	1043.239	395.447	358.005	0.00197	0.061	1388712
878.02	2212	0.98	32.882	0.383	3.059	44.42	0.194	35.87	88	12.96	0.0779	0.0044	0.0067	8.178	73.4	73.4	95	564.52	17.68	0.7415	1.0167	1054.582	399.687	358.005	0.00197	0.061	1388046
883.01	2212	0.98	32.882	0.383	3.059	44.42	0.194	35.87	88	12.96	0.0779	0.0044	0.0067	8.178	73.4	73.4	95	563.62	17.79	0.7476	1.026	1065.925	403.926	358.005	0.00197	0.061	1387378
888.01	2212	0.98	32.883	0.383	3.059	44.42	0.194	35.87	88	12.96	0.0779	0.0044	0.0067	8.178	73.4	73.4	95	562.81	17.89	0.7538	1.0353	1077.268	408.166	358.005	0.00197	0.061	1386712
893	2212	0.98	32.882	0.383	3.059	44.42	0.194	35.87	88	12.96	0.0779	0.0044	0.0067	8.178	73.4	73.4	95	562.08	18	0.7599	1.0446	1088.61	412.405	358.005	0.00197	0.061	1386044
896.31	2212	0.98	32.882	0.383	3.059	44.42	0.194	35.87	88	12.96	0.0779	0.0044	0.0067	8.178	73.4	73.4	95	561.64	18.07	0.764	1.0508	1096.131	415.216	358.005	0.00197	0.061	1385602
Сповільнення																											

tau	nd	alf	MK	ETAV	GT	GV	CO1	CH1	NOX1	CO21	GCO1	GCH1	GNOX1	GCO21	ECO	ECH	ENOX	Тн	gCO	gCH	gNOx	gCO2	gpal	Tw	gH2O2	NTEG	QACB
896.36	2212	0.98	-37.56	0.408	0	47.54	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	561.32	18.07	0.764	1.0508	1096.131	415.216	358.005	0	0.061	1385606
901	2085.7	0.98	-36.77	0.408	0	44.83	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	535.9	18.07	0.764	1.0508	1096.131	415.216	358.005	0	0.058	1385875
904.35	1994.4	0.98	-36.22	0.408	0	42.86	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	519.66	18.07	0.764	1.0508	1096.131	415.216	358.005	0	0.055	1386060
Постійна швидкість																											
904.41	1994	0.98	21.245	0.3	2.15	31.23	0.206	37.78	68	12.93	0.0581	0.0033	0.0037	5.737	73.4	73.4	95	519.73	18.07	0.764	1.0509	1096.227	415.252	358.005	0.00291	0.032	1386050
909.05	1994	0.98	21.073	0.299	2.145	31.16	0.206	37.8	68	12.93	0.058	0.0033	0.0036	5.723	73.4	73.4	95	524.53	18.15	0.7682	1.0556	1103.593	418.013	358.005	0.00291	0.036	1385270
914.04	1994	0.98	21.073	0.299	2.145	31.16	0.206	37.8	68	12.93	0.058	0.0033	0.0036	5.723	73.4	73.4	95	529.27	18.23	0.7728	1.0606	1111.536	420.989	358.005	0.00291	0.036	1384440
919.04	1994	0.98	21.073	0.299	2.145	31.16	0.206	37.8	68	12.93	0.058	0.0033	0.0036	5.723	73.4	73.4	95	533.66	18.31	0.7773	1.0657	1119.48	423.965	358.005	0.00291	0.036	1383610
924.03	1994	0.98	21.073	0.299	2.145	31.16	0.206	37.8	68	12.93	0.058	0.0033	0.0036	5.723	73.4	73.4	95	537.73	18.39	0.7818	1.0707	1127.423	426.941	358.005	0.00291	0.036	1382780
929.03	1994	0.98	21.073	0.299	2.145	31.16	0.206	37.8	68	12.93	0.058	0.0033	0.0036	5.723	73.4	73.4	95	541.5	18.47	0.7864	1.0758	1135.367	429.918	358.005	0.00291	0.036	1381950
934.02	1994	0.98	21.074	0.299	2.145	31.16	0.206	37.8	68	12.93	0.058	0.0033	0.0036	5.723	73.4	73.4	95	544.99	18.55	0.7909	1.0808	1143.31	432.894	358.005	0.00291	0.036	1381120
939.02	1994	0.98	21.073	0.299	2.145	31.16	0.206	37.8	68	12.93	0.058	0.0033	0.0036	5.723	73.4	73.4	95	548.23	18.63	0.7955	1.0859	1151.253	435.87	358.005	0.00291	0.036	1380290
944.01	1994	0.98	21.073	0.299	2.145	31.16	0.206	37.8	68	12.93	0.058	0.0033	0.0036	5.723	73.4	73.4	95	551.23	18.71	0.8	1.0909	1159.197	438.846	358.005	0.00291	0.036	1379460
949.01	1994	0.98	21.073	0.299	2.145	31.16	0.206	37.8	68	12.93	0.058	0.0033	0.0036	5.723	73.4	73.4	95	554.01	18.79	0.8045	1.096	1167.14	441.823	358.005	0.00291	0.036	1378630
954	1994	0.98	21.073	0.299	2.145	31.16	0.206	37.8	68	12.93	0.058	0.0033	0.0036	5.723	73.4	73.4	95	556.59	18.87	0.8091	1.1011	1175.083	444.799	358.005	0.00291	0.036	1377800
959	1994	0.98	21.073	0.299	2.145	31.16	0.206	37.8	68	12.93	0.058	0.0033	0.0036	5.723	73.4	73.4	95	558.98	18.96	0.8136	1.1061	1183.027	447.775	358.005	0.00291	0.036	1376970
964.05	1994	0.98	21.073	0.299	2.145	31.16	0.206	37.8	68	12.93	0.058	0.0033	0.0036	5.723	73.4	73.4	95	561.22	19.04	0.8182	1.1112	1191.066	450.787	358.005	0.00291	0.036	1376130
969.05	1994	0.98	21.073	0.299	2.145	31.16	0.206	37.8	68	12.93	0.058	0.0033	0.0036	5.723	73.4	73.4	95	563.27	19.12	0.8227	1.1163	1199.009	453.763	358.005	0.00291	0.036	1375300
973.38	1994	0.98	21.073	0.299	2.145	31.16	0.206	37.8	68	12.93	0.058	0.0033	0.0036	5.723	73.4	73.4	95	564.92	19.19	0.8267	1.1207	1205.9	456.345	358.005	0.00291	0.036	1374580
Прискорення																											
973.44	1994	0.98	61.664	0.574	4.154	60.34	0.21	38.28	91	12.98	0.1146	0.0064	0.0094	11.128	73.4	73.4	95	564.8	19.19	0.8268	1.1208	1206.086	456.415	358.005	0	0.104	1374586
974.04	2030.6	0.98	61.338	0.573	4.217	61.25	0.21	38.25	92	12.98	0.1163	0.0065	0.0096	11.296	73.4	73.4	95	563.61	19.21	0.8278	1.1224	1207.944	457.108	358.005	0	0.107	1374648
974.5	2059.5	0.98	61.837	0.578	4.318	62.71	0.211	38.47	93	12.98	0.1198	0.0067	0.0099	11.565	73.4	73.4	95	562.77	19.22	0.8287	1.1237	1209.437	457.666	358.005	0	0.111	1374700
975.02	2091.4	0.98	61.548	0.579	4.389	63.74	0.212	38.53	94	12.98	0.1222	0.0068	0.0102	11.755	73.4	73.4	95	562.03	19.24	0.8297	1.1251	1211.121	458.294	358.005	0	0.115	1374759
975.54	2122.9	0.98	61.322	0.579	4.456	64.71	0.213	38.58	95	12.98	0.1245	0.0069	0.0105	11.932	73.4	73.4	95	561.52	19.26	0.8307	1.1266	1212.809	458.925	358.005	0	0.116	1374818
976.04	2154	0.98	61.334	0.58	4.53	65.8	0.214	38.67	95	12.98	0.1273	0.0071	0.0107	12.131	73.4	73.4	95	561.24	19.28	0.8316	1.1281	1214.503	459.557	358.005	0	0.118	1374876
976.54	2184.5	0.98	61.596	0.582	4.612	66.98	0.216	38.8	96	12.98	0.1305	0.0072	0.011	12.347	73.4	73.4	95	561.15	19.29	0.8326	1.1296	1216.196	460.19	358.005	0	0.119	1374935
977.03	2214.7	0.98	61.649	0.583	4.68	67.97	0.217	38.88	97	12.98	0.1334	0.0073	0.0113	12.53	73.4	73.4	95	561.21	19.31	0.8336	1.1311	1217.892	460.823	358.005	0	0.12	1374993
977.51	2244.5	0.98	61.481	0.582	4.737	68.79	0.218	38.91	98	12.97	0.1358	0.0074	0.0116	12.679	73.4	73.4	95	561.36	19.33	0.8346	1.1327	1219.588	461.456	358.005	0	0.12	1375052
978.04	2277.1	0.98	61.709	0.584	4.821	70.01	0.221	39.05	99	12.97	0.1396	0.0076	0.0119	12.902	73.4	73.4	95	561.6	19.35	0.8357	1.1344	1221.473	462.161	358.005	0	0.121	1375116
978.52	2306	0.98	61.384	0.581	4.861	70.59	0.222	39.02	100	12.97	0.1415	0.0076	0.0121	13.008	73.4	73.4	95	561.86	19.37	0.8367	1.136	1223.168	462.794	358.005	0	0.121	1375173
979.03	2337.8	0.98	61.463	0.582	4.93	71.59	0.224	39.1	101	12.97	0.1449	0.0078	0.0124	13.19	73.4	73.4	95	562.15	19.39	0.8378	1.1377	1225.052	463.498	358.005	0	0.121	1375235
979.54	2369.1	0.98	61.653	0.582	5	72.62	0.226	39.2	102	12.97	0.1486	0.0079	0.0127	13.377	73.4	73.4	95	562.41	19.41	0.8389	1.1395	1226.933	464.201	358.005	0	0.119	1375296
980.04	2400	0.98	61.641	0.582	5.062	73.52	0.229	39.27	103	12.96	0.1519	0.008	0.013	13.54	73.4	73.4	95	562.59	19.43	0.8401	1.1413	1228.812	464.904	358.005	0	0.118	1375356
980.54	2430.5	0.98	61.567	0.581	5.118	74.33	0.231	39.31	104	12.96	0.1552	0.0081	0.0133	13.688	73.4	73.4	95	562.69	19.45	0.8412	1.1431	1230.689	465.605	358.005	0	0.117	1375414
981.03	2460.7	0.98	61.502	0.58	5.179	75.22	0.234	39.39	105	12.96	0.1588	0.0082	0.0136	13.847	73.4	73.4	95	562.74	19.47	0.8423	1.145	1232.565	466.307	358.005	0	0.117	1375471
981.52	2490.4	0.98	61.633	0.581	5.246	76.19	0.236	39.5	106	12.96	0.1629	0.0084	0.0139	14.024	73.4	73.4	95	562.75	19.5	0.8434	1.1468	1234.44	467.008	358.005	0	0.117	1375529
982.04	2522.8	0.98	61.595	0.581	5.312	77.15	0.24	39.59	108	12.95	0.1671	0.0085	0.0142	14.196	73.4	73.4	95	562.77	19.52	0.8446	1.1489	1236.502	467.78	358.005	0	0.118	1375590
982.51	2551.8	0.98	61.607	0.581	5.373	78.03	0.243	39.68	109	12.95	0.1712	0.0086	0.0145	14.355	73.4	73.4	95	562.79	19.54	0.8457	1.1507	1238.376	468.481	358.005	0	0.118	1375645
983.03	2583.4	0.98	61.614	0.581	5.44	79.01	0.246	39.79	110	12.95	0.1759	0.0087	0.0148	14.531	73.4	73.4	95	562.85	19.57	0.847	1.1528	1240.436	469.252	358.005	0	0.119	1375705
983.54	2614.6	0.98	61.498	0.58	5.503	79.92	0.25	39.89	111	12.94	0.1805	0.0089	0.0151	14.694	73.4	73.4	95	562.95	19.59	0.8482	1.155	1242.496	470.023	358.005	0	0.12	1375766
984.04	2645.4	0.98	61.352	0.58	5.562	80.77	0.253	39.98	112	12.94	0.185	0.009	0.0154	14.847	73.4	73.4	95	563.08	19.62	0.8495	1.1571	1244.556	470.795	358.005	0	0.121	1375826
984.53	2675.9	0.98	61.616	0.582	5.646	81.99	0.258	40.18	113	12.93	0.1912	0.0091	0.0158	15.066	73.4	73.4	95	563.24	19.64	0.8507	1.1592	1246.617	471.567	358.005	0	0.123	1375887
985.02	2706	0.98	61.505	0.581	5.703	82.83	0.262	40.27	114	12.93	0.196	0.0093	0.0161	15.215	73.4	73.4	95	563.44	19.67	0.852	1.1614	1248.678	472.339	358.005	0	0.124	1375947
985.51	2735.8	0.98	61.58	0.582	5.773	83.84	0.266	40.42	115	12.93	0.2018	0.0094	0.0165	15.395	73.4	73.4	95	563.68	19.7	0.8532	1.1636	1250.739	473.112	358.005	0	0.124	1376008
986.03	2767.9	0.98	61.335	0.581	5.834	84.73	0.271	40.53	116	12.92	0.2073	0.0095	0.0168	15.554	73.4	73.4	95	564	19.73	0.8546	1.166	1252.99	473.956	358.005	0	0.131	1376074
986.42	2791.8	0.98	61.739	0.585	5.917	85.94	0.275	40.77	117	12.92	0.2139	0.0097	0.0172	15.769	73.4	73.4	95	564.21	19.75	0.8556	1.1679	1254.68	474.59	358.005	0	0.133	1376124
Переключення передачі																											
986.59	700	0.98	0.229	0.217	0.534	7.75	0.459	45.84	21	12.46	0.0322	0.001	0.0003	1.372	73.4	73.4	95	564.36	19.75	0.8557	1.1679	1254.745	474.616	358.005	0.01401	0.033	1376088
988.48	700	0.98	-0.289	0.212	0.52	7.55	0.462	46.19	20	12.46	0.0316	0.001	0.0003	1.337	73.4	73.4	95	565.99	19.77	0.8562	1.168	1255.458	474.893	358.005	0.01401	0.029	1375682
Постійна швидкість																											
988.53	2212	0.98	32.984	0.383	3.055	44.37	0.194	35.88	88	12.96	0.0779	0.0044	0.0067	8.169	73.4	73.4	95	565.98	19.77	0.8563	1.1681	1255.581	474.939	358.005	0.00197	0.061	1375674
993.03	2212	0.98	32.943	0.383	3.054	44.36	0.194	35.88	88	12.96	0.0778	0.0044	0.0067	8.167	73.4	73.4	95	565.15	19.87	0.8618	1.1765	1265.794	478.759	358.005	0.00197	0.062	1375072
998.03	2212	0.98	32.943	0.383	3.054	44.36	0.194	35.88	88	12.96	0.0778	0.0044	0.0067	8.167	73.4	73.4	95	564.32	19.97	0.8679	1.1858	1277.114	482.993	358.005	0.00197	0.062	1374406
1003.02	2212	0.98	32.943	0.383	3.054	44.36	0.194	35.88	88	12.96	0.0778	0.0044	0.0067	8.167	73.4	73.4	95	563.58	20.08	0.874	1.1951	1288.434	487.226	358.005	0.00197	0.062	1373738
1008.01	2212	0.98	32.943	0.383	3.054	44.36	0.194	35.88	88	12.96	0.0778	0.0044	0.0067	8.167	73.4	73.4	95	562.91	20.19	0.8802	1.2044	1299.755	491.46	358.005	0.00197	0.062	1373072
1013	2212	0.98	32.943	0.383	3.054	44.36	0.194	35.88	88	12.96	0.0778	0.0044	0.0067	8.167	73.4	73.4	95	562.31	20.3	0.8863	1.2137	1311.075	495.694	358.005	0.00197	0.062	1372404
1018.05	2212	0.98	32.943	0.383	3.054	44.36	0.194	35.88	88	12.96	0.0778	0.0044	0.0067	8.167	73.4	73.4	95	561.76	20.41	0.8925	1.2231	1322.518	499.974	358.005	0.00197	0.062	1371730

tau	nd	alf	MK	ETAV	GT	GV	CO1	CH1	NOX1	CO21	GCO1	GCH1	GNOX1	GCO21	ECO	ECH	ENOX	Тн	gCO	gCH	gNOx	gCO2	gpal	Tw	gH2O2	NTEG	QACB
1023.04	2212	0.98	32.943	0.383	3.054	44.36	0.194	35.88	88	12.96	0.0778	0.0044	0.0067	8.167	73.4	73.4	95	561.28	20.51	0.8986	1.2324	1333.839	504.208	358.005	0.00197	0.062	1371063
1028.03	2212	0.98	32.943	0.383	3.054	44.36	0.194	35.88	88	12.96	0.0778	0.0044	0.0067	8.167	73.4	73.4	95	560.84	20.62	0.9047	1.2417	1345.159	508.442	358.005	0.00197	0.062	1370396
1033.01	2212	0.98	32.943	0.383	3.054	44.36	0.194	35.88	88	12.96	0.0778	0.0044	0.0067	8.167	73.4	73.4	95	560.45	20.73	0.9109	1.251	1356.479	512.676	358.005	0.00197	0.062	1369729
1036.48	2212	0.98	32.943	0.383	3.054	44.36	0.194	35.88	88	12.96	0.0778	0.0044	0.0067	8.167	73.4	73.4	95	560.2	20.81	0.9151	1.2575	1364.354	515.621	358.005	0.00197	0.062	1369265
Прискорення																											
1036.54	2212	0.98	66.788	0.617	4.95	71.89	0.224	40.31	96	12.97	0.1458	0.008	0.0117	13.244	73.4	73.4	95	560.21	20.81	0.9152	1.2577	1364.554	515.696	358.005	0	0.129	1369272
1037.02	2225.2	0.98	66.353	0.614	4.956	71.98	0.224	40.21	96	12.97	0.146	0.008	0.0118	13.26	73.4	73.4	95	560.34	20.83	0.9163	1.2593	1366.344	516.365	358.005	0	0.128	1369335
1037.51	2238.3	0.98	66.366	0.615	4.992	72.5	0.225	40.27	97	12.97	0.1477	0.0081	0.012	13.355	73.4	73.4	95	560.49	20.85	0.9174	1.2609	1368.132	517.033	358.005	0	0.129	1369398
1038.04	2252.8	0.98	66.459	0.615	5.028	73.03	0.226	40.33	97	12.97	0.1494	0.0082	0.0121	13.452	73.4	73.4	95	560.69	20.87	0.9186	1.2627	1370.125	517.778	358.005	0	0.129	1369468
1038.52	2265.7	0.98	66.658	0.617	5.071	73.65	0.228	40.44	97	12.97	0.1515	0.0083	0.0123	13.565	73.4	73.4	95	560.89	20.89	0.9197	1.2643	1371.914	518.447	358.005	0	0.13	1369530
1039	2278.6	0.98	66.556	0.616	5.092	73.95	0.228	40.43	98	12.96	0.1526	0.0083	0.0124	13.62	73.4	73.4	95	561.1	20.91	0.9208	1.2659	1373.707	519.117	358.005	0	0.13	1369592
1039.52	2292.8	0.98	66.226	0.614	5.107	74.18	0.229	40.37	98	12.96	0.1533	0.0083	0.0125	13.661	73.4	73.4	95	561.35	20.93	0.922	1.2677	1375.696	519.86	358.005	0	0.13	1369660
1040.04	2307	0.98	66.607	0.616	5.158	74.91	0.23	40.52	99	12.96	0.1559	0.0084	0.0126	13.794	73.4	73.4	95	561.61	20.95	0.9232	1.2695	1377.689	520.606	358.005	0	0.131	1369727
1040.51	2319.6	0.98	66.317	0.615	5.172	75.11	0.231	40.47	99	12.96	0.1567	0.0084	0.0127	13.83	73.4	73.4	95	561.83	20.97	0.9243	1.2712	1379.48	521.275	358.005	0	0.131	1369788
1041.02	2333.6	0.98	66.639	0.617	5.221	75.82	0.232	40.61	100	12.96	0.1593	0.0085	0.0129	13.96	73.4	73.4	95	562.08	21	0.9255	1.273	1381.47	522.02	358.005	0	0.132	1369856
1041.54	2347.5	0.98	66.456	0.615	5.239	76.08	0.233	40.57	100	12.96	0.1603	0.0086	0.013	14.007	73.4	73.4	95	562.31	21.02	0.9268	1.2749	1383.461	522.764	358.005	0	0.13	1369923
1042	2359.9	0.98	66.289	0.614	5.254	76.31	0.234	40.54	101	12.96	0.1612	0.0086	0.0131	14.048	73.4	73.4	95	562.49	21.04	0.9279	1.2765	1385.249	523.433	358.005	0	0.128	1369982
1042.5	2373.7	0.98	66.593	0.616	5.301	76.99	0.235	40.67	101	12.96	0.1638	0.0087	0.0133	14.171	73.4	73.4	95	562.65	21.06	0.9291	1.2784	1387.236	524.176	358.005	0	0.128	1370047
1043.01	2387.3	0.98	66.448	0.615	5.32	77.27	0.236	40.65	102	12.96	0.165	0.0087	0.0134	14.222	73.4	73.4	95	562.75	21.09	0.9303	1.2803	1389.224	524.92	358.005	0	0.128	1370112
1043.51	2400.9	0.98	66.6	0.616	5.362	77.87	0.238	40.75	102	12.96	0.1673	0.0088	0.0136	14.331	73.4	73.4	95	562.83	21.11	0.9315	1.2821	1391.208	525.662	358.005	0	0.128	1370176
1044.01	2414.4	0.98	66.526	0.615	5.382	78.16	0.239	40.74	102	12.95	0.1686	0.0088	0.0137	14.384	73.4	73.4	95	562.86	21.13	0.9327	1.284	1393.195	526.406	358.005	0	0.127	1370238
1044.5	2427.8	0.98	66.244	0.613	5.394	78.34	0.239	40.68	103	12.95	0.1695	0.0088	0.0138	14.415	73.4	73.4	95	562.88	21.16	0.9339	1.2859	1395.177	527.147	358.005	0	0.127	1370301
1045.04	2442.5	0.98	66.526	0.614	5.442	79.04	0.241	40.82	103	12.95	0.1723	0.009	0.014	14.542	73.4	73.4	95	562.87	21.18	0.9353	1.288	1397.361	527.965	358.005	0	0.127	1370370
1045.53	2455.8	0.98	66.234	0.612	5.453	79.2	0.242	40.76	104	12.95	0.1732	0.009	0.0141	14.571	73.4	73.4	95	562.86	21.2	0.9365	1.2899	1399.342	528.706	358.005	0	0.127	1370432
1046.02	2469	0.98	66.532	0.614	5.5	79.88	0.244	40.9	104	12.95	0.1761	0.0091	0.0143	14.694	73.4	73.4	95	562.84	21.23	0.9377	1.2918	1401.327	529.449	358.005	0	0.128	1370494
1046.5	2482.1	0.98	66.233	0.612	5.511	80.04	0.245	40.84	105	12.95	0.177	0.0091	0.0144	14.723	73.4	73.4	95	562.83	21.25	0.939	1.2938	1403.307	530.19	358.005	0	0.127	1370557
1047.03	2496.5	0.98	66.541	0.614	5.559	80.74	0.247	40.98	105	12.95	0.18	0.0092	0.0145	14.849	73.4	73.4	95	562.82	21.28	0.9403	1.2959	1405.489	531.007	358.005	0	0.128	1370626
1047.51	2509.5	0.98	66.207	0.612	5.57	80.9	0.247	40.93	106	12.95	0.1809	0.0092	0.0146	14.878	73.4	73.4	95	562.81	21.3	0.9415	1.2978	1407.468	531.748	358.005	0	0.128	1370687
1048.04	2523.7	0.98	66.499	0.614	5.62	81.62	0.25	41.07	106	12.94	0.1841	0.0093	0.0148	15.007	73.4	73.4	95	562.82	21.33	0.9429	1.3	1409.65	532.565	358.005	0	0.129	1370754
1048.51	2536.5	0.98	66.239	0.612	5.632	81.8	0.25	41.03	107	12.94	0.1852	0.0093	0.0149	15.039	73.4	73.4	95	562.84	21.35	0.9441	1.302	1411.629	533.306	358.005	0	0.128	1370814
1049.03	2550.6	0.98	66.52	0.614	5.681	82.51	0.253	41.18	107	12.94	0.1885	0.0094	0.0151	15.167	73.4	73.4	95	562.89	21.38	0.9455	1.3041	1413.81	534.123	358.005	0	0.129	1370880
1049.5	2563.3	0.98	66.233	0.612	5.692	82.67	0.254	41.13	108	12.94	0.1895	0.0094	0.0152	15.195	73.4	73.4	95	562.95	21.41	0.9467	1.3061	1415.788	534.864	358.005	0	0.129	1370940
1050.01	2577.2	0.98	66.475	0.614	5.739	83.35	0.256	41.27	108	12.94	0.1928	0.0096	0.0154	15.317	73.4	73.4	95	563.04	21.43	0.9481	1.3083	1417.968	535.681	358.005	0	0.13	1371006
1050.53	2591.1	0.98	66.367	0.613	5.763	83.7	0.257	41.29	109	12.94	0.1947	0.0096	0.0155	15.381	73.4	73.4	95	563.15	21.46	0.9494	1.3105	1420.145	536.496	358.005	0	0.131	1371072
1051.03	2604.8	0.98	66.419	0.614	5.796	84.17	0.259	41.35	109	12.93	0.1971	0.0097	0.0157	15.465	73.4	73.4	95	563.27	21.49	0.9508	1.3127	1422.325	537.313	358.005	0	0.131	1371138
1051.54	2618.5	0.98	66.773	0.616	5.844	84.88	0.262	41.5	109	12.93	0.2007	0.0098	0.0159	15.593	73.4	73.4	95	563.41	21.52	0.9521	1.3149	1424.502	538.129	358.005	0	0.132	1371204
1052	2630.9	0.98	66.639	0.615	5.868	85.22	0.263	41.53	110	12.93	0.2026	0.0098	0.016	15.654	73.4	73.4	95	563.54	21.54	0.9534	1.3169	1426.481	538.871	358.005	0	0.132	1371264
1052.5	2644.5	0.98	66.568	0.614	5.89	85.54	0.264	41.54	110	12.93	0.2045	0.0099	0.0161	15.71	73.4	73.4	95	563.7	21.57	0.9547	1.3192	1428.661	539.688	358.005	0	0.132	1371330
1053.04	2659.2	0.98	66.397	0.614	5.924	86.03	0.267	41.61	111	12.93	0.2073	0.0099	0.0163	15.798	73.4	73.4	95	563.89	21.6	0.9562	1.3216	1431.034	540.578	358.005	0	0.136	1371402
1053.53	2672.6	0.98	66.417	0.615	5.956	86.5	0.268	41.67	111	12.92	0.2099	0.01	0.0165	15.881	73.4	73.4	95	564.09	21.63	0.9576	1.3239	1433.216	541.396	358.005	0	0.135	1371469
1054.03	2685.9	0.98	66.586	0.616	5.996	87.08	0.271	41.78	112	12.92	0.2131	0.0101	0.0166	15.984	73.4	73.4	95	564.29	21.66	0.959	1.3261	1435.395	542.214	358.005	0	0.133	1371536
1054.52	2699.2	0.98	66.453	0.615	6.015	87.35	0.272	41.78	112	12.92	0.215	0.0101	0.0168	16.034	73.4	73.4	95	564.5	21.69	0.9604	1.3284	1437.575	543.031	358.005	0	0.129	1371602
1055	2712.4	0.98	66.453	0.615	6.051	87.88	0.274	41.88	113	12.92	0.218	0.0102	0.0169	16.128	73.4	73.4	95	564.73	21.72	0.9617	1.3307	1439.757	543.85	358.005	0	0.147	1371669
1055.53	2726.8	0.98	66.434	0.617	6.1	88.6	0.277	42.03	113	12.92	0.222	0.0103	0.0171	16.256	73.4	73.4	95	564.91	21.75	0.9633	1.3332	1442.135	544.742	358.005	0	0.156	1371741
1056.02	2739.9	0.98	66.397	0.615	6.107	88.69	0.278	41.97	114	12.91	0.2231	0.0103	0.0173	16.271	73.4	73.4	95	565.15	21.78	0.9646	1.3355	1444.317	545.561	358.005	0	0.132	1371809
1056.5	2752.9	0.98	66.313	0.615	6.14	89.17	0.28	42.05	114	12.91	0.2261	0.0104	0.0174	16.357	73.4	73.4	95	565.38	21.81	0.966	1.3378	1446.501	546.381	358.005	0	0.128	1371876
1057.02	2767	0.98	66.418	0.615	6.17	89.61	0.283	42.11	115	12.91	0.2289	0.0105	0.0176	16.435	73.4	73.4	95	565.72	21.84	0.9675	1.3404	1448.883	547.275	358.005	0	0.13	1371951
1057.54	2781.1	0.98	66.658	0.617	6.221	90.36	0.286	42.27	115	12.91	0.2333	0.0106	0.0178	16.567	73.4	73.4	95	566	21.88	0.9691	1.3429	1451.263	548.169	358.005	0	0.132	1372024
1058.01	2793.9	0.98	66.426	0.616	6.239	90.61	0.287	42.28	116	12.91	0.2353	0.0106	0.0179	16.611	73.4	73.4	95	566.36	21.91	0.9705	1.3453	1453.443	548.988	358.005	0	0.143	1372091
1058.53	2807.8	0.98	66.567	0.617	6.284	91.26	0.29	42.41	116	12.9	0.2393	0.0107	0.0181	16.728	73.4	73.4	95	566.71	21.94	0.972	1.3478	1455.826	549.883	358.005	0	0.155	1372164
1059.04	2821.7	0.98	66.265	0.616	6.298	91.47	0.292	42.39	117	12.9	0.2412	0.0108	0.0182	16.763	73.4	73.4	95	567.11	21.97	0.9735	1.3504	1458.206	550.777	358.005	0	0.141	1372238
1059.5	2834.3	0.98	66.384	0.618	6.347	92.18	0.295	42.56	117	12.9	0.2455	0.0109	0.0184	16.889	73.4	73.4	95	567.57	22.01	0.9749	1.3528	1460.392	551.598	358.005	0	0.15	1372307
1060.01	2848.1	0.98	66.404	0.618	6.378	92.63	0.297	42.63	117	12.9	0.2487	0.011	0.0186	16.97	73.4	73.4	95	568.02	22.04	0.9765	1.3554	1462.777	552.495	358.005	0	0.152	1372384
1060.51	2861.7	0.98	66.395	0.618	6.411	93.1	0.299	42.71	118	12.89	0.252	0.011	0.0188	17.053	73.4	73.4	95	568.51	22.08	0.978	1.358	1465.164	553.392	358.005	0	0.155	1372460
1061.02	2875.3	0.98	66.547	0.619	6.451	93.69	0.302	42.83	118	12.89	0.256	0.0111	0.019	17.157	73.4	73.4	95	568.97	22.11	0.9796	1.3607	1467.547	554.288	358.005	0	0.157	1372537
1061.52	2888.9	0.98	66.435	0.617	6.46	93.81	0.304	42.79	119	12.89	0.2577	0.0111	0.0191	17.177	73.4	73.4	95	569.48	22.15	0.9811	1.3633	1469.932	555.184	358.005	0	0.148	1372613
1062.01	2902.4	0.98	66.2	0.615	6.472	94	0.306	42.77	120	12.89	0.2597	0.0112	0.0192	17.208	73.4	73.4	95	569.97	22.18	0.9827	1.366	1472.312	556.08	358.005	0	0.147	1372689
1062.51	2915.8	0.98	66.539	0.619	6.541	95	0.31	43.03	120	12.88	0.2658	0.0114	0.0195	17.386	73.4	73.4	95	570.45	22.22	0.9842	1.3686	1474.696	556.977	358.005	0	0.159	1372764

tau	nd	alf	MK	ETAV	GT	GV	CO1	CH1	NOX1	CO21	GCO1	GCH1	GNOX1	GCO21	ECO	ECH	ENOX	Тн	gCO	gCH	gNOx	gCO2	gpal	Tw	gH2O2	NTEG	QACB
1063	2929.1	0.98	66.252	0.617	6.554	95.18	0.311	43.02	120	12.88	0.2679	0.0114	0.0196	17.417	73.4	73.4	95	570.92	22.26	0.9858	1.3713	1477.076	557.872	358.005	0	0.159	1372839
1063.53	2943.5	0.98	66.665	0.62	6.616	96.09	0.315	43.25	121	12.88	0.2739	0.0115	0.0199	17.578	73.4	73.4	95	571.43	22.3	0.9875	1.3742	1479.656	558.843	358.005	0	0.159	1372920
1064.02	2956.7	0.98	66.417	0.618	6.627	96.24	0.317	43.22	121	12.88	0.2759	0.0115	0.02	17.603	73.4	73.4	95	571.88	22.33	0.989	1.3769	1482.034	559.738	358.005	0	0.159	1372994
1064.51	2969.9	0.98	66.401	0.617	6.644	96.5	0.319	43.23	122	12.87	0.2784	0.0116	0.0201	17.647	73.4	73.4	95	572.27	22.37	0.9906	1.3796	1484.414	560.634	358.005	0	0.157	1373071
1065.03	2984.1	0.98	66.718	0.619	6.696	97.25	0.323	43.41	122	12.87	0.2837	0.0117	0.0203	17.78	73.4	73.4	95	572.71	22.41	0.9923	1.3826	1486.986	561.603	358.005	0	0.146	1373152
1065.51	2997.1	0.98	66.704	0.618	6.718	97.57	0.325	43.45	123	12.87	0.2867	0.0118	0.0205	17.835	73.4	73.4	95	573.13	22.45	0.9938	1.3853	1489.365	562.499	358.005	0	0.145	1373224
1066.03	3011.2	0.98	66.742	0.619	6.76	98.18	0.328	43.58	123	12.86	0.2914	0.0119	0.0207	17.942	73.4	73.4	95	573.61	22.49	0.9955	1.3883	1491.943	563.47	358.005	0	0.144	1373303
1066.51	3024.1	0.98	66.549	0.618	6.771	98.34	0.33	43.57	124	12.86	0.2936	0.0119	0.0208	17.969	73.4	73.4	95	574.04	22.53	0.9971	1.391	1494.323	564.366	358.005	0	0.157	1373377
1067.02	3038.1	0.98	66.519	0.619	6.814	98.96	0.334	43.7	124	12.86	0.2984	0.012	0.021	18.077	73.4	73.4	95	574.48	22.57	0.9988	1.394	1496.898	565.337	358.005	0	0.161	1373456
1067.53	3051.9	0.98	66.522	0.618	6.833	99.24	0.336	43.72	125	12.86	0.3014	0.012	0.0212	18.125	73.4	73.4	95	574.93	22.61	1.0005	1.397	1499.475	566.308	358.005	0	0.15	1373535
1068	3064.7	0.98	66.283	0.617	6.854	99.55	0.338	43.76	125	12.85	0.3045	0.0121	0.0214	18.178	73.4	73.4	95	575.35	22.65	1.0021	1.3998	1501.851	567.204	358.005	0	0.16	1373609
1068.51	3078.5	0.98	66.415	0.618	6.894	100.13	0.342	43.89	126	12.85	0.3093	0.0122	0.0216	18.28	73.4	73.4	95	575.79	22.7	1.0038	1.4028	1504.427	568.175	358.005	0	0.161	1373688
1069.02	3092.2	0.98	66.256	0.617	6.914	100.42	0.344	43.92	126	12.85	0.3125	0.0122	0.0217	18.329	73.4	73.4	95	576.26	22.74	1.0056	1.4059	1507	569.146	358.005	0	0.16	1373767
1069.52	3105.8	0.98	66.632	0.619	6.972	101.25	0.348	44.13	127	12.84	0.3188	0.0124	0.022	18.476	73.4	73.4	95	576.7	22.79	1.0073	1.4089	1509.574	570.118	358.005	0	0.16	1373847
1070.02	3119.4	0.98	66.541	0.618	6.994	101.57	0.351	44.17	127	12.84	0.3223	0.0125	0.0221	18.53	73.4	73.4	95	577.13	22.83	1.009	1.412	1512.15	571.09	358.005	0	0.161	1373926
1070.52	3132.9	0.98	66.22	0.617	7.007	101.76	0.353	44.17	128	12.84	0.325	0.0125	0.0223	18.561	73.4	73.4	95	577.55	22.88	1.0107	1.4151	1514.721	572.06	358.005	0	0.156	1374006
1071.02	3146.4	0.98	66.453	0.619	7.059	102.52	0.357	44.36	128	12.84	0.3311	0.0126	0.0225	18.693	73.4	73.4	95	578.02	22.92	1.0125	1.4182	1517.295	573.032	358.005	0	0.161	1374086
1071.51	3159.8	0.98	66.761	0.62	7.106	103.2	0.361	44.53	129	12.83	0.3368	0.0128	0.0227	18.812	73.4	73.4	95	578.45	22.97	1.0142	1.4213	1519.869	574.004	358.005	0	0.161	1374164
Постійна швидкість																											
1071.55	3160	0.98	46.089	0.487	5.583	81.08	0.305	39.17	128	12.89	0.2238	0.0088	0.0178	14.844	73.4	73.4	95	578.48	22.97	1.0143	1.4215	1520.026	574.063	358.005	0	0.113	1374169
1076.03	3160	0.98	46.081	0.486	5.568	80.86	0.305	39.14	128	12.89	0.2229	0.0088	0.0177	14.804	73.4	73.4	95	581.47	23.25	1.0253	1.4435	1538.45	580.992	358.005	0	0.112	1374670
1081	3160	0.98	46.081	0.486	5.568	80.86	0.305	39.14	128	12.89	0.2229	0.0088	0.0177	14.804	73.4	73.4	95	584.23	23.55	1.0374	1.468	1558.902	588.683	358.005	0	0.112	1375227
1086.02	3160	0.98	46.081	0.486	5.568	80.86	0.305	39.14	128	12.89	0.2229	0.0088	0.0177	14.804	73.4	73.4	95	586.51	23.87	1.0496	1.4926	1579.511	596.434	358.005	0	0.112	1375788
1091.03	3160	0.98	46.081	0.486	5.568	80.86	0.305	39.14	128	12.89	0.2229	0.0088	0.0177	14.804	73.4	73.4	95	588.39	24.18	1.0619	1.5173	1600.12	604.184	358.005	0	0.112	1376349
1096	3160	0.98	46.081	0.486	5.568	80.86	0.305	39.14	128	12.89	0.2229	0.0088	0.0177	14.804	73.4	73.4	95	589.91	24.48	1.074	1.5418	1620.573	611.876	358.005	0	0.112	1376906
1101.5	3160	0.98	46.081	0.486	5.568	80.86	0.305	39.14	128	12.89	0.2229	0.0088	0.0177	14.804	73.4	73.4	95	591.28	24.82	1.0875	1.5688	1643.211	620.39	358.005	0	0.112	1377522
Прискорення																											
1101.54	3160	0.98	82.294	0.727	8.331	120.99	0.418	51.95	118	12.77	0.4572	0.0175	0.0245	21.956	73.4	73.4	95	591.28	24.83	1.0877	1.5691	1643.443	620.478	358.005	0	0.205	1377530
1102	3174.4	0.98	82.048	0.728	8.375	121.64	0.422	52.11	119	12.77	0.4642	0.0176	0.0248	22.067	73.4	73.4	95	591.26	24.89	1.0899	1.5722	1646.224	621.533	358.005	0	0.19	1377622
1102.52	3191.1	0.98	82.162	0.729	8.432	122.46	0.427	52.32	119	12.77	0.4729	0.0178	0.025	22.207	73.4	73.4	95	591.08	24.96	1.0925	1.5759	1649.47	622.765	358.005	0	0.195	1377729
1103.01	3206.5	0.98	82.016	0.728	8.46	122.87	0.431	52.35	120	12.76	0.4783	0.0179	0.0253	22.275	73.4	73.4	95	591.14	25.02	1.0949	1.5793	1652.48	623.908	358.005	0	0.219	1377831
1103.5	3221.8	0.98	82.064	0.727	8.499	123.43	0.435	52.46	121	12.76	0.485	0.018	0.0255	22.371	73.4	73.4	95	591.13	25.09	1.0973	1.5827	1655.489	625.051	358.005	0	0.203	1377932
1104.02	3238.2	0.98	82.236	0.727	8.537	123.99	0.439	52.55	122	12.75	0.4919	0.0181	0.0258	22.464	73.4	73.4	95	591.32	25.16	1.0999	1.5864	1658.728	626.282	358.005	0	0.217	1378042
1104.5	3253.4	0.98	82.024	0.726	8.564	124.37	0.442	52.57	122	12.75	0.4973	0.0182	0.026	22.527	73.4	73.4	95	591.5	25.22	1.1023	1.5899	1661.731	627.423	358.005	0	0.213	1378144
1105.01	3269.7	0.98	82.071	0.727	8.614	125.1	0.447	52.75	123	12.75	0.5058	0.0183	0.0263	22.651	73.4	73.4	95	591.75	25.29	1.1049	1.5936	1664.966	628.654	358.005	0	0.216	1378256
1105.53	3285.9	0.98	82.018	0.727	8.658	125.74	0.452	52.89	124	12.74	0.5136	0.0185	0.0266	22.758	73.4	73.4	95	592.05	25.37	1.1076	1.5974	1668.199	629.883	358.005	0	0.219	1378368
1106	3300.9	0.98	82.096	0.727	8.707	126.45	0.457	53.07	124	12.74	0.5219	0.0186	0.0268	22.878	73.4	73.4	95	592.37	25.44	1.11	1.6009	1671.205	631.027	358.005	0	0.22	1378472
1106.51	3316.9	0.98	82.097	0.727	8.75	127.08	0.461	53.21	125	12.73	0.5298	0.0188	0.0271	22.983	73.4	73.4	95	592.8	25.51	1.1126	1.6047	1674.439	632.258	358.005	0	0.224	1378584
1107.01	3332.9	0.98	82.154	0.728	8.801	127.81	0.466	53.4	125	12.73	0.5388	0.019	0.0274	23.107	73.4	73.4	95	593.28	25.58	1.1153	1.6085	1677.674	633.49	358.005	0	0.226	1378696
1107.51	3348.8	0.98	82.137	0.728	8.843	128.43	0.471	53.53	126	12.72	0.5468	0.0191	0.0276	23.211	73.4	73.4	95	593.8	25.66	1.118	1.6124	1680.907	634.722	358.005	0	0.228	1378811
1108.01	3364.6	0.98	82.191	0.729	8.893	129.16	0.476	53.72	126	12.72	0.5559	0.0193	0.0279	23.333	73.4	73.4	95	594.36	25.74	1.1206	1.6162	1684.142	635.954	358.005	0	0.23	1378926
1108.51	3380.4	0.98	82.134	0.729	8.935	129.76	0.481	53.85	127	12.71	0.564	0.0194	0.0282	23.434	73.4	73.4	95	594.95	25.81	1.1233	1.6201	1687.376	637.187	358.005	0	0.232	1379042
1109.01	3396	0.98	82.183	0.73	8.985	130.49	0.486	54.05	128	12.71	0.5733	0.0196	0.0285	23.556	73.4	73.4	95	595.58	25.89	1.126	1.624	1690.611	638.421	358.005	0	0.233	1379157
1109.5	3411.6	0.98	82.169	0.73	9.026	131.08	0.491	54.17	128	12.7	0.5814	0.0197	0.0288	23.653	73.4	73.4	95	596.23	25.97	1.1287	1.6279	1693.845	639.655	358.005	0	0.235	1379273
1110.03	3428.3	0.98	82.206	0.73	9.077	131.83	0.496	54.37	129	12.7	0.5913	0.0199	0.0291	23.778	73.4	73.4	95	596.96	26.06	1.1316	1.6322	1697.31	640.977	358.005	0	0.237	1379396
1110.52	3443.7	0.98	82.196	0.73	9.117	132.41	0.501	54.5	129	12.69	0.5996	0.02	0.0293	23.874	73.4	73.4	95	597.66	26.14	1.1343	1.6361	1700.543	642.212	358.005	0	0.239	1379512
1111	3459.1	0.98	82.234	0.731	9.166	133.12	0.506	54.69	130	12.69	0.6091	0.0202	0.0296	23.992	73.4	73.4	95	598.38	26.22	1.137	1.6401	1703.776	643.447	358.005	0	0.24	1379628
1111.52	3475.5	0.98	82.215	0.731	9.209	133.74	0.511	54.82	131	12.68	0.6182	0.0204	0.0299	24.093	73.4	73.4	95	599.17	26.31	1.1399	1.6444	1707.24	644.77	358.005	0	0.242	1379751
1112.01	3490.8	0.98	82.23	0.731	9.257	134.44	0.517	55.01	131	12.68	0.6279	0.0205	0.0302	24.21	73.4	73.4	95	599.84	26.39	1.1426	1.6484	1710.473	646.006	358.005	0	0.243	1379867
1112.52	3507	0.98	82.021	0.73	9.284	134.83	0.521	55.04	132	12.67	0.635	0.0206	0.0305	24.271	73.4	73.4	95	600.61	26.48	1.1456	1.6528	1713.937	647.331	358.005	0	0.244	1379990
1113	3522.1	0.98	82.001	0.73	9.321	135.37	0.526	55.16	133	12.67	0.6434	0.0207	0.0307	24.36	73.4	73.4	95	601.4	26.57	1.1483	1.6568	1717.167	648.567	358.005	0	0.248	1380109
1113.51	3538.2	0.98	82.059	0.731	9.372	136.12	0.531	55.37	133	12.66	0.654	0.0209	0.031	24.483	73.4	73.4	95	602.25	26.66	1.1513	1.6612	1720.63	649.892	358.005	0	0.25	1380237
1114.01	3554.3	0.98	82.017	0.73	9.412	136.69	0.537	55.49	134	12.66	0.6631	0.0211	0.0313	24.576	73.4	73.4	95	603.05	26.75	1.1542	1.6656	1724.09	651.217	358.005	0	0.251	1380364
1114.52	3570.2	0.98	82.051	0.731	9.463	137.43	0.542	55.69	135	12.65	0.6739	0.0213	0.0316	24.697	73.4	73.4	95	603.84	26.85	1.1572	1.67	1727.552	652.543	358.005	0	0.252	1380492
1115.02	3586.1	0.98	82.061	0.731	9.502	138.01	0.548	55.83	135	12.65	0.6832	0.0214	0.0319	24.791	73.4	73.4	95	604.6	26.94	1.1602	1.6745	1731.01	653.868	358.005	0	0.254	1380619
1115.52	3602	0.98	82.073	0.731	9.552	138.73	0.553	56.03	136	12.64	0.6941	0.0216	0.0322	24.909	73.4	73.4	95	605.33	27.04	1.1632	1.6789	1734.47	655.195	358.005	0	0.255	1380747
1116.02	3617.7	0.98	82.065	0.731	9.592	139.31	0.559	56.16	137	12.63	0.7036	0.0217	0.0325	25.002	73.4	73.4	95	606.01	27.13	1.1662	1.6834	1737.926	656.521	358.005	0	0.256	1380874
1116.52	3633.4	0.98	82.075	0.732	9.642	140.03	0.565	56.36	137	12.63	0.7147	0.0219	0.0328	25.12	73.4	73.4	95	606.66	27.23	1.1692	1.6879	1741.384	657.847	358.005	0	0.257	1381002

tau	nd	alf	MK	ETAV	GT	GV	CO1	CH1	NOX1	CO21	GCO1	GCH1	GNOX1	GCO21	ECO	ECH	ENOX	Тн	gCO	gCH	gNOx	gCO2	gpal	Tw	gH2O2	NTEG	QACB
1117.01	3649	0.98	82.112	0.732	9.681	140.6	0.57	56.5	138	12.62	0.7244	0.0221	0.0331	25.212	73.4	73.4	95	607.27	27.33	1.1722	1.6924	1744.84	659.174	358.005	0	0.259	1381129
1117.51	3664.6	0.98	82.108	0.732	9.73	141.31	0.576	56.7	138	12.62	0.7356	0.0222	0.0334	25.328	73.4	73.4	95	607.84	27.43	1.1753	1.697	1748.294	660.501	358.005	0	0.26	1381257
1118.03	3681.1	0.98	82.146	0.732	9.772	141.92	0.582	56.84	139	12.61	0.7461	0.0224	0.0338	25.425	73.4	73.4	95	608.42	27.54	1.1785	1.7019	1751.978	661.917	358.005	0	0.261	1381393
1118.52	3696.5	0.98	82.112	0.731	9.796	142.27	0.586	56.88	140	12.61	0.7539	0.0225	0.0341	25.478	73.4	73.4	95	608.87	27.64	1.1815	1.7065	1755.428	663.243	358.005	0	0.26	1381520
1119	3711.9	0.98	82.475	0.734	9.882	143.51	0.594	57.33	140	12.6	0.7708	0.0228	0.0344	25.685	73.4	73.4	95	609.27	27.74	1.1846	1.7111	1758.88	664.57	358.005	0	0.262	1381648
1119.52	3728.2	0.98	82.285	0.733	9.909	143.91	0.599	57.39	141	12.59	0.7795	0.0229	0.0347	25.745	73.4	73.4	95	609.67	27.85	1.1879	1.7161	1762.567	665.989	358.005	0	0.263	1381784
1120	3743.4	0.98	82.105	0.732	9.933	144.27	0.604	57.43	142	12.59	0.7876	0.023	0.035	25.8	73.4	73.4	95	610.03	27.96	1.1909	1.7207	1766.016	667.317	358.005	0	0.263	1381911
1120.51	3759.6	0.98	82.161	0.732	9.975	144.88	0.61	57.59	142	12.58	0.7987	0.0232	0.0353	25.897	73.4	73.4	95	610.35	28.07	1.1942	1.7257	1769.69	668.732	358.005	0	0.265	1382047
1121.02	3775.7	0.98	82.552	0.735	10.061	146.12	0.618	58.03	143	12.57	0.8165	0.0235	0.0357	26.101	73.4	73.4	95	610.61	28.19	1.1975	1.7307	1773.376	670.152	358.005	0	0.266	1382183
1121.53	3791.8	0.98	82.321	0.734	10.087	146.49	0.623	58.08	144	12.57	0.8254	0.0236	0.036	26.157	73.4	73.4	95	610.84	28.3	1.2009	1.7358	1777.058	671.572	358.005	0	0.266	1382319
Постійна швидкість																											
1121.56	3792	0.98	57.536	0.561	7.709	111.96	0.507	46.05	155	12.69	0.5132	0.0143	0.0296	20.177	73.4	73.4	95	610.85	28.31	1.201	1.7361	1777.236	671.64	358.005	0	0.18	1382325
1126.02	3792	0.98	57.584	0.561	7.714	112.03	0.507	46.06	155	12.69	0.5136	0.0143	0.0296	20.188	73.4	73.4	95	611.49	28.94	1.2188	1.7728	1802.263	681.201	358.005	0	0.18	1383136
1131.52	3792	0.98	57.584	0.561	7.714	112.03	0.507	46.06	155	12.69	0.5136	0.0143	0.0296	20.188	73.4	73.4	95	612.09	29.73	1.2407	1.8181	1833.146	693	358.005	0	0.18	1384136
Сповільнення																											
1131.55	3792	0.98	-51.28	0.6	0	119.74	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	611.58	29.73	1.2407	1.8181	1833.146	693	358.005	0	0.18	1384142
1136	3440.9	0.98	-50.36	0.6	0	108.65	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	548.83	29.73	1.2407	1.8181	1833.146	693	358.005	0	0.163	1384912
1141.03	3043.4	0.98	-48.65	0.6	0	96.1	0	0	0	0	0	0	0	0	73.4	73.4	95	496.97	29.73	1.2407	1.8181	1833.146	693	358.005	0	0.144	1385694
1146.01	2650.7	0.98	-46.56	0.6	0	83.7	0	0	0	0	0	0	0	0	68.7	68.7	88.8	459.9	29.73	1.2407	1.8181	1833.146	693	358.005	0	0.126	1386373
1151	2125.1	0.98	-43.54	0.6	0	67.11	0	0	0	0	0	0	0	0	43.7	43.6	56.5	433.3	29.73	1.2407	1.8181	1833.146	693	358.005	0	0.101	1386948
1155.6	1581.5	0.98	-40.50	0.6	0	49.94	0	0	0	0	0	0	0	0	22.8	22.8	29.5	416.72	29.73	1.2407	1.8181	1833.146	693	358.005	0	0.075	1387356
Сповільнення з виключеним зчепленням, холостий хід																											
1155.77	700	0.98	0.062	0.215	0.527	7.65	1.335	133.11	287	11.58	0.0924	0.0028	0.0038	1.26	23.1	23.1	29.9	416.98	29.73	1.2408	1.8183	1833.206	693.025	358.005	0.01401	0.031	1387320
1160.06	700	0.98	-0.229	0.212	0.521	7.57	1.207	120.48	240	11.71	0.0826	0.0025	0.0032	1.26	30.6	30.6	39.6	423.23	29.84	1.244	1.8226	1834.725	693.657	358.005	0.01401	0.028	1386396
1165.89	700	0.98	-0.224	0.211	0.519	7.53	1.022	102.02	182	11.9	0.0696	0.0021	0.0024	1.274	41.3	41.3	53.5	431.5	29.96	1.2479	1.8275	1836.816	694.515	358.005	0.01401	0.03	1385141

Додаток Г

Свідоцтва про інтелектуальну власність

УКРАЇНА

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

СВІДОЦТВО

про внесення відомостей до Реєстру виробників та розповсюджувачів програмного забезпечення

Серія ВР № 01875

Національний транспортний університет

(найменування суб'єкта господарювання (повне та скорочене (якщо таке є) або прізвище, ім'я та по батькові фізичної особи-підприємця)

із зазначенням організаційно-правової форми)

Код за ЄДРПОУ юридичної особи або реєстраційний номер облікової картки платника податків або номер та серія паспорта (для фізичних осіб, які через свої релігійні або інші переконання відмовляються від прийняття реєстраційного номера облікової картки платника податків, офіційно повідомили про це відповідні органи державної влади і мають відмітку у паспорті)

02070915

Вид діяльності у сфері програмного забезпечення

виробництво та розповсюдження

Місцезнаходження (місце проживання)

вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010

Найменування програмного забезпечення, яке виробляється, розповсюджується

"Програмний інформаційний комплекс для оцінювання способів забезпечення оптимального температурного стану двигунів і транспортних засобів з можливостями прогнозування параметрів їх технічного стану в умовах експлуатації"

06.04.17

(дата реєстрації)

12.04.17

(дата видачі)

Голова Державної служби інтелектуальної власності України

В.о. Голови А.А.Малиш

Державна служба інтелектуальної власності України Ідентифікаційний код 37552556 М.П.

Програмний інформаційний комплекс для оцінювання способів забезпечення оптимального температурного стану двигунів і транспортних засобів з можливостями прогнозування параметрів їх технічного стану в умовах експлуатації

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Кафедра «Технічної експлуатації і сервісу автомобілів»
Грицук Ігор Валерійович
Волков Володимир Петрович
Грицук Юрій Валерійович
Волков Юрій Володимирович
Володарець Микита Віталійович
Павленко В'ячеслав Миколайович

Інститут газу НАН України
Вербовський Валерій Степанович
Грицук Андрій Ігорович
Вербовська Валерія Валеріївна
Грицук Валерій Юрійович

Національний транспортний університет
Кафедра «Двигуни та теплотехніка»
Матейчик Василь Петрович
Цюман Микола Павлович
Шевчук Іван Олександрович
Артеменко Роман Валерійович
Бориско Сергій Григорійович
Садовник Іван Іванович
Лук'янченко Юрій Олександрович
Краснокутська Зоя Ігорівна

КАНЦЕЛЯРІЯ
ЗГІДНО З
ОРИГІНАЛОМ

УКРАЇНА

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

СВІДОЦТВО

про внесення відомостей до Реєстру виробників та розповсюджувачів програмного забезпечення

Серія ВР № 01882

Національний транспортний університет

(найменування суб'єкта господарювання (повне та скорочене (якщо таке є) або прізвище, ім'я та по батькові фізичної особи-підприємця)

із зазначенням організаційно-правової форми)

Код за ЄДРПОУ юридичної особи або реєстраційний номер облікової картки платника податків або номер та серія паспорта (для фізичних осіб, які через свої релігійні або інші переконання відмовляються від прийняття реєстраційного номера облікової картки платника податків, офіційно повідомили про це відповідні органи державної влади і мають відмітку у паспорті)

02070915

Вид діяльності у сфері програмного забезпечення

виробництво та розповсюдження

Місцезнаходження (місце проживання)

вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010

Найменування програмного забезпечення, яке виробляється, розповсюджується

"Програмний комплекс для дослідження паливної економічності та екологічних показників двигуна нерухомого транспортного засобу з урахуванням процесів прогріву"

06.04.17
(дата реєстрації)

12.04.17
(дата видачі)

Державна служба інтелектуальної власності України
Ідентифікаційний код 37552556

Голова Державної служби інтелектуальної власності України
В.о. Голови А.А.Малиш

Програмний комплекс для дослідження паливної економічності та екологічних показників двигуна нерухомого транспортного засобу з урахуванням процесів прогріву

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Кафедра «Технічної експлуатації і сервісу автомобілів»
Грицук Ігор Валерійович
Волков Володимир Петрович
Грицук Юрій Валерійович
Волков Юрій Володимирович
Володарець Микита Віталійович
Павленко В'ячеслав Миколайович

Інститут газу НАН України
Вербовський Валерій Степанович
Грицук Андрій Ігорович
Вербовська Валерія Валеріївна
Грцук Валерій Юрійович

Національний транспортний університет
Кафедра «Двигуни та теплотехніка»
Матейчик Василь Петрович
Цюман Микола Павлович
Шевчук Іван Олександрович
Артеменко Роман Валерійович
Бориско Сергій Григорійович
Садовник Іван Іванович
Коломієць Сергій Валерійович
Краснокутська Зоя Ігорівна

ЗГІДНО З
ОРИГІНАЛОМ

УКРАЇНА

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

СВІДОЦТВО

про внесення відомостей до Реєстру виробників та розповсюджувачів програмного забезпечення

Серія BD № 01883

Національний транспортний університет

(найменування суб'єкта господарювання (повне та скорочене (якщо таке є) або прізвище, ім'я та по батькові фізичної особи-підприємця)

із зазначенням організаційно-правової форми)

Код за ЄДРПОУ юридичної особи або реєстраційний номер облікової картки платника податків або номер та серія паспорта (для фізичних осіб, які через свої релігійні або інші переконання відмовляються від прийняття реєстраційного номера облікової картки платника податків, офіційно повідомили про це відповідні органи державної влади і мають відмітку у паспорті)

02070915

Вид діяльності у сфері програмного забезпечення

виробництво та розповсюдження

Місцезнаходження (місце проживання)

вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010

Найменування програмного забезпечення, яке виробляється, розповсюджується

"Програмний комплекс для дослідження паливної економічності та екологічних показників двигуна нерухомого транспортного засобу з урахуванням процесів прогріву в процесі руху"

06.04.17
(дата реєстрації)

12.04.17
(дата видачі)

Державна служба інтелектуальної власності України
Ідентифікаційний код 37552556
М.П.

Голова Державної служби інтелектуальної власності України
В.о. Голови А.А.Малиш

Програмний комплекс для дослідження паливної економічності та екологічних показників транспортного засобу з урахуванням процесів прогріву в процесі руху

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Кафедра «Технічної експлуатації і сервісу автомобілів»
Грицук Ігор Валерійович
Волков Володимир Петрович

Національний транспортний університет
Кафедра «Двигуни та теплотехніка»
Матейчик Василь Петрович
Цюман Микола Павлович
Шевчук Іван Олександрович
Артеменко Роман Валерійович
Бориско Сергій Григорійович
Садовник Іван Іванович
Лук'янченко Юрій Олександрович
Краснокутська Зоя Ігорівна

ЗГІДНО З ОРИГІНАЛОМ
КАНЦЕЛЯРІЯ

УКРАЇНА

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

СВІДОЦТВО

про внесення відомостей до Реєстру виробників та розповсюджувачів програмного забезпечення

Серія ВР № 01884

Національний транспортний університет

(найменування суб'єкта господарювання (повне та скорочене (якщо таке є) або прізвище, ім'я та по батькові фізичної особи-підприємця)

із зазначенням організаційно-правової форми)

Код за ЄДРПОУ юридичної особи або реєстраційний номер облікової картки платника податків або номер та серія паспорта (для фізичних осіб, які через свої релігійні або інші переконання відмовляються від прийняття реєстраційного номера облікової картки платника податків, офіційно повідомили про це відповідні органи державної влади і мають відмітку у паспорті)

02070915

Вид діяльності у сфері програмного забезпечення

виробництво та розповсюдження

Місцезнаходження (місце проживання)

вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010

Найменування програмного забезпечення, яке виробляється, розповсюджується

"Програмний інформаційний комплекс для прогнозування параметрів стану двигуна і ТЗ в умовах експлкатації"

06.04.17
(дата реєстрації)

12.04.17
(дата видачі)

Державна служба інтелектуальної власності України
Ідентифікаційний код 37552556
М.П.

Голова Державної служби інтелектуальної власності України
В.о. Голови А.А.Малиш

Програмний інформаційний комплекс для прогнозування параметрів стану двигуна і ТЗ в умовах експлуатації

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Кафедра «Технічної експлуатації і сервісу автомобілів»
Грицук Ігор Валерійович
Волков Володимир Петрович
Грицук Юрій Валерійович
Волков Юрій Володимирович
Володарець Микита Віталійович
Павленко В'ячеслав Миколайович

Інститут газу НАН України
Вербовський Валерій Степанович
Грицук Андрій Ігорович
Вербовська Валерія Валеріївна
Грицук Валерій Юрійович

Національний транспортний університет
Кафедра «Двигуни та теплотехніка»
Матейчик Василь Петрович
Цюман Микола Павлович
Шевчук Іван Олександрович
Артеменко Роман Валерійович
Бориско Сергій Григорійович
Садовник Іван Іванович
Коломієць Сергій Валерійович

ЗГІДНО З
ОРИГІНАЛОМ
КАНЦЕЛЯРІЯ

Додаток Д

Апроксимація полінома для визначення g_{HHO}

Діапазон зміни параметрів

a :=

	0	1	2	3	4	5
3	$1.2\cdot10^{3}$	37	$3.5\cdot10^{-3}$			
4	$1.2\cdot10^{3}$	48	$3\cdot10^{-3}$			
5	$1.2\cdot10^{3}$	61	$2.5\cdot10^{-3}$			
6	$1.2\cdot10^{3}$	73	$2.2\cdot10^{-3}$			
7	$2.1\cdot10^{3}$	0	$5\cdot10^{-3}$			
8	$2.1\cdot10^{3}$	6	$4\cdot10^{-3}$			
9	$2.1\cdot10^{3}$	14	$3.3\cdot10^{-3}$			
10	$2.1\cdot10^{3}$	23	$2.7\cdot10^{-3}$			
11	$2.1\cdot10^{3}$	31	$2.3\cdot10^{-3}$			
12	$2.1\cdot10^{3}$	38	$2\cdot10^{-3}$			
13	$2.1\cdot10^{3}$	52	...			

$j := 0 .. \mathrm{rows}(a) - 1$

$X := a^{\langle 0 \rangle}$ $\quad Y := a^{\langle 1 \rangle}$ $\quad Z := a^{\langle 2 \rangle}$

$M := \mathrm{augment}(X, Y)$ $\quad V := Z$

Степінь полінома $\quad n := 4$

coeffs =

	0
0	$8.508\cdot10^{-12}$
1	$1.068\cdot10^{-10}$
2	$-4.844\cdot10^{-8}$
3	$8.094\cdot10^{-6}$
4	$-2.847\cdot10^{-9}$
5	$2.558\cdot10^{-13}$
6	$-6.368\cdot10^{-4}$
7	$3.446\cdot10^{-7}$
8	$-6.699\cdot10^{-11}$
9	$4.55\cdot10^{-15}$
10	0.021
11	...

Розраховані значення

$\mathrm{poly}(X_j, Y_j) =$

$9.924\cdot10^{-3}$
$7.499\cdot10^{-3}$
$5.123\cdot10^{-3}$
$3.556\cdot10^{-3}$
$2.918\cdot10^{-3}$
$2.475\cdot10^{-3}$
$2.206\cdot10^{-3}$
...

Дисперсія досліду

$Z_{E_1} := 0.00155 \quad Z_{E_2} := 0.00143 \quad Z_{E_3} := 0.00168$

$$Z_{Ec} := \frac{\left(Z_{E_1} + Z_{E_2} + Z_{E_3}\right)}{3} = 1.553 \times 10^{-3}$$

$$S_e := \frac{\sum_{j=1}^{3} \left(Z_{Ec} - Z_{E_j}\right)^2}{3 - 1} = 1.563 \times 10^{-8}$$

Дисперсія адекватності

$$S_a := \frac{\sum_{j=0}^{\mathrm{rows}(a)-1} \left(Z_j - \mathrm{poly}\left(X_j, Y_j\right)\right)^2}{\mathrm{rows}(a) - \mathrm{rows}(\mathrm{coeffs})} = 4.873 \times 10^{-9}$$

$\mathrm{rows}(a) - \mathrm{rows}(\mathrm{coeffs}) = 32$

Критерій Фішера

$$F := \begin{cases} \dfrac{S_a}{S_e} & \text{if } S_a > S_e \\ \dfrac{S_e}{S_a} & \text{otherwise} \end{cases} = 3.208 \qquad F_T := 3.49$$

Додаток Е

Апроксимація полінома для визначення $C_{CO}^{\text{бенз}+HHO}$

Діапазон зміни параметрів

a :=

	0	1	2	3	4	5
0	$1.2\cdot10^3$	0.139	1.386	182.9	139.76	12.(
1	$1.2\cdot10^3$	0.213	1.303	169	513.82	12
2	$1.2\cdot10^3$	0.292	1.19	152.7	946.95	12.1
3	$1.2\cdot10^3$	0.385	1.087	141.9	$1.258\cdot10^3$	12.8
4	$1.2\cdot10^3$	0.458	1.032	139.4	$1.373\cdot10^3$	12.8
5	$1.2\cdot10^3$	0.536	0.99	143.3	$1.381\cdot10^3$	12.8
6	$1.2\cdot10^3$	0.612	0.977	153.4	$1.262\cdot10^3$	12.8
7	$2.1\cdot10^3$	0.236	0.8	156.3	969.44	12
8	$2.1\cdot10^3$	0.274	0.771	147.5	$1.211\cdot10^3$	12.9
9	$2.1\cdot10^3$	0.31	0.749	140	$1.481\cdot10^3$	12.9
10	$2.1\cdot10^3$	0.359	0.738	135.8	$1.654\cdot10^3$	

$j := 0 .. \text{rows}(a) - 1$

$X := a^{\langle 0 \rangle}$ $\quad Y := a^{\langle 1 \rangle}$ $\quad Z := a^{\langle 2 \rangle}$

$M := \text{augment}(X, Y)$ $\quad V := Z$

Степінь полінома $\quad n := 2$

$R := \text{regress}(M, V, n)$

Дисперсія досліду

$Z_{E_1} := 0.737 \quad Z_{E_2} := 0.738 \quad Z_{E_3} := 0.758$

$$Z_{Ec} := \frac{\left(Z_{E_1} + Z_{E_2} + Z_{E_3}\right)}{3} = 0.744$$

$$S_e := \frac{\sum_{j=1}^{3} \left(Z_{Ec} - Z_{E_j}\right)^2}{3 - 1} = 1.403 \times 10^{-4}$$

Коефіцієнти полінома

coeffs =

	0
0	$1.05\cdot10^{-3}$
1	1.351
2	-3.148
3	3.463
4	$-1.964\cdot10^{-3}$
5	$3.588\cdot10^{-7}$

Розраховані значення

$\text{poly}\left(X_j, Y_j\right) =$

1.386
1.282
1.187
1.096
1.041
0.999
0.973
...

Дисперсія адекватності

$$S_a := \frac{\sum_{j=0}^{\text{rows}(a)-1} \left(Z_j - \text{poly}\left(X_j, Y_j\right)\right)^2}{\text{rows}(a) - \text{rows}(\text{coeffs})} = 5.452 \times 10^{-4}$$

$\text{rows}(a) - \text{rows}(\text{coeffs}) = 20$

Критерій Фішера

$$F := \begin{cases} \dfrac{S_a}{S_e} & \text{if } S_a > S_e \\ \dfrac{S_e}{S_a} & \text{otherwise} \end{cases} = 3.885 \qquad F_T := 19.43$$

Додаток Ж

Апроксимація полінома для визначення $C_{CmHn}^{\text{бенз}+HHO}$

Діапазон зміни параметрів

a :=

	0	1	2	3	4	5
0	$1.2\cdot10^3$	0.139	1.386	182.9	139.76	12.(
1	$1.2\cdot10^3$	0.213	1.303	169	513.82	12
2	$1.2\cdot10^3$	0.292	1.19	152.7	946.95	12.7
3	$1.2\cdot10^3$	0.385	1.087	141.9	$1.258\cdot10^3$	12.8
4	$1.2\cdot10^3$	0.458	1.032	139.4	$1.373\cdot10^3$	12.8
5	$1.2\cdot10^3$	0.536	0.99	143.3	$1.381\cdot10^3$	12.8
6	$1.2\cdot10^3$	0.612	0.977	153.4	$1.262\cdot10^3$	12.8
7	$2.1\cdot10^3$	0.236	0.8	156.3	969.44	12
8	$2.1\cdot10^3$	0.274	0.771	147.5	$1.211\cdot10^3$	12.9
9	$2.1\cdot10^3$	0.31	0.749	140	$1.481\cdot10^3$	12.9
10	$2.1\cdot10^3$	0.359	0.738	135.8	$1.654\cdot10^3$	

$j := 0 .. \text{rows}(a) - 1$

$X := a^{\langle 0 \rangle}$ $\quad Y := a^{\langle 1 \rangle}$ $\quad Z := a^{\langle 3 \rangle}$

$M := \text{augment}(X, Y)$ $\quad V := Z$

Степінь полінома $\quad n := 2$

$R := \text{regress}(M, V, n)$

Дисперсія досліду

$Z_{E_1} := 136 \quad Z_{E_2} := 134 \quad Z_{E_3} := 137$

$$Z_{Ec} := \frac{\left(Z_{E_1} + Z_{E_2} + Z_{E_3}\right)}{3} = 135.667$$

$$S_e := \frac{\sum_{j=1}^{3} \left(Z_{Ec} - Z_{E_j}\right)^2}{3 - 1} = 2.333$$

Коефіцієнти полінома

coeffs =

	0
0	0.047
1	446.782
2	-461.834
3	276.838
4	-0.044
5	$6.189\cdot10^{-6}$

Розраховані значення

$\text{poly}\left(X_j, Y_j\right) =$

184.748
166.425
152.286
142.772
140.689
143.762
151.918
...

Дисперсія адекватності

$$S_a := \frac{\sum_{j=0}^{\text{rows}(a)-1} \left(Z_j - \text{poly}\left(X_j, Y_j\right)\right)^2}{\text{rows}(a) - \text{rows}(\text{coeffs})} = 13.098$$

$\text{rows}(a) - \text{rows}(\text{coeffs}) = 20$

Критерій Фішера

$$F := \begin{cases} \dfrac{S_a}{S_e} & \text{if } S_a > S_e \\ \dfrac{S_e}{S_a} & \text{otherwise} \end{cases} = 5.613 \qquad F_T := 19.43$$

Додаток И

Апроксимація полінома для визначення $C_{NOx}^{бенз+HHO}$

Діапазон зміни параметрів

a :=

	0	1	2	3	4	5
0	$1.2\cdot10^3$	0.139	1.386	182.9	139.76	12.63
1	$1.2\cdot10^3$	0.213	1.303	169	513.82	12.7
2	$1.2\cdot10^3$	0.292	1.19	152.7	946.95	12.78
3	$1.2\cdot10^3$	0.385	1.087	141.9	$1.258\cdot10^3$	12.84
4	$1.2\cdot10^3$	0.458	1.032	139.4	$1.373\cdot10^3$	12.86
5	$1.2\cdot10^3$	0.536	0.99	143.3	$1.381\cdot10^3$	12.88
6	$1.2\cdot10^3$	0.612	0.977	153.4	$1.262\cdot10^3$	12.89
7	$2.1\cdot10^3$	0.236	0.8	156.3	969.44	12.9
8	$2.1\cdot10^3$	0.274	0.771	147.5	$1.211\cdot10^3$	12.92
9	$2.1\cdot10^3$	0.31	0.749	140	$1.481\cdot10^3$	12.94
10	$2.1\cdot10^3$	0.359	0.738	135.8	$1.654\cdot10^3$	...

$j := 0..\mathrm{rows}(a) - 1$

$X := a^{\langle 0 \rangle}$ $\quad Y := a^{\langle 1 \rangle}$ $\quad Z := a^{\langle 4 \rangle}$

$M := \mathrm{augment}(X, Y)$ $\quad V := Z$

Степінь полінома $\quad n := 2$

$R := \mathrm{regress}(M, V, n)$

Коефіцієнти полінома

coeffs =

	0
0	-0.128
1	$-7.945\cdot10^3$
2	$8.99\cdot10^3$
3	$-1.581\cdot10^3$
4	0.388
5	$6.858\cdot10^{-5}$

Розраховані значення

$\mathrm{poly}(X_j, Y_j) =$

58.502
505.486
886.029
$1.207\cdot10^3$
$1.364\cdot10^3$
$1.438\cdot10^3$
$1.416\cdot10^3$
...

Дисперсія досліду

$Z_{E_1} := 1769 \quad Z_{E_2} := 1800 \quad Z_{E_3} := 1740$

$$Z_{Ec} := \frac{(Z_{E_1} + Z_{E_2} + Z_{E_3})}{3} = 1.77 \times 10^3$$

$$S_e := \frac{\sum_{j=1}^{3} (Z_{Ec} - Z_{E_j})^2}{3 - 1} = 900.333$$

Дисперсія адекватності

$$S_a := \frac{\sum_{j=0}^{\mathrm{rows}(a)-1} (Z_j - \mathrm{poly}(X_j, Y_j))^2}{\mathrm{rows}(a) - \mathrm{rows}(\mathrm{coeffs})} = 1.335 \times 10^4$$

$\mathrm{rows}(a) - \mathrm{rows}(\mathrm{coeffs}) = 20$

Критерій Фішера

$$F := \begin{cases} \frac{S_a}{S_e} & \text{if } S_a > S_e \\ \frac{S_e}{S_a} & \text{otherwise} \end{cases} = 14.827 \qquad F_T := 19.43$$

Додаток К

Апроксимація полінома для визначення $C_{CO2}^{бенз}$

Діапазон зміни параметрів

a :=

	0	1	2
0	$1.2 \cdot 10^3$	0.143	12.81
1	$1.2 \cdot 10^3$	0.218	12.84
2	$1.2 \cdot 10^3$	0.303	12.87
3	$1.2 \cdot 10^3$	0.398	12.9
4	$1.2 \cdot 10^3$	0.468	12.92
5	$1.2 \cdot 10^3$	0.56	12.93
6	$1.2 \cdot 10^3$	0.636	12.93
7	$2.1 \cdot 10^3$	0.227	12.98
8	$2.1 \cdot 10^3$	0.272	12.99
9	$2.1 \cdot 10^3$	0.322	12.99
10	$2.1 \cdot 10^3$	0.36	...

$j := 0 .. rows(a) - 1$

$X := a^{\langle 0 \rangle}$ $\quad Y := a^{\langle 1 \rangle}$ $\quad Z := a^{\langle 2 \rangle}$

$M := augment(X, Y)$ $\quad V := Z$

Степінь полінома $\quad n := 2$

$R := regress(M, V, n)$

Дисперсія досліду

$Z_{E_1} := 13 \quad Z_{E_2} := 12.99 \quad Z_{E_3} := 12.98$

$$Z_{Ec} := \frac{\left(Z_{E_1} + Z_{E_2} + Z_{E_3}\right)}{3} = 12.99$$

$$S_e := \frac{\sum_{j=1}^{3} \left(Z_{Ec} - Z_{E_j}\right)^2}{3 - 1} = 10 \times 10^{-5}$$

Коефіцієнти полінома

coeffs =

	0
0	$-2.854 \cdot 10^{-4}$
1	-0.372
2	0.873
3	12.237
4	$5.424 \cdot 10^{-4}$
5	$-9.887 \cdot 10^{-8}$

Розраховані значення

$poly\left(X_j, Y_j\right) =$

12.814
12.844
12.872
12.898
12.913
12.926
12.933
...

Дисперсія адекватності

$$S_a := \frac{\sum_{j=0}^{rows(a)-1} \left(Z_j - poly\left(X_j, Y_j\right)\right)^2}{rows(a) - rows(coeffs)} = 5.763 \times 10^{-5}$$

$rows(a) - rows(coeffs) = 20$

Критерій Фішера

$$F := \begin{cases} \frac{S_a}{S_e} & \text{if } S_a > S_e \\ \frac{S_e}{S_a} & \text{otherwise} \end{cases} = 1.735 \qquad F_T := 3.49$$

Додаток Л

Апроксимація полінома для визначення $C_{CO2}^{\text{бенз}+HHO}$

Діапазон зміни параметрів

a :=

	0	1	2	3	4	5
0	$1.2\cdot10^3$	0.139	1.386	182.9	139.76	12.63
1	$1.2\cdot10^3$	0.213	1.303	169	513.82	12.7
2	$1.2\cdot10^3$	0.292	1.19	152.7	946.95	12.78
3	$1.2\cdot10^3$	0.385	1.087	141.9	$1.258\cdot10^3$	12.84
4	$1.2\cdot10^3$	0.458	1.032	139.4	$1.373\cdot10^3$	12.86
5	$1.2\cdot10^3$	0.536	0.99	143.3	$1.381\cdot10^3$	12.88
6	$1.2\cdot10^3$	0.612	0.977	153.4	$1.262\cdot10^3$	12.89
7	$2.1\cdot10^3$	0.236	0.8	156.3	969.44	12.9
8	$2.1\cdot10^3$	0.274	0.771	147.5	$1.211\cdot10^3$	12.92
9	$2.1\cdot10^3$	0.31	0.749	140	$1.481\cdot10^3$	12.94
10	$2.1\cdot10^3$	0.359	0.738	135.8	$1.654\cdot10^3$	...

$j := 0 .. \text{rows}(a) - 1$

$X := a^{\langle 0 \rangle}$ $\quad Y := a^{\langle 1 \rangle}$ $\quad Z := a^{\langle 5 \rangle}$

$M := \text{augment}(X, Y)$ $\quad V := Z$

Степінь полінома $\quad n := 2$

$R := \text{regress}(M, V, n)$

Дисперсія досліду

$Z_{E_1} := 12.94 \quad Z_{E_2} := 12.9 \quad Z_{E_3} := 12.93$

$$Z_{Ec} := \frac{\left(Z_{E_1} + Z_{E_2} + Z_{E_3}\right)}{3} = 12.923$$

$$S_e := \frac{\sum_{j=1}^{3} \left(Z_{Ec} - Z_{E_j}\right)^2}{3 - 1} = 4.333 \times 10^{-4}$$

Коефіцієнти полінома

coeffs =

	0
0	$-3.651\cdot10^{-4}$
1	-0.783
2	1.554
3	11.91
4	$6.216\cdot10^{-4}$
5	$-1.03\cdot10^{-7}$

Розраховані значення

$\text{poly}\left(X_j, Y_j\right) =$

12.648
12.71
12.767
12.821
12.855
12.881
12.897
...

Дисперсія адекватності

$$S_a := \frac{\sum_{j=0}^{\text{rows}(a)-1} \left(Z_j - \text{poly}\left(X_j, Y_j\right)\right)^2}{\text{rows}(a) - \text{rows}(\text{coeffs})} = 1.53 \times 10^{-4}$$

$\text{rows}(a) - \text{rows}(\text{coeffs}) = 20$

Критерій Фішера

$$F := \begin{cases} \dfrac{S_a}{S_e} & \text{if } S_a > S_e \\ \dfrac{S_e}{S_a} & \text{otherwise} \end{cases} = 2.832 \qquad F_T := 3.49$$

Додаток М

Апроксимація полінома для визначення η_v

Діапазон зміни параметрів

a :=

	0	1	2
6	$2.1 \cdot 10^3$	6	0.227
7	$2.1 \cdot 10^3$	14	0.272
8	$2.1 \cdot 10^3$	23	0.322
9	$2.1 \cdot 10^3$	31	0.36
10	$2.1 \cdot 10^3$	38	0.406
11	$2.1 \cdot 10^3$	52	0.485
12	$2.1 \cdot 10^3$	66	0.577
13	$2.1 \cdot 10^3$	79	0.67
14	$2.1 \cdot 10^3$	93	0.765
15	$3 \cdot 10^3$	10	0.231
16	$3 \cdot 10^3$	19	...

$j := 0 .. \mathrm{rows}(a) - 1$

$X := a^{\langle 0 \rangle}$ $\quad Y := a^{\langle 1 \rangle}$ $\quad Z := a^{\langle 2 \rangle}$

$M := \mathrm{augment}(X, Y)$ $\quad V := Z$

Степінь полінома $\quad n := 2$

$R := \mathrm{regress}(M, V, n)$

Дисперсія досліду

$Z_{E_1} := 0.406$ $\quad Z_{E_2} := 0.41$ $\quad Z_{E_3} := 0.42$

$$Z_{Ec} := \frac{\left(Z_{E_1} + Z_{E_2} + Z_{E_3}\right)}{3} = 0.412$$

$$S_e := \frac{\sum_{j=1}^{3} \left(Z_{Ec} - Z_{E_j}\right)^2}{3 - 1} = 5.2 \times 10^{-5}$$

Коефіцієнти полінома

coeffs =

	0
0	$-1.986 \cdot 10^{-7}$
1	$1.058 \cdot 10^{-5}$
2	$5.698 \cdot 10^{-3}$
3	0.143
4	$4.164 \cdot 10^{-5}$
5	$-9.584 \cdot 10^{-9}$

Розраховані значення

$\mathrm{poly}\left(X_j, Y_j\right) =$

0.23
0.305
0.396
0.466
0.552
0.634
0.221
...

Дисперсія адекватності

$$S_a := \frac{\sum_{j=0}^{\mathrm{rows}(a)-1} \left(Z_j - \mathrm{poly}\left(X_j, Y_j\right)\right)^2}{\mathrm{rows}(a) - \mathrm{rows}(\mathrm{coeffs})} = 5.488 \times 10^{-5}$$

$\mathrm{rows}(a) - \mathrm{rows}(\mathrm{coeffs}) = 18$

Критерій Фішера

$$F := \begin{cases} \dfrac{S_a}{S_e} & \text{if } S_a > S_e \\ \dfrac{S_e}{S_a} & \text{otherwise} \end{cases} = 1.055 \qquad F_T := 19.43$$

Додаток Н

Апроксимація полінома для визначення η_v^{HHO}

Діапазон зміни параметрів

a :=

	0	1	2
6	$2.1 \cdot 10^3$	9	0.236
7	$2.1 \cdot 10^3$	15	0.274
8	$2.1 \cdot 10^3$	22	0.31
9	$2.1 \cdot 10^3$	31	0.359
10	$2.1 \cdot 10^3$	38	0.401
11	$2.1 \cdot 10^3$	51	0.489
12	$2.1 \cdot 10^3$	66	0.569
13	$2.1 \cdot 10^3$	78	0.661
14	$2.1 \cdot 10^3$	92	0.759
15	$3 \cdot 10^3$	9	0.226
16	$3 \cdot 10^3$	16	...

$j := 0 .. \mathrm{rows}(a) - 1$

$X := a^{\langle 0 \rangle}$ $\quad Y := a^{\langle 1 \rangle}$ $\quad Z := a^{\langle 2 \rangle}$

$M := \mathrm{augment}(X, Y)$ $\quad V := Z$

Степінь полінома $\quad n := 2$

$R := \mathrm{regress}(M, V, n)$

Дисперсія досліду

$Z_{E_1} := 0.401$ $\quad Z_{E_2} := 0.404$ $\quad Z_{E_3} := 0.395$

$$Z_{Ec} := \frac{\left(Z_{E_1} + Z_{E_2} + Z_{E_3}\right)}{3} = 0.4$$

$$S_e := \frac{\sum_{j=1}^{3} \left(Z_{Ec} - Z_{E_j}\right)^2}{3 - 1} = 2.1 \times 10^{-5}$$

Коефіцієнти полінома

coeffs =

	0
0	$-9.108 \cdot 10^{-8}$
1	$8.94 \cdot 10^{-6}$
2	$5.574 \cdot 10^{-3}$
3	0.105
4	$7.375 \cdot 10^{-5}$
5	$-1.68 \cdot 10^{-8}$

Розраховані значення

$\mathrm{poly}\left(X_j, Y_j\right) =$

0.219
0.294
0.378
0.452
0.536
0.616
0.235
...

Дисперсія адекватності

$$S_a := \frac{\sum_{j=0}^{\mathrm{rows}(a)-1} \left(Z_j - \mathrm{poly}\left(X_j, Y_j\right)\right)^2}{\mathrm{rows}(a) - \mathrm{rows}(\mathrm{coeffs})} = 2.426 \times 10^{-5}$$

$\mathrm{rows}(a) - \mathrm{rows}(\mathrm{coeffs}) = 18$

Критерій Фішера

$$F := \begin{cases} \dfrac{S_a}{S_e} & \text{if } S_a > S_e \\ \dfrac{S_e}{S_a} & \text{otherwise} \end{cases} = 1.155 \qquad F_T := 19.43$$

Додаток П

Апроксимація полінома для визначення $G_{пал}$

Діапазон зміни параметрів

a :=

	0	1	2
6	$2.1 \cdot 10^3$	0.227	1.581
7	$2.1 \cdot 10^3$	0.272	1.895
8	$2.1 \cdot 10^3$	0.322	2.243
9	$2.1 \cdot 10^3$	0.36	2.507
10	$2.1 \cdot 10^3$	0.406	2.827
11	$2.1 \cdot 10^3$	0.485	3.371
12	$2.1 \cdot 10^3$	0.577	4.013
13	$2.1 \cdot 10^3$	0.67	4.662
14	$2.1 \cdot 10^3$	0.765	5.319
15	$3 \cdot 10^3$	0.231	2.36
16	$3 \cdot 10^3$	0.278	...

$j := 0 .. \text{rows}(a) - 1$

$X := a^{\langle 0 \rangle}$ $\quad Y := a^{\langle 1 \rangle}$ $\quad Z := a^{\langle 2 \rangle}$

$M := \text{augment}(X, Y)$ $\quad V := Z$

Степінь полінома $\quad n := 2$

$R := \text{regress}(M, V, n)$

Дисперсія досліду

$Z_{E_1} := 2.827$ $\quad Z_{E_2} := 2.857$ $\quad Z_{E_3} := 2.79$

$$Z_{Ec} := \frac{\left(Z_{E_1} + Z_{E_2} + Z_{E_3}\right)}{3} = 2.825$$

$$S_e := \frac{\sum_{j=1}^{3} \left(Z_{Ec} - Z_{E_j}\right)^2}{3 - 1} = 1.126 \times 10^{-3}$$

Коефіцієнти полінома

coeffs =

	0
0	$3.448 \cdot 10^{-3}$
1	-0.13
2	-0.045
3	0.46
4	$-4.927 \cdot 10^{-4}$
5	$1.127 \cdot 10^{-7}$

Розраховані значення

$\text{poly}\left(X_j, Y_j\right) =$

0.918
1.26
1.638
1.92
2.28
2.579
1.551
...

Дисперсія адекватності

$$S_a := \frac{\sum_{j=0}^{\text{rows}(a)-1} \left(Z_j - \text{poly}\left(X_j, Y_j\right)\right)^2}{\text{rows}(a) - \text{rows}(\text{coeffs})} = 3.419 \times 10^{-4}$$

$\text{rows}(a) - \text{rows}(\text{coeffs}) = 18$

Критерій Фішера

$$F := \begin{cases} \dfrac{S_a}{S_e} & \text{if } S_a > S_e \\ \dfrac{S_e}{S_a} & \text{otherwise} \end{cases} = 3.294 \qquad F_T := 3.55$$

Додаток Р

Апроксимація полінома для визначення $G_{\text{пал}}^{ННО}$

Діапазон зміни параметрів

a :=

	0	1	2
6	$2.1\cdot10^3$	0.236	1.639
7	$2.1\cdot10^3$	0.274	1.906
8	$2.1\cdot10^3$	0.31	2.155
9	$2.1\cdot10^3$	0.359	2.498
10	$2.1\cdot10^3$	0.401	2.79
11	$2.1\cdot10^3$	0.489	3.403
12	$2.1\cdot10^3$	0.569	3.957
13	$2.1\cdot10^3$	0.661	4.598
14	$2.1\cdot10^3$	0.759	5.281
15	$3\cdot10^3$	0.226	2.312
16	$3\cdot10^3$	0.258	...

$j := 0 .. \text{rows}(a) - 1$

$X := a^{\langle 0 \rangle}$ $\quad Y := a^{\langle 1 \rangle}$ $\quad Z := a^{\langle 2 \rangle}$

$M := \text{augment}(X, Y)$ $\quad V := Z$

Степінь полінома $\quad n := 2$

$R := \text{regress}(M, V, n)$

Коефіцієнти полінома

coeffs =

	0
0	$3.455\cdot10^{-3}$
1	-0.176
2	-0.021
3	0.449
4	$-4.86\cdot10^{-4}$
5	$1.107\cdot10^{-7}$

Розраховані значення

$\text{poly}(X_j, Y_j) =$

0.895
1.213
1.585
1.876
2.185
2.482
1.61
...

Дисперсія досліду

$Z_{E_1} := 2.79 \qquad Z_{E_2} := 2.815 \qquad Z_{E_3} := 2.77$

$$Z_{Ec} := \frac{\left(Z_{E_1} + Z_{E_2} + Z_{E_3}\right)}{3} = 2.792$$

$$S_e := \frac{\sum_{j=1}^{3} \left(Z_{Ec} - Z_{E_j}\right)^2}{3 - 1} = 5.083 \times 10^{-4}$$

Дисперсія адекватності

$$S_a := \frac{\sum_{j=0}^{\text{rows}(a)-1} \left(Z_j - \text{poly}\left(X_j, Y_j\right)\right)^2}{\text{rows}(a) - \text{rows}(\text{coeffs})} = 3.149 \times 10^{-4}$$

$\text{rows}(a) - \text{rows}(\text{coeffs}) = 18$

Критерій Фішера

$$F := \begin{cases} \dfrac{S_a}{S_e} & \text{if } S_a > S_e \\ \dfrac{S_e}{S_a} & \text{otherwise} \end{cases} = 1.614 \qquad F_T := 3.55$$

Додаток С

Апроксимація полінома для визначення N_{TEG}

Діапазон зміни параметрів

a :=

	0	1	2
7	$1.2\cdot10^3$	84.915	48
8	$1.2\cdot10^3$	100.116	69
9	$2.4\cdot10^3$	0.199	0
10	$2.4\cdot10^3$	10.147	0
11	$2.4\cdot10^3$	19.816	5
12	$2.4\cdot10^3$	30.043	20
13	$2.4\cdot10^3$	40.15	36
14	$2.4\cdot10^3$	50.217	52
15	$2.4\cdot10^3$	60.245	76
16	$2.4\cdot10^3$	70.033	97
17	$2.4\cdot10^3$	80.22	...

$j := 0 .. \mathrm{rows}(a) - 1$

$X := a^{\langle 0 \rangle}$ $\quad Y := a^{\langle 1 \rangle}$ $\quad Z := a^{\langle 2 \rangle}$

$M := \mathrm{augment}(X, Y)$ $\quad V := Z$

Степінь полінома $\quad n := 2$

$R := \mathrm{regress}(M, V, n)$

Дисперсія досліду

$Z_{E_1} := 52$ $\quad Z_{E_2} := 50$ $\quad Z_{E_3} := 53$

$$Z_{Ec} := \frac{\left(Z_{E_1} + Z_{E_2} + Z_{E_3}\right)}{3} = 51.667$$

$$S_e := \frac{\sum_{j=1}^{3} \left(Z_{Ec} - Z_{E_j}\right)^2}{3 - 1} = 2.333$$

Коефіцієнти полінома

coeffs =

	0
0	$8.175\cdot10^{-4}$
1	0.013
2	-1.569
3	-1.347
4	$6.923\cdot10^{-3}$
5	$-2.757\cdot10^{-6}$

Розраховані значення

$\mathrm{poly}\left(X_j, Y_j\right) =$

2.943
-1.191
-3.49
-0.596
5.328
16.801
31.124
...

Дисперсія адекватності

$$S_a := \frac{\sum_{j=0}^{\mathrm{rows}(a)-1} \left(Z_j - \mathrm{poly}\left(X_j, Y_j\right)\right)^2}{\mathrm{rows}(a) - \mathrm{rows}(\mathrm{coeffs})} = 28.64$$

$\mathrm{rows}(a) - \mathrm{rows}(\mathrm{coeffs}) = 22$

Критерій Фішера

$$F := \begin{cases} \dfrac{S_a}{S_e} & \text{if } S_a > S_e \\ \dfrac{S_e}{S_a} & \text{otherwise} \end{cases} = 12.274 \qquad F_T := 19.43$$

Додаток Т

Довідки про використання результатів дисертаційної роботи

ДОВІДКА
про використання результатів дисертаційної роботи Садовника І.І. на тему «Поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобіля з бензиновим двигуном додаванням водневмісного газу з використанням рекуперованої теплової енергії»

Дисертаційна робота Садовника Івана Івановича на тему «Поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобіля з бензиновим двигуном додаванням водневмісного газу з використанням рекуперованої теплової енергії» присвячена вирішенню актуальної науково-технічної задачі, спрямованої на підвищення ефективності витрачання палива та зменшення викидів шкідливих речовин автомобілями, що обладнуються бензиновими двигунами, шляхом додавання водневмісного газу до повітряного заряду з використанням рекуперованої теплової енергії відпрацьованих газів для забезпечення процесу виробництва водневмісного газу.

Отримані в дисертаційній роботі результати – методика дослідження паливної економічності та екологічних показників транспортного засобу під час руху в їздовому циклі та результати дослідження впливу використання водневмісного газу, отримуваного на борту автомобіля за допомогою термоелектричного генератора, що використовує теплову енергію відпрацьованих газів, на витрату палива і викиди шкідливих речовин автомобіля з бензиновим двигуном мають наукову новизну та практичне значення і прийняті до використання в центрі оцінки відповідності КТЗ та наукових досліджень системи технічного регулювання Державного підприємства «Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут» Міністерства інфраструктури України для розрахунку ефективності методів і засобів підвищення паливної економічності та зниження шкідливих викидів колісних транспортних засобів, які можна впровадити в умовах експлуатації.

Начальник центру оцінки відповідності
КТЗ та наукових досліджень
системи технічного регулювання
к.т.н. К.С. Жаров

ДОВІДКА

про використання результатів дисертаційної роботи Садовника І.І.

на тему

«ПОЛІПШЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ АВТОМОБІЛЯ З БЕНЗИНОВИМ ДВИГУНОМ ДОДАВАННЯМ ВОДНЕВМІСНОГО ГАЗУ З ВИКОРИСТАННЯМ РЕКУПЕРОВАНОЇ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ»

Дисертаційна робота на тему «Поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобіля з бензиновим двигуном додаванням водневмісного газу з використанням рекуперованої теплової енергії», виконана здобувачем Садовником Іваном Івановичем та присвячена вирішенню актуальної науково-технічної задачі, а саме: використання додавання до повітряного заряду бензинових двигунів водневмісного газу, отриманого за допомогою термоелектричного перетворення рекуперованої теплової енергії відпрацьованих газів, що дозволяє підвищити паливну економічність та знизити викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами транспортних засобів.

Результати дисертаційних досліджень, зокрема, експериментальних, щодо впливу використання водневмісного газу на витрату палива і викиди шкідливих речовин транспортним засобом мають наукову новизну та практичне значення і прийняті до використання в Українському науково-дослідному та навчальному центрі хіммотології і сертифікації паливно-мастильних матеріалів і технічних рідин Національного авіаційного університету для проведення порівняння характеристик роботи транспортних двигунів та використання під час обґрунтування завдань та напрямків реалізації програми енергозбереження та впровадження альтернативних видів палив на транспорті.

Директор УкрНДНЦ хіммотології
і сертифікації ПММ і ТР, к.т.н. І.О. Шкільнюк

МІНІСТЕРСТВО ІНФРАСТРУКТУРИ
УКРАЇНИ
просп. Перемоги,14, м. Київ, 01135,
тел.: (044) 351-40-96, 351-49-54, 351-40-01,
факс: (044) 351-48-45
E-mail: miy@mtu.gov.ua,
сайт: www.mtu.gov.ua,
код згідно ЄДРПОУ 37472062

ДОВІДКА

про використання результатів дисертаційної роботи Садовника І.І. на тему «Поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобіля з бензиновим двигуном додаванням водневмісного газу з використанням рекуперованої теплової енергії»

Дисертаційна робота Садовника Івана Івановича на тему «Поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобіля з бензиновим двигуном додаванням водневмісного газу з використанням рекуперованої теплової енергії» присвячена вирішенню актуальної науково-технічної задачі, спрямованої на підвищення ефективності витрачання палива та зменшення викидів шкідливих речовин автомобілями, що обладнуються бензиновими двигунами, шляхом додавання водневмісного газу до повітряного заряду з використанням рекуперованої теплової енергії відпрацьованих газів для забезпечення процесу виробництва водневмісного газу.

Отримані в дисертаційній роботі результати – методика дослідження паливної економічності та екологічних показників транспортного засобу під час руху в їздовому циклі та результати дослідження впливу використання водневмісного газу, отримуваного на борту автомобіля за допомогою термоелектричного генератора, що використовує теплову енергію відпрацьованих газів, на витрату палива і викиди шкідливих речовин автомобіля з бензиновим двигуном мають наукову новизну та практичне значення і рекомендовані Директоратом автомобільного та електричного міського транспорту Міністерства інфраструктури України до використання в діяльності підприємств автомобільного транспорту для розрахунку ефективності методів і засобів підвищення паливної економічності та зниження шкідливих викидів колісних транспортних засобів, які можна впровадити в умовах експлуатації.

Генеральний директор Г.А. Погосян