

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Механіко – технологічний факультет

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

Тракторів і автомобілів

(назва кафедри)

Калінін Є.І.

(підпис)

(ПІБ)

“ ___ ” _____ 2025 р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ БАКАЛАВРА

на тему «Розробка стенда для діагностування лямбда-зонду колісної машини»

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Сівак І.М.

(ПІБ)

Керівник дипломного проєкту бакалавра

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Колеснік І.В.

(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Турчак Андрій Олександрович

(ПІБ студента)

КИЇВ – 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Механіко – технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Тракторів і автомобілів

д.т.н., професор

(науковий ступінь, вчене ваня) (підпис)

Калінін Є.І.

(ПІБ)

“ ” 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

на виконання дипломного проєкту бакалавра студенту

Турчак Андрій Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Тема дипломного проєкту бакалавра на тему «Розробка стенда для дігностування лямбда-зонду колісної машини»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «26» листопада 2024 р. №2098 «С»

Термін подання завершеної роботи (проєкту) на кафедру 19.05.2025

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до дипломного проєкту бакалавра Нормативно довідкова література. Види та характеристики датчиків кисню.

Перелік питань які потрібно розробити

Вступ (актуальність та мета досліджень);

1. Двигун внутрішнього згоряння як джерело забруднення довкілля

2. Конструкторська частина

2.1 Призначення датчика концентрації кисню

2.2 Пристрій та принцип роботи датчика концентрації кисню

2.3 Можливі несправності датчика концентрації кисню та їх причини

2.4 Аналіз існуючих методів діагностики датчиків концентрації кисню у відпрацьованих газах

2.5 Технічний опис стенду оцінки стану кисневих датчиків

2.6 Інструкція з експлуатації стенду ОСКД

2.7 Розрахункова частина

3 Технологічний процес

3.1 Джерела шкідливих викидів ДВЗ

3.2 Технологічна карта діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків

3. Безпека та екологічність стенду для діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків

3.1 Конструктивно-технологічна та організаційно-технічна характеристики стенду для діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків

3.2 Визначення професійних ризиків

3.3 Способи зниження професійних ризиків

3.4 Пожежна безпека стенду для діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків

3.5 Екологічна безпека стенду для діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків

Висновки

Список використаних джерел

Перелік графічного матеріалу

Двигун внутрішнього згоряння як джерело забруднення;

Конструкторська частина;

Технологічний процес;

Конструктивно-технологічна та організаційно-технічна характеристики стенду для діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків;

Розрахунок економічної ефективності стенду для діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків;

Висновки.

Дата видачі завдання «__» _____ 2024 р.

Керівник дипломного проєкту бакалавра _____

(підпис)

Колеснік І.В.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

Турчак А.О.

(прізвище та ініціали студента)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається з 65 сторінок друкованого тексту, 3 розділів, 3 рисунків, 4 таблиці, 25 літературних джерел.

Сьогодні зменшення забруднення повітря, спричиненого токсичними викидами промислових підприємств і транспортних засобів, є одним із найважливіших завдань, що стоять як перед промислово розвиненими, так і перед країнами, що розвиваються. Промислові та транспортні підприємства повинні впроваджувати низку заходів для зменшення викидів шкідливих речовин в атмосферу та запобігання накопиченню цих речовин у повітрі, що становлять ризик для здоров'я людини.

Викиди забруднюючих (шкідливих) речовин в повітря – це викиди органічних сполук, неорганічних сполук, радіоактивних сполук, інших видів сполук, різних газів, парів, частинок твердих та рідких речовин у кількостях, що перевищують медико-санітарні норми вмісту шкідливих речовин у повітрі, що негативно впливає на живі організми, погіршує стан середовища проживання та завдає матеріальних збитків.

Основний зміст заходів щодо скорочення викидів речовин, шкідливих для людини та навколишнього середовища, полягає у встановленні відповідних технологічних процесів для мінімізації викидів шкідливих речовин, оснащенні підприємств обладнанням для газопилового вловлювання, встановленні додаткового обладнання в транспортних засобах для нейтралізації та знешкодження токсичних речовин (далі – ТР), що викидаються разом з вихлопними газами.

У цьому випадку найбільша увага приділяється двигуну автомобіля. Це пояснюється тим, що основним засобом пересування в межах міст і між ними є автомобіль, який працює на дизельних або бензинових двигунах, що призводить до зростання забруднення повітря, водних ресурсів і ґрунту шкідливими речовинами.

У великих містах та районах, де зосереджений наземний рух (великі

перехрестя, перехрестя, автомагістралі, місця з обмеженим повітрообміном тощо), збільшення кількості автотранспортних засобів призвело до перевищення санітарних норм концентрації шкідливих речовин у повітрі, що виділяються вихлопними газами.

Забруднення повітря шкідливими речовинами є більш серйозним у містах, де дороги вузькі, а рух транспорту інтенсивний. Це порушує циркуляцію повітря, що призводить до застою повітря над містами, через що токсичні сполуки накопичуються безпосередньо на землі в зонах дихання людей.

У великих промислових зонах багатьох країн викиди шкідливих речовин часто перевищують допустимі норми в кілька разів. Наприклад, у Мехіко (населення 20 мільйонів) значно перевищено допустимі рівні шкідливих викидів в повітря. Місто входить до десятки найбільш забруднених міст світу. Мехіко лежить в улоговині, «чаші, вкритій смогом, як кришка», як кажуть його мешканці, і самі вони «дихають» «видимим повітрям». Міська влада змушена вживати адміністративних заходів для зменшення шкідливих викидів від транспортних засобів. Наприклад, можна вжити заходів для обмеження кількості транспортних засобів, що працюють, наприклад, запобігання змінному руху транспортних засобів з різними номерними знаками.

Забруднення повітря вихлопними газами автомобілів не лише впливає на здоров'я людини, а й завдає прямої економічної шкоди. Токсичні речовини в повітрі впливають на рослини, тварин і ґрунт (так звані кислотні дощі спричиняють загибель лісів і садів і підвищують кислотність ґрунту). Пошкодження відбуваються з будівлями, спорудами, пам'ятками історії та культури, а також різними будівельними матеріалами, що прискорює процес корозії металу. Наприклад, у промислових районах швидкість корозії сталі та її сплавів у двадцять разів вища, ніж у сільській місцевості, а швидкість корозії алюмінію у сто разів вища.

Окрім інших факторів, зокрема впливу транспорту та інших промислових комплексів на природне середовище, викиди двигунів є основним фактором, що сприяє дедалі більш напруженій екологічній ситуації.

Як показують прогнози, подальше збільшення кількості автомобілів та іншого обладнання з двигунами внутрішнього згорання без ефективних заходів захисту навколишнього середовища є екологічно неприйнятним. Виробники та оператори двигунів стикаються із завданням значного скорочення шкідливих викидів від установок двигунів внутрішнього згорання.

Зменшення забруднення повітря шкідливими викидами та покращення якості двигунів – це складне завдання, з яким стикається будь-яка країна.

Метою цього дослідження є розробка конструкції стенду для діагностики лямбда-зондів кисневих датчиків.

ЗМІСТ

Вступ	10
1. Двигун внутрішнього згоряння як джерело забруднення довкілля	11
2. Конструкторська частина	12
2.1 Призначення датчика концентрації кисню	12
2.2 Пристрій та принцип роботи датчика концентрації кисню	13
2.3 Можливі несправності датчика концентрації кисню та їх причини	16
2.4 Аналіз існуючих методів діагностики датчиків концентрації кисню у відпрацьованих газах	21
2.5 Технічний опис стенду оцінки стану кисневих датчиків	24
2.6 Інструкція з експлуатації стенду ОСКД	27
2.7 Розрахункова частина	33
3 Технологічний процес	38
3.1 Джерела шкідливих викидів ДВЗ	38
3.2 Технологічна карта діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків	42
3. Безпека та екологічність стенду для діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків	43
3.1 Конструктивно-технологічна та організаційно-технічна характеристики стенду для діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків	43
3.2 Визначення професійних ризиків	44
3.3 Способи зниження професійних ризиків	45
3.4 Пожежна безпека стенду для діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків... ..	48
3.5 Екологічна безпека стенду для діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків	51
Висновок	59
Список використаної літератури та джерел	60

ВСТУП

На тлі стрімкого розвитку промислового виробництва, сільського господарства, будівництва, транспорту та інших галузей національної економіки охорона навколишнього середовища стала однією з найважливіших державних та міжнародних проблем, вирішення якої тісно пов'язане із захистом здоров'я людини.

Сьогодні зменшення забруднення повітря, спричиненого токсичними викидами промислових підприємств і транспортних засобів, є одним із найважливіших завдань, що стоять як перед промислово розвиненими, так і перед країнами, що розвиваються. Промислові та транспортні підприємства повинні впроваджувати низку заходів для зменшення викидів шкідливих речовин в атмосферу та запобігання накопиченню цих речовин у повітрі, що становлять ризик для здоров'я людини.

Викиди забруднюючих (шкідливих) речовин в повітря – це викиди органічних сполук, неорганічних сполук, радіоактивних сполук, інших видів сполук, різних газів, парів, частинок твердих та рідких речовин у кількостях, що перевищують медико-санітарні норми вмісту шкідливих речовин у повітрі, що негативно впливає на живі організми, погіршує стан середовища проживання та завдає матеріальних збитків.

Основний зміст заходів щодо скорочення викидів речовин, шкідливих для людини та навколишнього середовища, полягає у встановленні відповідних технологічних процесів для мінімізації викидів шкідливих речовин, оснащенні підприємств обладнанням для газопилового вловлювання, встановленні додаткового обладнання в транспортних засобах для нейтралізації та знешкодження токсичних речовин (далі – ТР), що викидаються разом з вихлопними газами.

У цьому випадку найбільша увага приділяється двигуну автомобіля. Це пояснюється тим, що основним засобом пересування в межах міст і між ними є автомобіль, який працює на дизельних або бензинових двигунах, що

призводить до зростання забруднення повітря, водних ресурсів і ґрунту шкідливими речовинами.

У великих містах та районах, де зосереджений наземний рух (великі перехрестя, перехрестя, автомагістралі, місця з обмеженим повітрообміном тощо), збільшення кількості автотранспортних засобів призвело до перевищення санітарних норм концентрації шкідливих речовин у повітрі, що виділяються вихлопними газами.

Забруднення повітря шкідливими речовинами є більш серйозним у містах, де дороги вузькі, а рух транспорту інтенсивний. Це порушує циркуляцію повітря, що призводить до застою повітря над містами, через що токсичні сполуки накопичуються безпосередньо на землі в зонах дихання людей.

У великих промислових зонах багатьох країн викиди шкідливих речовин часто перевищують допустимі норми в кілька разів. Наприклад, у Мехіко (населення 20 мільйонів) значно перевищено допустимі рівні шкідливих викидів в повітря. Місто входить до десятки найбільш забруднених міст світу. Мехіко лежить в улоговині, «чаші, вкритій смогом, як кришка», як кажуть його мешканці, і самі вони «дихають» «видимим повітрям». Міська влада змушена вживати адміністративних заходів для зменшення шкідливих викидів від транспортних засобів. Наприклад, можна вжити заходів для обмеження кількості транспортних засобів, що працюють, наприклад, запобігання змінному руху транспортних засобів з різними номерними знаками.

Забруднення повітря вихлопними газами автомобілів не лише впливає на здоров'я людини, а й завдає прямої економічної шкоди. Токсичні речовини в повітрі впливають на рослини, тварин і ґрунт (так звані кислотні дощі спричиняють загибель лісів і садів і підвищують кислотність ґрунту). Пошкодження відбуваються з будівлями, спорудами, пам'ятками історії та культури, а також різними будівельними матеріалами, що прискорює процес корозії металу. Наприклад, у промислових районах швидкість корозії сталі та її сплавів у двадцять разів вища, ніж у сільській місцевості, а швидкість корозії

алюмінію у сто разів вища.

Окрім інших факторів, зокрема впливу транспорту та інших промислових комплексів на природне середовище, викиди двигунів є основним фактором, що сприяє дедалі більш напруженій екологічній ситуації.

Як показують прогнози, подальше збільшення кількості автомобілів та іншого обладнання з двигунами внутрішнього згорання без ефективних заходів захисту навколишнього середовища є екологічно неприйнятним. Виробники та оператори двигунів стикаються із завданням значного скорочення шкідливих викидів від установок двигунів внутрішнього згорання.

Зменшення забруднення повітря шкідливими викидами та покращення якості двигунів – це складне завдання, з яким стикається будь-яка країна.

Метою цього дослідження є розробка конструкції стенда для діагностики лямбда-зондів кисневих датчиків.

1 ДВИГУНИ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ ЯК ДЖЕРЕЛО ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

У цьому процесі дедалі важливішу роль відіграють різні природні явища, що призводять до забруднення повітря (виверження вулканів, лісові пожежі, вивітрювання, ерозія ґрунту), а також діяльність людини, пов'язана з експлуатацією природних ресурсів, розвитком та вдосконаленням промисловості, сільського господарства, будівництва, транспорту та інших секторів.

Через брак знань, недосконалість обладнання та технологій, що використовуються, нездатність передбачити наслідки рішень або з інших причин господарська діяльність людини супроводжується небажаними процесами, зокрема викидами шкідливих речовин в атмосферу підприємствами та транспортними засобами. Забруднюючи повітря, він шкодить навколишньому середовищу та здоров'ю людини.

У таблиці 1 наведено частку небезпечних речовин природного та промислового походження, що викидаються в атмосферу, та частку небезпечних речовин, що викидаються з різних джерел.

Таблиця 1 - Річні викиди токсичних речовин

Викиди	CO	CH	SO ₂	NO _x	Тверді частинки	Всього
У світі:						
природні	0,21	300,0	–	–	1700	2000,21
антропогенні	200,0	50,0	146,0	53,0	20,0	469,0
У США:						
антропогенні	113,2	31,2	30,2	25,5	13,8	213,8
автотранспортні	85,1	10,9	0,4	7,4	0,9	104,7
всього транспорту:	94,5	12,7	0,9	10,1	1,2	119,4
стаціонарних установок	1,3	1,7	24,7	14,3	5,3	47,3
промисловості	12,0	11,9	4,6	0,9	6,4	35,8
Неконтрольовані	5,4	5,0	–	0,1	0,8	11,3

Проблема зменшення забруднення повітря давно вийшла за межі окремих країн і навіть цілих континентів, набувши міжнародного характеру та ставши спільною практично для всіх країн світу. Шкідливі речовини, що

потрапляють в атмосферу, переносяться повітряними потоками над величезними територіями, незалежно від державних кордонів.

Використання електростанцій з двигунами внутрішнього згоряння, що споживають рідке нафтове паливо, в промисловій енергетиці, морському та річковому транспорті, автомобілях, сільському господарстві та малій авіації спричиняє значне забруднення навколишнього середовища.

У світі працюють сотні мільйонів двигунів внутрішнього згоряння як електростанції, які споживають понад мільярд тон кисню для спалювання палива, викидаючи при цьому в атмосферу сотні мільйонів тон чадного газу та десятки мільйонів тон оксидів азоту, оксидів сірки та незгорілих вуглеводнів.

Наразі двигуни внутрішнього згоряння виробляють понад 85% енергії, що споживається на Землі, причому основну частину складають звичайні поршневі двигуни. Одним із найнебезпечніших джерел забруднення навколишнього середовища є вихлопні гази двигунів автомобілів та інших транспортних засобів, які містять токсичні речовини.

В таблиці 2 наведено дані про викиди шкідливих речовин від автотранспорту у відсотках від загальних викидів цих компонентів від різних джерел шкідливих речовин.

Таблиця 2 - Частка викидів від автотранспортних засобів у загальному обсязі викидів шкідливих речовин

Місто	CO, %	CH, %	NO, %
Стокгольм	95,0	90,0	35,0
Нью-Йорк	99,0	93,0	53,0
Токіо	97,0	63,0	31,0
Лос-Анджелес	99,0	95,0	33,0
Мадрид	98,0	66,0	72,0

Склад і кількість токсичних компонентів у відпрацьованих газах двигуна залежать від типу двигуна, конструктивних та модифікаційних факторів, ступеня оволодіння процесом експлуатації, режимів роботи двигуна, його технічного стану та інших факторів.

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Призначення датчика концентрації кисню

У сучасних автомобілях проблема нейтралізації токсичних речовин у вихлопних газах вирішується за допомогою спеціальних нейтралізаторів газів. Ці пристрої найефективніше працюють із системою впорскування бензину, яка оснащена датчиком концентрації кисню (або двома) у вихлопному тракті двигуна. Схожі терміни включають: лямбда-зонд, кисневий датчик та O_2 -сенсор. Використання вільного перекладу з англійської мови слова «кисневий датчик» призвело до появи різноманітних назв.

Кисневий датчик генерує сигнал зворотного зв'язку до електронного блоку керування впорскуванням, який коригує склад паливно-повітряної суміші на основі коефіцієнта надлишку повітря λ на вході системи. Регулювання здійснюється шляхом зміни тривалості впорскування бензину інжектором, що призводить до зміни тривалості керуючого імпульсу (рис. 1) [6].

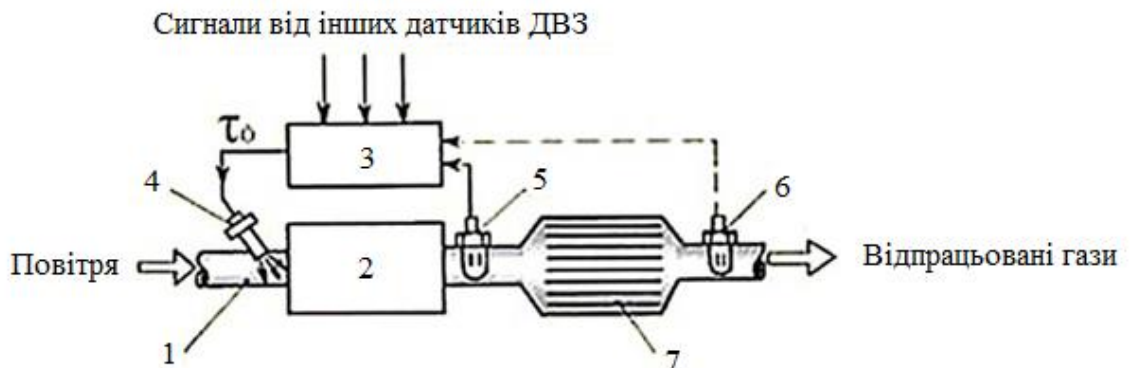


Рисунок 1 - Схема корекції з використанням одного кисневого датчика та двох датчиків двигуна

Кисневий датчик для електронної системи автоматичного керування двигуном випускається у трьох варіантах виконання:

- як джерело хімічного струму з керованою електрорушійною силою;
- як хімічний резистор, значення його електричного опору залежить від парціального тиску кисню у вихлопних газах, що омиваються датчиком;

– як термометр.

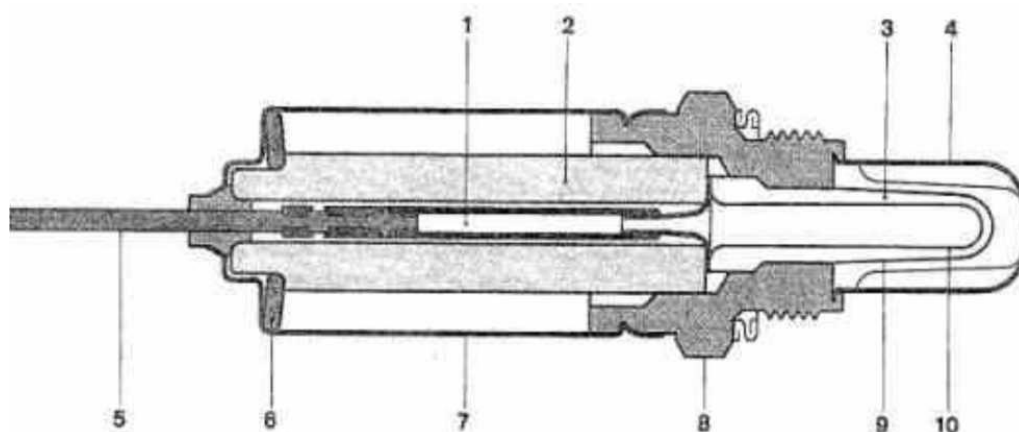
Наразі хімічні джерела струму є найбільш широко використовуваними датчиками завдяки низькій вартості їх виробництва.

2.2 Пристрій та принцип роботи датчика концентрації кисню.

Кисневий датчик, як джерело хімічного струму, складається з двох платинових електродів та твердого електроліту з діоксиду цирконію між ними (рис. 2, 3, 4, 5). Діоксид цирконію має пористу структуру, а тонкі плівки платини (електроди), нанесені на його поверхню з обох боків, також є пористими, що містять мікроскопічні отвори. Два електроди розділені потоками газу, так що один знаходиться в зовнішній атмосфері, а інший омивається вихлопними газами [6].



Рисунок 2 – Зовнішній вигляд датчика концентрації кисню



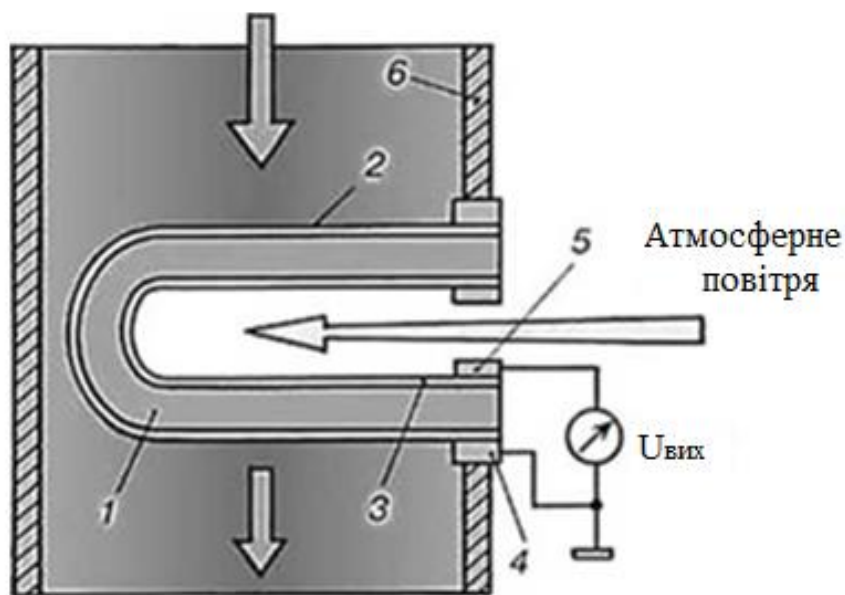
1 – Контактна частина; 2 – Кераміка, що контактує з повітрям; 3 – Кераміка, що контактує з вихлопними газами; 4 – Захисна трубка; 5 – Блок електропровідності; 6 – Тарілчаста пружина; 7 – Захисна кришка; 8 – Тіло (неповне); 9 – Полюс (мінус); 10 – Полюс (плюс)

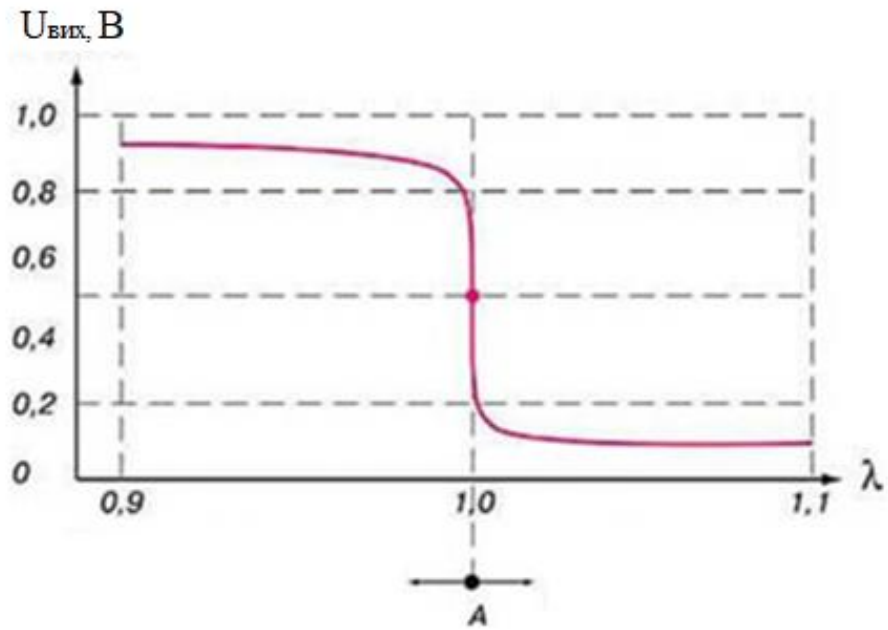
Рисунок 3 - Датчик вмісту кисню

Результуюча активність пов'язана з розкладанням молекул кисню O_2 за високої температури на позитивні іони та вільні електрони ($O_2 + 2O^{++} + 2e^-$). Ця реакція відбувається в порах твердого електроліту за пористими платиновими електродами, де кисень перетворюється в іонізований стан у присутності платинового каталізатора та за температури, що перевищує $350^\circ C$. Через різну концентрацію кисню по обидва боки твердого цирконієвого електроліту (різну кількість носіїв заряду у двох протилежних областях), іони кисню рухаються в електроліті, створюючи електрорушійну силу датчика на електродах. [6].

Якщо коефіцієнт λ більше 1, значення електрорушійної сили буде менше 0,1 В. Якщо λ менше 1, значення електрорушійної сили різко змінюється до 0,95 В.

Отримана сходинка має середній рівень 0,42-0,48 вольт, що відповідає коефіцієнту надлишку повітря, тобто 1. Тому за допомогою кисневого датчика легко зафіксувати момент, коли паливно-повітряна суміш стає пропорційною сумішшю з похибкою не більше $\pm 0,5\%$. Це використовується для встановлення вікна екологічної безпеки ($0,95 \leq \lambda \leq 1,05$) під час роботи системи впорскування, коли викид токсичних речовин з вихлопними газами стає мінімальним [6].





М

Рисунок 5 – Залежність напруги лямбда-зонда від коефіцієнта надлишку повітря (λ) при температурі датчика 500-800°C

2.3 Можливі несправності датчика концентрації кисню та їх причини

На рисунку 6 показано графік коливань нормально працюючого датчика концентрації кисню.



Рисунок 6 - Діаграма вібрацій датчика концентрації кисню під час роботи

Коли електронний блок керування реєструє очевидну несправність датчика концентрації кисню, ЕБУ починає працювати відповідно до

усереднених параметрів, записаних у його пам'яті. У цьому випадку склад отриманої паливно-повітряної суміші буде відрізнятися від ідеального. Це призводить до збільшення витрати палива, нерівної роботи двигуна на холостому ході, збільшення вмісту чадного газу у вихлопних газах та зниження потужності, але автомобіль може продовжувати працювати.

Список можливих поломок датчика концентрації кисню дуже великий, деякі з яких (знижена чутливість, знижена швидкість реагування) не фіксуються самодіагностикою автомобіля. Тому остаточне рішення про заміну датчика можна прийняти лише після ретельного огляду. Особливо варто зазначити, що спроби замінити несправний лямбда-зонд у симуляторі не принесли жодних результатів не розпізнає «нерелевантні» сигнали та не використовує їх для зміни складу підготовленої горючої суміші, тобто просто «ігнорує» їх.

Якщо лямбда-зонд перегорить або зміститься, вміст чадного газу у вихлопних газах значно зросте з 0,1 – 0,3% до 3 – 7%. Не завжди можливо знизити його, оскільки запасу ходу шнека якості змішування може бути недостатньо. В автомобілях із системою корекції з двома кисневими датчиками ситуація стає ще складнішою. Якщо другий лямбда-зонд несправний (або якщо пробитий сегмент каталітичного нейтралізатора), нормальна робота двигуна буде практично неможливою.

Зазвичай лямбда-зонд є найвразливішим датчиком в автомобілі з системою впорскування. «Його термін служби коливається від 40 000 до 80 000 кілометрів, залежно від умов руху та можливостей обслуговування двигуна».[6]

Причини виходу з ладу кисневого датчика відпрацьованих газів:

- Отруєння добавками, що підвищують октанове число бензину (тетраетилсвинець, добавки, що містять залізо та марганець).
- Отруєння силіконовим герметиком (хімічне пошкодження).
- Забруднення моторної оливи продуктами згоряння насичених вуглеводнів (поганий стан маслос'ємних кілець або сальників клапанів).

- Забруднення чутливого елемента датчика компонентами охолоджувальної рідини, що потрапили у вихлопну трубу.
- Перегорання обігрівача.
- Витоки (датчик працює на основі різниці в кількості атомарного кисню зовні та всередині; він перестане працювати, якщо вихлопні гази потраплять всередину).
- Порушення зв'язку між елементом та виходом.
- Напруга нагрівача досягає клем елемента (через невідомий провідний шар).
- Тріщини в корпусі обігрівача.
- Тріснуті чутливі частини.
- Підвищення температури датчика.
- Серйозна поломка датчика концентрації кисню.

На рисунку 7 показано вихідний сигнал датчика концентрації кисню, який все ще працює, але використовувався так часто, що фактично вийшов з ладу. Осцилограма фіксує, що амплітуда вихідного сигналу впала нижче 0 вольт, що вказує на несправний датчик кисню. Часто система самодіагностики реєструє цю несправність, і на панелі приладів загоряється індикатор "Check Engine", сигналізуючи про несправність [6].

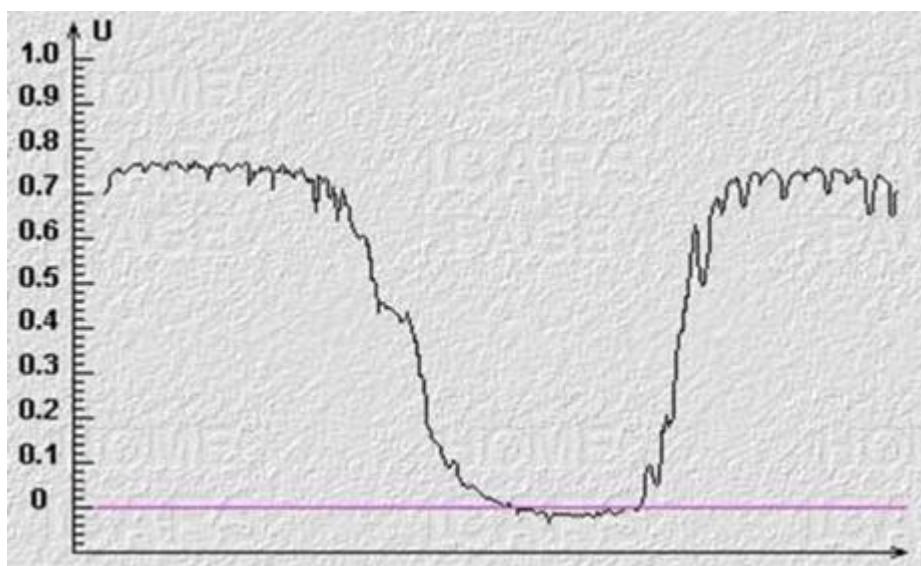


Рисунок 7 - Діаграма вібрацій несправного датчика

На рисунку 8 показано найпоширенішу поломку датчиків кисню у вихлопних газах, що проявляється у вигляді повільної реакції. Час наростання сигналу значно довший, ніж 120 мс.

Якщо цей датчик вийде з ладу, це неминуче призведе до збільшення витрати палива та значного зниження динаміки автомобіля, але система самодіагностики цього не зафіксує, оскільки цей параметр не контролюється блоком управління.

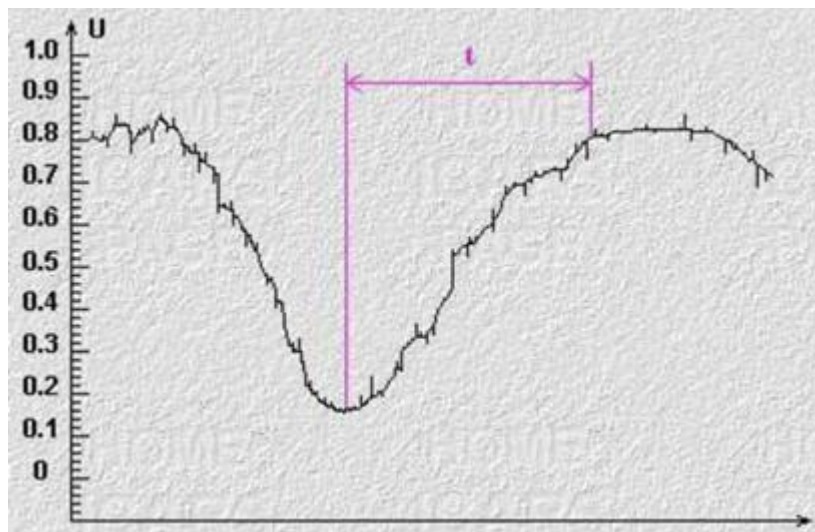


Рисунок 8 – Осцилограма несправного датчика

Такий вихід з ладу датчика кисню не буде зафіксований контролером, оскільки амплітуда сигналу не перевищуватиме заданого діапазону. У більшості систем уприскування палива несправність датчика виявляється лише тоді, коли сигнал виходить за межі цього заданого діапазону. У більшості випадків діапазон становить від 0 до 1 В.

Таким чином, чітко фіксується повна відсутність сигналу та лише його негативні значення. У таких випадках помилку сигналізує індикатор «ПЕРЕВІРТЕ ДВИГУН». Однак слід зазначити, що деякі ЕБУ пропонують можливість діагностики та виявлення несправностей на основі непрямих ознак (співвідношення показань датчика швидкості автомобіля, датчика положення колінчастого валу, датчика положення дросельної заслінки, витратоміра повітря тощо). У такому випадку може засвітитися індикатор «ПЕРЕВІРТЕ

ДВИГУН». [6]

Аналізуючи вихідну напругу датчика, слід пам'ятати, що видимий стан може виникати не лише через несправність датчика, а й з інших причин.

Якщо вихідна напруга постійно перевищує 0,45 В, це може свідчити про збагачену суміш. Часто це викликано несправністю системи живлення або елементів керування двигуном. Ситуація схожа. Якщо вихідна напруга постійно менша за 0,45 В, це може свідчити про збіднену суміш (рисунок 9).

Якщо напруга датчика постійно близька до середнього значення 0,45 В, це означає, що датчик повністю вийшов з ладу. Ця напруга генерується високоомним входом на комп'ютері (рис. 10).

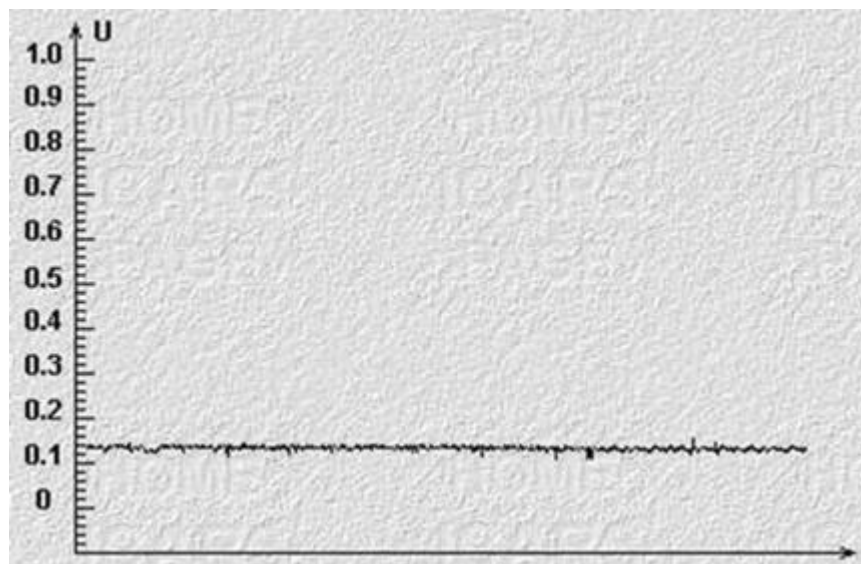


Рисунок 9 - Діаграма коливань датчика в умовах збідненої суміші

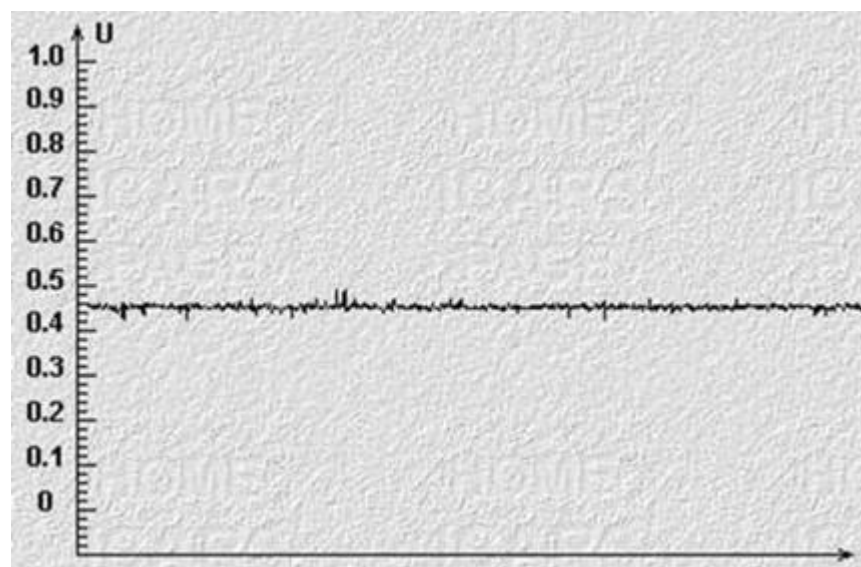


Рисунок 10 - Діаграма коливань непрацюючого датчика

2.4 Огляд сучасних методів діагностики датчиків рівня кисню у вихлопних газах

На початковому етапі робіт з розробки технологічного обладнання для випробування датчиків концентрації кисню у відпрацьованих газах було проведено дослідження доступних джерел інформації та аналіз існуючих методів діагностики цих датчиків. В результаті дослідження було визначено кілька методів, які дозволяють різною мірою оцінити технічний стан кисневих датчиків. Нижче наведено його короткі характеристики, а також описи використовуваних методів і пристроїв. Кожен метод має свої переваги та недоліки.

Перевірте за допомогою індикаторного тестера.

Більшість датчиків електронного автоматичного керування двигуном можна перевірити за допомогою стрілкового тестера або цифрового мультиметра. Ці пристрої дозволяють визначати параметри датчиків, такі як опір електричних кіл, наявність або відсутність контактного з'єднання та електричну напругу, що генерується пасивним датчиком або подається на нього. Всі ці параметри можна визначити лише у статичному стані, коли датчик відключений від системи керування. Цей тип тестування не надає об'єктивної інформації про всі несправності датчика, оскільки датчик тестується без впливу реальних дестабілізуючих факторів.

Слід також зазначити, що ці прилади мають досить високу інерцію, що не дозволяє оцінити справжній діапазон зміни спостережуваної величини при високій динаміці її зміни.

Перевірте цифровим мультиметром.

Найсучасніший і найпоширеніший метод завдяки своїй доступності та простоті – це перевірка цифровим мультиметром або діагностичним сканером. Параметри, що контролюються цими пристроями, подібні до попереднього методу, за винятком того, що ці пристрої не мають такої інерції. Діагностика за допомогою сканера також дозволяє контролювати параметр під час роботи двигуна, тобто відстежувати його динаміку. Однак, головним недоліком є

тривалий час вибірки цих електронних пристроїв, який у більшості випадків досягає однієї секунди. Це також не дозволяє повноцінно оцінити динаміку зміни оцінюваного параметра.

Діагностика датчиків ЕСАУ-Д за допомогою електронних осцилографів. Для діагностики ЕСАУ-Д та його компонентів розроблені спеціалізовані на автомобілях цифрові електронні осцилографи (однопроменеві або двопроменеві).

Пристрої можуть використовуватися як частина стаціонарного обладнання для випробування двигунів або як автономні контрольно-вимірювальні пристрої. Як і у звичайних електронних осцилографах, дисплей АЕCS відображає час розгортки по горизонталі та різницю потенціалів або ЕРС по вертикалі. Дисплей АЕСО має сітку вимірювальних приладів (рис. 11).

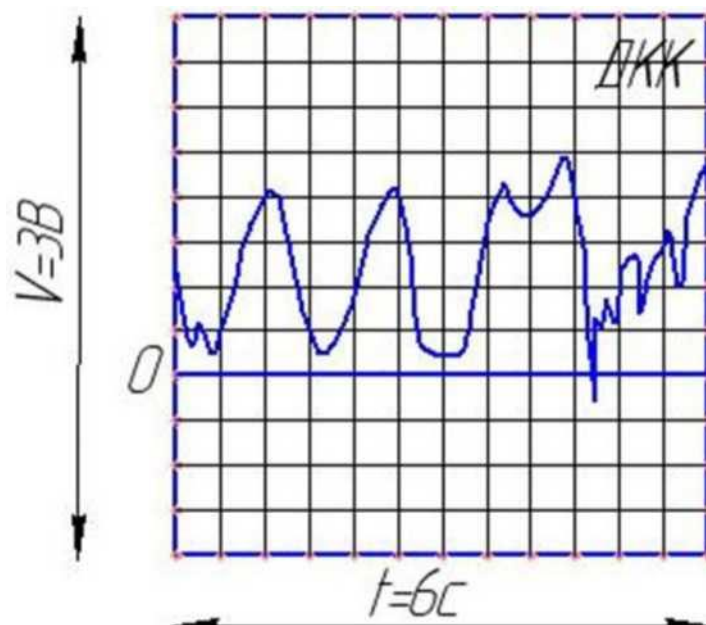


Рисунок 11 – Вид осцилограми

Час сканування може бути зафіксований кварцовим генератором, а потім тривалість може перемикатися лише окремо. У цьому випадку кількість одиниць горизонтального масштабу суворо відповідає кратній або дробовій одиниці часу; ϵ число – пульсова інтерпретація часу. Це дозволяє з високою точністю вимірювати часові інтервали в сигналах датчиків та інших

електричних сигналах ESAU-D. Друга (вертикальна) координата на дисплеї ESAU-D – це амплітуда "А" тестованого сигналу, яка, як і час, має вираз – імпульсне представлення.

На відміну від випробувального зонда, цифровий осцилограф забезпечує контроль параметрів датчика на працюючому двигуні. Це дозволяє виявляти не лише безперервні помилки, але й нерегулярні помилки датчиків, які чітко видно в «динаміці».

Основний принцип діагностики технічного стану датчика за допомогою цифрового осцилографа полягає в порівнянні форми сигналу з його надрукованою опорною формою - шаблоном. Друковані зразки (шаблони) опубліковані у спеціальних посібниках з процедури вібраційної діагностики.

У зв'язку з аналізом методів діагностики та основних несправностей датчиків концентрації кисню, можна зробити висновок про доцільність оцінки працездатності датчиків концентрації кисню не лише за діапазоном вихідної напруги, але й за часовими характеристиками робочого процесу, що неможливо без чіткого моніторингу динаміки напруги сигналу. Тому єдиним повним способом діагностики кисневих датчиків з доступних є метод з використанням АЕСО. Однак низька доступність електронних систем контролю відпрацьованих газів через їх високу вартість створює потребу в розробці дорожчого альтернативного обладнання, яке дозволяє повноцінно оцінити технічний стан датчиків концентрації кисню у відпрацьованих газах.

2.5 Технічний опис стенда для оцінки стану кисневого датчика

У технічному описі використовуються такі скорочення та символи:

- тримач ОСКД – тримач для оцінки стану кисневих датчиків;
- ТО – Технічне обслуговування;
- ВГ – вуглекислий газ;

Стенд ОСКД призначений для оцінки технічного стану датчиків концентрації кисню у вихлопних газах на основі контролю наступних параметрів: час наростання напруги сигналу, діапазон зміни напруги сигналу.

Рекомендується використовувати під час виконання діагностичної роботи, як самостійно, так і в поєднанні з іншими технічними діагностичними засобами.

Стенд OSKD призначений для експлуатації в приміщенні за температури від -10 до $+40^{\circ}\text{C}$ та відносної вологості повітря не більше 98% при $+25^{\circ}\text{C}$.

Під час діагностичних робіт, використовуючи стенд OSKD, проводиться ефективна діагностика працездатності кисневих датчиків з розбиранням з транспортного засобу, що виключає можливість наведених несправностей і, отже, знижує трудомісткість діагностичних робіт.

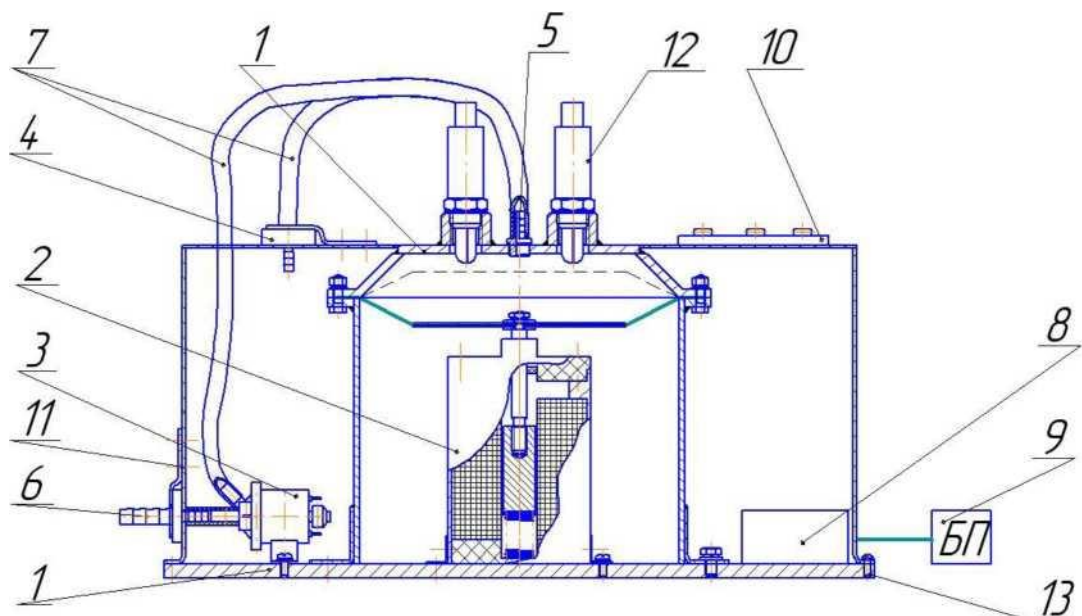
Стенд OSKD має такі основні технічні дані та характеристики:

- Напруга живлення, вольти
- Постачання газу
- Діаметр підключення шланга подачі UG, мм 8;
- Тиск живлення газової турбіни, атмосферний тиск. 1,2;
- Об'єм повітряної камери в крайніх положеннях мембрани, м^3 ;
- Верхнє положення $215 \cdot 10^{-6}$;
- Нижнє положення $753 \cdot 10^{-6}$;
- Вага, кг 15;
- Приблизний об'єм мікрограмів, що витрачаються за один цикл випробувань, м^3 ;
- $260 \cdot 10^{-6}$;
- Склад виробу.

Запропонована ситуація оцінки стану кисневого датчика складається з (Рисунок 12):

- 1) Повітряні камери мембранного типу зі змінним об'ємом;
- 2) Електромагніт;
- 3) Електровуглеводневий клапан;
- 4) Перевірте повітряний клапан;
- 5) Фітинги (2 шт.);

- 6) Конвертер;
- 7) Гумові шланги (2 шт.);
- 8) Електронний блок на базі мультівібраційного пристрою;
- 9) блок живлення 12 В;
- 10) Навігаційна панель (3 клавіші та 3 світлодіоди);
- 11) Тіло;
- 12) Опорний датчик;
- 13) Стабілізатори.



- 1 – Повітряна камера мембранного типу зі змінним об'ємом; 2 – Електромагніт;
 3 – Електровуглеводневий клапан; 4 – Переверте повітряний клапан; 5 – Сосок;
 6 – Перетворювач; 7 – Гумовий шланг; 8 – Електронний блок; 9 – Блок живлення;
 10 – Навігаційна панель (3 клавіші та 3 світлодіоди); 11 – Тіло; 12 – Опорний датчик;
 13 – Стабілізатори

Рисунок 12 – Влаштування пропонованого стенду

Збирається за допомогою різьбових кріплень та зварювання. Пункти 3, 4, 7, 9, 10, 12 – це придбані товари. Решта компонентів виготовляються на замовлення з прокату та стандартних деталей.

Принцип роботи тримача OSKD.

Принцип роботи тримача ОСКД базується на моделюванні робочого процесу системи зворотного зв'язку для керування подачею палива на основі

параметра зміни парціального тиску кисню у вихлопній системі. Конструктивно це досягається за допомогою повітряної камери змінного об'єму. Коли змінюється об'єм приміщення, змінюється тиск газової суміші (вуглекислий газ, повітря) всередині нього і тому змінюються парціальні тиски компонентів суміші. Зміна парціального тиску кисню перетворюється кисневим датчиком в електричний сигнал, параметри якого (тривалість збільшення напруги сигналу та діапазон зміни сигналу) становлять (напруга) Рекомендується контролювати перевищення гранично допустимих значень. Порогові значення взяті з технічної документації, наданої виробником: тривалість наростання напруги сигналу становить 120 мс, а діапазон зміни напруги сигналу – 0,2-0,8 В. Керування пропонується здійснювати електронним блоком на основі мультивібратора, який реєструватиме відхилення значень параметрів від допустимих меж та супроводжуватиме це світловим індикатором.

Для конструктивної реалізації вищеприписаного процесу необхідно створити в повітряній камері умови випробувань, близькі до концентрації кисню у відпрацьованих газах у вихлопній системі. Для досягнення цієї мети тримач оснащений опорним датчиком. На основі показань цього датчика електронний блок, який керує роботою електромагнітного клапана в режимі створення тестових умов (перемикач 2 знаходиться в положенні ON), підвищує концентрацію кисню до необхідного рівня. Вуглекислий газ подається в камеру через фотоелектричний клапан від зовнішнього джерела під тиском 0,2 атмосфери. Для створення необхідних умов необхідно враховувати швидкість дифузії газу, що має забезпечити додатковий період часу для вирівнювання концентрації кисню по всьому об'єму приміщення.

2.6 Інструкція з експлуатації для власника ОСКД

Головною вимогою під час роботи з тримачем ОСКД є дотримання заходів електробезпеки. Своєчасне виявлення та усунення витоків у повітряній камері, які в першу чергу пов'язані з повною втратою функції носія. Тому під

час роботи з цим продуктом необхідно дотримуватися наступних запобіжних заходів:

- а) Роботи, пов'язані з цим продуктом, повинні виконуватися спеціально навченим персоналом;
- б) Під час роботи слід звертати особливу увагу на цілісність електричної ізоляції та якість з'єднання електричних провідників;
- в) Зони, де використовується цей виріб, повинні бути обладнані відповідно до стандартів електробезпеки;
- г) Забороняється використовувати виріб, якщо тиск подачі газу відрізняється від рекомендованого;
- д) Забороняється самостійний ремонт та розбирання тримача ОСКД;
- е) Забороняється використовувати будь-що, крім вуглеводнів, як газ-розріджувач;
- ж) Якщо виявлено втрату герметичності повітряної камери, подальші роботи необхідно негайно припинити до усунення причини несправності;
- з) Запобігання потраплянню сторонніх предметів у виріб;
- і) Волога не повинна потрапляти всередину виробу та зовнішніх струмопровідних частин;
- ї) Доступ до джерел живлення повинен забезпечувати, щоб елементи підключення джерела живлення були розміщені без будь-якого натягу.

Під час використання цього продукту необхідно проводити періодичне технічне обслуговування.

Вимоги, що стосуються конкретного місця, де буде використовуватися продукт. Робоче місце, де встановлено виріб, повинно відповідати вимогам комфортного робочого середовища та відповідати встановленим вимогам.

Встановлення продукції:

- Тримач ОСКД встановлюється на горизонтальній поверхні поблизу джерела живлення та електроживлення УГ;
- Встановлено опорний датчик. Зверніть увагу на наявність ущільнювальної шайби. Затягніть датчик із зусиллям 80 Нм. Коли роз'єм

датчика підключено, зусилля прикладається до тих пір, поки не почуєте чітке клацання;

– Підключіть газопровідний трубопровід, попередньо перевіривши тиск у ньому.

Під час підготовки носія ОСКД до експлуатації необхідно виконати наступне:

- Візуально перевірити повноту позиції;
- Переконайтеся в цілісності з'єднань труб та перевірте міцність затягування хомутів. Якщо виявлено будь-який провис, затягніть його;
- Перевірте підключення роз'єму опорного датчика;
- Перевірте початковий стан клавіш навігаційної панелі, тобто всі клавіші мають бути встановлені у положення «вимкнено»;
- Перш ніж розпочати роботу з агрегатом, ознайомтеся з правилами безпеки та принципами його експлуатації.

При виявленні змісту операцій, що виконуються з виробом під час його використання в процесі діагностування технічного стану кисневих датчиків (рис. 13 та 14).

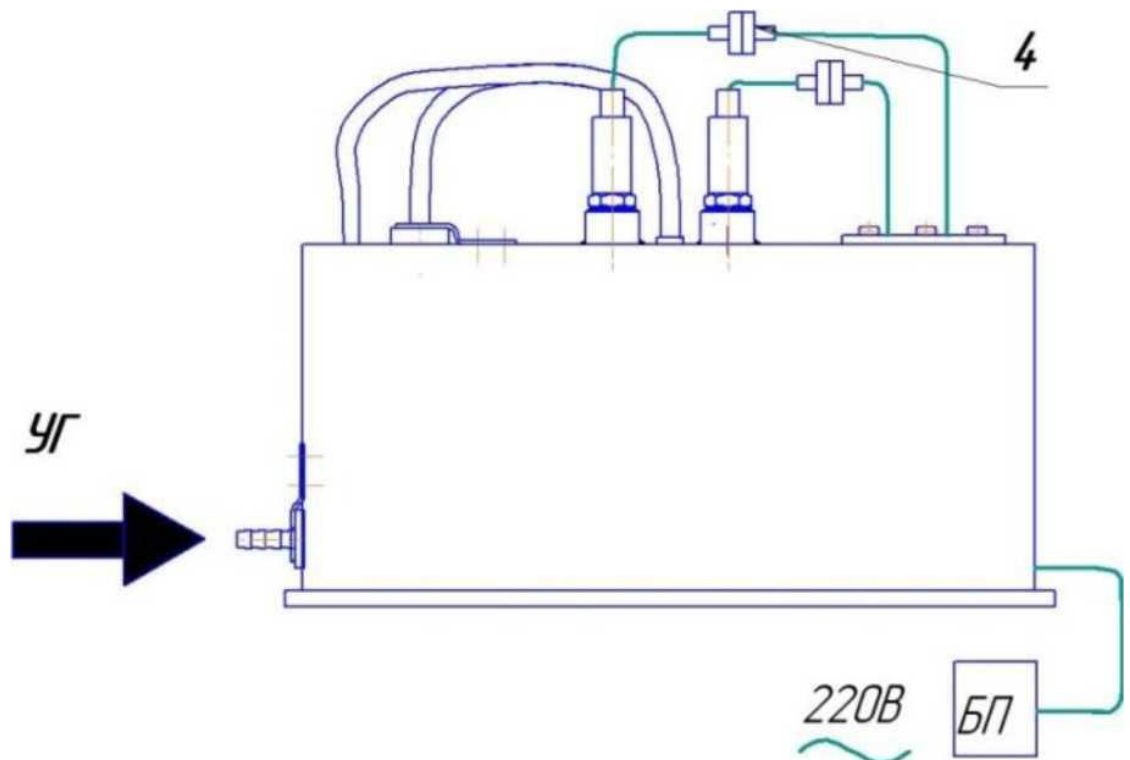


Рисунок 13 - Принципова схема стенда ОСКД

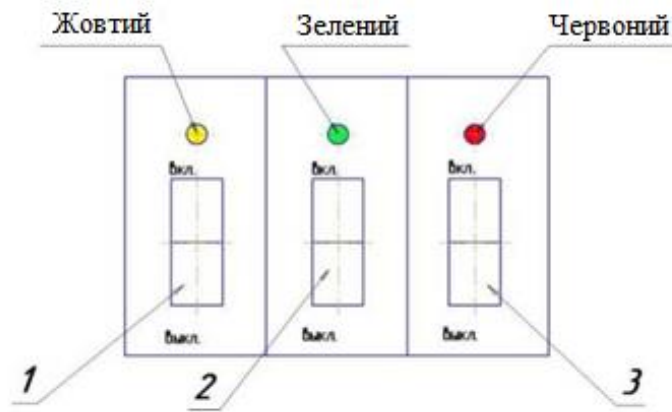


Рисунок 14 - Схема навігаційної панелі носія OSKD

Наряд роботи:

1. Підключіть тримач до джерела живлення 220 В;
2. Встановіть датчик, що перевіряється: Затягніть датчик із зусиллям 80 Нм, перевірте наявність ущільнювальної шайби та під час підключення роз'єму прикладіть зусилля, доки не почуєте чітке клацання, що свідчить про повний контакт.
3. Подача вуглекислого газу до носія: Тиск вуглекислого газу в лінії подачі повинен становити 0,2 атм, а відхилення від рекомендованого тиску має бути більше 0,2 атм. Може призвести до неефективної роботи виробу.
4. Розігрійте датчики до робочої температури чутливих елементів: перемикач 1 переведіть у положення «УВІМК.», потім натисніть і утримуйте протягом 20 секунд перед наступним рухом.
5. Створіть необхідні умови випробування: заповніть камеру UG до бажаного вмісту кисню; Для цього переведіть перемикач 2 у положення «Увімк.» і зачекайте, поки зелений світлодіод не почне світитися постійно. Якщо необхідний час очікування для дифузії газу не дотримано, подальша експлуатація носія може бути неефективною.
6. Запустіть процес діагностики датчика: Переведіть перемикач 3 у положення «УВІМК.»; Про періодичну зміну об'єму повітряної камери можна судити за характерним звуком.

7. Відмітьте кількість разів, коли червоний світлодіод засвітився під час циклу випробувань, що триває 1,5 хвилини. Безперервне миготіння червоного світлодіода вказує на те, що один або обидва контрольовані параметри постійно знаходяться поза допустимими межами, а це означає, що датчик непридатний для подальшого використання. Протягом циклу випробування допускається не більше трьох спалахів світлодіода, що може бути пов'язано з тим, що процес не завершено. Коли зелений світлодіод перестає світитися під час діагностики, це вказує на те, що умови тестування виходять за межі допустимих значень.

8. Завершіть процес діагностики через 1,5 хвилини: Поверніть перемикач 3 у положення «ВИМК.»;

9. Зупинити моніторинг випробувальних умов: Поверніть перемикач 2 у положення «ВИМК.»;

10. Вимкніть живлення нагрівальних елементів датчика: Встановіть перемикач 1 у положення «ВИМК.».

11. Припиніть постачання вагітної жінки вуглекислого газу.

12. Зніміть датчик, що перевіряється: від'єднайте роз'єм датчика, що перевіряється, потім відкрутіть його.

13. Підірвати кімнату; Для цього переведіть перемикач 3 у положення «УВИМК.» на 5-10 секунд.

14. Закрийте монтажний отвір гумовою заглушкою, щоб запобігти потраплянню сторонніх предметів, бруду та вологи в камеру, що може пошкодити мембрану.

15. Вимкніть живлення підставки.

Перевірте технічний стан:

– Падіння тиску в об'ємі повітряної камери визначається за припиненням світіння зеленого світлодіода та появою характерного звуку витікання газу під час випробування;

– Візуальний огляд проводиться для визначення: стану покриття, наявності ділянок корозії, наявності тріщин та інших пошкоджень;

– Під час розбирання виробу перевірити: стан електричних контактів на наявність окислення та цілісність, щільність кріплення кришки камери, стан шлангів та місць з'єднання, до яких неможливо отримати доступ без розбирання;

Роботу фотоелектричного клапана перевіряють характерним клацанням при подачі на нього керуючої напруги.

Типи та операції, що виконуються під час різних видів технічного обслуговування, наведено в таблиці 4.

Таблиця 4 – Зміст та типи технічного обслуговування тримача OSKD

Зміст робіт та методика їх проведення	Технічні вимоги	Прилади, інструменти пристосування та матеріали, необхідні для виконання робіт
Щоденне обслуговування, ЕО	За потребою відповідно до результату КО	-
ТО-1	Виробляється через 6 місяців експлуатації: проводиться підтяжка різьбових з'єднань, зачищення електроконтактів за потребою	Набір ключів, універсальна рідина WD-40
ТО-2	Виконується через 1 рік експлуатації: включає всі роботи ТО-1, так само виконується розбирання стенда, заміна мембрани, перевірка стану електромагніту, перевірка стану лакофарбового покриття	Набір ключів, графітове мастило, лакофарбові матеріали
Сезонне обслуговування СО	Не виробляються	–

Під час проведення технічного обслуговування необхідно враховувати заходи безпеки. Необхідно:

- а) Знати правила безпеки під час проведення ремонтних та діагностичних робіт;
- б) Використовуйте засоби індивідуального захисту для очей та відкритих ділянок шкіри;
- в) Виконувати всю роботу у спеціальному одязі;
- г) Під час виконання електромонтажних робіт необхідно дотримуватися правил електробезпеки.

2.7 Частина облікового запису

Обчисліть об'єм повітряної камери. Розрахункові моделі утворення продуктів згоряння в циліндрах бензинових двигунів базуються на припущенні, що паливно-повітряна суміш є однорідною на початку процесу згоряння. Однак, навіть із системою подачі палива з упорскуванням, паливно-повітряна суміш не є однорідною. Експериментальні дані, отримані шляхом відбору проб газу з циліндра в кінці процесу розширення, показали, що навіть при згорянні багатой суміші вміст кисню у відпрацьованих газах більший, ніж розрахований за допомогою хімічних вимірювань. Це дозволяє зробити висновок, що не весь кисень у камері згоряння бере участь у процесі горіння, тобто паливно-повітряна суміш не є однорідною, і продукти згоряння не займають весь об'єм камери в кінці горіння. Також необхідно враховувати, що частина свіжого заряду неминуче виходить разом з продуктами згоряння під час продувки циліндрів.

Експериментальні дані, наведені в таблиці 5, були отримані шляхом аналізу окремих циклів двигуна УД-1 [6].

Таблиця 5 - Експериментальні дані

№ циклів	Коефіцієнт надлишку повітря	Концентрацію кисню в сухих продуктах згоряння визначають шляхом аналізу відпрацьованого газу на хроматографі, %
1	2	3
24	1,1030	6,210
1	2	3
29	0,8590	0,030
30	0,9922	2,492
31	0,9473	1,379
32	1,2310	7,050
33	1,0930	6,020
35	0,9690	2,880
36	0,8580	1,164
39	0,8169	3,612
40	0,7371	3,195
43	0,8050	1,928
47	0,77040	1,383

Ми враховуємо вміст кисню:

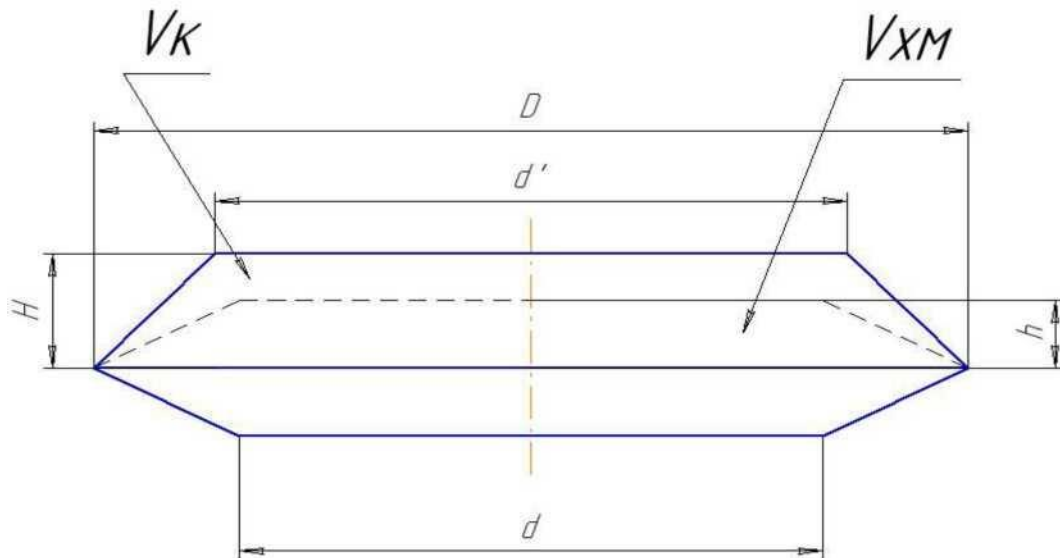
- Суміш зі зниженим вмістом жиру $\lambda=1,1-7\%$;
- Збагачена суміш $\lambda=0,9-2\%$.

Зміна концентрації, а отже, і парціального тиску

1:3,5, тому ми обчислюємо зміну об'єму кімнати як 1:3,5.

Ми приймаємо: $D=180$ мм; $d=120$ мм; $B=15$ мм.

Для проведення розрахунку візьмемо форму кімнати – усічений конус (рис. 15).



d - Діаметр великої основи усіченого конуса; d - діаметр малої основи усіченого конуса; h - висота усіченого конуса; V_K – розмір кімнати; V_{XM} – Об'єм ходу діафрагми

Рисунок 15 – Розрахунковий ескіз камери

Обсяг зрізаного конуса розраховується за формулою:

$$V = 0,262 \cdot h \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2) \quad (1)$$

Із необхідного співвідношення обсягів 1:3,5 можна записати:

$$\frac{V_k - 0,5 \cdot V_{XM}}{V_k + 0,5 \cdot V_{XM}} = \frac{1}{3,5} \quad (2)$$

$$3,5 \cdot (V_k - 0,5 V_{XM}) = V_k + 0,5 \cdot V_{XM} \quad (3)$$

$$3,5 V_k - 1,75 V_{XM} = V_k + 0,5 \cdot V_{XM} \quad (4)$$

$$2,5 V_k = 2,25 V_{XM} \quad (5)$$

$$V_k = 0,9V_{XM} \quad (6)$$

$$V_{XM} = 0,262 \cdot 15 \cdot (180^2 + 180 \cdot 120 + 120^2) = 537624 \text{ мм}^3 \quad (7)$$

$$V = 0,262 \cdot H \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2) \quad (8)$$

З рівнянь (6), (7), (8) та встановивши $d'=130$ мм, отримуємо:

$$0,9 \cdot 537624 = 0,262 \cdot H \cdot (180^2 + 180 \cdot 130 + 130^2) \quad (9)$$

Звідки висота камери

$$H = \frac{483862}{0,262 \cdot 72700} \approx 25 \text{ мм} \quad (10)$$

Таким чином, геометричні параметри пневмокамери змінного об'єму становитимуть: $D = 180$ мм, $d = 120$ мм, $d' = 130$ мм, $h = 15$ мм, $H = 25$ мм.

Обчисліть міцність деталей:

Аналізуючи конструкцію тримача, що розробляється для оцінки технічного стану датчиків концентрації кисню з точки зору забезпечення необхідної міцності деталей, можна стверджувати, що всі компоненти тримача відповідають вимогам міцності конструкції.

Однак, через велику вагу кронштейна, необхідно розрахувати різьбові елементи кріплення корпусу кронштейна до опорної плити, оскільки кронштейн буде переміщуватися вручну разом із кріпленням до корпусу. Для забезпечення стандартів безпеки під час транспортування в корпусі перевізника передбачені овальні отвори.

Зі схеми загального вигляду підставки видно, що корпус кріпиться до основи за допомогою 8 гвинтів (рис. 16).

Розрахуємо мінімальний діаметр різьби, необхідний у цьому з'єднанні, використовуючи теорію розрахунку різьбових з'єднань, наведену в джерелі [7].

Визначимо силу розтягування в поперечному перерізі різьбового з'єднання:

$$F = \frac{P}{n} \quad (11)$$

де P – вага, що діє на елементи різьбового кріплення H ,

n – кількість гвинтів.

Оскільки маса стелу становить 15 кг, то відповідно до формули (11) отримуємо:

$$F = \frac{15 \cdot 9,81}{8} = 18,4H$$

Запишемо умову міцності при розтягуванні:

$$\sigma_{\text{розтяг}} = \frac{F_P}{\pi \frac{d_1^2}{4}} \leq [\sigma_{\text{розтяг}}] \quad (12)$$

де $\sigma_{\text{розтяг}}$ – напруга розтягування, присутня у матеріалі;

$[\sigma_{\text{розтяг}}]$ – напруга розтягування, що допускається, за довідником [10]

для сталі дорівнює 320 МПа;

d_1 – внутрішній діаметр різьблення, м.

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot F_P}{\pi \cdot [\sigma_{\text{розтяг}}]}} \quad (13)$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 18,4}{3,14 \cdot 320 \cdot 10^6}} \approx 0,0027 \text{ м} = 2,7 \text{ мм}$$

Таким чином, отриманого результату видно, що необхідна міцність різьбового з'єднання забезпечується при внутрішньому діаметрі різьблення 2,7 мм. Враховуючи, що при реальному виготовленні приладу, що розробляється, діаметр різьблення в з'єднанні корпус-основа становитиме 4 мм, можна стверджувати, що міцність даного з'єднання забезпечується із запасом.

3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

3.1 Джерела шкідливих викидів ДВЗ

Рідке паливо для двигунів внутрішнього згорання містить вуглець, водень та невелику кількість кисню, азоту та сірки. За умов повного згорання палива в повітрі (яке містить 78,03% азоту, 20,99% кисню, 0,04% вуглекислого газу та близько 0,94% аргону, водню та інших інертних газів) продукти згорання повинні містити лише N_2 , CO_2 та H_2O . Однак, фактичний склад ОГ набагато складніший.

У двигуні внутрішнього згорання є кілька джерел шкідливих викидів, три найважливіші з яких: випаровування палива, картерні гази та вихлопні гази (рисунок 16).

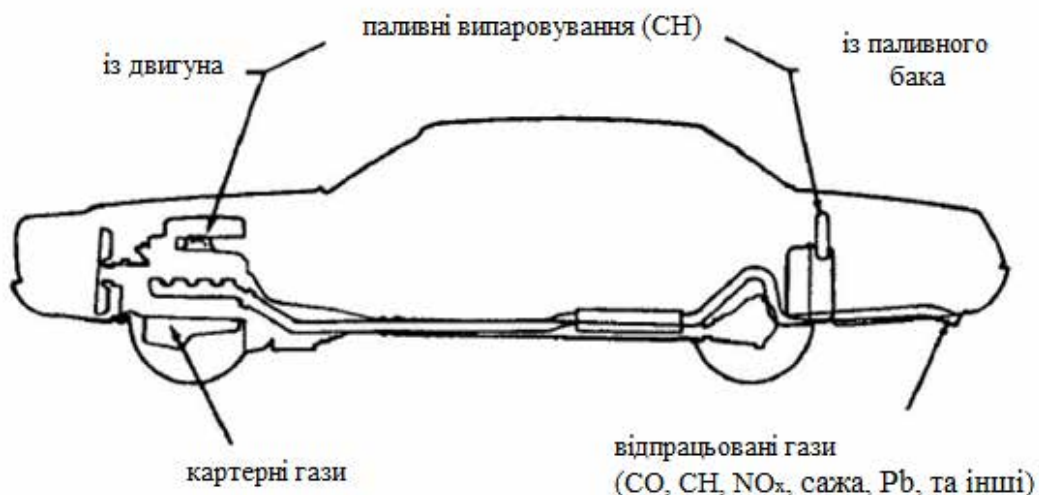


Рисунок 16 – Джерела утворення токсичних викидів

Пари палива потрапляють в атмосферу з паливного бака, карбюратора, компонентів паливної системи та інших елементів (наприклад, з паливної системи підігрівача стартера). Він складається з вуглеводневих палив (CH_4) різного складу. Загалом, викиди метану з парами палива становлять від 15 до 25%. Джерело типове для двигунів внутрішнього згорання, що працюють на бензині, оскільки вони використовують як паливо бензин, суміш легколетких

вуглеводнів. Дизельне паливо містить важчі фракції, ніж бензин, тому дизельні рецептури мають меншу випаровуваність палива завдяки меншому випаровуванню палива та більш герметичній паливній системі.

Асортимент випарників також включає випарники мастильної оливи, охолоджувальних рідин та інших технічних рідин.

Шкідливі речовини також виділяються в результаті згоряння органічних матеріалів (фарб, масел, мастил, технічних рідин та інших сторонніх речовин), що контактують з гарячими поверхнями двигуна.

Картерні гази – це суміш газів (продуктів згоряння та незгорілих вуглеводнів), що проникають через зазори в поршневих кільцях (циліндр і поршнева група) з камери згоряння в картер, та парів палива та оливи, що містяться в картері. Основними токсичними компонентами картерних газів є вуглеводні та пари бензину (для бензинових двигунів).

Викид токсичних компонентів з картерними газами дизельних двигунів незначний порівняно з бензиновими двигунами через різні процеси сумішоутворення.

Концентрація токсичних речовин у картерних газах прямо пропорційна їх концентрації в циліндрі. Основними токсичними компонентами картерних газів дизельних двигунів є: оксиди азоту (45-80%) та альдегіди (до 30%). Оскільки гранично допустимий рівень токсичності картерних газів нижчий, ніж у вихлопних газів, їх внесок у загальний обсяг токсичних викидів дизельного двигуна становить лише 0,2-0,3%. Однак картерні гази подразнюють слизові оболонки дихальної системи, що погіршує здоров'я водія.

Вихлопні гази є основним джерелом токсичних речовин у двигунах внутрішнього згоряння. Це гетерогенна суміш різних газоподібних речовин з різними хімічними та фізичними властивостями, що складається з продуктів повного та неповного згоряння палива, надлишку повітря, аерозолів та різних дрібних домішок (як газоподібних, так і у вигляді рідких і твердих частинок), що надходять з циліндрів двигуна до його випускної системи.

Він містить близько 300 речовин, більшість з яких є токсичними.

Основними токсичними компонентами, що регулюють вихлопні гази двигуна, є оксиди вуглецю, оксиди азоту та вуглеводні. Крім того, вихлопні гази виділяють в атмосферу насичені та ненасичені вуглеводні, альдегіди, канцерогени, сажу та інші компоненти. Приблизний склад ОГ наведено в таблиці 6.

Коли двигун працює на етилованому бензині, свинець присутній у вихлопних газах. Вихлопні гази дизельних двигунів містять сажу.

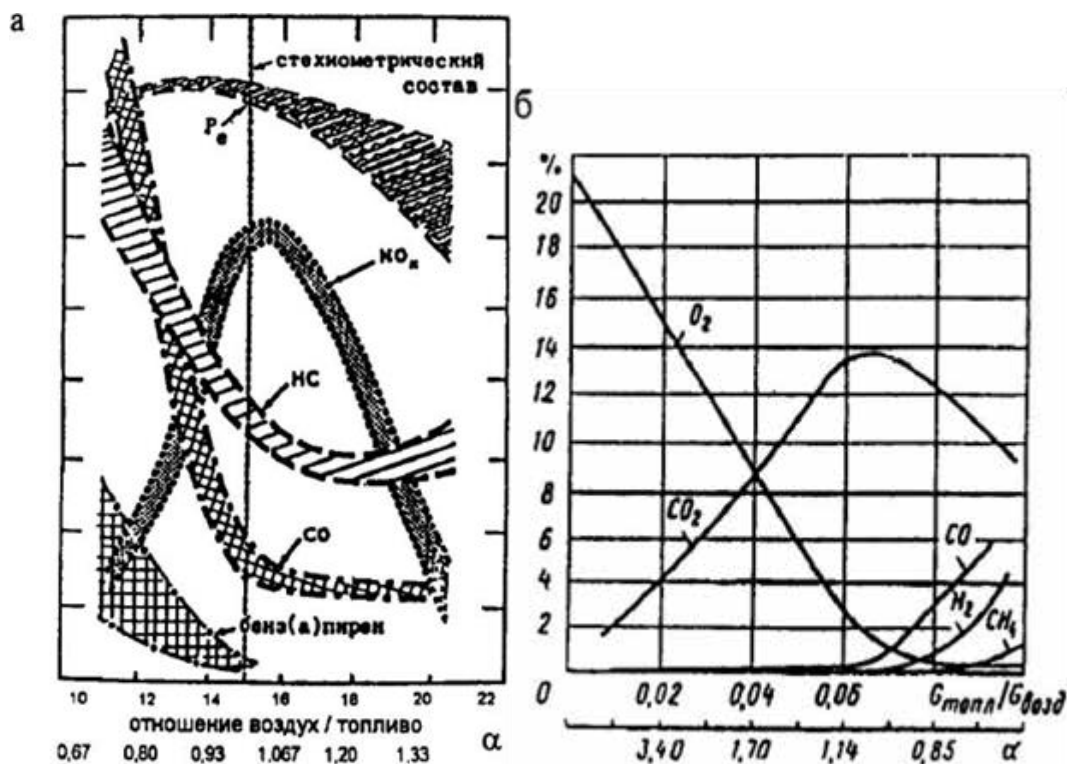
Таблиця 6 - Склад вихлопних газів

Компоненти ОГ	Зміст за обсягом, %		Примітка
	Двигуни		
	бензинові	дизельні	
Азот	74,0–77,0	нетоксичний	нетоксичний
Кисень	0,3–8,0	нетоксичний	нетоксичний
Пари води	3,0–5,5	нетоксичні	нетоксичний
Діоксид вуглецю	5,0–12,0	нетоксичний	нетоксичний
Оксид вуглецю	0,1–10,0	токсичний	токсичний
Вуглеводні			
неканцерогенні	0,2–3,0	токсичні	токсичний
Альдегіди	0–0,2	токсичні	токсичний
Оксид сірки	0–0,002	токсичний	токсичний
Сажа, г/м ³	0–0,04	токсична	токсична
Бенз(а)пірен, мг/м ³	0,01–0,02	канцероген	канцероген

В середньому, легковий автомобіль викидає від 0,6 до 1,7 кг вуглекислого газу на годину, тоді як вантажівка – від 1,5 до 2,8 кг/год. При спалюванні 1 кг дизельного палива виділяється близько 80-100 г токсичних компонентів: 20-30 г чадного газу, 20-40 г оксидів азоту, 4-10 г вуглеводнів, 10-30 г оксидів сірки, 0,8-1,0 г альдегідів, 3-5 г сажі та інші речовини. При спалюванні 1 кг бензину за середніх обертів двигуна та навантажень виділяється приблизно 300-310 г токсичних компонентів: 225 г чадного газу, 55 г оксидів азоту, 20 г вуглеводнів, 1,5-2,0 г оксидів сірки, 0,8-1,0 г альдегідів, 1,0-1,5 г сажі та інші шкідливі речовини.

Чадний газ та вуглеводні у вихлопних газах є продуктами неповного згоряння палива через брак кисню в камері згоряння або являють собою

незгорілі частинки палива. На рисунку 17 показано вплив співвідношення повітря-паливо (коефіцієнта надлишку повітря α) на викиди шкідливих речовин з відпрацьованих газів, де вздовж осі ординат відкладено відносну концентрацію викидів чадного газу, оксидів азоту та метану (без масштабування значень).



Рисунку 17 – Вплив співвідношення повітря-паливо (коефіцієнта надлишку повітря α) на викиди шкідливих речовин з відпрацьованих газів

Речовини, що містяться в ОГ, за характером їхнього впливу на організм людини можна розділити на ряд груп.

Нетоксичні речовини – азот, кисень, водень, водяна пара та вуглекислий газ (CO_2).

Токсичні речовини - чадний газ (CO), оксиди азоту (NO_x), вуглеводні (C_nH_m), альдегіди (R_xCHO), оксиди сірки (SO_x), сірководень (H_2S) та дрібні частинки (головним чином сажа).

Особливу групу цих речовин складають поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ), які є канцерогенними.

3 БЕЗПЕКА ТА ЕКОЛОГІЧНІСТЬ ДІАГНОСТИЧНОГО ТРИМАЧА ЛЯМБДА-ЗОНДА ДЛЯ КИСНЕВИХ ДАТЧИКІВ

3.1 Конструктивні, технічні та організаційні характеристики діагностичного тримача лямбда-зонда для кисневих датчиків

Паспорт безпеки призначений для надання споживачам достовірної інформації щодо безпечного використання, зберігання, транспортування та утилізації матеріалів, виробів та пристроїв, а також їх використання в побуті.

Паспорт безпеки повинен містити достовірну інформацію, викладену в доступній та лаконічній формі, достатню для того, щоб споживач міг взяти необхідних заходів для забезпечення захисту здоров'я та безпеки людини на робочому місці, а також захисту навколишнього середовища на всіх етапах життєвого циклу матеріалу, включаючи його утилізацію.

У таблиці 7 наведено паспорт безпеки для діагностичного тримача лямбда-зонда для кисневих датчиків.

Таблиця 7 - Паспорт безпеки для діагностичного тримача лямбда-зонда для кисневих датчиків

Технологічний процес	Найменування та зміст операцій та переходів	Посада працівника, який виконує технологічну операцію, процес	Обладнання та пристрої	Перелік речовин та матеріалів, що використовуються при виконанні технологічного
1	2	3	4	5
Діагностика лямбда-зонда кисневих датчиків	1 Підготовка стенда до роботи. 2 Проведення випробування.	Слюсар з ремонту автомобілів 4 розряди	Стенд для діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків	Рукавички, захисні окуляри

3.2 Визначення професійних ризиків

Визначення професійних ризиків має на увазі під собою процедуру виявлення, виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів та

встановлення їх тимчасових, кількісних та інших характеристик з метою вироблення пакету запобіжних заходів для забезпечення безпеки праці.

Зведену інформацію щодо ідентифікації професійних ризиків при використанні стенду для діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків представлено в таблиці 8.

Таблиця 8 – Ідентифікація професійних ризиків

Найменування виконуваних робіт	Найменування Про та ВПФ	Джерело походження Про та ВПФ
1	2	3
1 Підготовка стенду до роботи	Можливість ураження електричним струмом	Стенд для діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків
2 Монтувати датчик, що перевіряється	Відсутність чи нестача необхідного освітлення робочої	Стенд для діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків
	Монотонність праці, що викликає монотонію	
	Напруга зорових аналізаторів	
	Статичні навантаження, пов'язані з робочою позою	
3 Запитати стенд вуглекислою	Невиявлені органолептично (газоподібні речовини без смаку, кольору, запаху)	Стенд для діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків, балон із вуглекислою
	Можливість ураження електричним струмом	
4 Прогріти датчики робочої температури	Монотонність праці, що викликає монотонію	Стенд для діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків, балон із вуглекислою
	Статичні навантаження, пов'язані з робочою позою	
5 Створити необхідні умови випробувань	Невиявлені органолептично (газоподібні речовини без смаку, кольору, запаху)	Стенд для діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків, балон із вуглекислою
	Статичні навантаження, пов'язані з робочою позою	

Продовження таблиці 8

1	2	3
6 Запустити процес діагностування датчика	Невиявлені органолептично (газоподібні речовини без смаку, кольору, запаху)	Стенд для діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків, балон із вуглекислотою
	Монотонність праці, що викликає монотонію	
	Статичні навантаження, пов'язані з робочою позою	
7 Зафіксувати показання приладу	Статичні навантаження, пов'язані з робочою позою	Стенд для діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків
	Монотонність праці, що викликає монотонію	
	Відсутність чи нестача необхідного освітлення робочої зони	
8 Завершити процес діагностування	Статичні навантаження, пов'язані з робочою позою	Стенд для діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків
	Монотонність праці, що викликає монотонію	

3.3 Способи зниження професійних ризиків

Роботодавець зобов'язаний забезпечити щорічне впровадження заходів, спрямованих на покращення умов праці, у тому числі розроблених за результатами спеціальної оцінки умов праці та оцінки професійних ризиків, і спрямованих на досягнення цих цілей, не менше 0,2% від загальної вартості виробництва продукції (робіт і послуг).

Основні види діяльності, що входять до списку:

а) Провести спеціальну оцінку умов праці. Спеціальна оцінка умов праці дозволяє оцінити умови праці на робочому місці, виявити шкідливі та (або) небезпечні виробничі фактори і таким чином виконати певні обов'язки роботодавця, передбачені Трудовим кодексом:

– Інформування працівників про умови праці та безпеку на робочому місці, а

також про ризики, пов'язані з пошкодженням здоров'я, гарантії, надані їм та належні їм компенсація та засоби індивідуального захисту;

– Розробляти та впроваджувати необхідні заходи для приведення умов праці у відповідність до вимог державного регулювання охорони праці працівників;

– Визначення компенсації працівникам, які працюють у шкідливих та (або) небезпечних умовах праці.

б) Забезпечення працівників на роботах зі шкідливими та/або небезпечними умовами праці, а також на роботах, що виконуються в особливих кліматичних та теплових умовах або пов'язаних із забрудненням, засобами індивідуального захисту, мийними засобами та нейтралізаторами.

в) Організація навчання та перевірки знань з охорони праці у сфері робіт.

г) Проведення обов'язкових медичних та психологічних обстежень.

д) Встановлення нових та (або) модернізація існуючих засобів колективного захисту працівників від впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

е) Забезпечення відповідності рівнів природного та штучного освітлення на робочих місцях, у підсобних приміщеннях та проходах для працівників чинним стандартам.

є) створення нових та (або) реконструкція існуючих приміщень для організованого відпочинку, кімнат релаксації та відпочинку, психологічного відпочинку, місць для обігріву працівників, а також укриттів від сонячних променів та опадів під час проведення робіт на відкритому повітрі; Розширення, реконструкція та оснащення закладів охорони здоров'я та побуту.

ж) Забезпечення зберігання засобів індивідуального захисту, а також догляду за ними (своєчасне хімчистка, миття, дегазація, знезараження, дезінфекція, нейтралізація, видалення пилу, сушіння), ремонт та заміна засобів індивідуального захисту.

з) Придбання платформ, тренажерів, наочних матеріалів, науково-технічної літератури для проведення інструктажів з охорони праці та навчання безпечним прийомам і методам виконання робіт, оснащення кабінетів

(навчальних кімнат) з охорони праці комп'ютерною, телевізійною, відео- та аудіоапаратурою, ліцензованими програмами навчання та тестування, а також проведення виставок, конкурсів та оглядів з охорони праці.

и) Навчання осіб, відповідальних за експлуатацію небезпечних промислових об'єктів.

і) Обладнання приміщень для надання медичної допомоги відповідно до чинних стандартів та (або) створення медичних пунктів, обладнаних аптечками першої допомоги, що містять набір ліків та препаратів для надання першої медичної допомоги.

ї) Організація та впровадження виробничого контролю.

й) Поширити (повторити) інструкції щодо захисту працівників.

У таблиці 9 міститься коротка інформація про методи зниження професійних ризиків.

Таблиця 9 - Методи зниження професійних ризиків

Про та ВПФ	Організаційно-технічні методи та технічні засоби захисту, зниження, усунення Про та ВПФ	ЗІЗ
1	2	3
Можливість ураження електричним струмом	Оформлення допуску з електробезпеки,	Індивідуальні захисні та екрануючі
Невиявлені органолептично (газоподібні речовини без смаку, кольору, запаху)	проведення інструктажу по роботі з електричними установками, застосування заземлювального пристрою	комплекти для захисту від електричних полів
Відсутність чи нестача необхідного освітлення робочої зони	Використання припливної механічної вентиляції	ЗІЗ органів дихання
Напруга зорових аналізаторів.	Правильно підібрані світильники у поєднанні з природним світлом. Підтримка чистоти шибок і поверхонь світильників	
Статичні навантаження, пов'язані з робочою позою.	Оздоровчо-профілактичні заходи: – медичні огляди, раціоналізація режимів праці та відпочинку; – будову кімнат психологічного	

3.4 Пожежна безпека стенду для діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків

Пожежна безпека – це стан захисту людей, майна, суспільства та держави від пожежі.

Вимоги пожежної безпеки - це спеціальні умови соціального та (або) технічного характеру, встановлені з метою забезпечення пожежної безпеки, нормативними документами або уповноваженим державним органом.

Кожен працівник повинен:

- Знання та дотримання вимог правил пожежної безпеки та інструкцій щодо заходів пожежної безпеки, що діють на підприємстві;

- При працевлаштуванні пройти вступний інструктаж з пожежної безпеки;

- Перед початком позаштатної роботи проведіть базовий інструктаж з пожежної безпеки на робочому місці:

- Проводити періодичні інструктажі з пожежної безпеки не рідше одного разу на шість місяців;

- За потреби проводити позапланові та цільові інструктажі з питань пожежної безпеки;

- Дотримуйтесь запобіжних заходів під час використання побутової хімії, газових приладів, а також під час роботи з легкозаймистими та горючими матеріалами, речовинами та обладнанням;

- У разі виникнення пожежі негайно повідомте про це пожежну службу, своєму безпосередньому керівнику або посадовій особі вищої посади та вжити усіх заходів для евакуації людей, гасіння пожежі та збереження матеріальних цінностей;

- У разі порушення правил пожежної безпеки на робочому місці або використання пожежного обладнання не за призначенням, порушника необхідно повідомити, а також проінформувати відповідального за пожежну безпеку.

На рисунку 18 зображено правила дотримання пожежної безпеки в закладі.

Коротка інформація про заходи щодо запобігання пожежній небезпеці та забезпечення пожежної безпеки під час технологічного процесу діагностики лямбда-зондів кисневих датчиків представлена в таблиці 10.



Рисунок 18 – Правила пожежної безпеки на підприємстві

Таблиця 10 – Заходи, спрямовані на запобігання пожежній небезпеці та забезпеченню пожежної безпеки при технологічному процесі діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків

Заходи, спрямовані на запобігання пожежній небезпеці та забезпечення пожежної безпеки	Пред'явлені вимоги до забезпечення пожежної безпеки, ефекти від реалізації
1	2
Наявність сертифіката відповідності продукції вимогам пожежної безпеки	Все обладнання, що купується, повинно в обов'язковому порядку мати сертифікат
Навчання правилам та заходам пожежної безпеки	Проведення навчання, а також різних видів інструктажів з тематики пожежної безпеки
Проведення технічного обслуговування, планово-попереджувальних ремонтів, модернізації та реконструкції обладнання	Виконання профілактики обладнання відповідно до затвердженого графіка робіт. Призначення наказом керівника особи, відповідальної за виконання цих робіт
Наявність знаків пожежної безпеки та знаків безпеки з охорони праці за ГОСТ	Знаки пожежної безпеки та знаки безпеки з охорони праці, встановлені відповідно до нормативно-правових актів
Раціональне розташування виробничого обладнання без	Евакуаційні шляхи в межах приміщення мають забезпечувати

Продовження таблиці 10

1	2
створення перешкод для евакуації та використання засобів пожежогасіння	безпечну, своєчасну та безперешкодну евакуацію людей
Забезпечення справності, проведення своєчасного обслуговування та ремонту джерел зовнішнього та внутрішнього протипожежного водопостачання, засобів	Не допускається використання несправних засобів пожежогасіння та засобів зі строком дії, що минув.
Розробка плану евакуації під час пожежі	Наявність чинного плану евакуації під час пожежі, своєчасне розміщення планів евакуації у доступних для огляду місцях
Розміщення інформаційного стенду з пожежної безпеки	Наявність засобів наочної агітації щодо забезпечення пожежної безпеки

3.5 Екологічна безпека стенду для діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків

Зведена інформація щодо ідентифікації екологічних факторів технологічного процесу діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків представлена у таблиці 11.

Таблиця 11 - Ідентифікація екологічних факторів технологічного процесу діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків

Структурні складові (обладнання) технологічного	Антропогенний вплив на довкілля:		
	атмосферу	гідросферу	літосферу
1	2	3	4
Стенд для діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків	Вуглекислота	Не виявлено	Спецоद्यг, що прийшов у непридатність, тверді побутові / комунальні відходи (ТПВ, ТКО,

Зведена інформація щодо заходів, спрямованих на зниження негативного антропогенного впливу технологічного процесу діагностики

лямбда-зонда кисневих датчиків представлена в таблиці 12.

Таблиця 12 – Заходи, спрямовані на зниження негативної антропогенної дії технологічного процесу діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків

Заходів, спрямованих на зниження негативного антропогенного впливу технологічного процесу діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків на:		
атмосферу	гідросферу	літосферу
1	2	3
Використання фільтруючих елементів у наявних на ділянці пристроях, що відсмоктують. Контроль повітряного середовища повинен проводитись за методиками, затвердженими Міністерством охорони здоров'я України	Дотримання заходів щодо запобігання забрудненню ґрунтів. Контроль за утилізацією та похованням викидів, стоків та опадів стічних вод.	Виношення спецодягу використовується як вторинна сировина при виробництві ганчір'я.

Висновок у розділі «Безпека та екологічність стенду для діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків».

У розділі «Безпека та екологічність технічного об'єкта стенду для діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків»:

– складено паспорт безпеки на стенд для діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків (таблиця 7);

– визначено професійні ризики під час використання стенду для діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків (таблиця 8) та способи їх зниження (таблиця 9);

– розглянуто заходи, спрямовані на запобігання пожежній небезпеці та забезпеченню пожежної безпеки при технологічному процесі випробування діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків (таблиця 10, 11);

– розглянуто заходи, спрямовані на зниження негативної антропогенної дії технологічного процесу діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків (таблиця 12).

ВИСНОВКИ

Для досягнення заявленої мети випускної кваліфікаційної роботи було розроблено конструкцію носія для діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків.

Під час роботи були вирішені наступні завдання:

- Двигун внутрішнього згоряння є джерелом забруднення навколишнього середовища;
- Завершено розробку конструкції тримача для діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків;
- Інструкції з експлуатації стенду підготовлені;
- Проведено розрахунок конструктивних елементів тримача діагностичного лямбда-зонда для кисневих датчиків;
- Визначено джерела токсичних викидів від двигунів внутрішнього згоряння;
- Розглянуто технологічний процес діагностики лямбда-зонда кисневих датчиків;
- Перевірено безпеку та екологічність діагностичного тримача лямбда-зонда для кисневих датчиків;

Визначено попередню економічну ефективність використання тримача, призначеного для діагностики лямбда-зондів кисневих датчиків. Орієнтовна вартість виготовлення стенда для діагностики кисневих датчиків (лямбда-зондів) становить 33 360,67 гривень. Виробництво діагностичного тримача для лямбда-датчиків кисню на станції технічного обслуговування є економічно вигідним бізнесом. Немає потреби купувати необхідне обладнання для зварювальних робіт, а також немає потреби транспортувати готовий виріб. Всі витрати стосуються лише закупівлі матеріалів, транспортних витрат та заробітної плати працівникам.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Ходасевич, Олександр Геннадійович. Довідник з влаштування та ремонту електронних приладів автомобілів / А.Г. Ходасевич, Т.І. Ходасевич.: Антелком, 2001. - 20 см. Ч. 2: Електронні системи запалювання. Катушки запалювання, датчики (датчики-розподільники), октан-коректори, контролери. – 2002. – 224 с.
- 2 Ісаєнко, П. В. Автотранспортна екологія: навчальний посібник / П. В. Ісаєнко, В. Д. Ісаєнко, В. А. Аметов., Держ. освітня установа вищої. проф. освіти, Ін-т заочного та дистанційного навчання. 2006. – 239 с.
- 3 Теорія проектування підйомно-будівельних, транспортно-дорожніх засобів та спецобладнання: навчальний посібник / Р. Р. Шарапов [та ін.]; 2017. – 121 с.
- 4 Технологічність конструкцій виробів: довідник / Т. К. Алфьорова [і ін.]; за ред. Ю. Д. Амірова. 1995. - 367 с.
- 5 Литвиненко, В В. Автомобільні датчики, реле та перемикачі: [пристрій та принцип дії, застосовуваність, експлуатація, діагностика, ремонт] : короткий довідник / В. В. Литвиненко, О. П. Майструк., 2007. - 175 с.
- 6 Васильєв, В. І. Основи проектування технологічного обладнання автотранспортних підприємств: Навч. посібник [для самостійн. роботи зі спец. "Автомобілі та автомоб. госп-во" / В. І. Васильєв; 1992. – 87 с.
- 7 Кірсанов, Є. А. Основи розрахунку, розробки конструкцій та експлуатації технологічного обладнання для автотранспортних підприємств: навч. посібник/Кірсанов Є.А., Новіков С.А. - М.: [Б. в.], 19 - У надзаг.: Автомоб.-дор. ін-т (Техн. ун-т). Ч. 1. – 1993. – 80 с.
- 8 Анур'єв, В. І. Довідник конструктора-машинобудівника. У 3 т. Т. 1 / В. І. Анур'єв; за ред. І. Н. Жесткової. - 8-е вид., перероб. та дод. 2001. - 920 с.
- 9 Грибков, В. М. Довідник з обладнання для технічного обслуговування та поточного ремонту автомобілів / В. М. Грибков, П. А. Карпекін. - 1994. - 223 с.

- 10 Деталі машин: навч. для вузів / Л. А. Андрієнко [та ін.]; за ред. О. А. Рахівського. - 2-ге вид., перераб.; Гріф МО. - ТДТУ, 2004. – 519 с.
- 11 Дунаєв, П. Ф. Конструювання вузлів та деталей машин: навч. посібник для вузів/П. Ф. Дунаєв, О. П. Леліков. - 11-те вид., стер.; Гріф МО., 2008. - 496 с.
- 12 Машини, агрегати та процеси. Проектування, створення та модернізація [Текст]: матеріали міжнародної науково-практичної конференції / Міністерство освіти і науки, НДЦ МС, 2018-. – 21 см. № 2. – 2019. – 157 с.
- 13 Бурков, А. А. Проектування обладнання та систем з нього: навч. посібник / А. А. Бурков, Є. Б. Щелкунов, І. П. Конченкова.: НАГТУ, 2006. – 92 с.
- 14 Кузнєцов, А. С. Мале підприємство автосервісу: організація, оснащення, експлуатація / А. С. Кузнєцов, Н. В. Белов. 1995. - 303 с.
- 15 Куклін, Н. Г. Деталі машин: навч. для технікумів / Н. Г. Куклін, Г. С. Кукліна, В. К. Житков. - 5-те вид., перероб. та дод.; Гріф МО.: Ілекса, 1999. - 391 с.
- 16 Теорія механізмів та машин: респ. міжвід. науково-тех. зб. Вип. 36 / [редкол.: С. Н. Кожевніков (відп. ред.) та ін]. - Харків: Вища шк., 1984. - 129 с.
- 17 Бортяков, Д. Є. Основи проектної діяльності системи автоматизованого проектування машин та обладнання: навч. посібник / Д. Є. Бортяков, С. В. Мещеряков, Н. А. Солодилова.: Вид-во Політехн. ун-ту, 2017. – 150 с.
- 18 Волков, І. А. Основи математичного моделювання транспортних та транспортно-технологічних машин та обладнання: метод. посібник для студентів оч. та заоч. навчання спец. 190600.62 "Експлуатація трансп.-технол. машин та комплексів" / І. А. Волков, А. С. Рукодельцев, І. С. Тарасов; Волж. держ. акад. вод. трансп., каф. приклад. механіки та підйом.-трансп. машин. 2014. – 51 с.
- 19 Росс, Т. Пристрої для ремонту автомобілів / Т. Росс.: За кермом, 2004. - 136 с.
- 20 Горіна Л. Н. Розділ випускної кваліфікаційної роботи "Безпека та

екологічність технічного об'єкта". Навчальний метод. посібник / Л. Н. Горіна, М. І. Фесіна; ТДУ; Ін-т машинобудування; кав. "Управління промисловою та екологічною безпекою" . – ТДУ. – , 2018. – 41 с.

21 Niemann, G. Maschinenelemente: Band 1: Konstruktion und Berechnung von Verbindungen, Lagern, Wellen / G. Niemann, H. Winter. - 2005.Springer, - p. 903.

22 Mikell, P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 1024.

23 Konig, R. Schmieretechnik / R. Konig. – Springer, 1993. – p.164.

24 Werner, E. Schmierungstechnik / E. Werner. - 1996. – p. 134.

25 Wittel, H. Maschinenelemente: Normung, Berechnung, Gestaltung - Lehrbuch und Tabellenbuch / H. Wittel, D. Muhs, D. Jannasch. - Vieweg+Teubner Verlag, 2011.