

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра механічної інженерії та технології машинобудування

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

СЕМЕНЮК ВАДИМ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 621.431.7

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ СПЕЦІАЛЬНОГО СТЕНДА
ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ДИЗЕЛЬНИХ ФОРСУНОК ВАНТАЖНОЇ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ**

133 «Галузеве машинобудування»
Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

Кваліфікаційна робота містить результати власних розробок. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Семенюк В.О.

Керівник роботи
Шубенко В.О.
кандидат технічних наук, доцент

Житомир - 2025

АНОТАЦІЯ

Семенюк В.О. Розробка конструкції спеціального стенда для перевірки дизельних форсунок вантажної сільськогосподарської техніки. - Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття першого освітнього ступеня бакалавр зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». – Поліський національний університет, Житомир, 2025 р.

У бакалаврській роботі було розглянуто й проаналізовано різні аспекти, пов'язані з розробкою спеціального стенда для перевірки та діагностики дизельних форсунок вантажної сільськогосподарської техніки.

У загальнодослідницькому розділі було проведено огляд існуючих конструкцій стендів для ремонту дизельних форсунок. Вивчено механічні пошкодження форсунок, а також досліджено фактори, що впливають на вибір конструкції нового стенду. Це дозволило сформулювати ключові вимоги до конструкції майбутнього обладнання, враховуючи необхідність забезпечення його функціональності, надійності та довговічності.

У конструкторському розділі визначено основне призначення стенду та розроблено принципову функціональну схему, що відображає процес діагностування дизельних форсунок. Було виконано вибір комплектації та визначено найбільш навантажені елементи конструкції, що забезпечує високу ефективність та надійність роботи обладнання.

У розділі з техніки безпеки розглянуто вимоги до безпечної експлуатації стенду під час діагностики дизельних форсунок. Встановлено ключові заходи з охорони праці, що мають забезпечити безпечні умови для працівників, включаючи технічні вимоги до обладнання та інструкції з експлуатації.

Отже, проведені дослідження та розробки дозволяють забезпечити створення спеціалізованого стенда, який задовольнить технічні вимоги до діагностики дизельних форсунок, а також відповідатиме стандартам безпеки і надійності під час експлуатації.

Ключові слова: дослідження, спеціальний стенд, вантажний автомобіль, форсунки, перевірка, проектування, розрахунки.

ANNOTATION

Semenyuk V.O. Development of a special stand design for testing diesel injectors of agricultural truck machinery. - *Qualification work in the form of a manuscript.*

Qualification work for obtaining the first bachelor's degree in specialty 133 "Industrial Mechanical Engineering". - Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

This bachelor's work considered and analyzed various aspects related to the development of a special stand for testing and diagnosing diesel injectors of agricultural truck machinery.

In the general research section, a review of existing designs of stands for repairing diesel injectors was conducted. Mechanical damage to injectors was studied, and factors influencing the choice of a new stand design were also investigated. This allowed the formation of key requirements for the design of future equipment, taking into account the need to ensure its functionality, reliability and durability.

The design section defines the main purpose of the stand and develops a basic functional diagram that reflects the process of diagnosing diesel injectors. The selection of the configuration was made and the most loaded structural elements were determined, which ensures high efficiency and reliability of the equipment.

The safety section considers the requirements for safe operation of the stand during diagnostics of diesel injectors. Key occupational health and safety measures are established to ensure safe conditions for workers, including technical requirements for equipment and operating instructions.

Thus, the research and development conducted allow for the creation of a specialized stand that will meet the technical requirements for diagnostics of diesel injectors, as well as meet safety and reliability standards during operation.

Keywords: research, special stand, truck, injectors, inspection, design, calculations.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. ЗАГАЛЬНОТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	5
1.1. Огляд існуючих конструкцій стенду для ремонту дизельних форсунок.....	5
1.2. Механічні пошкодження дизельних форсунок.....	10
1.3. Дослідження факторів впливу на особливості конструкції стенда, що буде розроблятися.....	16
2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	20
2.1. Призначення спеціального стенду для перевірки дизельних форсунок.....	20
2.2. Принципова функціональна схема стенду діагностування.....	21
2.3. Вибір комплектації та найбільш навантажених складових конструкції.....	24
3. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ.....	30
3.1. Техніка безпеки під час виконання роботи на діагностичному обладнанні для перевірки стану дизельної апаратури.....	30
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	35
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	37

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Семенюк В.О.			Пояснювальна записка		
Перевір.		Шубенко В.О.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Медведський О.В.					
					Літ.	Арк.	Акрушів
					ПНУ, група ГМ-21+23ск		

ВСТУП

Актуальність теми. Сільськогосподарська техніка відіграє ключову роль у забезпеченні ефективного виконання агротехнологічних процесів. Дизельні двигуни, які є основними енергетичними агрегатами такої техніки, мають складну систему подачі палива, зокрема, форсунки, які забезпечують точність інжекції палива в циліндри двигуна. Справність форсунок безпосередньо впливає на ефективність роботи двигуна, витрати палива та рівень викидів шкідливих речовин в атмосферу.

Зростаючі вимоги до надійності та економічності сільськогосподарської техніки, а також посилення екологічних стандартів потребують регулярної діагностики та обслуговування паливної апаратури. Однак існуючі стенди для перевірки дизельних форсунок часто не відповідають специфічним потребам великогабаритної техніки через обмеженість функціональних можливостей, низьку точність або складність у використанні.

Розробка спеціального стенда, який забезпечить високу точність та швидкість перевірки дизельних форсунок, дозволить покращити процес обслуговування сільськогосподарської техніки. Це сприятиме зниженню витрат на ремонт, підвищенню продуктивності техніки та зменшенню екологічного впливу за рахунок оптимізації роботи двигунів. Крім того, нові рішення в області діагностики форсунок можуть підвищити ефективність роботи підприємств, що займаються технічним обслуговуванням аграрної техніки, що робить тему дослідження актуальною з як технічної, так і економічної точок зору.

Мета та завдання роботи. Метою бакалаврської роботи є розробка ефективної конструкції стенда для перевірки та діагностики дизельних форсунок, що використовуються у вантажній сільськогосподарській техніці. Це спрямовано на підвищення надійності, точності та зручності процесу обслуговування форсунок, що забезпечить кращу продуктивність та

						Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зменшити час простоїв техніки. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні **завдання**:

1. Аналіз сучасних методів та обладнання для перевірки дизельних форсунок - дослідити існуючі конструкції стендів, їхні функціональні можливості та технічні характеристики.

2. Визначення технічних вимог до стенда - формулювання основних вимог до конструкції стенда, включаючи точність вимірювань, продуктивність та зручність у використанні.

3. Розробка концепції конструкції стенда - створення ескізів та схематичних рішень стенда з урахуванням вимог до його функціонування.

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, трьох розділів, загальних висновків по роботі, списку використаних джерел. Основний текст роботи викладений на 32 сторінках, повний обсяг роботи становить 37 сторінок, включаючи 23 рисунки та 1 таблиці. Список використаних джерел нараховує 16 найменувань і розміщений на 2 сторінках.

						Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ЗАГАЛЬНОТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Огляд існуючих конструкцій стенду для ремонту дизельних форсунок

Для діагностики, ремонту або очищення форсунок у сервісних центрах, автомайстернях або СТО використовуються спеціальні стенди для обслуговування форсунок. У приватних майстернях чи гаражах можна зустріти найпростіші саморобні стенди. Вони відрізняються спрощеною конструкцією і обмеженим функціоналом. Серед багатьох компаній, що виробляють сучасні стенди для ремонту форсунок, виділяється фірма Bosch (Рис. 3.1), яка відома своєю надійністю та якістю. Форсунка, також відома як розпилювач, є важливою частиною паливного насоса високого тиску та всього двигуна. Однією з найпоширеніших несправностей форсунок є забруднення голки розпилювача або поломка деталі. Проведення якісної діагностики і обробки форсунки забезпечується за допомогою стенда для ремонту форсунок. Часто, щоб уникнути зайвих проблем і заощадити час, голку розпилювача замінюють на нову. Для перевірки коректності налаштувань і усунення всіх несправностей проводять повторну перевірку на стенді, виконуючи кілька тестів.



Рис.3.1. Стенд для обслуговування дизельних форсунок

						Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стенди для ремонту та діагностики форсунок призначені для випробувань і регулювання різних типів форсунок, які використовуються в комерційних і легкових дизельних двигунах, при виконанні їх ремонту і обслуговування.

При перевірці на стенді проводяться такі тести:

1. Вимірювання тиску на початку і в кінці уприскування.
2. Оцінка якості розпилення палива.
3. Огляд паливного відсічення.
4. Перевірка герметичності конусів розпилювача.
5. Оцінка з'єднань і ущільнення форсунок.

Цей пристрій є завершеним рішенням, яке працює автоматично без потреби в додаткових агрегатах. Стенд підключається до мережі з напругою 220 В, що є важливою перевагою для невеликих майстерень і цехів. Вибір обладнання зазвичай залежить від фінансових можливостей підприємства, але варто зазначити, що більшість стендів відрізняються переважно за брендом виробника. Важливим є розуміння, чи потрібно обладнання для перевірки форсунок або для їх ремонту. На ринку доступні стенди, що поєднують обидві функції, а також пропонують додаткові пристосування до робочого столу. Найбільш поширеними виробниками серед СТО є Bosch, Delphi, Denso, Launch і Carbon Zapp.

Універсальні стенди для ремонту форсунок є досить гнучкими та дозволяють проводити випробування навіть за тиску до 2200 бар, при цьому гідроаккумулятори стенда здатні витримати до 2500 бар. Важливо враховувати, що ремонт або заміна форсунок для бензинових і дизельних двигунів мають суттєві відмінності. Через це існують окремі стенди для роботи з бензиновими та дизельними моторами, а також універсальні моделі. Для якісного ремонту форсунок необхідно використовувати не лише спеціалізовані стенди, а й сертифіковані запчастини та витратні матеріали високої якості.

						Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стенди Bosch є найпопулярнішими для діагностики та ремонту форсунок. У сучасних умовах кількість автомобілів із дизельними двигунами постійно зростає, особливо в Європі, де транспорт на бензинових двигунах поступово зникає. Компанія Bosch, як провідний виробник дизельних паливних систем, пропонує високоякісне обладнання для діагностики та ремонту форсунок цього типу. Продукція Bosch і дочірніх компаній завжди вважалася еталоном якості, дозволяючи ефективно працювати з різними типами дизельних насосів у більшості сервісних центрів.



Рис.1.2. Стенд для ремонту дизельних форсунок

Стенд для ремонту форсунок від компанії Bosch може використовуватися для діагностики у таких випадках: коли виникає незвичний шум у двигуні або спостерігається суттєве зниження його потужності; якщо помітно зросли витрати палива або збільшилася кількість диму в вихлопних газах. Ремонт форсунки коштує значно дешевше, ніж придбання нової, а точна діагностика разом із правильним ремонтом допоможе уникнути дорогого ремонту двигуна в цілому. Для продовження терміну служби після ремонту форсунки важливо використовувати паливо

						Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

високої якості, вчасно замінювати паливні фільтри, а також періодично промивати паливну систему.

Стенди для ремонту форсунок від Bosch (рис. 1.3) дозволяють одночасно тестувати, діагностувати та ремонтувати до шести форсунок дизельних легкових автомобілів. Для вантажних і комерційних транспортних засобів потрібен додатковий набір для розширення можливостей системи. Для роботи з несправностями, які виявляє система, передбачено спеціальне монтажне обладнання. Крім того, виробник надає послуги з сервісного обслуговування та забезпечує своє обладнання програмним забезпеченням.

Стандартний комплект включає такі елементи: приводи, компресор, вимірювальний блок, захисний корпус, насос підкачки, частотний перетворювач, датчики з регуляторами тиску, утримувачі форсунок, бортові комп'ютери. Після встановлення всього обладнання стенд для ремонту і діагностики форсунок готовий до використання.



Рис.1.3. Стенд для діагностики та ремонту дизельних форсунок Bosch

						Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис.1.4. Стенд для діагностики та ремонту дизельних форсунок CarbonZapp



Рис.1.5. Стенд для ультразвукової очистки дизельних форсунок Launch

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9



Рис.1.6. Стенд для діагностики форсунок і насосів CommonRail

1.2. Механічні пошкодження дизельних форсунок

Під час дефектації форсунки проводиться оцінка стану розпилювача, мультиплікатора і гайки розпилювача. Якщо виявляється незначний знос сідла мультиплікатора, його відновлюють. Однак, при повному зносі сідла або прецизійної поверхні штока, мультиплікатор підлягає заміні. У випадку серйозного зносу або появи задирок на голці розпилювача, розпилювач також потрібно замінити. Гайка розпилювача змінюється у випадках, коли її поверхня обгоріла або виявлені поздовжні тріщини.

Основні механічні пошкодження дизельних форсунок представлено в таблиці 1.1

						Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні механічні пошкодження дизельних форсунок

Тип пошкодження	Опис	Наслідки	Методи усунення
Знос голки розпилювача	Виникає через абразивне зношення або тривале використання	Порушення розпилення палива, зниження потужності двигуна	Замінити голку розпилювача
Задирки на голці розпилювача	Поява мікроподряпин і нерівностей на поверхні голки	Витоки палива, некоректна робота двигуна	Замінити розпилювач
Знос сідла мультиплікатора	Внаслідок тривалого використання або недостатнього мастила	Погіршення роботи мультиплікатора, утруднений впорскування палива	Відновлення або заміна мультиплікатора
Задирки на прецизійній поверхні	Пошкодження, спричинене тертям між частинами форсунки	Погіршення точності роботи форсунки	Заміна пошкодженої частини
Тріщини в гайці розпилювача	Виникають через механічні навантаження або перегрів	Можливі витоки палива, зниження герметичності	Заміна гайки розпилювача
Обгоріла поверхня гайки розпилювача	Пошкодження через високі температури	Зниження ефективності розпилення палива	Заміна гайки
Іржа на форсунці	Корозія внаслідок контакту з вологою або неякісним паливом	Погіршення роботи форсунки, ризик поломки	Очищення або заміна форсунки
Прогар гайки форсунки	Пошкодження, спричинене перегрівом	Порушення герметичності, витоки палива	Заміна гайки
Приварений штуцер до корпусу форсунки	Неправильна установка або перегрів	Може призвести до порушення роботи форсунки	Заміна штуцера або корпусу форсунки

Ця таблиця наочно показує різні типи механічних пошкоджень дизельних форсунок, їх можливі наслідки та методи усунення.

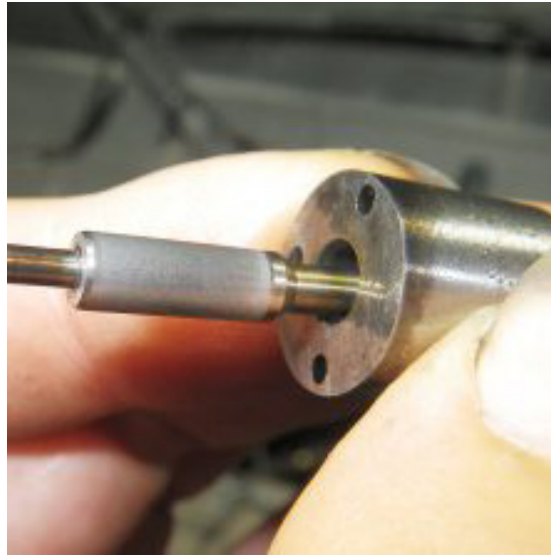


Рис. 1.7. Дефектація розпилювача



Рис. 1.8. Мультиплікатор



Рис. 1.9. Обгорілі гайки розпилювача

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

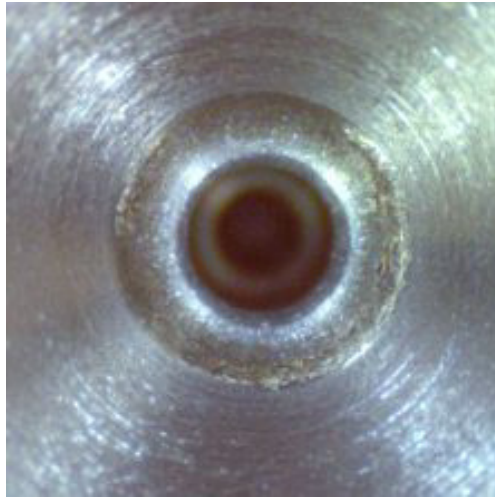


Рис. 1.10. Зношене сідло мультиплікатора



Рис. 1.11. Відновлення сідла мультиплікатора

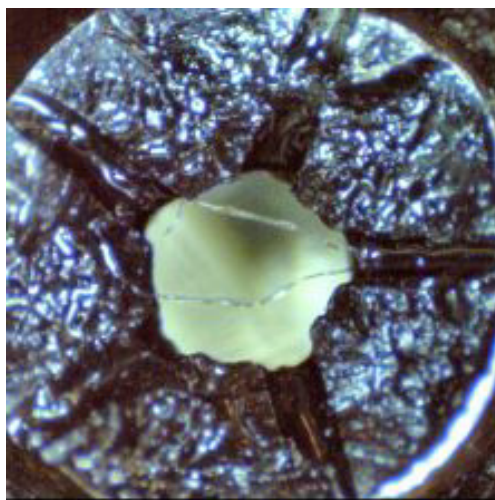


Рис. 1.12. Неможливість відновлення мультиплікатора

						Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.13. Знос голки мультиплікатора



Рис. 1.14. Знос голки розпилювача



Рис. 1.15. Прогоріла гайка форсунки

						Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 16. Іржава форсунка CR



Рис. 17. Приварений штуцер до корпусу форсунки



Рис. 18. Обгоріла форсунка

						Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3. Дослідження факторів впливу на особливості конструкції стенда, що буде розроблятися

Перевірка форсунки виконується на спеціальному стенді після виявлення несправностей даного механізму. Це доволі складний процес, який вимагає значного досвіду та точного дотримання умов перевірки.

Для правильного визначення працездатності форсунки та порівняння результатів випробувань у заводських умовах і в майстерні, пристрій для перевірки форсунок повинен відповідати таким критеріям:

- Обладнаний манометром із шкалою на 400 (або 600) бар та з поділками в 2 (максимум 5) бар. Точність налаштування тиску відкриття форсунки має бути в межах 5-10 бар.

- Забезпечувати об'єм подачі рідини в форсунку на рівні 4,5-6,0 мм³ за один хід важеля.

- Володіти відповідною внутрішньою еластичністю, яка враховує об'єм паливопроводів, стінок манометра та рідини. Від цієї характеристики залежить точність оцінки працездатності розпилювача.

- Внутрішню еластичність перевіряють мікровимірювачем об'єму, вимірюючи зміну об'єму рідини при падінні тиску з 1 до 0,7 бар. Ця зміна має становити 0,2 мм³ на бар. Варто зазначити, що заміна компонентів пристрою може вплинути на його еластичність і, як наслідок, на результати оцінки розпилювача.

- Пристрій має бути механічно жорстким, і ця характеристика вимірюється довжиною ходу важеля при навантаженні від 50 до 150 Н залежно від тиску відкриття форсунки. Жорсткість повинна бути не менше 2 бар/мм ходу важеля.

Для перевірки правильності роботи приладу в умовах майстерні можна застосовувати такі методи:

						Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Проводити перевірку показань манометрів за допомогою контрольних форсунок, які налаштовані на певний тиск відкриття, щонайменше раз на місяць або після перевірки 100 форсунок.

- Оцінювати герметичність високого тиску, вимірюючи час падіння тиску з 350 до 300 бар. Час падіння тиску повинен бути не меншим за 10 хвилин.

- Вимірювати зношеність плунжера пристрою, оцінюючи кількість уприсків під час тесту на внутрішню герметичність за 7 секунд при падінні тиску з 200 до 150 бар.

Перевірка форсунок повинна проводитися в чистому, добре провітрюваному приміщенні при температурі близько 20°C. Важливо пам'ятати про частоту поломок форсунок через їх кількість і дефекти, а також відносно короткий ресурс розпилювачів. Перевірка форсунок досвідченим механіком виконується досить часто.

За результатами тестування форсунки визначають, чи потрібна заміна розпилювача або форсунки в зборі. Ключові параметри для оцінки працездатності форсунки включають:

1. Герметичність конуса.
2. Звукові характеристики розпилювача.
3. Тиск відкриття розпилювача.
4. Внутрішня герметичність форсунки.
5. Розпилення палива та форма паливного факела.

Після встановлення форсунки до стенду перевіряється її щільність, тиск відкриття та якість розпилення. Важливо дотримуватися рекомендацій виробників, які радять проводити промивання форсунок перед перевіркою, особливо у випадку гарантійних виробів. Після промивання паливної системи перевіряють тиск відкриття та ущільнення розпилювача, що є вирішальним показником його працездатності.

Останнім етапом є перевірка щільності гнізда розпилювача, відсутність якої може призводити до збільшення витрат палива та появи димного

						Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вихлопу. Щільність перевіряється шляхом утримання тиску на 10 бар нижче тиску відкриття розпилювача протягом 10 секунд. Якщо папір, притиснутий до форсунки, залишається сухим, ущільнення вважається ідеальним. У випадку виявлення вологи на папері, розпилювач потребує заміни.

Дотримання чистоти та безпека під час перевірки є важливими складовими цього процесу, оскільки контакт з паливним факелом під високим тиском може бути небезпечним для здоров'я.

Очищення форсунок без їх демонтажу з двигуна виконується таким чином: магістральні трубопроводи «подачі» та «обратки» від'єднуються від паливної рейки двигуна і з'єднуються між собою. За можливості, відключається живлення бензонасоса. До штуцерів паливної рейки підключають трубопроводи від спеціального стенду для промивки. Деякі моделі промивних установок, оснащені власним регулятором тиску, підключаються до паливної рейки автомобіля за допомогою лише одного паливопроводу – подаючого. Це дозволяє на окремих марках автомобілів, які мають стандартний порт для вимірювання тиску, під'єднувати промивну установку через цей порт, не від'єднуючи штатні паливні магістралі. Такий спосіб полегшує підключення та дозволяє провести діагностику паливної системи перед очищенням форсунок, включно з перевіркою продуктивності паливного насоса, тиску, стану системи перекачування палива, а також наявності внутрішніх витоків форсунок, регулятора тиску та зворотного клапана насоса.

Через паливну рейку і форсунки подається спеціальна миюча рідина, яка одночасно виступає як паливо для двигуна і як хімічний розчинник для відкладень. Після підключення до стенду двигун запускають і залишають працювати на холостих обертах, періодично збільшуючи оберти до середніх. До підключення стенду холодний двигун дещо прогрівають, оскільки температура миючої рідини впливає на швидкість розчинення відкладень. Влітку, щоб уникнути перегріву миючої рідини і утворення парових пробок, двигун намагаються не прогрівати сильно.

						Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час очищення форсунки миюча рідина розчиняє відкладення на внутрішніх поверхнях, відновлюючи їх продуктивність. Одночасно відмиваються і відкладення з інших частин системи, з якими контактує миюча рідина: внутрішні порожнини паливної рейки, частини впускного колектора, тарілки клапанів, камери згоряння та днища поршнів.

Якщо форсунки дуже забруднені, двигун періодично вимикають, що збільшує час дії рідини на відкладення. Однак при використанні певних миючих рідин запуск двигуна після паузи може бути ускладнений. Крім того, у процесі очищення можливе збереження помилок у системі управління двигуном, таких як «пропуски займання», для скидання яких може знадобитися сканер.

Метод очищення без демонтажу форсунок дозволяє відновити їх продуктивність за мінімальних витрат, однак оператор стану не має можливості точно виміряти продуктивність форсунок до і після очищення без їх зняття з двигуна. Відновлення продуктивності відбувається завдяки хімічним властивостям рідини, ефективність якої значною мірою залежить від складу відкладень. Забруднення форсунок складаються з комбінації твердих і м'яких відкладень, при цьому промивні рідини краще розчиняють м'які відкладення і лише частково справляються з твердими.

Цей метод підходить більше для профілактичної очистки і не рекомендується для автомобілів із великим пробігом. Також він не підходить для автомобілів зі значним зношенням двигуна, оскільки розчинення застарілого нагару на поршневих кільцях і штоках клапанів може у ряді випадків призвести до негативних наслідків, таких як втрата компресії.

						Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1. Призначення спеціального стенду для перевірки дизельних форсунок

Предметом розробки конструкторського розділу є спеціальний стенд для перевірки, діагностики форсунок дизельних двигунів. Передбачається створення стенду для виявлення несправностей паливної системи, зокрема форсунок, у двигунах вантажних автомобілів та інших дизельних моделей.

Дизельні двигуни є більш економічними порівняно з карбюраторними, менше забруднюють довкілля шкідливими викидами, краще справляються з короткочасними перевантаженнями, що є важливим для багатьох автомобілів.

Однак дизельні двигуни складніші в конструкції, що переважно обумовлено труднощами у виробництві та експлуатації паливоподаючої апаратури, яка забезпечує роботу двигуна. Варто зазначити, що ці переваги дизеля проявляються повною мірою лише при правильному технічному обслуговуванні паливних систем. Це вимагає не тільки використання спеціального обладнання, але й відповідних знань та навичок для перевірки робочих характеристик, які змінюються в процесі експлуатації та потребують періодичної корекції. Зміни в роботі паливної системи можуть призвести до погіршення економічності, зниження потужності, надійності та довговічності як паливних компонентів, так і інших деталей дизельного двигуна.

Стенд спеціальної конструкції дозволяє ефективно діагностувати дизельні форсунки. Його основою є плунжерний насос, що забезпечує подачу палива під високим тиском до форсунки, манометр для вимірювання тиску палива, що проходить через форсунку, а також пристрій для визначення обсягу палива. Завдяки наявності електродвигуна та можливості роботи зі стендом після зняття форсунок з двигуна, процес діагностики стає значно простішим і дозволяє зекономити час.

						Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні характеристики стенда описано в табл 2.1.

Таблиця 2.1

Технічні характеристики стенда для перевірки, випробування форсунок

Тип приладу	Настільний
Тип приводу	Електричний
Тиск, МПа	Від 0 до 600
Діапазон відтворення тиску, МПа (кг / см ²)	27 (270)
Межа допустимого падіння тиску, МПа (кг / см ²)	1,0(10)
Похибка, %	±1,5
Номінальна подача палива, мм ³ / цикл	1800
Час падіння тиску, хв	3
маса, кг	5
Бак для палива, л	1
Кількість обслуговується персоналу	1

2.2. Принципова функціональна схема стенду діагностування

На рис. 2.1 представлена принципова схема стенду для діагностики форсунок, який складається:

- 1 - манометр;
- 2 - бачок для палива;
- 3 - корпус приладу;
- 4 - трубопровід низького тиску;

- 5 - мотор-редуктор;
- 6 - спускний клапан;
- 7 - кулачковий вал;
- 8 - толкатель;
- 9 - насос високого тиску;
- 10 - трубопровід високого тиску;
- 11 - штихпробер.

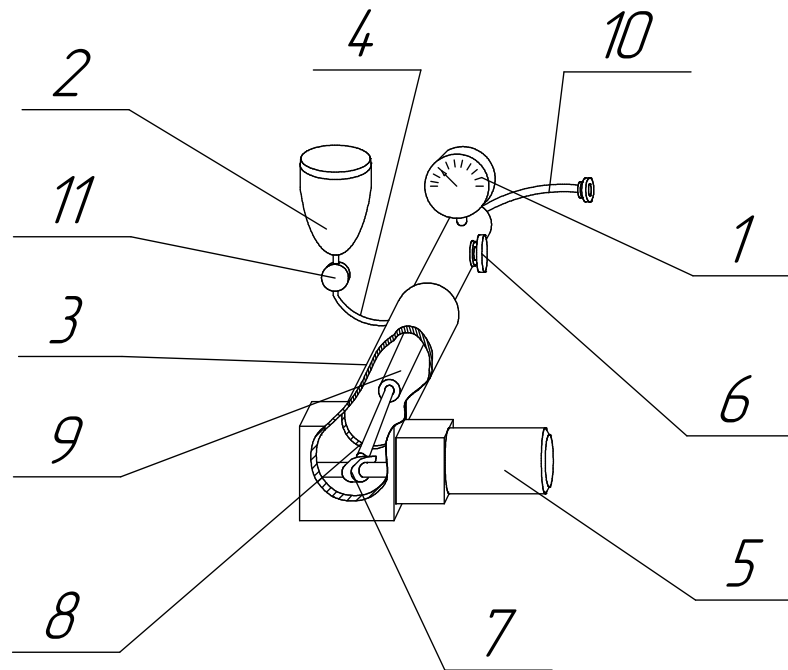


Рис. 2.1. Принципова схема стану для діагностики дизельних форсунок

Опис роботи стану

Перед використанням стану його обов'язково перевіряють на герметичність. Для цього на випускний трубопровід встановлюють заглушку, відкривають спускний клапан 6 та створюють тиск приблизно 30 МПа. За допомогою секундоміра вимірюють час зниження тиску, який не повинен перевищувати 0,5 МПа на хвилину. Якщо цей показник не витримується, прилад потребує ремонту або налаштування.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Після проведення перевірки стенд під'єднують до тестованої форсунки через трубопровід високого тиску 10. Після запуску стенда асинхронний мотор-редуктор 5 починає обертати кулачковий вал 7, який розташований у корпусі двигуна, зі швидкістю 60 обертів за хвилину. Зусилля через штовхач 8 передається насосу високого тиску 9, розміщеному в корпусі приладу 3. Паливо з ємності 2 надходить через штіхпробер 11, де проводиться вимір його об'єму, а потім через трубопровід низького тиску 4 до насоса високого тиску 9, після чого воно потрапляє до форсунки.

За допомогою манометра вимірюється максимальний тиск, що створюється паливом. Тиск початку підйому голки розпилювача форсунки визначається під час підвищення тиску до 12,5 МПа, з поступовим збільшенням до 0,5 МПа на секунду. Показник тиску фіксується в момент початку впорскування палива. Якщо тиск не відповідає технічним вимогам, форсунка потребує ремонту або регулювання.

Загальний вигляд стенда представлений на рис. 2.2.



Рис. 2.2. Стенд для діагностики та промивання дизельних форсунок

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

2.3. Вибір комплектації та найбільш навантажених складових конструкції

2.3.1. Вибір електродвигуна

Для нашого стенду оптимально підходить сучасний асинхронний двигун з мотор-редуктором 60YN6-2.

Параметри двигуна:

Потужність 40 Вт

Число оборотів ротора 1250 об/хв.

Параметри редуктора:

Передавальне число 25

Число оборотів вихідного вала 60 об/хв.

Крутний момент вихідного вала 8,23 Нм

Число ступенів 3

2.3.2. Розрахунок діаметра кулачкового вала

Даний розрахунок необхідний, для того щоб визначити діаметр проєктованого валу при наявних напруженнях. Вал зображений на рис.3.9.

						Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

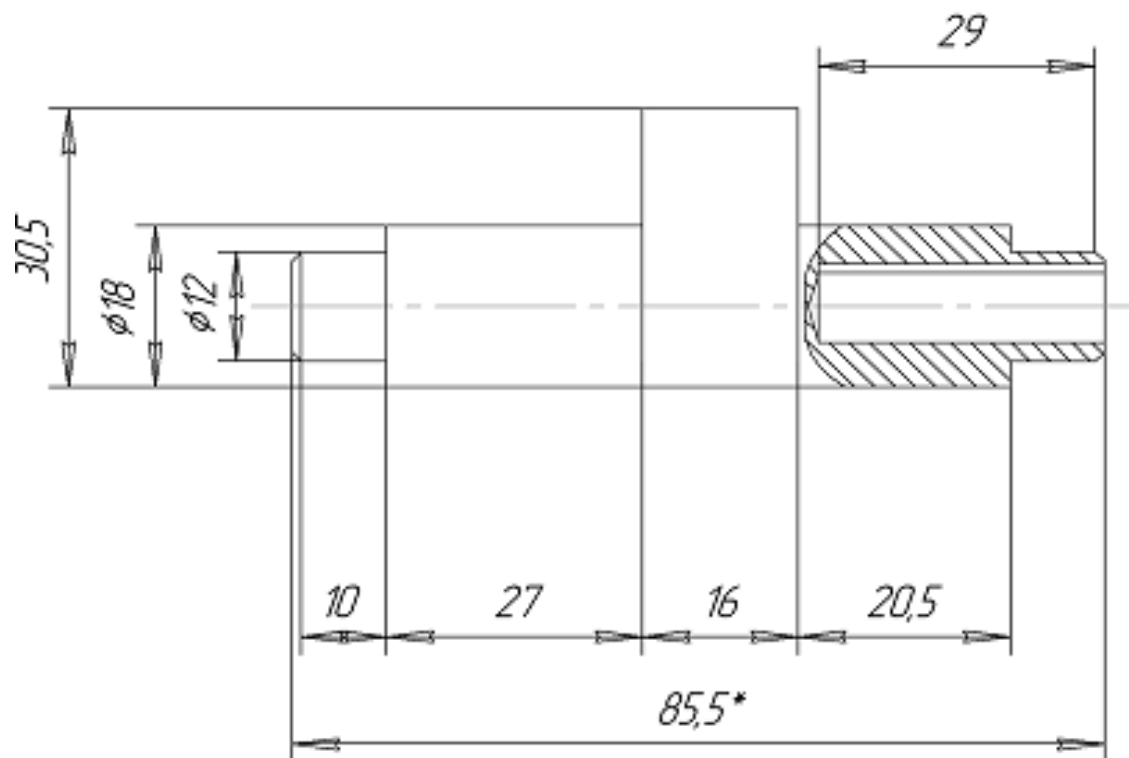


Рис.2.3. Кулачковий вал

При знаходженні діаметра вала для початку необхідно знайти величину сили діючу на нього.

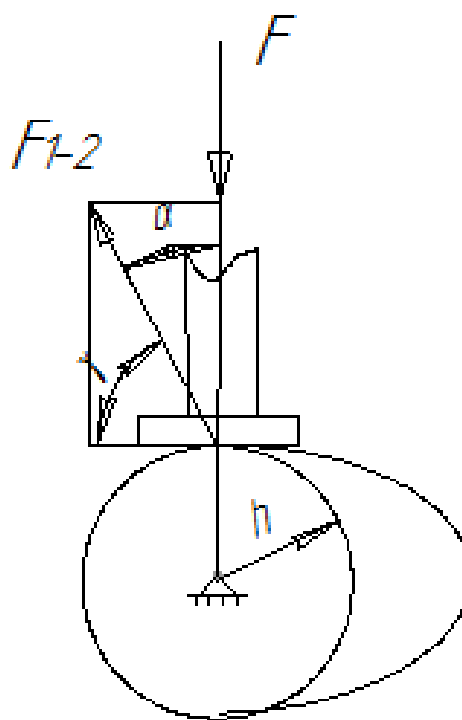


Рис.2.4. Схема прикладання сил

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

На схемі прикладання сил видно, що на кулачок діє штовхач з силою F.

$$F = P \cdot S,$$

де P- тиск на плунжер $P = 200 \text{ кгс} / \text{см}^2$;

S-площа плунжера;

$$S = \frac{\pi d^2}{4}$$

де d- діаметр плунжера, $d = 0,9 \text{ см}$;

$$S = \frac{3,14 \cdot 0,9^2}{4} = 0,64 \text{ см}^2$$

Тоді:

$$F = 200 \cdot 0,64 = 128 \text{ кгс} = 1280 \text{ Н}$$

Діаметр вала за умовою міцності визначається за формулою:

$$d = 172 \sqrt[3]{\frac{T}{[\tau]}} \text{ мм}$$

де $[\tau]$ - допустиме напруження;

T - момент;

Момент визначається за формулою:

$$T = \frac{N}{\omega}, \text{ Нм}$$

де N - потужність;

ω - кутова швидкість.

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_{\text{вЛХ}}}{30} \cdot \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

						Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $n_{\text{вих}}$ - число обертів вихідного вала, $n_{\text{вих}} = 60$ об/хв.

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 60}{30} = 6,28 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Так як вал пов'язаний безпосередньо з двигуном, то потужність беремо з даних на двигун. Тоді:

$$T = \frac{40}{6,28} = 6,37 \text{ Нм}$$

$[\tau] = [W_K]$ - для круглого перетину.

$$[W_K] = 1,72^3 \cdot \frac{T}{d^3}$$

де T - момент;

d - діаметр розраховується валу, $d = 18$ мм;

$$[\tau] = [W_K] = 1,72^3 \cdot \frac{6,37}{18^3} = 0,006 \text{ МПа}.$$

Тоді, діаметр вала:

$$d = 1,72^3 \sqrt{\frac{6,37}{0,006}} = 17 \text{ мм}.$$

Так як в валу є порожнина з шпонковим пазом то збільшуємо розмір на 5%. Від сюди слід прийняти розмір валу 18 мм.

2.3.3. Розрахунок вала на прогин і кручення

Основними навантаженням на вали є сила від штовхача спрямована в центр вала.

						Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

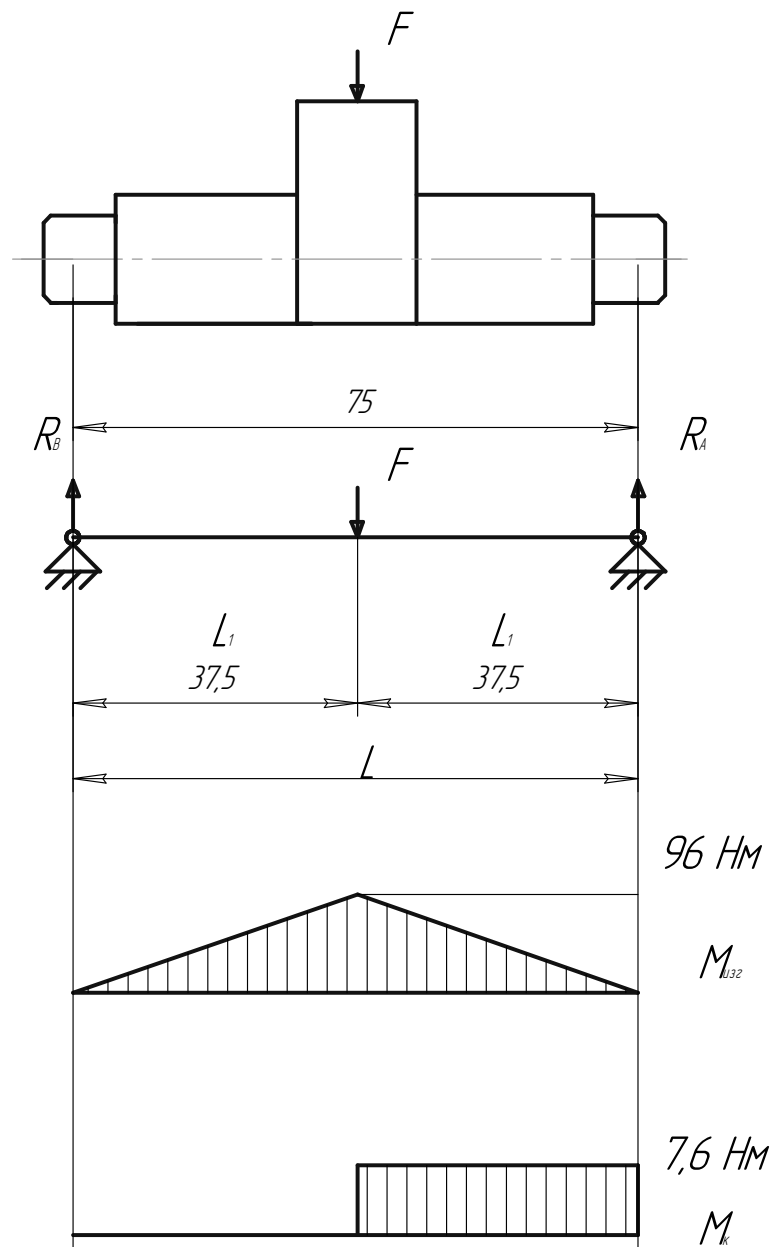


Рис.2.5. Епюри згинальних і крутних моментів

Знайдемо згинальний момент діючий на вал.

$$M_{зг} = F \cdot L, \text{ Нм}$$

де L -довжина вала.

$$M_{зг} = 1280 \cdot 0,075 = 96 \text{ Нм.}$$

Побудуємо епюру згинальних моментів (рис.2.5).

Знайдемо крутящий момент діючий на вал.

						Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{кр} = F_{1-2} \cdot r_{cp} \cdot \sin \gamma, \text{ Нм}$$

де L-довжина вала.

де r_{cp} - радіус кулачка, $r_{cp} = 6 \text{ мм}$.

$$F_{1-2} = \frac{F}{\cos \gamma},$$

При $\gamma = 60^\circ$,

$$M_{кр.} = 1488 \cdot 0,006 \cdot 0,86 = 7,6 \text{ Нм.}$$

Побудуємо епюру крутного моменту (рис.2.5).

Порівняємо отримані дані з паспортними:

$$7,6 \text{ Нм} \leq 8,23 \text{ Нм}$$

Дані навантаження цілком припустимі.

2.3.4. Вибір підшипників кочення

Оскільки реакції в опорах, а отже, і сили, що діють на підшипники дуже малі, то можна підібрати підшипники виходячи з технологічних міркувань. У нашому випадку критерієм підбору буде посадковий діаметр підшипника, тому приймаємо, що в даному стенді будуть використовуватися підшипники 201 ISO 773:1986.

При розрахунку даної конструкції спеціального стенда для перевірки дизельних форсунок всі її елементи підібрані із запасом міцності, всі з'єднання розраховані на навантаження перевищують граничні. Значить, конструкція забезпечить виконання вимог по техніці безпеки при діагностиці форсунок дизельних двигунів. Крім того, він не вимагає енергоємних і складних операцій при виготовленні і досить простий в експлуатації.

						Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1. Техніка безпеки під час виконання роботи на діагностичному обладнанні для перевірки стану дизельної апаратури

Охорона праці – це комплекс правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів і засобів, що мають на меті збереження життя, здоров'я та працездатності людини в ході виконання трудових обов'язків. Закон України «Про охорону праці», ухвалений 14 жовтня 1992 року, визначає ключові аспекти реалізації конституційного права громадян на захист життя і здоров'я під час виконання трудової діяльності, регламентує взаємовідносини між власником підприємства або його представником і працівниками з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища. Закон також встановлює єдині правила організації охорони праці на території України.

Інструкція з безпеки при роботі на діагностичному обладнанні для перевірки дизельної апаратури:

3.1. Ця інструкція містить умови забезпечення безпеки праці для майстрів, які виконують роботи на діагностичному стенді.

3.2. До роботи на стенді допускаються особи, які пройшли медичний огляд, спеціальну підготовку та отримали відповідне посвідчення, що дає право виконувати ці роботи.

3.3. Самостійно працювати на стенді можуть тільки ті, хто пройшов стажування тривалістю не менше трьох днів.

3.4. Виконуйте лише ті завдання, що вам доручені, і не передоручайте їх іншим особам, окрім випадків надзвичайних чи аварійних ситуацій.

3.5. Уточніть у керівника обсяг і межі вашої робочої зони.

3.6. Не допускайте сторонніх осіб до робочої зони під час виконання робіт.

						Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.7. Не приступайте до роботи на обладнанні з технічними несправностями, знятим захисним обладнанням або несправними сигналізаційними і контрольними пристроями, а також при порушеному контурі заземлення.

3.8. Не використовуйте несправний інструмент, інвентар або пристрої.

3.9. Всі стенди, стелажі, столи, шафи та інше обладнання повинні бути стійкими та мати зручну висоту для роботи.

3.10. Очищення, змащення, регулювання та ремонт обладнання слід проводити лише після повної зупинки його роботи.

3.11. Спецодяг, взуття та інші засоби індивідуального захисту мають відповідати характеру виконуваної роботи. Це можуть бути бавовняний халат, фартух із нагрудником, гумові рукавички, захисні окуляри та респіратор для захисту від газів.

3.12. Заборонено працювати в стані алкогольного, наркотичного або медикаментозного сп'яніння, а також у стані хвороби чи сильного стомлення.

3.13. Дотримуйтесь правил внутрішнього трудового розпорядку, робочий день триває з 8:30 до 17:00, обідня перерва з 12:30 до 13:00.

3.14. Виконуйте правила пожежної безпеки, не використовуйте пожежне обладнання не за призначенням.

3.15. Під час виконання робіт можуть виникати такі небезпечні та шкідливі фактори:

3.15.1. Фізичні небезпечні та шкідливі фактори:

- Рухомі машини та механізми, частини виробничого обладнання, пересувні вироби й матеріали;
- Підвищена запиленість і загазованість повітря;
- Підвищена або знижена температура повітря в робочій зоні;
- Підвищений рівень шуму на робочому місці;
- Підвищена вібрація.
- Підвищена або знижена вологість та рух повітря;

						Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Підвищена напруга в електромережі, замикання якої може пройти через тіло людини;
- Відсутність або недостатність природного освітлення;
- Недостатня освітленість робочої зони;
- Підвищена яскравість світла;
- Гострі краї, задирки та шорсткість на поверхнях конструкцій, інструменту й обладнання.

3.15.2. Психофізичні небезпечні та шкідливі фактори:

- Фізичні перевантаження, як статичні, так і динамічні.

Інструктаж з техніки безпеки

Інструктаж з охорони праці повинен проводитися на спеціально обладнаній ділянці або робочому місці, яке оснащено відповідним обладнанням та інструментами, згідно з нормативно-технологічною документацією. До роботи з обладнанням допускаються особи, яким виповнилося не менше 18 років, і які пройшли спеціальний інструктаж з техніки безпеки.

Перед початком роботи необхідно перевірити справність обладнання. У разі виявлення несправностей негайно повідомити майстра. Самостійний ремонт обладнання заборонено, окрім випадків заміни запобіжника або підтягування роз'ємів.

Правила безпеки під час роботи

1. Не допускати сторонніх осіб до керування стендом.
2. Якщо необхідно залишити робоче місце, навіть на короткий час, обов'язково відключіть живлення стенда.
3. Під час роботи на стенді завжди вмикайте блокуючі пристрої та забезпечте, щоб ніхто не перебував у зоні проведення робіт.

						Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Заборони:

- Не можна використовувати стенд для виконання робіт, які не передбачені інструкцією.

Правила безпеки після завершення роботи:

1. Огляньте стенд, перевірте кріплення болтів та очистіть його від забруднень.
2. У разі виявлення несправностей або поломок повідомте майстра.
3. Після огляду стенд слід вимкнути та залишити у положенні для зберігання.

Правила безпеки в аварійних ситуаціях:

1. У разі поломки стенда, що загрожує безпеці, негайно припиніть роботу та повідомте про це майстра. За його вказівкою виконайте ремонт під наглядом.
2. При виникненні аварійних ситуацій відразу знеструмте стенд, надайте постраждалим першу медичну допомогу та не допускайте сторонніх осіб до місця інциденту. За можливості огородіть зону та забезпечте застережні написи.

Інструкція з техніки безпеки під час технічного огляду та діагностики:

1. Загальні вимоги:
 - Заборонено використовувати несправні інструменти та обладнання.
 - Діагностику та технічне обслуговування дозволяється проводити тільки в спеціальному одязі.
 - Під час проведення регулювальних та ремонтних робіт необхідно відключити акумулятор, від'єднавши мінусовий провід.
 - Електроприлади повинні бути надійно заізолювані та заземлені.
2. Правила безпеки перед початком роботи:
 - Одягніть спеціальний одяг і рукавиці.
 - Перевірте та підготуйте своє робоче місце.

						Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

○ Біля об'єкта, що діагностується, обов'язково поставте вогнегасник і відро з водою.

3. Правила безпеки під час роботи:

○ Якщо необхідно залишити робоче місце, вимкніть усі прилади.

○ Слідкуйте, щоб не пролилося масло або паливо.

○ При недостатньому освітленні користуйтеся переносними освітлювальними приладами.

○ Паління під час проведення технічного обслуговування або діагностики заборонено.

○ Приміщення повинно активно вентилюватися.

4. Правила безпеки в аварійних ситуаціях:

○ Якщо ситуація може призвести до аварії або нещасного випадку, негайно припиніть роботу і повідомте керівника.

○ У разі виникнення пожежі користуйтеся вогнегасником.

5. Правила безпеки після завершення роботи:

○ Після завершення робіт приведіть робоче місце в порядок.

○ Вимкніть усі електроприлади.

○ Зберіть інструменти та очистіть їх від масла і бруду за допомогою спеціальної ганчірки.

						Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В ході виконання роботи було розглянуто й проаналізовано різні аспекти, пов'язані з розробкою спеціального стенда для перевірки та діагностики дизельних форсунок вантажної сільськогосподарської техніки.

У **загальнотехнічному розділі** було проведено огляд існуючих конструкцій стендів для ремонту дизельних форсунок. Вивчено механічні пошкодження форсунок, а також досліджено фактори, що впливають на вибір конструкції нового стенду. Це дозволило сформулювати ключові вимоги до конструкції майбутнього обладнання, враховуючи необхідність забезпечення його функціональності, надійності та довговічності.

У **конструкторському розділі** визначено основне призначення стенду та розроблено принципову функціональну схему, що відображає процес діагностування дизельних форсунок. Було виконано вибір комплектації та визначено найбільш навантажені елементи конструкції, що забезпечує високу ефективність та надійність роботи обладнання.

У **розділі з техніки безпеки** розглянуто вимоги до безпечної експлуатації стенду під час діагностики дизельних форсунок. Встановлено ключові заходи з охорони праці, що мають забезпечити безпечні умови для працівників, включаючи технічні вимоги до обладнання та інструкції з експлуатації.

Отже, проведені дослідження та розробки дозволяють забезпечити створення спеціалізованого стенда, який задовольнить технічні вимоги до діагностики дизельних форсунок, а також відповідатиме стандартам безпеки і надійності під час експлуатації.

						Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абрамчук Ф. І., Гутаревич Ю. Ф., Долганов К. Є., Тимченко І. І. Автомобільні двигуни: навч. підручник. Київ : Арестей, 2004. 438с.
2. Артюх О. М. та ін. Транспортні енергетичні установки: навч. посіб. Запоріжжя : НУ Запорізька політехніка, 2021. 264 с.
3. Бакулін В.М., Головка Ю.О., Іванов А.П. (2016). Технічна діагностика паливної апаратури дизельних двигунів. Київ: Кондор-Видавництво.
4. Коваль О.М. (2014). Особливості конструкцій дизельних форсунок для сільськогосподарських машин. Вісник аграрної інженерії, 4(56), 22-29.
5. Кравченко І.Г. (2018). Системи подачі палива дизельних двигунів: навчальний посібник. Харків: НТУ "ХПІ".
6. Петренко В.І. (2019). Методи випробування паливної апаратури дизельних двигунів сільськогосподарської техніки. Вісник технічних наук, 2(10), 45-50.
7. Палагін О.А. (2020). Стенди для діагностики дизельних форсунок у сучасних умовах експлуатації сільськогосподарської техніки. Актуальні проблеми аграрної науки, 3(9), 12-18.
8. Волков В. П., Макаров О. Д., Матейчик В. П. Інжинірінг систем автосервісу : навч. посіб. Харків : ХНАДУ. 2021. 508с.
9. Герасімов Г. Г. Теоретичні основи теплотехніки: навч. посіб. Рівне: НУВГП, 2011, 382 с.
10. Гладій Б.О. Автомати і автоматика. Автоматичне регулювання систем автомобіля. Електронні давачі. Фондова лекція з дисципліни “Електротехніка і електроніка”, Новороздільський політехнічний коледж. 2009. С.79.
11. Гуревич Р. С. Інформаційно-телекомунікаційні технології в навчальному процесі та наукових дослідженнях : навчальний посібник для студентів педагогічних ВНЗ і слухачів інститутів післядипломної педагогічної освіти. Вінниця : ООО «Планер», 2015. 366с.

						Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Гутаревич Ю. Ф. Мержиєвська Л. Л., Сирота О. В., Трифонов Д. М. Транспортні енергетичні установки (традиційні, нетрадиційні та альтернативні), принцип роботи та особливості будови : навч. посіб. Київ: НТУ, 2015. 244с.

13. Корогодський В. А., Воронков О. І., Єфремов А. О. Теплотехніка, конспект лекцій. Харків : ХНАДУ, 2016. 244 с.

14. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: підручник. Київ : Знання, 2003. 511с.

15. Марченко А. П. та ін. Двигуни внутрішнього згоряння: серія підручників у 6-и томах, Харків : Видавн. центр НТУ, ХПІ, 2004.

16. Форнальчик Є. Ю. Технічна експлуатація та надійність автомобіля: навч. посіб. Львів: Афіша, 2004. 492с. 26. Шапко В.Ф. Автомобільні двигуни. Основи теорії та характеристики поршневих двигунів внутрішнього згоряння: навч. посіб. Харків: Точка, 2014. 148с.

						Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		