

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

**Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій,
мехатроніки і робототехніки
Кафедра автомобілів і транспортних технологій**

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи
освітнього ступеня
бакалавр

Галузь знань 27 – «Транспорт»
Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

на тему: «Розробка відділення обкатки двигунів важкої військової техніки»

Виконав: студент групи ЗАГК – 23



Сергій ПЕТРИЧУК

Керівник:



Олександр БАГІНСЬКИЙ

Завідувач кафедри:



Володимир ШУМЛЯКІВСЬКИЙ

Рецензент:



Ігор Шендеренко

Житомир – 2025 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет: комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки

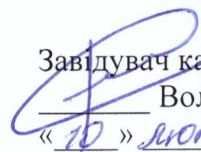
Кафедра: автомобілів і транспортних технологій

Освітній ступінь: «бакалавр»

Галузь знань: 27 «Транспорт»

Спеціальність: 274 – Автомобільний транспорт»

ЗАТВЕРДЖУЮ


Завідувач кафедри А і ТТ
Володимир ШУМЛЯКІВСЬКИЙ
« 10 » лютого 2025р.

ЗАВДАННЯ

до кваліфікаційної роботи освітнього ступеня бакалавр
Петричука Сергія Ростиславовича

1. Тема роботи: «Розробка відділення обкатки двигунів важкої військової техніки» затверджена наказом вищого навчального закладу від 29 травня 2025 року № 213/с

Керівник роботи: Олександр БАГІНСЬКИЙ

2. Строк подання студентом завершеної роботи 09.06.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: нормативно-правові документи, довідкова література, данні на основі наукових літературних джерел.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Технологічний розділ. 2. Організація технологічного процесу обкатки двигунів. 3. Конструкторський розділ. 4. Техніко-економічний розділ. Загальні висновки та практичні рекомендації. Список використаних джерел. Додатки.

5. Пояснювально - роздавальний матеріал (презентація) – 13 слайдів.

Дата видачі завдання 10 лютого 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Огляд літератури по темі	17.02.2025	виконано
2.	Організація технологічного процесу обкатки двигунів	08.03.2025	виконано
3.	Конструкторський розділ	22.03.2025	виконано
4.	Розробка заходів з охорони праці та охорони навколишнього середовища.	26.04.2025	виконано
5.	Оформлення пояснювальної записки	26.05.2025	виконано
6.	Рецензування	01.06.2025	виконано
7.	Захист	07-30.06.2025	виконано

Студент



Сергій ПЕТРИЧУК

Керівник роботи



Олександр БАГІНСЬКИЙ

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1. ОГЛЯД ДВИГУНІВ ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ НА ВАЖКІЙ ВІЙСЬКОВІЙ ТЕХНІЦІ ЩО СТОІТЬ НА ОЗБРОЄННІ ЗБРОЙНИЙ СИЛ УКРАЇНИ	5
1.1 Коротка характеристика техніки що стоїть на озброєнні Збройний сил України	5
1.2 Характеристики двигунів які використовуються на техніки що стоїть на озброєнні Збройний сил України.....	5
2. ОБКАТКА І ВИПРОБУВАННЯ ДВИГУНІВ.....	7
2.1 Вибір обладнання для проєктованого відділення.....	7
2.2 Розрахунок площі приміщення та розстановка устаткування.....	7
2.3 Загальні положення.....	9
2.4 Обладнання та прилади для обкатки і випробування двигунів.....	10
2.5 Обкатка і випробування двигунів внутрішнього згорання.....	22
2.6 Обкатка двигунів на стенді	27
2.7 Аналіз останніх досліджень обкатування ДВЗ	28
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	32
3.1 Огляд існуючих конструкцій стендів обкатки двигунів	32
3.2 Об'єкт конструювання	33
3.3 Мета створення конструкції.....	34
3.4 Опис конструкції.....	34
3.5 Влаштування та робота конструкції.....	34
3.6 Можливі несправності та методи їх усунення.	37
3.7 Технічне обслуговування	38
3.8 Порядок встановлення. Монтаж.....	38
3.9 Технічні дані.	38
3.10 Розрахунок гідроприводу	39
3.11 Розрахунок міцності елементів рами стенду.....	43

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Петричук			Пояснювальна записка	Лит.	Арк.
Перев.		Багінський					5
							58
Н. Контр.						Житомирська політехніка гр. ЗАГК-23	
Затв.		Шумляківський					

4. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	46
4.1. Розробка заходів, що забезпечують безпеку експлуатації стенду	46
4.2 Вентиляція приміщення для обкатки ДВЗ	46
4.3. Захист довкілля.....	49
4.4 Боротьба з шумом при роботі на стенді.....	50
4.5 Пожежна безпека в приміщенні для обкатки ДВЗ.....	53
4.6 Санітарно-гігієнічна характеристика проектного приміщення.....	55
ВИСНОВКИ.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	57

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

ВСТУП

Постачання великої кількості важкої військової техніки за час Російсько-Української війни а також велика різноманітність моделей викликає все більшу складність в своєчасному обслуговуванні та ремонті техніки.

Одним з рішень по спрощення ремонту і обслуговуванні техніки є заміна агрегатів на обертові з подальшим їх ремонтом в спеціалізованих майстернях, а це можливо лише при організації правильного підходу до створенню ремонтних баз та запасів а також організації логістики. Досягнути високих результатів в цьому питанні можливо лише завдяки оснащеної ремонтно-обслуговуючої бази та чіткій організації ремонтно-технічних підрозділів.

Експлуатація двигуна в перші години експлуатації після капремону пов'язана з ризиком його поломки при недотриманні бережливого режиму експлуатації. Адже великі навантаження і оберти можуть привести до перевищення допустимих сил, що діють на окремі ділянки відреставрованих або неприпрацьованих деталей, спричинити місцеві перегріву в місці контакту деталей, їх підпалвлення і задири. По цій причині необхідний деякий період припрацювання деталей, тобто обов'язково проводити обкатування.

Ось чому в теперішній час це питання перед багатьма ремонтно-технічних підрозділів стоїть досить гостро, а тема кваліфікаційної роботи пов'язана з виконанням цих задач. Тому всі розділи кваліфікаційної роботи будуть направленні на пошуки і рішення формульованих задач.

Враховуючи вище сказане метою роботи є дослідження методів та засобів обкатування двигунів важкої військової техніки.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка ділянки обкатки двигунів важкої військової техніки і вдосконалення обкатувально-гальмівного стенду.

Для досягнення цієї мети необхідно виконати наступні завдання:

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Провести огляд та аналіз двигунів які використовуються на важкій військовій техніці що стоїть на озброєнні Збройних сил України;
2. Провести аналіз обладнання для обкатки ДВЗ, виконати підбір обладнання для відділення обкатки двигунів;
3. Виконати модернізацію обраного стенду для обкатки двигунів;
4. Розробити заходи з охорони праці та охорони навколишнього середовища при роботі в відділенні обкатки двигунів.

					М.А.А.Г.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ОГЛЯД ДВИГУНІВ ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ НА ВАЖКІЙ ВІЙСЬКОВІЙ ТЕХНІЦІ ЩО СТОІТЬ НА ОЗБРОЄННІ ЗБРОЙНИЙ СИЛ УКРАЇНИ

1.1 Коротка характеристика техніки що стоїть на озброєнні Збройний сил України

На озброєнні ЗСУ стоїть велика кількість радянських зразків техніки (БМП-1, БМП-2, БМД-1, БМД-2) а також зразки країн НАТО (M2 Bradley, Marder, KTO Rosomak, LAV 6). Дуже поширилось використання MRAP (машина з захистом від мін і засідок) та бронеавтомобілів. Використовується дуже велика кількість різноманітних моделей як вітчизняного так і закордонного виробництва, серед них вітчизняного виробництва: Varta, Kozak, бронеавтомобілі заводів КРАЗ та Богдан. Моделі закордонного виробництва представлені Bushmaster, Roshel Senator, Cougar, International M1224 MaxxPro, Oshkosh M-ATV.

В військах поширені також вантажні автомобілі сімейства КРАЗ, МАЗ, КАМАЗ, а також вантажівки закордонного виробництва таких виробників як Scania, Volvo, DAF, Renault, Iveco, MAN. [1]

1.2 Характеристики двигунів які використовуються на техніки що стоїть на озброєнні Збройний сил України

В усіх бойових машин піхоти та MRAP встановлюються дизельні двигуни різної потужності. На радянській техніці що стоїть на озброєні намагаються замінювати двигуни ще розроблені в радянському союзі (УТД-20, УТД-29, ЯМЗ-238) на двигуни які випускаються в країнах НАТО (Cummins, Deutz, Ford).

На важкій техніці використовуються двигуни такої потужності:

– на БМП-1 та БМП-2 використовується двигун УТД-20 потужністю 210—221 кВт [2];

– на M2 Bradley використовується двигун Cummins VTA-903T потужністю 450 кВт [3];

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- на БМП Marder використовується двигун MTU MB 833 Ea-500 потужністю 441 кВт [4];
- на БМП КТО Rosomak використовується двигун Scania DI 12 потужністю 405 кВт [5];
- на Stryker використовується двигун Caterpillar C7 потужністю 260 кВт [6];
- на MRAP Cougar використовується двигун Caterpillar C7 потужністю 260 кВт [7];
- на MRAP International MaxxPro використовується двигун MaxxForce D9.3I6 I6 потужністю 280 кВт [8];
- на MRAP Oshkosh M-ATV використовується двигун Caterpillar C7 потужністю 260 кВт [9];
- на KrAZ-5233 використовується двигун ЯМЗ-238 потужністю 243 кВт [10];

Обкатка машин, агрегатів, вузлів - це спеціальна технологічна операція, завдання якої полягає в тому, щоб за певних, спеціально встановлених, мінімальних в часі режимах підготувати машину, агрегат до сприйняття експлуатаційних навантажень, усунути дрібні несправності, видалити продукти зносу, інтенсивно виділяється під час припрацювання тертьових пар з метою подальшої надійної роботи машини.

Вимоги до компактності та забезпечення великою потужності на кубічний метр розміру створюють дуже важкі умови експлуатації двигуна. Вони мають високу ступінь стиску, встановленні турбіни для забезпечення високого тиску наддуву. Сукупність цих умов визначає потребу в проходженні післяремонтної обкатки цих двигунів, так як при важких умовах експлуатації потрібно забезпечувати їх високу надійність та роботоздатність [11].

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ОБКАТКА І ВИПРОБУВАННЯ ДВИГУНІВ

2.1 Вибір обладнання для проєктованого відділення

Технологічне обладнання відділення обкатки двигуна внутрішнього згоряння вибираємо згідно з технологічним процесом. Обране устаткування зводимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1.Відомість устаткування і оснащення відділення.

Поз.	Найменування	Марка, модель	Кількість	Площа, м ²	
				Одиниці	Всього
1	Стенд обкаточно-гальмівний	ОТС-3	3	5,625	16,875
2	Реостат	5540.02	3	0,2	0,6
3	Шафа керування	-	3	0,35	1,05
5	Радіатор	-	3	0,3	0,9
6	Витратний бак для палива	1019-502-00	3	0,1	0,3
7	Бак роздачі палива	1019-505-00	3	0,72	2,16
8	Масляний фільтр	ФГТ-30	2	0,3	0,6
9	Резервуар для мастила	С-205	1	0,7	0,7
10	Масляний насос	ЭМН-5/3-2	1	0,25	0,25
13	Установка насосна	-	1	0,24	0,24
14	Резервуар для води	С-221	1	0,5	0,5
15	Тумбочка для інструменту	ОРГ-1611	3	0,24	0,72
16	Майданчик готової продукції	-	1	4,33	4,33
18	Ящик с піском	-	1	0,24	0,24
21	Вогнегасник	ОУ-10	2	0,15	0,3
Разом					12,89

2.2 Розрахунок площі приміщення та розстановка устаткування

Площа відділення обкатки і випробування ДВЗ визначають трьома способами: графічним - розстановкою обладнання на плануванні;

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розрахунковим - за питомими площами на одиницю обладнання, на одного робітника, на одне робоче місце або на одиницю роботи; розрахунковим – по площі, займаної обладнанням та перехідним коефіцієнтом. Орієнтовно площа ділянки обкатки ДВЗ визначається [12]:

$$F_d = f_{obl} \times k_{ш} \quad (2.1)$$

де: f_{obl} – сумарна площа обладнання плані, m^2 ;

$k_{ш}$ – коефіцієнт щільності розстановки устаткування ($k_{ш} = 5-7$)

$$F_d = 12,89 \times 7 = 90,23 \text{ м}^2$$

Приймаємо, враховуючи будівельні норми, $F = 144 \text{ м}^2$.

$$L_p = F_d / l_n \quad (2.2)$$

де: l_n – ширина прольоту, ($l_n = 6 \text{ м}$)

$$L_p = \frac{144}{12} = 12 \text{ м}$$

Приймаємо, враховуючи будівельні норми розмір відділення 12 на 12 метрів.

При розстановці устаткування й оснастки слід керуватися розмірами (розривами) з-поміж них і відстанями від муру і колон. Ці розміри повинні гарантувати зручність робіт, безпеку робочих, достатню свободу руху людей.

Відстань між устаткуванням регламентується правилами охорони праці та існуючими нормативами, які враховують зручність і безпека за її експлуатації.

При компонуванні ділянки потрібно узгодити його з протипожежними, санітарно-гігієнічними та інші нормами.

Кожен вид устаткування має умовне позначення, форма якого відповідає його контурам на плані, а розміри габаритам у відповідній масштабі.

На плані наводять також умовні позначення місць підвода електроенергії, води, місцеві вентиляційні насоси, перебування аптечки і коштів пожежогасіння.

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Загальні положення

Обкатка і випробування - завершальна операція технологічного процесу капітального ремонту двигунів внутрішнього згорання. У процесі обкатки і випробування відремонтованого двигуна відбувається припрацювання поверхонь тертя двигуна, підготовка його до експлуатації під навантаженням і всебічний контроль за якістю капітального ремонту.

Режим обкатки двигуна після капітального ремонту ділиться на три стадії: холодна без навантаження, гаряча на холостому ході і гаряча під навантаженням.

Холодна обкатка здійснюється при обертанні колінчастого вала двигуна від стороннього джерела, наприклад від електродвигуна. Тепловий стан двигуна при цьому підтримується за рахунок подачі гарячої води і підігрітого масла.

Гаряча обкатка – це процес, який відбувається на працюючому двигуні. Якщо при цьому двигун не навантажується гальмівним пристроєм стенда, то такий процес називають припрацюванням на холостому ході незалежно від положення рейки паливного насоса і частоти обертання колінчастого вала. Процес, що відбувається при гальмуванні працює двигуна що припрацьовується з гальмівним пристроєм стенду, називають гарячим припрацюванням під навантаженням.

Режими обкатки розраховані на приробітку основних сполучень двигуна, які визначають його надійність і довговічність, тобто сполучень деталей шатунно-поршневої групи і кривошипно-шатунного механізму. Завдяки цьому при правильно призначеному режимі приробітки і його строгому дотриманні якість відремонтованих двигунів істотно підвищується.

Двигун, що надходить на обкатку і випробування, повинен бути повністю укомплектований (за винятком крильчатки вентилятора, генератора, компресора), пофарбований, з чистою і сухою поверхнею, особливо в місцях з'єднання деталей, зварювальних швів і латок, тоді при

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обкатці легко виявляються нещільності в з'єднаннях з підтікання масла, води і палива.

На час обкатки в піддон двигуна, паливний насос високого тиску, регулятор і повітряний фільтр заливають дизельне масло до верхніх позначок показників рівня масла.

2.4 Обладнання та прилади для обкатки і випробування двигунів

Обкатують і випробовують двигуни на ремонтних підприємствах на електричних гальмівних стендах змінного струму КІ-5274, КІ-21118А (рис. 2.1) і інших (рис. 2.2).

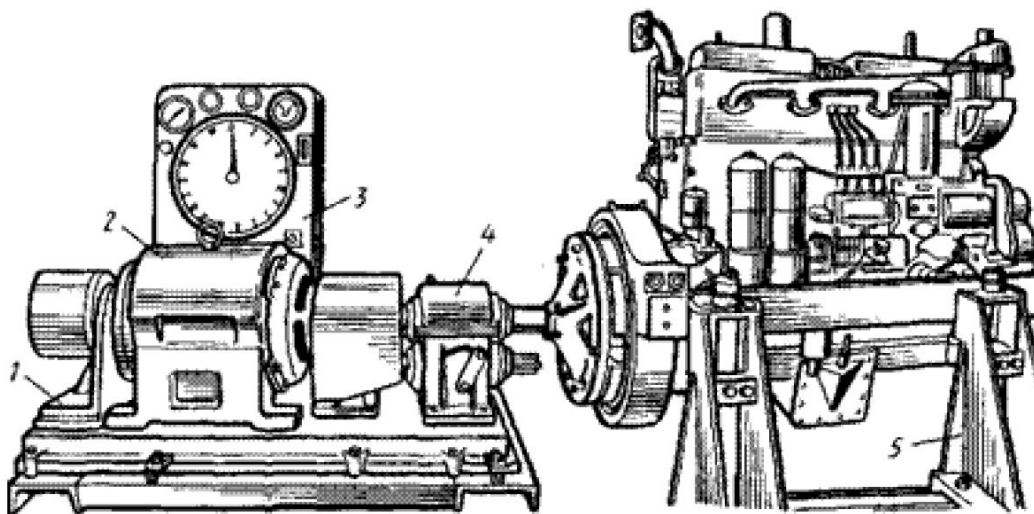


Рис. 2.1 Електричний обкатно-гальмівний стенд для обкатування і випробування двигунів:

1 - стійки, 2 - електродвигун-гальмо, 3 - пульт управління,
4 - редуктор, 5 - плита з чотирма стійками.

Стенд повинен мати обладнання та прилади, необхідні для вимірювання потужності двигуна, частоти обертання колінчастого вала, годинної витрати палива, температури води, що виходить з двигуна, температури масла в піддоні двигуна, тиску масла в магістралі, кута випередження впорскування палива в градусах, кута повороту колінчастого вала.



Рис. 2.2 Стенди для обкатки ДВЗ

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Витрата палива заміряють на вагах з межею вимірювання до 15 кг, час відраховують за секундоміром з ціною поділки до 01 с; частоту обертання - ручним тахометром або тахоскопом з ціною поділки не більше 10 об /хв; ємність витратного бачка повинна бути 10-12 л.

Холодна обкатка двигуна проводиться з вкрученими форсунками. Перед пуском стенду двигун прогрівають гарячою водою протягом 5-7 хв; колінчастий вал кілька разів провертають вручну для перевірки справності двигуна і правильної його установки на стенді; перевіряють і при необхідності знову регулюють теплові зазори в клапанному механізмі. Початкову частоту обертання колінчастого вала при холодній заробляння вибирають з умов надійного забезпечення подачі масла до тертьових поверхонь і його розбризкування.

У процесі холодної обкатки за допомогою стетоскопа вислуховуються шуми і стуки розподільних шестерень, шатунних і корінних підшипників, поршневих пальців і поршнів. Перевіряють тиск масла в системі, яка повинна бути не менше 01 МПа при частоті обертання колінчастого вала 500 об /хв; подачу масла до підшипників коромисел і герметичність ущільнення форсунок в голівках циліндрів; відсутність течі води і масла на двигуні.

При виявленні дефектів приробітку припиняють і продовжують її тільки після їх усунення.

Після закінчення холодної обкатки перевіряють і при необхідності регулюють теплові зазори між торцями клапанів і коромислами.

Гаряча обкатка без навантаження. Перед гарячої обкаткою двигуна необхідно відрегулювати кут випередження впорскування палива з похибкою + 1 і прокачати паливну систему ручним насосом, попередньо послабивши пробки паливного насоса високого тиску. При відсутності пухирців повітря в паливі, що виходить з-під пробок, останні знову затягують.

Після пуску двигуна стетоскопом прослуховують шуми і стуки розподільних шестерень, шатунних і корінних підшипників, поршневих пальців і поршнів; перевіряють герметичність всіх з'єднань паливної системи

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

двигуна, відсутність течі масла, води, пропуску повітря і відпрацьованих газів.

Температура води, що виходить з двигуна, повинна бути 80-90 ° С, при цьому різниця температур води, що виходить з правої і лівої труб одного двигуна, не повинна перевищувати 5° С.

Температура масла в піддоні або на виході з двигуна не повинна перевищувати 100° С. Тиск масла в магістралі має бути 05-07 МПа при номінальних оборотах колінчастого вала і не менше 01 МПа - при 500 об/хв.

Викидання і підтікання масла, води і палива, а також прорив газів в місцях з'єднань не допускаються. При виявленні дефекту обкатку припиняють і продовжують тільки після його усунення.

Гаряча обкатка під навантаженням. На етапі гарячої обкатки під навантаженням відбувається приробітка поверхонь тертя, що працюють під дією тільки інерційних сил (на тактах вихлопу і всмоктування), а також поверхонь, що працюють під дією сумарних сил (на такті робочого ходу).

В ході гарячої обкатки під навантаженням двигун ретельно оглядають і прослуховують.

При цьому не є бракувальними ознаками (якщо це не обумовлено керівництвом з капітального ремонту двигуна):

- потіння, поява масляних плям і окремих крапель в місцях сальникових ущільнень, падіння окремих крапель (не більше однієї краплі протягом 5 хв при будь-яких режимах роботи двигуна);

- потіння без краплеутворення в місцях з'єднань; виділення масла і конденсату через відвідну трубку системи вентиляції картера;

- злив палива з дренажних трубок форсунок у вигляді крапель; виділення води, мастила або суміші води і мастила з дренажного отвору водяного насоса при будь-яких режимах роботи двигуна (не більше однієї краплі в 3 хв);

- виділення окремих крапель з дренажного отвору водяного насоса при зупинці двигуна.

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При виявленні дефекту обкатку припиняють і продовжують тільки після його усунення.

При заміні хоча б одного поршня, поршневого кільця, поршневого пальця, вкладишів корінного або шатунного підшипників проводять повторну обкатку на всіх трьох стадіях.

При заміні розподільчих шестерень, масляного насоса, розподільного вала, втулок розподільного вала, клапанів або штовхачів слід повторити обкатку двигуна на холостому ході і під навантаженням.

Результати обкатки заносять в журнал або в контрольну карту, де записують дату, час початку і кінця обкатки, марку і номер двигуна, причини зупинок, потужність двигуна, прізвища обкатників і контролера.

Приймально-здавальні випробування. Після обкатки приробиться двигун пред'являють контролеру ВТК для приймально-здавальних випробувань, які проводять з метою перевірки якості складання двигуна і окремих його складальних одиниць, якості підробітки тертьових поверхонь, визначення відповідності показників двигуна технічними умовами на поставку.

При проведенні приймально-здавальних випробувань необхідно дотримуватись режимів, встановлені технічними умовами або посібниками з капітального ремонту двигунів відповідних марок. Перевіряють: рівень масла в картері двигуна; температуру води і масла; відсутність течі води, масла і палива у всіх з'єднаннях двигуна; правильність роботи масляної системи.

Не допускається: прослуховується стетоскопом стукіт поршнів, корінних і шатунних підшипників; стукіт поршневих пальців, різкий стукіт клапанів, коромисел або штовхачів; стукіт або шум високого тону розподільних шестерень і шестерень масляного насоса; шум підшипників водяного насоса; пропуск газів або підсмоктування повітря через прокладки.

Допускається: рівномірний стукіт клапанів і штовхачів, що зливається в загальний шум; рівний нерізкий шум високого тону від роботи розподільних шестерень і шестерень приводу розподільника.

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Серед агрегатів тракторів і автомобілів найменш довговічний - двигун. За його ресурсом визначають міжремонтні строки служби машин. Складові частини двигуна мають різний ресурс. Найшвидше зношуються поршневі кільця, поршні, циліндри, клапани, шийки колінчастого вала, його шатунні і корінні вкладиші. Ці елементи двигуна відносяться до відповідальних складальних одиниць деталей, для усунення несправностей яких розроблені прогресивні технологічні процеси. Під час обкатки двигунів досягають взаємного припрацювання тертьових поверхонь деталей, виявляють дефекти ремонту і остаточно регулюють механізми та вузли. Випробування двигунів є контрольною операцією оцінки якості ремонту.

У процесі виготовлення і відновлення деталям машин надають певної геометрії та фізико-механічних властивостей. Проте вони далеко не завжди є оптимальними для умов експлуатації. На тертьових поверхнях деталей після їх виготовлення є сліди механічної обробки у вигляді виступів різної висоти. Внаслідок цього спряження деталей після складання контактують по поверхні виступів. Площа фактичного контакту тертьових поверхонь буває в сотні й тисячі разів меншою, ніж розраховані площі. Якщо такі поверхні навантажити, у місцях контактів виникнуть значні питомі тиски, що призведе до місцевих перевантажень, інтенсивного руйнування і заклинювання їх.

На тертя і спрацювання деталей дуже впливає шорсткість поверхонь. При менших шорсткостях фактична опорна поверхня більша. Спрацювання поверхонь тим менше, чим менша їх шорсткість.

Щоб запобігти аварійному руйнуванню тертьових поверхонь, нові або відремонтовані двигуни поступово навантажують у початковий період їх роботи. При цьому відбувається процес, внаслідок якого збільшується стійкість проти спрацювання тертьових поверхонь завдяки збільшенню площі фактичного контакту і поліпшенню фізико-механічних властивостей. Процес підвищення якості тертьових поверхонь спряжуваних деталей у початковий період їх роботи називають припрацюванням.

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Процес припрацювання має особливо велике значення для відповідальних деталей двигуна, від яких залежить його надійність та економічність. До таких деталей насамперед належать гільзи циліндрів, поршневі кільця, поршні, поршневі пальці, втулки верхніх головок шатунів, підшипники і шийки колінчастого вала. Ці деталі працюють в умовах високих питомих навантажень, високих температур, в агресивних газових середовищах, при недостатньому мащенні, в несприятливих умовах зміни швидкостей ковзання.

Припрацювання тертьових поверхонь спряжених деталей залежить від факторів:

а). зумовлених конструкцією двигуна(матеріал тертьових поверхонь деталей, допуски і посадки в основних вузлах і спряженнях, характер обробки поверхонь деталей);

б). зумовлених технологією виготовлення та відновлення деталей і складання двигунів в умовах ремонтного підприємства (якість тертьових поверхонь, правильність складання спряжених деталей);

в). які визначають режим припрацювання (навантаження, характер прикладання навантажень, швидкості ковзання тертьових поверхонь, умови мащення тертьових поверхонь, температурні умови, а також зміна їх в часі).

При відхиленні від такої форми в поперечному перерізі виникає овальність або огранка, які погіршують якість поверхні, а також подовжують процес припрацювання. Крім того, при овальності чи огранці, наприклад поршневих кілець, збільшується пропускання газів, відбувається здування і згоряння шару масла, виникають задирки або підвищення спрацювання спряжених деталей, а також збільшуються витрати масла.

Для мащення двигунів у період припрацювання рекомендують масло індустріальне И-45 або И-50 і суміш дизельних масел з маслом індустріальним И-12 або И-20. Для прискореного і повного припрацювання двигунів до масла можна додавати спеціальні присадки, що складаються з поверхнево-активних речовин. Добрі результати дає припрацювання на маслі

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

з присадками сірки (додають 0,8-1,2%). Присадки прискорюють процес припрацювання, поліпшують якість поверхонь спряжених деталей і зменшують тривалість процесу в 2 – 5 і навіть у 6 – 8 разів. Спрацювання тертьових поверхонь зменшується в 1,2-1,5 рази порівняно з припрацюванням на маслі без присадки сірки.

Обкатку і випробування слід виконувати тільки з тими приладами живлення, електричного запалювання і т. п., з якими вони працюватимуть у процесі експлуатації.

Режими обкатки і випробування двигунів залежать від їх призначення і конструкції. Вони встановлені відповідними технічними вимогами.

Технологічний процес обкатки і випробування двигунів у ремонтному підприємстві включає поряд з операціями по підготовці стенда і двигуна холодну та гарячу обкатки без навантаження (на холостому ході) і під навантаженням, а також контрольне випробування.

Після обкатки і випробування передбачають контрольний огляд і перевірку роботи двигуна. Потім його доукомплектовують і фарбують.

У процесі холодної обкатки тиск масла в магістралі прогрітого двигуна повинен бути не менше 1 кгс/см² при мінімальній частоті обертання колінчастого вала, підтікання масла, палива або води в місцях з'єднань не допускається. Нагрівання тертьових поверхонь деталей перевіряють на дотик (перегрівання не допускається). Різкі шуми і стуки в механізмах двигуна не допускаються.

Тиск масла в головній магістралі двигунів повинен бути не менше 2 кгс/см², а температура води і масла - +60·С. Якщо в процесі холодної обкатки не виявлено несправностей або їх усунуто на стенді, двигун готують до гарячої обкатки (ретельно оглядають, підтягують гайки кріплення головки циліндра).

У разі здійснення холодної обкатки на спеціальному обкатному маслі, його треба злити, промити масляні фільтри і заправити двигун дизельним маслом або приєднати до проточно-циркуляційної системи мащення.

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Перед пуском двигуна для припрацювання слід короткочасно прокрутити його на малій частоті обертання колінчастого вала для заповнення свіжим маслом системи мащення і паливної системи дизельним паливом.

Гарячу обкатку двигуна без навантаження здійснюють без використання енергії на прокручування від стороннього джерела. При цьому обкатуваний двигун не віддає енергії (тобто він працює на холостому ходу).

Гаряче припрацювання без навантаження підготовляє двигун до роботи при напруженішому тепловому режимі припрацювання під навантаженням. У разі потреби перевіряють і регулюють кут початку подачі палива і циліндри за кутом повороту колінчастого вала до в. м.т. Пуск двигунів Д-240Л здійснюють від пускового двигуна при досягненні тиску масла в головній магістралі не менше 3 кгс/см². Двигун повинен пускатись пусковим двигуном протягом 1,5 хв.

У процесі гарячої обкатки двигуна без навантаження перевіряють герметичність з'єднань. Тиск у магістралі повинен бути оптимальним, температура води і масла 80-95 °С. Тертьові поверхні деталей не повинні перегріватися. Під час обкатки двигун має працювати безперебійно при мінімальній і максимальній частоті обертання колінчастого вала відповідно до технічних вимог. При зміні частоти обертання на холостому ходу двигун повинен мати добру прийомистість. Не допускається підсмоктування повітря в місцях кріплення всмоктувальної труби або вихід газів у місцях з'єднання випускних труб.

Після обкатки без навантаження двигун оглядають, усувають несправності, перевіряють затяжку гайок кріплення головки циліндрів і зазори між бойками коромисел і торцями стержнів клапанів, які повинні відповідати наведеним у технічних вимогах для прогрітого двигуна.

Між клапаном і коромислом при положенні поршня у ВМІ повинен бути зазор, який забезпечує посадку клапанів на сідла, компенсацію теплового розширення деталей механізму привода клапанів і їх надійну

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

роботу. Зазори у клапанах дизелів СМД-14, СМД-60 та ЯМЗ регулюють на холодному двигуні, Д-50 і Д-240 – на прогрітому.

Стежачи за коромислами клапана першого циліндра, повільно обертають колінчастий вал, при цьому обидва клапани (впускний, а потім впускний) відкриваються і закриваються.

У дизелях Д-240 положення поршня, близько до ВМТ, визначають установочним болтом (щупом). Після закриття впускного клапана болт викручують з різьбового отвору заднього листа і вставляють ненарізаним кінцем у той же отвір. Потрапляння болта в отвір на маховику відповідатиме положенню поршня у дизеля Д-240 -26° до ВМТ. Перевіряють зазор між стержнем клапана і бойком коромисла (0,25-0,30 мм на холодному двигуні) і при необхідності регулюють обидва клапани першого циліндра. Для цього відпускають контргайку регулювального гвинта, встановлюють потрібний щуп між ударником коромисла і головкою стержня клапана. Прокручуючи викруткою регулювальний гвинт, переміщують щуп до притискання його коромислом. Утримуючи в такому положенні гвинт, затягують контргайку. Після цього знову перевіряють зазор. Щуп не повинен входити вільно. Потім регулюють клапани в інших циліндрах, дотримуючи такого ж порядку. Послідовність роботи поршнів двигуна така: 1-3-4-2. Тепловий зазор становить 0,25-0,30 мм на холодному двигуні.

Після закінчення такої обкатки енергія, яку виробляє двигун, передається гальмівному пристрою. На відміну від холодної та гарячої обкатки без навантаження, при яких змінювались, головним чином, швидкості відносно переміщення, процес гарячої обкатки під навантаженням характеризується зміною гальмівного моменту, створюваного на валу обкатуваного двигуна.

У процесі обкатки без навантаження з підвищеною частотою обертання вала і під навантаженням робота двигуна Д - 240 повинна відповідати таким технічним вимогам:

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- максимальна частота обертання колінчастого вала на холостому ходу 2250 -2350 об/хв., мінімальна – 600 об/хв.;
- тиск масла в магістралі 2,7-3.5 кгс/см² при 2200 об/хв. І не менше 0,8 кгс/см² при 600 об/хв,
- температура масла в піддоні двигуна 80-90 °С, а охолодної води в системі – 80-95°С;
- сторонні шуми і стуки в механізмах двигуна не допускаються; нагрівання механізмів і агрегатів двигуна повинно бути рівномірним, перегрівання тертьових деталей не допускається;
- підтікання палива, масла і води в з'єднаннях і крізь ущільнення не допускається.

Допускається:

- запотівання, утворення масляних плям і окремих крапель у місцях сальникових ущільнень (не більше однієї краплі протягом 5 хв при будь-яких режимах роботи двигуна;
- виділення масла і конденсату через вихідну трубку системи вентиляції картера (не більше двох крапель на хвилину при 1700 об/хв.);
- виділення масла через дренажну трубу паливного насоса (не більше 3 см³ протягом 5 хв);
- виділення окремих крапель води з дренажного отвору водяного насоса при зупинці двигуна

Гарячу обкатку двигунів під навантаженням здійснюють при встановленні важеля регулятора паливного насоса на максимальну частоту обертання колінчастого вала (повну подачу палива).

Максимальне навантаження не повинно перевищувати 90% номінальної потужності двигуна. Під час проведення і після обкатки двигуна усувають виявлені несправності.

Після зупинки двигуна необхідно затягнути гайки кріплення головок циліндрів з моментом 16-18 кгс м. Не раніше як через 10 хв після зупинки двигуна треба відрегулювати зазори клапанів, а також перевірити кут

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

початку подачі палива ($26 \pm 2^\circ$). Зміст та послідовність виконання завдання, вимоги до виконання операцій і прийомів роботи, режим роботи, технічні умови. Норми регулювання такі.

1. Встановлення двигуна на стенд.
2. Холодна обкатка двигуна.
3. Гаряча обкатка двигуна.
4. Випробування двигуна.
5. Контрольний огляд двигуна.

Обкатка двигуна Д-240 (приклад):

1. Перевірити готовність двигуна до обкатування.
2. Установити двигун на стенд. З'єднати його з редуктором стенда, приєднати провід, водяний трубопровід, залити мастило у картер двигуна.
3. Встановити захисні щити стенда.
4. Ввімкнути електродвигун стенду. Провести холодне обкатування двигуна по 10 хвилин при обертах 500-600, 700-800, 900-950. Тиск мастила повинен бути не нижче $2,0 \text{ кг/см}^2$. Температура мастила і води повинна бути не нижче $-70 + 10^\circ\text{C}$.
5. Прослухати роботу двигуна. Ненормальний шум та стук не допускається.
6. Перевірити і при необхідності відрегулювати кут уприскування палива. Він повинен бути $26 + 2^\circ$
7. Запустити двигун, провести гаряче обкатування двигуна без навантаження по 5 хв. при 1000 п – 1, 1400 – 1, 1800 – 1, 2325 – 1. Тиск мастила не нижче 2 кгс/см^2 , температур води і мастила $75 + 15^\circ\text{C}$.
8. Зупинити двигун, підтягнути гайки кріплення головки блока. Відрегулювати клапани.
9. Провести гаряче обкатування під навантаженням згідно технічним умовам. Тиск мастила повинен бути $2,5 - 3,5 \text{ кгс/см}^2$, температура охолоджуючої рідини та масла $80 + 10^\circ\text{C}$.
10. Знайдені несправності двигуна усунути.

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Провести випробування двигуна на повну потужність. Вона повинна бути 75 + 5 л. с.

12. Провести випробування на витрату палива. Допустима витрата палива 14,2 кг/год.

13. При необхідності провести контрольний огляд двигуна. Знайдені дефекти усунути.

2.5 Обкатка і випробування двигунів внутрішнього згорання

Двигуни внутрішнього згорання після ремонту обов'язково піддаються обкатці і випробуванню. Обкатка і випробування відремонтованих двигунів, з одного боку, готують до експлуатації поверхні тертя деталей, з іншого – визначають показники і характеристики роботи двигуна для об'єктивної оцінки якості ремонту. Обкатують і випробовують двигуни на електро-гальмівних стендах (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2. Технічна характеристика обкаточно-гальмівних стендів

Модель стенда	Характеристика електричної машини			Можлива частота обертання колінчатого валу двигуна, хв^{-1}	
	Потужність, кВт	Синхронна частота обертання, хв^{-1}	Крутний момент, Н·м (кгс·м)	При холодної обкатці	При обкатці під навантаженням
КИ-5541	55	700	726 (74)	300...700	800...1500
КИ-5542	37	1000	363 (37)	400...950	1100...2500
КИ-5543	55	1500	363 (37)	600...1450	1600...3000
КИ-5540	90	1500	687 (70)	600...1450	1600...3000
КИ-5274	160	1500	1020 (105)	600...1450	1600...3000
КИ-4893	37	1000	363 (37)	500...950	1100...2000
ОТС-3	160	2500	5000	500...2500	500...2500
ОТС-4	160	2500	5000	500...2500	500...2500

При підборі стенду для обкатки двигуна керуються наступним:

- максимальна частота обертання колінчастого вала випробуваного двигуна на холостому ході повинна бути близька за величиною подвійний синхронній частоті обертання ротора електродвигуна стенду, перевищення не допускається;

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

- максимальний крутний момент двигуна не повинен перевищувати номінальне значення крутного моменту електродвигуна стенду (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3. Допустимі моменти прокручування колінчатих валів дизелів

Марка дизеля	Розмір моменту, Н·м (кгс·м)
ЯМЗ-238НБ, ЯМЗ-240Б	80...100 (8...10)
СМД-60, СМД-62, СМД-64, СМД-66, СМД-72	60...80 (6...8)
СМД-17, СМД-18, СМД-19, СМД-20, СМД-21, СМД-22	60...80 (6...8)
Д-240, Д-241, Д-241Л, Д-260	60...80 (6...8)
А-01, А-03, А-41	40...50 (4...5)
Д-108, Д-160	60...80 (6...8)
Д-37, Д-37М, Д-144, Д-21А1, Д-21	40...60 (4...6)
Д-65, Д-65Н, Д-50, Д-50Л	60...80 (6...8)

При підготовці стенду до роботи перевіряють концентрацію електроліту в рідинному регулювальному реостаті. Електролітом служить водний розчин кальцинованої соди.

Для обкатки та випробувань двигунів малої, середньої потужності рекомендується приймати розчин концентрацією 0,5 ... 1%, а для двигунів великої потужності - концентрацією 2 ... 3%. Перед установкою двигуна на обкатних-гальмівний стенд необхідно перевірити момент провертання колінчастого валу. Колінчастий вал повинен провертатися плавно, без заїдань; момент провертання не повинен перевищувати значень, вказаних в технічних вимогах на ремонт двигуна відповідної моделі. Зазори між

бойками коромисел і торцями стрижнів клапанів газорозподільного механізму двигуна повинні бути відрегульовані.

У двигуна, підготовленого до обкатки, зовнішні поверхні повинні бути чистими і сухими, особливо в місцях з'єднань деталі та ущільнень, навколо заглушок і заварених місць. Масляний піддон двигуна повинен бути заповнений моторним або обкатний маслом до позначки В «ПВ» масломірною щупа.

З метою скорочення часу прироблення і поліпшення її якості в масло вводять добавки, що містять сірку. Технологічна обкатка двигуна складається з трьох етапів: холодного, гарячого без навантаження (на холостому ходу) і гарячого під навантаженням.

Холодна обкатка проводиться методом прокручування колінчатого валу двигуна на відповідних швидкісних режимах електричної машиною обкаточно-тормозного стенда. Перед холодною обкаткою сорочку охолодження двигуна заповнюють водою. У процесі холодної обкатування двигуна робота його систем мастила і охолодження має відповідати наступним вимогам:

- тиск олії на головну олійною магістралі двигуна має не меншим 0,08МПа при мінімальній частоті обертання колінчатого валу;
- температура олії вбираються у піддоні двигуна (чи перед мастильним радіатором) двигуна мусить бути трохи більше 75 °С;
- температура охолоджувальної рідини виході з системи охолодження двигуна мусить бути трохи більше 80 °С.

Під час обкатування навпомацки перевіряють нагрівання тертьових поверхонь. З допомогою стетоскопа прослуховують стукіт і шуми всередині двигуна. Не властиві нормальної роботі двигуна стукіт і шуми у механізмах не допускаються. При виявленні зазначених та інших несправностей обкатку двигуна переривають до усунення причини ненормальною роботи механізму.

На завершення етапу допускається додатково перевірити достовірність і за необхідності відрегулювати зазори в клапанному (газораспределительном) механізмі двигуна.

Гаряча обкатка без навантаження виконується після пуску поступовим підвищенням частоти обертання колінчатого валу двигуна. Пуск двигуна реалізації гарячої обкатування має проводитися від електричної машини стенда чи пускового агрегату (устрою).

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У процесі гарячої обкатування без навантаження температуру олії вбираються у піддоні двигуна і температуру охолоджувальної рідини виході з системи охолодження рекомендується підтримувати не більше 60...950 З.

Після закінчення другого етапу обкатування двигуна підтягують гайки, регулюють зазори в клапанах та друзі проводять гарячу обкатку під навантаженням. Режими холодної, гарячої обкатування без навантаження та гарячої обкатування під навантаженням встановлюють кожному за типу двигуна і вказують в технологічних картах.

Гаряча обкатка під навантаженням проводиться методом гальмування працюючого двигуна на відповідних навантажувальних режимах при становищі органів управління регулятором частоти обертання відповідному повної подачі палива.

У процесі обкатування під навантаженням температура охолоджувальної рідини виході з системи охолодження двигуна та олії маєш бути у межах 70...95 °С. Тиск олії вбираються у головної олійною магістралі двигуна за частоти обертання колінчатого валу, близькою до номінальної.

Невелика димність прогрітого двигуна усім режимах обкатування, перевищують 50 % номінальною потужності, перестав бути дефектним показником.

Під час палкої обкатування під навантаженням заборонена:

- підтікання олії, охолоджувальної рідини, палива через прокладки і різьбові сполуки деталей;
- підсасування повітря на місцях кріплення впускного колектора;
- перепустку газів з-під фланців випускного колектора і крізь прокладки головок циліндрів;
- невластиві нормальної роботі двигуна шуми і стукіт у механізмах.

Після закінчення гарячого обкатування двигун перевіряють на розвиваючу потужність і витрати, контролюють оглядом і усувають

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

несправності. Тривалість випробування двигуна під повної навантаженням має перевищувати 5 хвилин.

Потужність двигуна N_e визначають за такою формулою:

$$N_e = (P * n * 0.736) / (1000 * \eta) \quad (2.3)$$

де P – навантаження по ваговому механізму стенда, кг;

n – частота обертання колінчатого валу, хв^{-1} ;

η – ККД.

Витрати розраховують за такою формулою:

$$Q_{\text{год}} = (3,6 * g) / t \quad (2.4)$$

де g – маса палива, витраченого під час випробування, кг;

t – час випробування, с.

Питома витрати g_e визначають з висловлювання:

$$g_e = (1000 * \eta * Q_{\text{год}}) / N_e \quad (2.5)$$

де $Q_{\text{год}}$ – годинна витрата, кг/год. ;

N_e – потужність що розвивається двигуном, кВт.

Після закінчення обкатування та випробування двигун оглядають. Перевіряють можливість його запуску від пускового двигуна чи стартера, потім знімають із обкаточного стенда і встановлюють на стенд контрольного огляду. Знімають піддон картера, кришки шатунних і корінних підшипників. У цьому звертають уваги на стан робочих поверхонь шийок колінчатого валу і вкладишів. Шейки нічого не винні рівномірно прилягати до шийок. Інакше спостерігаються неприрабатанные поверхні. При поточний ремонт двигуна холодна обкатка проводиться за частоти обертання колінчатого валу $500 \dots 700 \text{ хв}^{-1}$ протягом $3 \dots 5 \text{ хв.}$

Обкатку двигуна без навантаження проводять у протягом 10 хвилин при плавному підвищенні частоти обертання валу двигуна від мінімально-стійкого до максимально холостого ходу. Обкатку двигуна під навантаженням проводять протягом 20 хвилин, крутний момент від 5 до 95 % від номінального за цілковитої подачі палива на циліндр двигуна. Температура масла і води $5 \dots 95 \text{ }^\circ\text{C.}$

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6 Обкатка двигунів на стенді

Експлуатація двигуна в перші години експлуатації після капремонту пов'язана з ризиком його поломки при недотриманні бережливого режиму експлуатації. Адже великі навантаження і оберти можуть привести до перевищення допустимих сил, що діють на окремі ділянки відреставрованих або неприпрацьованих деталей, спричинити місцеві перегріву в місці контакту деталей, їх підпалвлення і задири. По цій причині необхідний деякий період припрацювання деталей – обкатування (рис. 2.3).



Рис. 2.3 Обкатування двигуна внутрішнього згорання

При виконанні обкатки контролюється;

- Витрата моторного мастила.
- Тиск в системі мащення в режимі холостого ходу та під навантаженням.
- Колір моторного мастила.
- Підтікання мастила з прокладок, манжетів, та інших можливих місць.

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

- Підтікання охолоджуючої рідини.
- Димність двигуна.
- Сторонні шуми двигуна.
- Рівномірність роботи двигуна на різних режимах.

Після проведення обкатки – обов’язкове проведення регулювальних робіт та повторне підтягування головки блоку, колекторів та ін. Проведення обкатки та послідовних регулювальних робіт - гарантує довговічну експлуатацію двигуна, при виконанні правил його подальшої експлуатації, особливо при комерційному використанні автомобіля.

2.7 Аналіз останніх досліджень обкатування ДВЗ

В галузі обкатування ДВЗ на теренах країн СНД працювали і працюють багато вчених і фахівців. Відповідно до державного стандарту випробування двигунів проводять за енергетичними параметрами, головними серед яких є потужність, частота обертання та економічні показники.

Дослідженнями, проведеними професором М.С. Ждановським, встановлено, що якщо потужність механічних втрат в умовах рядової експлуатації тракторів, при нормальному тепловому стані двигунів змінюється в невеликих межах, ефективна потужність працюючого циліндра змінюється пропорційно частоті обертання колінчатого вала.

Метод визначення потужності двигуна по методу М.С. Ждановського полягає в тому, що на прогрітому двигуні виключають із роботи три циліндри і двигун працює тільки на одному циліндрі при повністю включеній подачі палива [13]. Тахометром вимірюються оберти колінчатого вала при роботі на першому, потім на другому, третьому і четвертому циліндрах. Потужність двигуна визначається по аналітичній залежності.

До недоліків описаного методу відноситься порівняно низька точність, обумовлена впливом на результати вимірів процесу згоряння палива у циліндрі, який перевіряється, (робота за перевантаженням). [14]

Відома діагностична установка КИ-4935, яка призначена для визначення показників потужності, запуску двигунів, прокручування

					М.А.А.Г.482220.302-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

трансмисії і двигуна на заданому режимі при проведенні діагностичних операцій тракторів ДТ-75М, Т-40М, МТЗ-80, ЮМЗ-6Л та їхніх модифікацій [14].

Розроблений стенд КИ-8927 ГОСНИТИ призначений для визначення технічного стану колісних тракторів. На стенді визначають гальмові сили коліс і механічні втрати трансмісії, силу тяги, витрати палива і стан паливної апаратури, циліндро-поршневої групи, механізму газорозподілу, силової передачі трактора, гідравлічних систем трактора [8].

Навантажувально-приводна станція стенда з'єднана з передніми барабанами приводного блоку і складається з електромашини АКБ-92-82 і редуктора НДП-50-1. Електромашина працює в руховому і генераторному режимах з регулюванням швидкості обертання рідинним реостатом.

У пульті керування змонтовані пускорегулююча апаратура і два блоки приладів для перевірки електрообладнання тракторів. Відомий прилад ИМД-2М, призначений для виміру частоти обертання колінчатого вала і потужності двигунів СМД-14, СМД-14А, Д65, Д-240, СМД-60. Живлення приладу здійснюється від мережі змінного струму напругою 220 В, частотою 50 Гц або від джерела постійного струму (наприклад, акумуляторної батареї) напругою 12 В.

Потужність оцінюється по прискоренню колінчатого вала двигуна, що розганяється з відключеною трансмісією, шляхом різкого збільшення до максимуму подачі палива.

Двигун на короткий проміжок часу повністю завантажується моментом від сил інерції і переборює цей момент, тобто розганяється до максимальних обертів холостого ходу тим швидше, чим більший крутний момент. Більшість розроблених в останній час стендів і пристроїв для обкатування

ДВЗ вирішували головним чином задачі, пов'язані із удосконаленням кріплення самого двигуна, передавання крутного моменту та фіксування окремих показників і параметрів його роботи.

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Однак сучасні вимоги проектування двигунів потребують комплексного вирішення завдань, мета яких полягає у комплексному підході до задач обґрунтованого удосконалення систем обкатування двигунів та приробітки його окремих складових одиниць.

З наведеного аналізу конструктивних рішень обкатування та випробування двигунів видно, що перспективним напрямком є створення умов для отримання більшої інформації, яке можливе за рахунок удосконалення системи зворотного зв'язку. Таким чином, актуальна розробка стенду для обкатування ДВЗ з удосконаленою системою зворотного зв'язку.

В теперешній час розробляють стенди для обкатування ДВЗ з удосконаленням використанням зворотного зв'язку.

Блок-схема приробітку та обкатування ДВЗ за рахунок використання зворотного зв'язку працює у такий спосіб. Двигун, що обкатують, встановлюють на основну стійку та закріплюють. На початку обкатки в двигун подають паливо з ємності, воду з системи охолодження та мастило. При досягненні певного рівня мастила в системі, датчик рівня вмикає електродвигун. Через передавальну муфту електродвигун починає обертати вал двигуна внутрішнього згоряння. Комплект датчиків контролю допомагає регулювати параметри обкатки: змінювати число обертів валу, рівень мастила, води, палива в системі. Пружинні амортизатори допомагають гасити вібрацію при великих обертах.

Основою розробленої схеми обкатування та випробування ДВЗ з використанням зворотного зв'язку є застосування датчиків контролю технічних параметрів роботи двигуна. Сигнал поступає від мембрани чи чутливого елемента датчика до системи контролю. Там він обробляється та створюється новий сигнал, що подається на табло регулятора (при задовільному значенні параметра) або на вимикання системи (при перевищенні певного рівня параметра).

Сутність пропонованого способу обкатування ДВЗ полягає в тому, що двигун піддають холодній приробці з наступним рівномірним безперервним

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ступінчастим навантаженням. Після притирання на холостому ході, встановлюють номінальну частоту обертання колінчастого валу, яку утримують за рахунок регулювання подачі палива. Одночасно відбувається безперервне ступінчасте навантаження двигуна.

Навантаження відбувається поступово до рівня досягнення двигуном величини максимальної потужності. На кожному з етапів відбувається збільшення навантаження та поступова його стабілізація. Тривалість збільшення навантаження обмежується моментом досягнення критичного значення амплітуди імпульсів в акустичній емісії.

Стабілізація визначається постійною величиною навантаження, його тривалістю до моменту зниження амплітуди імпульсів акустичної емісії. Через використання системи зворотного зв'язку досягається не лише технічний результат, який полягає в поліпшенні якості та скороченні приробці окремих деталей та вузлів двигунів, а й створюються умови для підвищення рівня автоматизації процесу випробовування та обкатування ДВЗ.

Перевагами використання розробленої технологічної схеми – є надійність конструкції та простота визначення технічних показників ДВЗ, яка досягається за рахунок зворотного зв'язку. Це також дозволяє проводити випробування двигунів в широкому діапазоні навантаження.

Використання системи зворотного зв'язку при обкатуванні та випробовуванні ДВЗ поширює функціональні можливості обладнання, яке використовується при цьому. Система зворотного зв'язку дозволяє визначати енергетичні параметри та характеристики в широкому діапазоні показників.

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Огляд існуючих конструкцій стендів обкатки двигунів

В цій кваліфікаційній роботі пропонується вдосконалення робіт з обкатування двигунів. Роботи по обкатці пропонується удосконаленням, впровадженням універсального стенду для обкатки, і пропонуємо деякі відомості.

Найбільше застосування для обкатки і випробування двигунів знайшли обкаточно-гальмівні стенди, які складаються з асинхронних балансуєчих електричних машин трифазного струму з фазовими обмотками ротора, рідинного регулюючого реостату, вагового (вимірювального) пристрою, пускової апаратури, установочних та сполучних пристроїв, системи вимірювання витрати палива.

В даний час різними конструкторськими бюро і науковими організаціями розроблений, а промисловістю випускається цілий ряд обкатувальних засобів:

1. Електростенд КІ-2139А з електричною машиною АКБ-82-4 потужністю 55 кВт, з синхронним числом оборотів 1500 об/хв призначений для обкатки та випробування автомобільних двигунів, крутний момент яких не перевищує 40 кгс м. Номінальна кількість оборотів машини знаходиться в інтервалі 1600-3000 об/хв. Холодну обкатку двигунів на цьому стенді можна виконувати при 600-1450 об/хв, а гарячу-при 1600-3000 об/хв.

2. Для обкатки тракторних двигунів, номінальна кількість оборотів яких знаходиться в межах 1200-2000 в хвилину, а момент, що крутить, не перевищує 40 кгс-м, призначений електростенд КІ-1363Б з асинхронної машиною АКБ-82-6 потужністю 40 кВт і синхронним числом. На цьому стенді можна також обкатувати і випробовувати автомобільні двигуни з числом оборотів не вище 2500 за хвилину. Використовувати його для високооборотних двигунів недоцільно, так як холодну обкатку двигунів на ньому можна виконувати тільки при числі обертів не більше 950 за хвилину,

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

тоді як на електростенді КИ-2139А холодну обкатку можна виконувати при числі обертів до 1450 за хвилину. Гарячу обкатку на стенді КИ-1363Б виконують з меншим коефіцієнтом рекуперації, ніж на стенді КИ-2139А.

3. Для обкатки низькооборотних тракторних двигунів КДМ-46 та КДМ-100 служить електростенд КИ-598Б з електричною машиною АКБ-92-8 потужністю 55 кВт та синхронним числом оборотів 750 за хвилину. На цьому стенді можна також обкатувати і випробовувати на потужність двигуни інших марок, крутний момент яких не перевищує 75 кгс-м, а номінальна кількість обертів знаходиться в межах 800-1500 за хвилину.

Електростенди КИ-2139А та КИ-1363Б відрізняються один від одного тільки потужністю та числом оборотів електричних машин; габаритні розміри цих стендів однакові. Електростенд КИ-598Б відрізняється від електростенду КИ-2139А числом оборотів, габаритними розмірами і величиною моменту, що крутить.

4. Для обкатки та випробування потужних автомобільних і тракторних двигунів (ЯЗ-204, ЯЗ-206, ЯМЗ-236, ЯМЗ-238, ЯМЗ-238НБ) служить стенд КИ-2118А з електричною машиною АКБ-92-4 потужністю 100 кВт і потужністю 100 кВт.

3.2 Об'єкт конструювання

Пропонується вдосконалити роботи з обкатування двигунів. Удосконалення полягає у впровадженні універсального стенду для обкатки та випробування двигунів. Універсальність стенду полягає в наступному:

Можливість обкатки на стенді великої кількості марок двигунів (вантажних, тракторів та легкових автомобілів), за рахунок розробки рухомої рами стенду.

Об'єктом конструювання є рама стенда.

Рама стенду для обкатки двигунів після капітального ремонту має гідропривід. Гідропривід дозволяє регулювати положення двигуна на стенді - співвісність з валом електродвигуна.

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

3.3 Мета створення конструкції

Створення конструкції спрямоване на досягнення технічного та економічного результату. Введення в стенд - гідроприводу дозволяє скоротити загальний час обкатки двигуна, за рахунок скорочення підготовчо - заключних робіт зі встановлення двигуна на стенді, а також знизити рівень ручної праці в цеху.

3.4 Опис конструкції

Винахід відноситься до пристроїв для випробування та обкатки ДВЗ.

Стенд обкаточно-гальмівний має основні вузли: двигун-гальмо АКБ-102-4 у зборі з ваговим механізмом і пультом управління, рухома рама з гідроприводом, водяний реостат, приладовий щиток, бачок для палива та пристрій для виміру витрати палива

3.5 Влаштування та робота конструкції

Рухлива рама стенду включає такі вузли:

Поздовжні та поперечні полоззя, пов'язані між собою затискачами (рисунок 3.1);

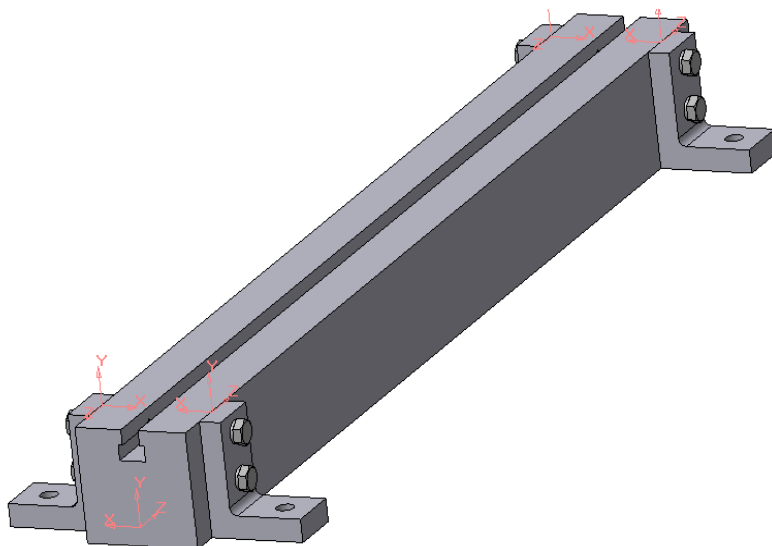


Рисунок 3.1 – Полоззя

Колони, встановлені на полоззях, мають можливість вільно переміщуватися ними (рисунок 3.2);

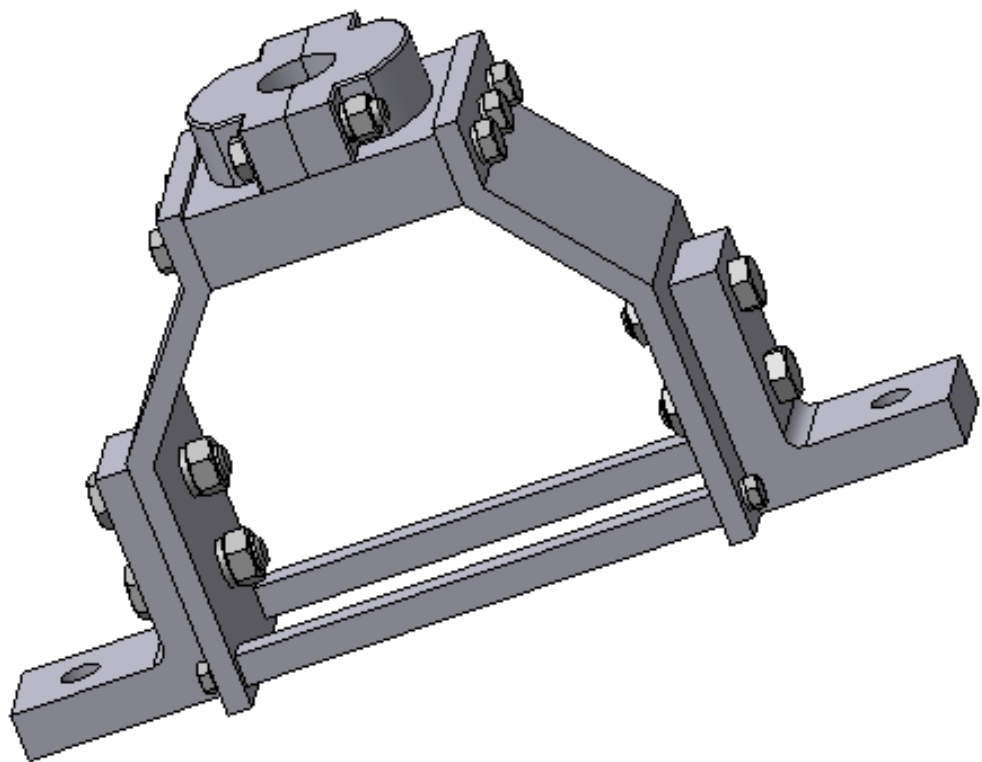


Рисунок 3.2 – Колонна

Гідроциліндри, корпуси яких зафіксовані в колонах за допомогою сухарів (рисунок 3.3);

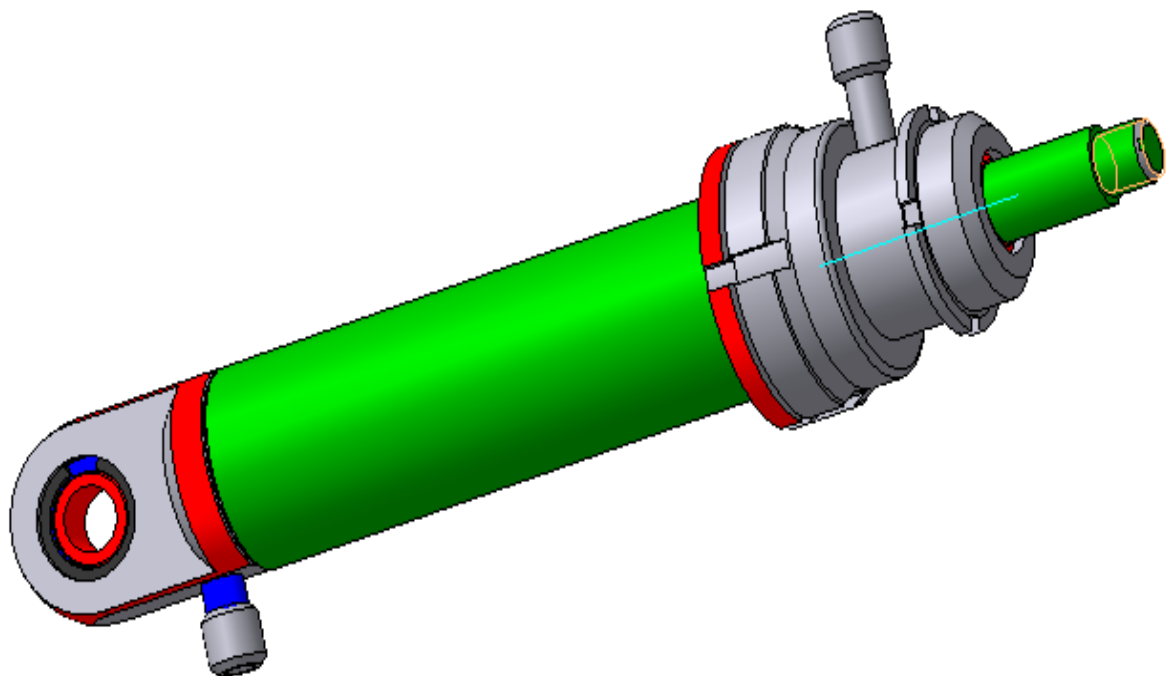


Рисунок 3.3 – Гідроциліндр

Знімна підставка, для фіксування двигунів легкових автомобілів (за кожух зчеплення, малюнок 3.4);

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

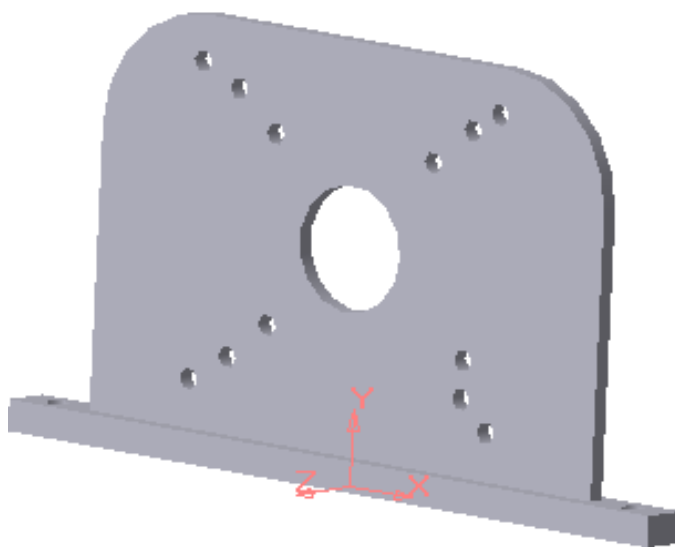


Рисунок 3.4 – Підставка знімна

Затискачі, що складаються з нестандартної гайки та коміра (рисунок 3.5);

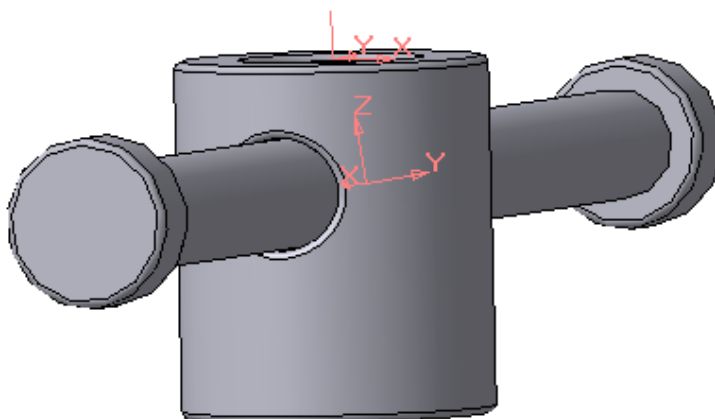


Рисунок 3.5 – Зажим

Станція управління гідроциліндрами розташована поза стендом з лівого боку і включає станцію гідроприводу, електрошафу, гідропанель і трубопроводи.

Станція гідроприводу служить для подачі олії під тиском у гідроциліндри і складається з електродвигуна, гідронасоса, запобіжного клапана, фільтрів.

Приладовий щиток служить розміщення електроапаратури. На задній стінці щитка розташований магнітний пускач, трансформатор, запобіжник, блоки затискачів. На бічній стінці щитка встановлено автоматичний вимикач.

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Введення електропроводів здійснюється через отвори із сальниками, що знаходяться на дні щитка.

Пульт управління знаходиться праворуч від щитка приладів.

На пульті управління розміщені сигнальні лампи, кнопка "Пуск" для включення гідроприводу, кнопки для включення гідроциліндрів, кнопки для відключення гідроприводу та стенду.

Двигун встановлюється на опори стенда, фіксується і за допомогою гідроциліндрів - під кожною опорою, що вивіряється щодо валу електродвигуна. Гідроциліндри працюють попарно, що дозволяє найточніше встановити двигун. Стенд влаштований таким чином, що при зміні відстані між верхніми полозьями і гідроциліндрами за допомогою їх вільного ковзання, з'являється можливість обкатки двигунів на чотирьох опорах з різною відстанню між ними. Положення гідроциліндрів і полозів фіксується затискачами. На стенд двигун встановлюється за допомогою кран-балки.

3.6 Можливі несправності та методи їх усунення.

Можливі несправності та методи найпростішого їх виявлення та усунення наведені у таблиці 3.1

Таблиця 3.1 - Характерні несправності та методи їх усунення

№, п/п	Найменування несправності	Ймовірна причина	Метод усунення
1	Гідроциліндри не розвивають заданого зусилля	Запобіжний клапан не налаштовано на певний тиск.	Налаштувати тиск 14 МПа
		Зламаний гідронасос.	Замінити
		Вийшла з ладу муфта гідронасосу.	Замінити
2	При увімкненні гідроприводу електродвигун не працює	Витік масла через з'єднання	Підтягнути
		Недостатньо олії в баку	Долити до рівня
		Несправна електроапаратура	Перевірити та усунути несправність
		Обрив дроту	З'єднати

3.7 Технічне обслуговування

Щотижня перевіряти стан електроапаратури та її регулювання, щоб забезпечити її чітке спрацювання.

Не рідше одного разу на рік продувати всю електроапаратуру, що знаходиться в приладовому щитку, стисненим повітрям.

Не рідше одного разу на рік під болти заземлення місця зачищати до блиску і покривати мастилом ЦИАТИМ-201.

3.8 Порядок встановлення. Монтаж.

Стенд встановлюють на віброізолюючу подушку ОВ-31.

Встановлюють станцію керування з правого боку стенду.

Приєднують трубопроводи та рукави до відповідних позицій на станції управління.

Закривають трубопроводи та рукави кожухом.

Встановлюють пульт керування на кронштейн з правого боку стенду та закріплюють.

Приєднують металорукав до станції.

Підключають стенд до електромережі живлення і заземлюють приєднанням заземлюючого цехового контуру до основи станції управління і стенду.

Заливають у бак гідроприводу веретену олію АУ, до верхньої позначки рівня олії.

Перевіряють роботу стенду в неодружену (роботу гідроциліндрів).

Перевіряють зовнішнім оглядом усі з'єднання трубопроводів та рукавів і при необхідності підтягують.

Налаштовують запобіжний клапан тиск 14 МПа (140 кгс/см).

3.9 Технічні дані.

Основні параметри та характеристики стенду наведені в табл. 3.2

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.2 – Технічні дані стенду обкатки ДВЗ

Параметр	Значення
Випробування дизелів потужністю, кВт, не більше	400
Регульований діапазон частоти обертання вихідного валу електроприводного пристрою, 1/хв.	до 2500
Потужність навантажувального пристрою, кВт.	400
Створюваний момент, що крутить, в режимі навантаження дизеля, Нм	5000
Габаритні розміри, мм	3750x1500x1400
Маса, кг	4000
Напруга електроживлення стенду	380 В, 50 Гц
Система охолодження робочої рідини	водяна
Контрольовані стендом параметри	частота обертання приводного валу; крутний момент на валу; витрати палива; температура олії; температура рідини, що охолоджує.
Число обслуговуючого персоналу	2 особи

3.10 Розрахунок гідроприводу

Вибір робочої рідини

Рідина у гідроприводі призначена для подачі енергії та для надійного мастила його рухомих елементів.

Відповідно до діапазону коливання температури навколишнього середовища $t_0^{\circ}\text{C}$ від - 30 до + 40, приймається марка робочої рідини:

Веретенне мастило.

- Щільність $\rho=886-896 \text{ кг/м}^3$;
- В'язкість $\nu_{50} = 13 \text{ сСт}$;
- температура застигання $t_3 = -45$;
- температура спалаху у відкритому тиглі $t_B = 163$;

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Діапазон температур t від -35 до $+60$.

Визначення діаметра гідроциліндра

За зусиллям на штоку гідроциліндра визначаємо його діаметр і основні розміри за ОСТ22-1417-79.

Діаметр гідроциліндра $D_{Ц}$, мм визначають за формулою:

$$D_{Ц} = \sqrt{\frac{4 \cdot P_K}{P_{НОМ} \cdot \pi \cdot \eta_{Ц}}} \quad (3.1)$$

де $\eta_{Ц}$ – ККД гідроциліндра, $\eta_{Ц} = 0,9 - 0,97$;

P_K – зусилля на штоку гідроциліндра;

$P_{НОМ}$ – номінальний тиск у гідроприводі;

Зусилля на штоку гідроциліндра P_K , Н, визначаємо за формулою

$$P_K = G = m \cdot g \quad (3.2)$$

де m – маса найбільш важкого двигуна, що обкатується, $m = 1800$ кг;

g – прискорення вільного падіння, m/s^2 ;

$$P_K = G = 1800 \cdot 9,8 = 17,64 \text{ кН}$$

$$D_{Ц} = \sqrt{\frac{4 \cdot 17640}{10 \cdot 3,14 \cdot 0,97}} = 54 \text{ мм},$$

Проектом приймається діаметр циліндра, $D_{ц} = 63$ мм і хід поршня, $L = 360$ мм.

Визначення діаметру штока

Діаметр штока визначають залежно від величини ходу поршня S . Якщо виконується умова $S \leq 10D$, можна приймати діаметр штока d , залежно від тиску робочої рідини у системі. При $P_p < (6,4 \dots 10)$ МПа діаметр штока обчислюють за формулою:

$$d = 0,5 \cdot D_{Ц} \quad (3.3)$$

$$d = 0,5 \cdot 63 = 31,5 \text{ мм}$$

приймається найближчий більший діаметр штока, $d = 32$ мм.

За отриманими значеннями діаметрів штока і циліндра приймається гідроциліндр, за ОСТ22-1417-79. Основні розміри гідроциліндра зводимо до

табл. 3.3

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.3 - Основні розміри гідроциліндра. мм

D, мм	d, мм, $\phi=1,6$	D ₁ , мм	d ₁ , мм	d ₂ , мм	b, мм	r _{max} , мм	l _{min} , мм
63	32	83	M22x1,5	32	32	45	45

Визначаємо витрату рідини, Q_H , л/хв, визначають за формулою

$$Q_H = \frac{\pi \cdot v \cdot (D^2 - d^2)}{4} \quad (3.4)$$

де v – задана швидкість, $v = 0,13$ м/с.

$$Q_H = \frac{3,14 \cdot 0,13 \cdot (0,063^2 - 0,032^2)}{4} = 3,17 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с} = 31,7 \text{ см}^3/\text{об}$$

Для роботи гідроприводу приймається шестеренний насос НШ – 32.

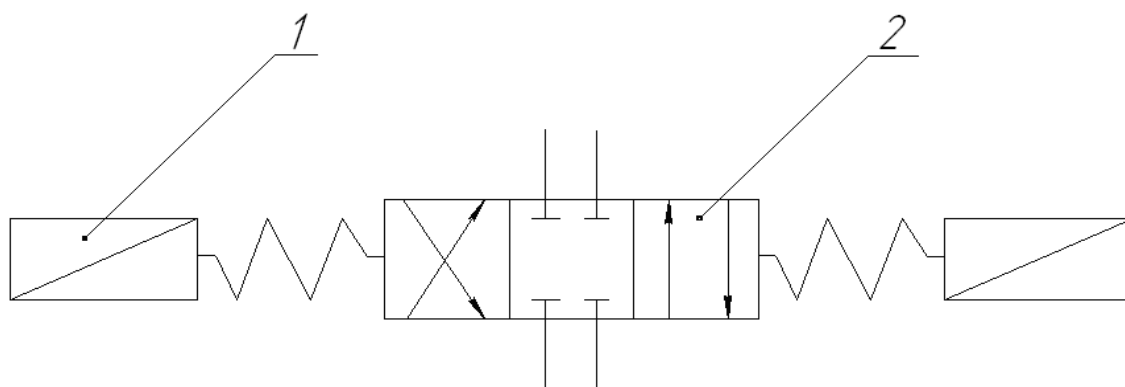
Технічна характеристика шестеренного насоса НШ – 32 наведена у табл. 3.4

Таблиця 3.4 – Технічна характеристика шестеренного насоса НШ32

Марка насосу	Робочий обсяг, см ³ /об	Тиск, МПа		Частота обертання, об/мин			Потужність насосу, кВт	ККД	Маса, кг
		ном.	макс	ном.	мин.	макс			
НШ-32	31,7	10	14	500	200	920	8,68	0,92	6,6

Гідророзподільники потоку застосовуються з метою зміни напрямку руху робочої рідини, а також здійснення реверсу робочого органу.

У розрахунковому гідроприводі застосовуємо золотниковий реверсивний гідророзподільник з електромагнітним керуванням.



1. Електромагніт 2. Золотник

Рисунок 3.6 Схема золотникового реверсивного гідророзподільника з електромагнітним керуванням типу Р20.

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічну характеристику обраного гідророзподільника зводимо в табл. 3.5

Таблиця 3.5 - Технічна характеристика гідророзподільника Р 20

Марка розподільника	Умовний прохід, мм	Потік рідини, л/хв		Тиск, МПа		Допустимий тиск на зливів, МПа
		ном.	макс.	ном.	макс.	
Р 20	20	100	125	16	17,5	0,8

Розрахунок трубопроводів

Внутрішні діаметри трубопроводів (всмоктувального, нагнітального, зливного), d , мм, визначають за формулою

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_H}{\pi \cdot V}} \quad (3.5)$$

де V - допустима швидкість перебігу рідини в трубопроводі, м/с.

Параметри швидкостей рідини в гідросистемі наведено у табл. 3.6

Таблиця 3.6 – Швидкості потоку рідини у гідролініях

Тиск, МПа	Швидкість потоку, V , м/с		
	Зливна	Нагнітальна	Всмоктувальна
16	2	5,5	1

Діаметр всмоктувального трубопроводу:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 31,7}{3,14 \cdot 1}} = 6 \text{ мм.}$$

Діаметр нагнітального трубопроводу:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 31,7}{3,14 \cdot 5,5}} = 3 \text{ мм.}$$

Діаметр зливного трубопроводу:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 31,7}{3,14 \cdot 2}} = 5 \text{ мм.}$$

3.11 Розрахунок міцності елементів рами стенду

Перевіряємо міцність болтів колони на зріз (болти М14×1,5)

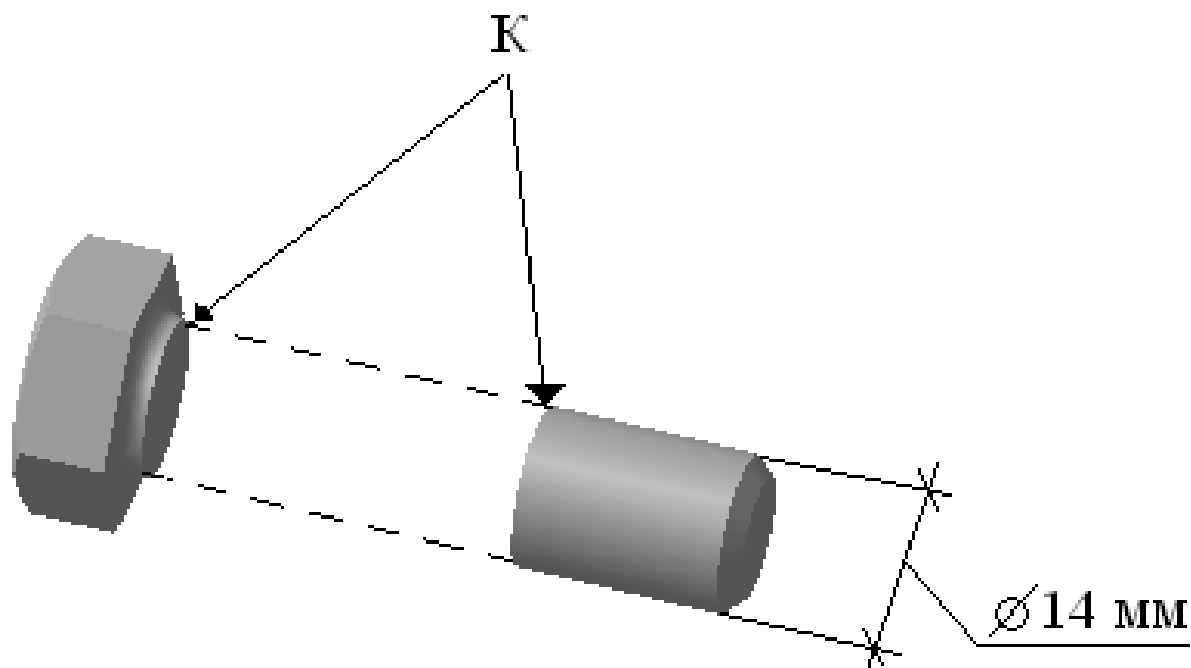


Рисунок 3.7 Схема для розрахунку болта (М14×1,5) на зріз
Матеріал: Сталь 10 ДСТУ 7809.

Допустима напруга $[\tau_{CP}] = 100 \text{ Н/мм}^2$.

$$\tau_{CP} = \frac{P_K}{A_{CP}} \leq [\tau_{CP}] \quad (3.6)$$

де A_{CP} – площа зрізу болта, мм^2 .

$$A_{CP} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (3.7)$$

$$A_{CP} = \frac{3,14 \cdot 14^2}{4} = 154 \text{ мм}^2,$$

Кількість болтів М14×1,5 – 4, але надання запасу міцності, розділимо навантаження на 3;

$$\tau_{CP} = \frac{17640}{3 \cdot 154} = 38,18 < 100 \text{ Н/мм}^2.$$

Умова міцності виконується із великим запасом.

Перевірка міцності болтів колони на зріз (болти М16×2)

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

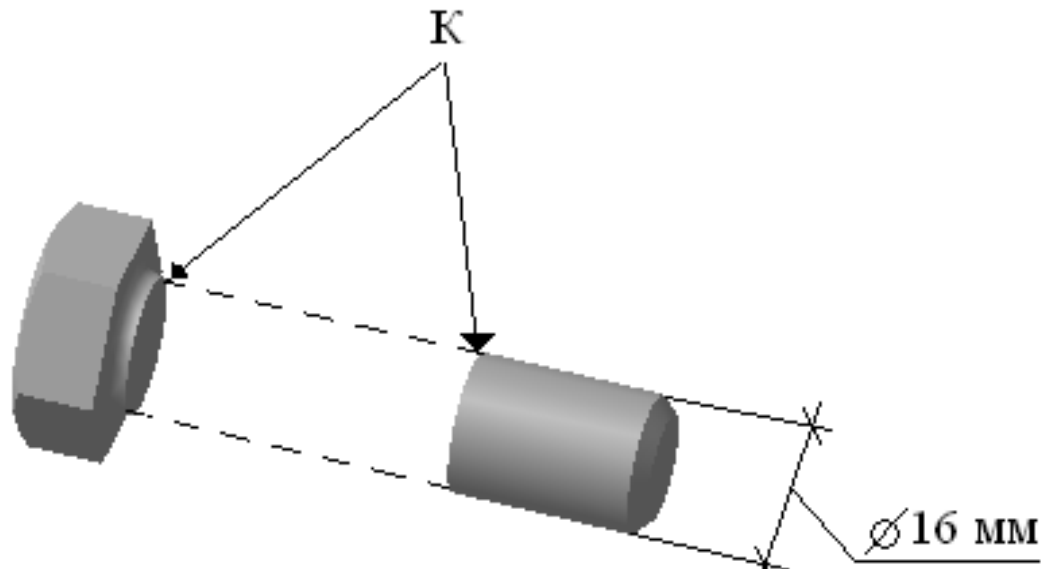


Рисунок 3.8 Схема для розрахунку болта (М16×2) на зріз
Матеріал: Сталь 10 ДСТУ 7809.

Допустима напруга $[\tau_{CP}] = 100 \text{ Н/мм}^2$. визначають за формулою 3.6

$$A_{CP} = \frac{3,14 \cdot 16^2}{4} = 201 \text{ мм}^2,$$

Кількість болтів М16×2 – 6, але надання запасу міцності, розділимо навантаження на 5;

$$\tau_{CP} = \frac{17640}{5 \cdot 201} = 17,55 < 100 \text{ Н/мм}^2.$$

Умова міцності виконується із великим запасом.

Перевірка міцності штоків гідроциліндрів на згин

У всіх точках поперечного перерізу штока при поперечному згині виникають нормальні і дотичні напруги, але практично шток буде згинатися в площині - До, найвіддаленішої від прикладеного моменту (рисунок 3.9);

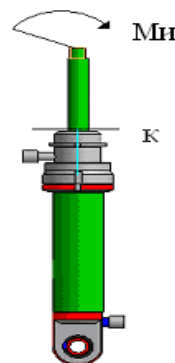


Рисунок 3.9 Схема розрахунку штока на згин

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Матеріал: Сталь 10 ДСТУ 7809.

Межа плинності $\sigma_T = 260$ МПа

Допустима напруга на згин $[\sigma_{II}] = 200$ Н/мм²

$$\sigma \frac{M_{II}}{W_X} [\sigma_{II}]_{max} \quad (3.8)$$

де M_{II} – згинальний момент від маховика приведений до штока, $M_{II} = 910$ Н·м = 910000 Н·мм;

W_X - момент опору перерізу при згинанні, мм³;

$$W_X = 0,1 \cdot d^3 \quad (3.9)$$

де d – діаметр штока, $d = 32$ мм.

$$W_X = 0,1 \cdot 32^3 = 3276,8 \text{ мм}^3.$$

Кількість штоків – 4, але надання запасу міцності, розділимо навантаження на 3;

$$\sigma \frac{910000}{3 \cdot 3276,8_{max}} < 200 \text{ Н/мм}^2.$$

Умова міцності виконується із великим запасом.

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1. Розробка заходів, що забезпечують безпеку експлуатації стенду

Проаналізувавши всі можливі небезпечні і шкідливі чинники, що мають місце при роботі на стенді для обкатки ДВЗ, можна зробити вивід про те, що найбільш ефективним заходом щодо підвищення безпеки буде видалення робочого місця від стенду. Причому мається на увазі повна ізоляція робочого місця від стенду під час проведення обкатки. В цьому випадку пропонується використовувати стенд в спеціальному боксі, що складається з двох кімнат розділених між собою стіною. У цій стіні є двері і оглядове вікно. В ході обкатки робітник знаходиться в кімнаті з дистанційним управлінням і має можливість візуально спостерігати за ходом випробувань через оглядове вікно. Під час випробувань двері між кімнатами мають бути замкнутими. В цьому випадку людина захищена від фізичних і хімічних небезпечних чинників.

Проте не застосовувати більш жодних засобів захисту від небезпечних і шкідливих чинників не можна. Це пов'язано з тим, що перед обкаткою і після неї, є необхідність присутності людини в зоні обкатувального стенду. В цьому випадку людина знаходиться в середовищі з підвищеними температурами, запиленою і загазованістю, а також буде схильний до всіх небезпечних і шкідливих хімічних чинників, перерахованих вище. У зв'язку з цим, розглянемо заходи по забезпеченню безпеки людини при роботі із стендом.

4.2 Вентиляція приміщення для обкатки ДВЗ

Важливим засобом забезпечення нормальних санітарно-гігієнічних і метрологічних умов в приміщеннях є вентиляція – це організований і регульований повітрообмін, що забезпечує видалення з приміщення забрудненого промисловими відходами повітря.

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За способом подачі в приміщення повітря і видалення його, вентиляцію ділять на

- природну;
- механічну;
- змішану.

За призначенням вентиляція буває загальнообмінною і місцевою.

Природна вентиляція створює необхідний повітрообмін за рахунок різниці щільності теплого і холодного повітря, приміщення, що знаходиться усередині, і холоднішого зовні, а також за рахунок вітру. У нашому випадку для природної вентиляції передбачений віконний отвір в кімнаті, де знаходиться робоча зона.

Механічна вентиляція складається з повітропроводів і спонукачів руху (механічних вентиляторів або ежекторів). Повітрообмін здійснюється незалежно від зовнішніх метеорологічних умов, повітря, що при цьому поступає, може підігріватися або охолоджуватися, піддаватися зволоженню або осушенню. Повітря, що викидається, піддається очищенню.

Механічна загальнообмінна вентиляція може бути:

- а) припливна;
- б) витяжна;
- в) припливно-витяжна.

Припливна система вентиляції проводить забір повітря через повітрозабірний пристрій, потім повітря проходить через калорифер, де повітря нагрівається і зволожується і вентилятором подається по повітропроводах в приміщення через насадки для регулювання припливу

повітря. Забруднене повітря витісняється через двері, вікна, ліхтарі, щілини. Витяжна вентиляція видаляє забруднене і перегріте повітря через повітрявідводи і очисник, а свіже повітря поступає через вікна, двері і нещільність конструкцій. Припливно-витяжна система вентиляції складається з припливної і витяжної, що працюють одночасно.

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У приміщенні для обкатки ДВЗ передбачена витяжна механічна вентиляція з кімнати, де знаходиться стенд. Річ у тому, що при роботі камери згорання утворюється тепло, що передаються в навколишню атмосферу і для нормальних умов роботи як стенду, так і робітника, недостатньо просто природньої вентиляції. До того ж під час проведення обкатки, двері між кімнатами з вікном і стендом знаходяться в закритому стані.

Розрахунок місцевої вентиляції проводять по об'єму витяжного повітря, у приміщенні для обкатки стенду даний об'єм визначається за формулою [16]:

$$L = 3600 \times v_3 \times S \quad (4.1)$$

де: v_3 – середня швидкість повітря в приймальній частині зонтів (приймається : для чотирьохсторонніх $v_3=1,05\dots1,25$; для трьохсторонніх $v_3=0,9\dots1,05$; для двухсторонніх $v_3=0,75\dots0,9$ м/с);

$S = 1 \text{ м}^2$ – площа приймальної частини зонта.

Так як кімната для обкатки закрита, то приймаємо $v_3=1,25$ м/с.

$$L = 3600 \times 1,25 \times 1 = 4500 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Визначаємо потужність двигуна для привода відцентрового вентилятора [16]:

$$N = (k \times L \times H \times 10^{-6}) / (3.6 \times \eta_v \times \eta_n) \quad (4.2)$$

де: k – коефіцієнт запасу, приймаємо $k=1,3$;

L – подача вентилятора, $L = \text{м}^3/\text{год}$;

H – тиск, що створюється вентилятором, приймаємо вентилятор з тиском $H=800$ Па, при обертах ротора вентилятора $n=900$ об/хв;

η_v – коефіцієнт корисної дії вентилятора, приймаємо $\eta_v=0,85$

η_n – коефіцієнт корисної дії привода, для нашого - вентилятора ККД муфти, приймаємо $\eta_n=0,98$.

Тоді:

$$N = \frac{1,3 \times 4500 \times 800 \times 10^{-6}}{3.6 \times 0,85 \times 0,98} = 1,56 \text{ кВт}$$

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знаючи подачу вентилятора вибираємо відцентровий вентилятор Ц4-70 №5 з електродвигуном АІР 100L6 потужністю $N_d=2.2$ кВт, частота обертання ротора електродвигуна становить $n=945$ об/хв, коефіцієнт корисної дії електродвигуна 81%. Продуктивність вентилятора становить $W_B=5500$ м³/год, напір вентилятора $H_B=800$ Па, коефіцієнт корисної дії вентилятора $\eta=0,56$

Об'єм витяжного повітря беремо з довідника $L=4800$ м³/год. Тоді потужність двигуна для місцевої вентиляції буде становити:

$$N = \frac{1,3 \times 4800 \times 800 \times 10^{-6}}{3,6 \times 0,85 \times 0,98} = 1,66 \text{ кВт}$$

4.3. Захист довкілля

У зв'язку з тим, що при гарячій обкатці на стенді спалюється паливо, неминуче утворюються шкідливі для здоров'я і довкілля відпрацьовані гази. Для знешкодження викидів можуть застосовуються різні методи, які можна розділити на сорбційні і окислювальні. У першому випадку токсичні речовини витягуються твердими і рідкими поглиначами, а в другому відбувається окислення шкідливих речовин до нешкідливих з'єднань (СО и Н₂О).

Сорбційний метод підрозділяється на:

а) адсорбційні способи - поглинач (адсорбент) твердий (активоване вугілля, пемза, селігакель, окис алюмінію). Недолік: погано працює при підвищеній температурі, малий термін служби адсорбенту, високі витрати на регенерацію поглинача;

б) абсорбційні способи (рідинні): знешкодження виробляється на ґратчастих, тарілчастих скруберах, в пінних апаратах, пастках і ін. Абсорбенти: вода, їдкий натр, вапняне молоко і ін.

Окислювальний метод – спалювання газів (відкрите полум'я), що відходять, спалювання із застосуванням каталізаторів (метали і їх солі на пористих носіях (селігакель, окис алюмінію, платина, паладій і ін.). Даний метод високо ефективно (до 97 %) і економічний (економія палива до 60%).

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Тому застосуємо його до нашого випадку. А саме в систему випуску відпрацьованих газів включимо трикомпонентний каталітичний нейтралізатор.

Сучасний каталітичний нейтралізатор складається з корпусу, усередині якого розташований вогнетривкий керамічний блок носія. Кераміка пронизана подовжніми порами – сотами, на поверхню яких нанесений активний каталітичний шар з платини, паладію і родію. Завдяки спеціальній підкладці з мікрорельєфом загальна площа поверхні цього шару може доходити до 20 тис. кв.м. Каталітичний нейтралізатор розташовується у вихлопній системі. Щоб почався процес нейтралізації, необхідна висока температура – близько 250 градусів. При цьому "робочі" температури – від 400 до 800 градусів – забезпечують оптимальні умови для максимальної ефективності.

4.4 Боротьба з шумом при роботі на стенді

Шум шкідливо діє на організм людини і знижує продуктивність праці. Стомлення випробувачів із-за сильного шуму, збільшує число помилок при роботі.

Можливі наступні методи зниження шуму:

- 1) зменшення шуму в джерелі;
- 2) зміна спрямованості випромінювання;
- 3) раціональне планування приміщень і акустична обробка приміщень;
- 4) зменшення шуму на шляху його поширення.

Нам личить лише третій метод зниження шуму. Інтенсивність звуку I складається з прямого звуку $I_{\text{пр}}$, що йде безпосередньо від джерела, і інтенсивності відбитого звуку $I_{\text{отр}}$ [16]:

$$I = I_{\text{пр}} + I_{\text{отр}} \approx I_{\text{пр}} + \frac{4P}{A} \quad (4.3)$$

де: P – звукова потужність звуку;

$A = \alpha_{\text{ср}} S_{\text{пов}}$ – еквівалентна площа поглинання;

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\alpha_{\text{ср}}$ – середній коефіцієнт звукопоглинання внутрішніх поверхонь приміщення площею $S_{\text{пов.}}$.

У нас немає можливості зменшити інтенсивність прямого звуку, тому залишається знижувати енергію відбитих хвиль. Цього можна досягти збільшивши еквівалентну площу поглинання A приміщення, шляхом розміщення на його внутрішніх поверхнях звукопоглинальних облицювань. Цей захід називається акустичною обробкою приміщення.

Властивостями поглинання звуку володіють всі будівельні матеріали. Проте, звукопоглинальними матеріалами і конструкціями прийнято називати лише ті, в яких коефіцієнт звукопоглинання α на середніх частотах більше 0,2.

Процес поглинання звуку відбувається за рахунок переходу енергії часток повітря, що коливаються, в теплоту унаслідок втрат на тертя в порах матеріалу.

Найчастіше як звукопоглинальне облицювання застосовують конструкції у вигляді шару однорідного пористого матеріалу певної товщини, укріпленого безпосередньо на поверхні обгороджування, або з віднесенням від нього на деяку відстань. Для оббивки приміщення, в якому вироблятимуться випробування, ми застосуємо пінополіуретановий поропласт (поролон) завтовшки 10 см з коефіцієнтами поглинання 0,7.

Визначимо відстань, на якій величини інтенсивності прямого і відбитого звуків рівні [16]:

$$r_{\text{гр}} = \sqrt{\frac{A}{8\pi}} = \sqrt{\frac{\alpha_n S}{8\pi}} \quad (4.4)$$

приймаємо $\alpha_n = 0,1$ – коефіцієнт звукопоглинання внутрішніх поверхонь приміщень.

$$S = L \times \Pi \quad (4.5)$$

де: L – довжина кімнати де встановлений стенд $L = 2\text{м}$;

Π – периметр поперечного перетину приміщення $\Pi = 11\text{м}$, тоді

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$r_{\text{гр}} = \sqrt{\frac{0,1 \times 11 \times 2}{8\pi}} = 0,3 \text{ (м)}$$

Величину зниження шуму в приміщенні (у зоні відбитого звуку $r > r_{\text{гр}}$) шляхом вживання звукопоглинального облицювання визначають в децибелах по формулі:

$$\Delta L_{\text{обл}} = 10 \lg \frac{A_2}{A_1} \quad (4.6)$$

де: A_1 – еквівалентна площа поглинання приміщення до установки облицювання $A_1 = \alpha_{\text{необл.}} \cdot S$, где $\alpha_{\text{необл.}} = \alpha_{\text{н}} = 0,1$;

A_2 – еквівалентна площа поглинання після установки облицювання . S
 $A_2 = \alpha \cdot S$.

$$\Delta L_{\text{обл}} = 10 \lg \frac{\alpha}{\alpha_{\text{необл.}}} = 10 \lg \frac{0,7}{0,1} = 0,845 \cdot 10 \approx 8,45 \text{ (дБ)}$$

У зоні переважання прямого звуку величина зниження шуму за рахунок акустичної обробки виявляється менше приблизно в 2-3 рази, чим в зоні переважання відбитого звуку. Величина зниження шуму в цьому випадку складе приблизно 4 дБ.

Установка звукопоглинальних облицювань знижує шум на відносно невелику кількість децибел. Не дивлячись на таке невелике зниження, вживання облицювань доцільне по наступних причинах:

по-перше, спектр шуму в приміщенні міняється за рахунок великої ефективності облицювань на високих частотах, він стає більш глухим і менш дратівливим;

по-друге, стає помітнішим шум роботи стенду, з'являється можливість слухового контролю роботи, легшає розмовляти, покращується розбірливість мови.

При обкатці ДВЗ можна також користуватися засобами індивідуального захисту від шуму: вкладишами і навушниками.

4.5 Пожежна безпека в приміщенні для обкатки ДВЗ

Пожежею називається неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, що завдає матеріального збитку.

Пожежна безпека (ДСТУ 8828:2019) – стан об'єкту, при якому зі встановленою вірогідністю унеможливорюється виникнення і розвитку пожежі і дії на людей небезпечних чинників пожежі, а також забезпечується захист матеріальних цінностей.

Система пожежного захисту передбачає:

- а) обмеження кількості і належне розміщення горючих речовин,
- б) вживання негорючих і важко запалювальних речовин і матеріалів,
- в) ізоляція горючого середовища,
- г) вживання засобів пожежогасінні,
- д) запобігання поширенню пожежі,
- е) вживання виробничих об'єктів з регламентованими межами вогнестійкості і горючості,
- ж) евакуація людей при пожежі,
- з) вживання засобів індивідуального і колективного захисту від вогню,
- к) вживання засобів пожежної сигналізації і засобів сповіщення про пожежу, організація пожежної охорони об'єктів.

Стосовно приміщення де відбуваються обкатка ДВЗ, передбачені засоби пожежогасінні в обох кімнатах Це необхідно для того, щоб людина встигла зробити заходи для пожежогасінні в будь-якій кімнаті, в якій він знаходиться, до того, як вогонь пошириться по всій території приміщення.

Вибір типу і розрахунок необхідної кількості вогнегасників в приміщенні, що захищається, або на об'єкті слід виробляти залежно від їх вогнегасної здатності, граничної площі, а також класу пожежі горючих речовин і матеріалів:

клас А - пожежі твердих речовин, в основному органічного походження, горіння яких супроводиться тлінням (деревина, текстиль, папір):

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

клас В - пожежі горючих рідин або плавких твердих речовин;

клас С - пожежі газів;

клас D - пожежі металів і їх сплавів;

клас (Е) - пожежі, пов'язані з горінням електроустановок.

У зв'язку з присутністю горючих середовищ, призначаємо клас пожежі горючих речовин В. Для гасіння таких пожеж рекомендується використовувати порошкові вогнегасники місткістю 10 л, або масою речовини 9 кг. Аналізуючи порошкові вогнегасники, вироблювані в нашій країні, вибираємо закачаний порошковий вогнегасник ОП 10 (з). Ці вогнегасники заряджені вогнегасним порошком і закачані інертним газом (повітря, азот, вуглекислий газ) до тиску 16 атм. Призначені для гасіння пожеж класу А, В, С або ВС, залежно від типу вживаного порошку, а також електроустановок, що знаходяться під напругою до 1000 В. Забезпечені замочними пристроями, що забезпечують вільне відкриття і закривання простим рухом руки. Манометр, встановлений на голівці вогнегасника, показує міру працездатності вогнегасника, що є великою перевагою перед вогнегасниками з вбудованим джерелом тиску.

Здатність конструкції затримувати поширення вогню (пожежі) визначається їх вогнестійкістю - це властивість їх зберігати здатність, що несе і захищає, в умовах пожежі. Згідно СНіП 2.01.02-85 будівель і споруди по мірі вогнестійкості підрозділяються на 5 ступенів від I до V, які характеризуються різною межею вогнестійкості основних елементів (стін, перекриттів, сходових майданчиків і ін.). Будівлі I ступеню вогнестійкості мають всі елементи такі, що не згорає, а V ступеню - всі елементи згорають.

У зв'язку з тим, що приміщення знаходиться в будівлі, побудованій з цеглини і має залізобетонні перекриття, а також дерев'яні рами вікон, визначимо для нашого випадку II ступень вогнестійкості. [17]

Протипожежна характеристика проектного приміщення де виконуємо обкатку ДВЗ представлена в табл. 3.1.

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1

Протипожежна характеристика проєктуємого приміщення

Найменування показників	Величина показника
Категорія по ступеню пожежної небезпеки	В
Ступінь вогнестійкості проєктованого приміщення	II
Найменша сумарна ширина проходів для евакуації людей, м-код	0,9
Відстань від найбільш видаленого робітника до евакуаційного виходу, м-код	4,3
Число пожежних постів	2
Кількість вогнегасників	2

4.6 Санітарно-гігієнічна характеристика проєктованого приміщення

Приміщення, в якому проводяться обкатку ДВЗ, повинне мати метеорологічні умови і санітарні показники, що забезпечують нешкідливу обстановку для працівників, які приведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Санітарна характеристика приміщення для обкатки ДВЗ

№	Найменування показників	Од. вим.	Величина показника
1	Оптимальна температура: - взимку - влітку	°C °C	18-21 22-25
2	Відносна вологість: - оптимальна - допустима	% %	40-60 75
3	Допустима швидкість руху повітря: - взимку - влітку	м/с м/с	0,2 0,3
4	Нормована освітленість загального плюс місцевого освітлення при лампах: - люмінесцентних - розжарювання	лк лк	300 150
5	Допустимий рівень шуму	дБ	85
6	Площа на одного оператора-випробувача	м ²	5
7	Кубатура на одного оператора-випробувача	м ³	15

ВИСНОВКИ

1. На важкій військовій техніці що стоїть на озброєнні Збройний сил України зазвичай використовуються дизельні двигуни потужністю 210-450 кВт. Визначено що важкі умови експлуатації вимагають особливих підходів до експлуатації цих двигунів, одним з рішень підвищення їх надійності є виконання післяремонтної обкатки.

2. Виконано аналіз методів і режимів обкатки двигунів, обрано обладнання та обраховано площу відділення для обкатки двигунів.

3. Виконано модернізацію конструкції стенду обкатки двигунів ОТС-3. Удосконалення полягає у впровадженні адаптивної рами для встановлення двигунів на стенд, що надасть розширить можливість обкатки більшості марок двигунів.

Проведено розрахунок на міцність основних деталей стенду для обкатки двигунів.

4. Розроблені заходи з охорони праці та захисту навколишнього середовища при обкатці ДВЗ, а саме:

- розроблені заходи, що забезпечують безпеку експлуатації стенду;
- розрахована вентиляція приміщення для обкатки ДВЗ;
- розроблені заходи для захисту довкілля від негативного впливу стенда для обкатки ДВЗ;
- розроблені заходи для зменшення впливу шуму на оператора стенда для обкатки ДВЗ.

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. List of equipment of the Armed Forces of Ukraine. Режим доступу:
https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_equipment_of_the_Armed_Forces_of_Ukraine#Combat_vehicles.
2. БМП-1 Режим доступу:
<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%9C%D0%9F-1;>
3. Bradley Fighting Vehicle Режим доступу:
https://en.wikipedia.org/wiki/Bradley_Fighting_Vehicle;
4. Marder (infantry fighting vehicle) Режим доступу:
[https://en.wikipedia.org/wiki/Marder_\(infantry_fighting_vehicle\);](https://en.wikipedia.org/wiki/Marder_(infantry_fighting_vehicle);)
5. KTO Rosomak Режим доступу:
https://en.wikipedia.org/wiki/KTO_Rosomak;
6. Stryker Режим доступу: <https://en.wikipedia.org/wiki/Stryker;>
7. Cougar (MRAP) Режим доступу:
[https://en.wikipedia.org/wiki/Cougar_\(MRAP\);](https://en.wikipedia.org/wiki/Cougar_(MRAP);)
8. International MaxxPro Режим доступу:
https://en.wikipedia.org/wiki/International_MaxxPro#M113_replacement;
9. Oshkosh M-ATV Режим доступу:
https://en.wikipedia.org/wiki/Oshkosh_M-ATV;
10. KrAZ-5233 Режим доступу: <https://en.wikipedia.org/wiki/KrAZ-5233;>
11. Ткачук, Микола А., et al. "Аналіз конструкцій, моделей та методів дослідження динаміки високооберткових елементів танкових двигунів (оглядова стаття)." Вісник Національного технічного університету «ХП». Серія: Машинознавство та САПР 2 (2023): 69-105;
12. Андрусенко С. І. Технологічне проектування автотранспортних підприємств: навч. посіб. / Андрусенко С.І., Білецький В.О., Бортниць. – К.: Карівела, 2009. – 368 с.
13. Марченко А.П., Рязанцев М.К., Шеховцов А.Ф. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. - Т. 1. Розробка конструкцій форсованих двигунів наземних транспортних машин.

					МААГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14. Сирота В.І. Основи конструкції автомобілів. Навчальний посібник для вузів. - К.: Арістей, 2005. — 280 с.

15. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Підручник. - К.: Знання - Прес, 2003. – 511 с.;

16. Правила охорони праці на автомобільному транспорті. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1299-12#Text>;

17. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення.

					МАОГ.482220.302-00 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		