

Ім'я користувача:
Олена Бондаренко

Дата перевірки:
13.06.2022 10:39:38 EEST

Дата звіту:
13.06.2022 11:38:36 EEST

ID перевірки:
1011556850

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

ID користувача:
100005535

Назва документа: Kravtsov_Oleksandr_Andriiovych_LG19120

Кількість сторінок: 79 Кількість слів: 11437 Кількість символів: 80785 Розмір файлу: 947.48 KB ID файлу: 1011428389

11.3% Схожість

Найбільша схожість: 5.81% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1011428391)

4.98% Джерела з Інтернету

245

Сторінка 81

8.56% Джерела з Бібліотеки

163

Сторінка 83

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

8

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

Факультет “*Транспортна інженерія*”

Кафедра “*Локомотиви*”

“ДО ЗАХИСТУ”

Зав.кафедрою _____ Борис БОДНАР

“ _____ ” _____ 2022 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи *бакалавра*

на тему: “**Технічне переоснащення цеху ПР-3 локомотивного депо Ш**”

за освітньою програмою: “*Локомотиви та локомотивне господарство*”
зі спеціальності 273 “*Залізничний транспорт*”
галузі знань 27 “*Транспорт*”

Виконав: студент групи *ЛГ19120*

_____ Олександр КРАВЦОВ

Керівник _____ Дмитро БОБИРЬ

Нормоконтролер _____ Людмила КОЛОДІЙ

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Дніпро, 2022

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
UKRAINIAN STATE UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGIES

Faculty “*Transport engineering*”

Department “*Locomotives*”

Explanatory Note
to Master’s Thesis

bachelor

on the topic: “**Technical re-equipment of shop CR-3 of locomotive depot Sh**”

according to educational curriculum: “*Locomotives and Locomotive Economy*”
in the Speciality 273 “*Railway transport*”

Done by the student of the group *LG19120*:

Oleksandr KRAVTSOV

Scientific Supervisor: Dmytro BOBYR

Normative controller: Liudmyla KOLODII

Dnipro, 2022

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: **«Транспортна інженерія»**

Кафедра: **«Локомотиви»**

Рівень вищої освіти: **перший (бакалаврський)**

Освітня програма: **«Локомотиви та локомотивне господарство»**

Спеціальність: **273 «Залізничний транспорт»**

ЗАТВЕРДЖУЮ:

В. о. завідувача кафедри «Локомотиви»

_____ Борис БОДНАР

« ____ » _____ 2022 р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу бакалавра

студенту групи **ЛГ19120 (340Л)**

Кравцову Олександрю Андрійовичу

1. Тема роботи: **«Технічне переоснащення цеху ПР-3 локомотивного депо Ш»**

Керівник роботи: **Бобирь Дмитро Валерійович, к.т.н., доцент**

затверджена наказом від **«12» жовтня 2021 р №693ст**

2. Строк подання студентом роботи: **«13» червня 2022 р**

3. Вихідні дані до роботи: статистичні дані кількісних та якісних показників роботи депо: загальний пробіг локомотивів: тепловозна тяга 1060 тис км, електровозна тяга 1895 тис км; об'єм перевезень: тепловозна тяга 1210 млн ткм брутто, електровозна тяга 3821 млн ткм брутто; середньотехнічна швидкість: тепловозна тяга 40,6 км/год, електровозна тяга 52,1 км/год; середня маса поїзда: тепловозна тяга 3126,8 т, електровозна тяга 3599 т.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

4.1 Загальна характеристика локомотивного депо Ш.

4.2 Технічне переоснащення цеху ПР-3.

4.3 Удосконалення технології ремонту дизелів.

5. Перелік графічного матеріалу:

- 1) Технологічна позиція ремонту КМБ.
- 2) Комплекс СКДБ-3.
- 3) Тарировочний прес ПГТ-5-200СГК.
- 4) Розміщення технологічного обладнання у цеху ПР-3.
- 5) Стаціонарний кантувач дизеля.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна характеристика локомотивного депо ІІІ	29.02.2022	
2	Технічне переоснащення цеху ПР-3	19.04.2022	
3	Удосконалення технології ремонту дизелів	24.05.2022	
4	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	13.06.2022	
5	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	23.06.2022	

Студент _____ Олександр КРАВЦОВ

Керівник роботи _____ Дмитро БОБИРЬ

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки та графічної частини. Пояснювальна записка складається з трьох розділів на 78 сторінках, налічує 10 ілюстрацій, 10 таблиць та 11 літературних джерел.

Об'єктом дослідження у роботі є процес технічного переоснащення цеху ПР-3 та ремонту дизелів тепловозів депо ім. Т. Шевченко.

Метою роботи є аналіз якісних і кількісних показників роботи депо та поліпшення показників ремонту за рахунок технічного переоснащення тепловозоремонтного виробництва. Проаналізовано технічний стан локомотивів депо та запропоновано певні заходи щодо технічного переоснащення цеху ПР-3, а саме позицію ремонту колісно-моторних блоків, лазерний вимірювач блоків дизелів СКБД-3 та прес для тарирування пружин візків локомотивів.

Для підвищення якості ремонту дизеля та зниження часу ремонту на основі детальних розрахунків запропонований кантувач. Виконано перевірочний розрахунок пересувної рами кантувача на згин, розрахунок привода кантувача (визначено зусилля, що діють на привод, виконано кінематичні розрахунки, розрахунок тихохідної та швидкохідної передач з підбиранням матеріалу, виконані теплові розрахунки, перевірочні розрахунки шпонкових з'єднань, з'єднувальних муфт, хвостовика вала кантувача на зріз, фіксатора положення рухомої рами).

Результати роботи можуть бути застосовані в роботі локомотивних депо.

Ключові слова: ЛОКОМОТИВНЕ ДЕПО, ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ЛОКОМОТИВІВ, ТЕХНІЧНЕ ПЕРЕОСНАЩЕННЯ, РЕМОНТ, ТЕПЛОВОЗ, ДИЗЕЛЬ, КАНТУВАЧ, РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛОКОМОТИВНОГО ДЕПО Ш	8
1.1 Характеристика та відомості про експлуатаційну роботу локомотивного депо.....	8
1.2 Загальна характеристика видів ремонту та ремонтних цехів	11
2 ТЕХНІЧНЕ ПЕРЕОСНАЩЕННЯ ЦЕХУ ПР-3	14
2.1 Основна концепція технічного переоснащення	14
2.2 Аналіз технічного стану тепловозного парку в локомотивному депо Ш.....	15
2.3 Пропозиції з технічного переоснащення цеху ПР-3.....	23
3 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ ДИЗЕЛІВ	36
3.1 Призначення кантувача і порядок постановки на нього дизеля.....	36
3.2 Розрахунок кантувача	37
3.2 Розрахунок привода кантувача	42
ВИСНОВКИ	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	77

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Технічне переосна- щення цеху ПР-3 локо- мотивного		
Розроб.	Кравцов						
Перевір.	Бобирь						
Реценз.							
Н. Контр.	Колодій						
Затверд.					УДУНТ, гр. ЛГ19120		
					Літ.	Аркуш	Аркушів
						5	78

ВСТУП

Залізничний транспорт України займає значне місце в економіці держави та має значний вплив на формування її транспортної політики сусідніх з Україною держав. Він складає велику транспортну систему України і покликаний забезпечувати своєчасне, повне і якісне задоволення потреб господарства і населення по перевезенням. Саме географічне розташування країни передбачає створення на її території транзитних транспортних коридорів, насамперед для вантажного руху. Не використовувати їх з вигодою означає позбавити себе у можливості поповнити бюджет залізниці, держбюджет та поступово віддалюватись від поставленої мети інтеграції в європейські залізничні лінії [1].

Науково-технічний прогрес на залізничному транспорті нерозривно пов'язаний із розвитком локомотивного господарства, в якому зосереджена майже восьма частина загальної вартості основних фондів залізничних доріг, на його частку припадає близько 40% експлуатаційних витрат, що витрачаються на перевезення вантажів і пасажирів.

Перспектива розвитку локомотивного господарства пов'язана із подальшим удосконаленням системи експлуатації, ремонту і технічного обслуговування локомотивів, нормалізацією режиму праці локомотивних бригад, підвищенням безпеки та надійності функціонування усіх ланок локомотивного господарства.

Важливішою задачею локомотивного господарства є підвищення ефективності перевізного процесу – збільшення швидкості руху і маси поїздів, розвиток та технічне переоснащення локомотивних депо. На сьогоднішній час одним з головних напрямків в рішенні проблем експлуатації парку старіючих тепловозів, наряду з оновленням та капітальним ремонтом є їх комплексна модернізація із встановленням нових сучасних дизелів, енергозберігаючого обладнання та систем керування.

Департаментом локомотивного господарства розроблено проекти

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		6

«Технічних вимог на комплексну модернізацію тепловозів серій ЧМЭЗ, М62 та 2М62» з заміною штатного силового обладнання при реалізації яких буде досягнуто:

- скорочення витрат на паливо та мастильні матеріали за рахунок зниження витрат палива 25–30% та мастила 60–70%;
- повна відповідність тепловоза, який модернізується, сучасним технічним, ергономічним та екологічним вимогам;
- підвищення надійності експлуатації тепловоза, силової енергетичної установки та допоміжного обладнання;
- зниження експлуатаційних витрат на ремонти за рахунок збільшення міжремонтних періодів;
- зменшення часу простоїв на ремонтах та технічних обслуговуваннях;
- підвищення моторесурсу дизеля;
- покращення умови праці локомотивних бригад.

Досвід експлуатації модернізованих тепловозів показав, що після проведення комплексної модернізації тепловозів ЧМЭЗ економія палива складає близько 32%, масла – 69%, збільшення вагової норми поїзда на 20%, збільшення міжремонтних пробігів на 30%, збільшена експлуатаційна надійність локомотивів, покращені умови праці локомотивних бригад, зменшено викиди шкідливих речовин в навколишнє середовище до норм Євросоюзу. Тому модернізація тягового рухомого складу, технічне переоснащення ремонтних цехів сьогодні є одним із найважливіших завдань вітчизняного залізничного транспорту.

Метою даної кваліфікаційної роботи є технічне переоснащення цеху ПР-3 локомотивного депо Ш. Також буде запропоновано низьку заходів щодо удосконалення технології ремонту дизеля тепловоза 2ТЭ116.

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		7

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛОКОМОТИВНОГО ДЕПО Ш

1.1 Характеристика та відомості про експлуатаційну роботу локомотивного депо

За нашого часу Одеська залізниця проходить по території восьми областей України: Одеської, Херсонської, Миколаївської, Кіровоградської, Черкаської, Вінницької, Полтавської, Київської.

Експлуатаційна довжина Одеської залізниці складає більше 4200 км. На території залізниці знаходиться 65 міст.

Залізниця взаємодіє з сімома морськими портами: Одеським, Чорноморським, Південним, Херсонським, Миколаївським, Ізмаїльським, Білгород-Дністровським та трьома річковими: Херсонським, Миколаївським та Черкаським. Все це сприяє, незважаючи на сьогодинішній стан, наявності перевезень, подальшому розвитку Одеської залізниці. У зв'язку з незначним, але все ж таки поліпшенням економічної ситуації в Україні передбачається поступове підвищення вантажопотоку, а це безумовно поліпшить ситуацію наявності робочих місць, а отже й добробут громадян України.

Локомотивне депо Ш являється одним з дев'яти депо Одеської залізниці та має телеграфний шифр ТЧ-5. У розпорядженні депо має свій приписний парк локомотивів, ПТОЛ з відповідними спорудами та ремонтна база для виконання поточних ремонтів ПР-1, ПР-2, ПР-3, ПР-3У.

Локомотивне депо Ш займає територію 39500 м². Тут розташовані цехи ремонту локомотивів і дизель-поїздів, цех експлуатації, їдальня, контора депо, склад палива й інші допоміжні відділення, які необхідні в такому великому господарстві. Крім цього ще є база ремонту паровозів, що розташована на станції Цвіткове разом з базою відстою тягового рухомого состава загальною площею 7200 м² [2].

В експлуатаційній діяльності локомотивне депо виконує пасажирські,

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		8

вантажні перевезення та господарчу роботу на дільницях [2]:

- Шевченко – П’ятихатки, 196 км;
- Шевченко – Миронівна, 110 км;
- Шевченко – Гребінка, 122 км;
- Шевченко – Долинська, 162 км;
- Шевченко – Помічна, 129 км;
- Шевченко – Знам’янка, 92 км.

Приміські перевезення на дільницях:

- Шевченко – Помічна, 129 км;
- Шевченко – Гребінка, 122 км;
- Шевченко – Умань, 203 км;
- Шевченко – Черкаси, 30 км;
- Шевченко – Христинівка, 181 км;
- Шевченко – Знам’янка, 92 км.

Також в депо експлуатуються три крани на залізничному русі серії КЖДЕ. Приписного парку електровозів в депо немає, експлуатуються електровози приписки депо Київ-Пасажирський – серії ЧС4, ЧС8; депо Козятин, Знам’янка, Котовськ – серії ВЛ80^т, ВЛ80^с.

На території депо розташований пункт технічного обслуговування локомотивів корисною площею 240 м². Призначений він для проведення технічного обслуговування тепловозів та екіпірування їх дизельним паливом, водою та піском. Також проводиться технічний огляд та екіпірування електровозів серії ЧС4, ЧС8, ВЛ80^с, ВЛ80^т приписки локомотивних депо Київ-Пасажирський, Котовськ, Козятин, Знам’янка. На виїзних коліях з цеху підйимального ремонту встановлені водяні реостати з технологічними будівлями корисною площею 4 × 23 м². Також розташовані: склад піску об’ємом 2970 м², насосні дизельного масла, дизельного палива та топочного мазуту, мається своя хімічна лабораторія.

У локомотивному депо III використовується прикріплений спосіб обслуговування локомотивів бригадами, що передбачає обслуговування локомотива постійною кількістю прикріплених до нього бригад, які змінюються по

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		9

черзі, після закінчення відпочинку у пункті проживання, де проходить їх зміна.

В депо використовується безвизивний (явочний) спосіб організації праці локомотивних бригад. Цей спосіб передбачає таку організацію праці, коли після чергової поїздки бригаді одразу ж оголошується запланована наступна явка. Таке планування проводиться не менше ніж на 12 годин уперед (тривалість мінімального відпочинку локомотивної бригади між поїздками). При явочній системі можна планувати відпочинок між суміжними поїздками, однак бригади не знають дати надання вихідних днів і не можуть планувати їх використання [3].

Загальні відомості про локомотивне депо наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Загальні відомості про локомотивне депо

Найменування даних	Одиниці виміру	Кількість
Площа тягової території: - у т.ч. забудована	м ²	39500 15825
Загальна корисна довжина колій	м	10532
Загальна площа цехів: у т.ч. - стійлової частини - майстерень та підсобних цехів - службово-побутових приміщень	м ²	14636 6008 5230 3308
Приписна парк тепловозів: у т.ч. - вантажних - пасажирських - маневрових	од	44 14 7 23
Моторвагонних секцій	од	9

1.2 Загальна характеристика видів ремонту та ремонтних цехів

Чітка та безперебійна робота рухомого складу можлива тільки при його технічно справному стані, який є однією з важливих умов безпеки руху.

Технічний стан локомотивів перевіряють при прийомі та здачі зміни, перед постановкою в ремонт і випуску з ремонту, при технічному обслуговуванні та річному комісійному огляді [4].

Локомотивне депо III виконує в необхідних об'ємах технічне обслуговування та ремонти рухомого складу. Основними функціями локомотивного депо є попередження та усунення зносу і пошкоджень рухомого складу. Виявлені при перевірці технічного стану рухомого складу несправності усувають, зношені і пошкоджені деталі відновлюють або замінюють. У депо виконують технічне обслуговування ТО-3 та поточні ремонти (ПР-1, ПР-2, ПР-3, ПР-3П). Для локомотивів встановлена певна система ремонтів і технічних обслуговувань.

Система ремонту є сукупністю технічних положень, які охоплюють такі поняття, як: вид технічного обслуговування або ремонту, структура ремонтного циклу і періодичність ремонту.

Види технічного обслуговування та ремонту визначено діючою в локомотивному депо III планово-попереджувальною системою технічного обслуговування або ремонту, яка передбачає, що технічне обслуговування, поточний ремонт виконується в локомотивному депо, капітальні ремонти локомотивів виконуються на заводах з ремонту рухомого складу, що мають необхідну оснащеність і кваліфікацію кадрів.

При цій системі в депо організований ремонт тепловозам серії 2ТЭ10УТ, 2ТЭ10М, 2ТЭ116 в обсязі ПР-3П, ПР-3, ПР-2 для всієї Одеської залізниці, ремонти в обсязі ПР-1, ТО-3, ТО-2 для власних потреб приписного парку.

При ТО-3, окрім робіт, що виконуються при ТО-2, також виконують перевірку і ревізію основних вузлів та деталей дизеля – циліндрів і поршнів, підшипників колінчастого вала, вертикальної передачі, турбокомпресорів,

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
						11
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

форсунок, очищають фільтри, контролюють стан тягового генератора та допоміжних електричних машин і електричної апаратури. Особливу увагу приділяють огляду та контролю ходових частин, автогальмового устаткування, швидкостемірів, приладів пильності.

При ремонті ПР-1, крім переліку робіт, що виконуються при ТО-3, деякі вузли та деталі обладнання при необхідності знімають з локомотива, ремонтують і перевіряють на випробувальних стендах.

При ремонті ПР-2, окрім робіт, виконаних при ТО-3 і ПР-1, відновлюють працездатність: циліндрів, поршнів, підшипників колінчастого вала, вертикальної передачі, паливної апаратури та інших вузлів дизеля, допоміжного обладнання (гідроприводі вентилятора, вентиляторів тягових електродвигунів), окремих допоміжних електричних машин, електричних апаратів, проводять перезарядку акумуляторних батарей, ревізію тягових редукторів та ін.

При ремонті ПР-3 разом з роботами, що проводяться при ПР-2, відновлюють працездатність візків з викаткою із-під локомотива, тягових електродвигунів, редукторів і вентиляторів холодильника, секцій радіатора, теплообмінника, більшої частини електричних машин і апаратів [5].

Основними складовими елементами депо є стійлова частина, майстерні, службово-побутові приміщення.

Для організації технологічного процесу технічних обслуговувань та поточних ремонтів локомотивів депо має наступні ремонтні стійла:

- для виконання технічного обслуговування ТО-2, ТО-3;
- для виконання поточних ремонтів ПР-1, ПР-2, ПР-3;
- для реостатних випробувань локомотива після ремонту, для очищення локомотива перед постановкою на ремонт;
- для постановки локомотива в очікуванні роботи.

Основні цехи депо: цех ПР-2, ПР-3, ПР-1, візковий цех, цех ТО-2, господарчий цех, механічний цех, агрегатний цех, електроапаратний цех, котельня депо, цех експлуатації, паливні склади, автокранова дільниця, база запасу локомотивів по станції Цвіткове. Ремонт вузлів, агрегатів та обладнання

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		12

проводиться у наступних відділеннях: механічному відділенні, по ремонту шатунно-поршньової групи, дизель-агрегатному, коліснотокарному, секційному, втулочному, зварювальному, електроапаратному, просочувальному, гальванічному, автогальмівному, ковальському, по ремонту акумуляторних батарей, перевірки та ремонту контрольно-вимірювальних приладів, по ремонту швидкостемірів, по контролю АЛСН, по ремонту інструменту, по зберіганню інструменту.

Цеха та відділення при цеху підйомочного ремонту мають у наступному складі: візковий площею 1377 м², електромашинний площею 622 м², коліснотокарний – 197 м², мийний для колісних пар візків та деталей – 99 м², дизель-агрегатне – 319 м², автогальмівне – 93 м², монтажу роликових букс – 79 м², роликове (обмивка, ремонт) – 66 м², просочувально-сушильне – 165 м².

Висновки до розділу. Локомотивне депо Ш являється одним з дев'яти депо Одеської залізниці та має телеграфний шифр ТЧ-5. У розпорядженні депо має свій приписний парк локомотивів, ПТОЛ з відповідними спорудами та ремонтна база для виконання поточних ремонтів ПР-1, ПР-2, ПР-3, ПР-3У.

В експлуатаційній діяльності локомотивне депо виконує пасажирські, вантажні перевезення та господарчу роботу на ряді діляниць Одеської залізниці.

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
						13
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

2 ТЕХНІЧНЕ ПЕРЕОСНАЩЕННЯ ЦЕХУ ПР-3

2.1 Основна концепція технічного переоснащення

Технічне переоснащення – це комплекс заходів, направлених на підвищення технічного рівня виробництва за рахунок впровадження більш сучасної техніки, технології та організації робіт в основному та допоміжних виробництвах [6].

Технічне переоснащення діючих підприємств здійснюється по проектам та кошторисам на окремі об'єкти або види робіт, що розроблюються на основі єдиного техніко-економічного обґрунтування та в відповідності з планом підвищення техніко-економічного рівня галузі, як правило, без розширення виробничих площ.

Метою технічного переоснащення та переозброєння діючих підприємств є всесвітня інтенсифікація виробництва, збільшення виробничих потужностей, збільшення обсягу випуску продукції та поліпшення її якості при зростанні продуктивності праці. Крім того переоснащення направлене на скорочення робочих місць, зниження матеріаломісткості та собівартості продукції, економії матеріальних і паливно-енергетичних ресурсів, поліпшення інших техніко-економічних показників роботи підприємства в цілому.

При технічному переоснащенні діючих підприємств можуть виконуватися наступні заходи:

- додаткове встановлення на існуючих виробничих площах устаткування та машин, впровадження автоматизованих систем управління та контролю;
- застосування радіо, телебачення, комп'ютерних систем і інших сучасних засобів в управлінні виробництвом;
- модернізація та технічне переоснащення природоохоронних об'єктів, опалювальних і вентиляційних систем;
- створення власних компресорних та теплових установок, для зменшення витрат на транспортування та на витрати при транспортуванні теплоносіїв та

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		14

стисненого повітря.

При цьому допускається часткова перебудова та розширення існуючих виробничих будівель і споруд, обумовлені габаритами розміщуваного нового устаткування, розширення існуючих або будівництво нових об'єктів підсобного та обслуговуючого призначення (наприклад, об'єктів складського господарства, компресорних, котельних, кисневих і інших об'єктів), якщо це пов'язано із заходами, що проводяться, щодо технічного переозброєння .

Концепція організаційного розвитку розглядає підприємство як адаптивну самонавчальну організацію, яка своєчасно реагує на вимоги ринку, зміни інституційної, нормативної та законодавчої бази і націлена на впровадження нових технологій, інноваційних методів і підходів в менеджменті. Подібна позиція є найважливішим чинником виживання підприємства в конкурентному економічному середовищі.

2.2 Аналіз технічного стану тепловозного парку в локомотивному депо Ш

Технічний стан тепловозів оцінюється рядом показників, найбільш важливими з яких є деповський відсоток несправних локомотивів, кількість випадків транспортних подій (інцидентів, порушень та відчеплень) на шляху прямування, кількість випадків позапланового ремонту, показники виконання технічних обслуговувань та поточних ремонтів, позапланова заміна вузлів при ТО-3 та ПР-1.

2.2.1 Деповський відсоток несправних тепловозів

Загальний процент несправних локомотивів визначається співвідношенням числа локомотивів, що одночасно знаходяться в ремонті та в очікуванні ремонту, до парку локомотивів депо, що знаходяться в приписному парку депо по всіх видах руху та роботи, у всіх видах ремонтного обслуговування. Процент несправних локомотивів відображує технічний стан всього парку, характеризує рівень

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		15

організації ремонту та стан ремонтної бази, а також надійність локомотивів.

Величина відсотку несправних локомотивів є нормованою величиною і не може бути рівною «0» оскільки завжди є локомотиви, що знаходяться в ремонті та не експлуатуються. Статистичні дані про величину відсотка несправних локомотивів по депо III наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Відсоток несправних локомотивів

В відсотках

Відсоток несправних локомотивів	Величина по роках			
	2018	2019	2020	2021
Плановий		12,07	7,7	12,0
Фактичний		21,13	14,55	19,38
Позапланових ремонтів		6,82	1,2	2,0

Загальний відсоток несправних тепловозів за 12 місяців 2020 р. в порівнянні з 2019 зменшився на 6,58% і проти норми на 6,85%. Відсоток несправних локомотивів від позапланового ремонту зменшився на 4,62%, зменшився і відсоток несправних від позапланового ремонту в відсотках до норми на 28,23%.

Загальний відсоток несправних тепловозів за 12 місяців 2021 р. в порівнянні з 2020 р. зменшився на 2,87% і більше проти норми на 3,98%. Відсоток несправних від позапланового ремонту зменшився на 1,0%, зменшився і відсоток несправних від позапланового ремонту в відсотках до норми на 12,99%.

2.2.2 Транспортні події (інциденти, порушення та відчеплення) на шляху прямування

Кількість транспортних подій (інцидентів, порушень та відчеплень) тепловозів на шляху прямування, розподіл їх по причинах, а також по обладнанню, вузлах і агрегатах наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Кількість випадків транспортних подій

Показник	Величина по роках			
	2018	2019	2020	2021
Інциденти	3	4		4
Порушення	3	2		0
Відчеплення	-	-		-
Всього транспортних подій	6	5		4
Кількість випадків на 1 млн км пробігу	2,14	1,94	3,04	1,74

За 12 місяців 2021 р. допущено 4 транспортні події – 4 інциденти проти 6 випадків в 2020 році, що складає 1,74 випадки на 1 млн км пробігу, проти 3,04 в 2020 році.

За 12 місяців 2021 року транспортні події, в залежності від організаційних причин, розподілились наступним чином: з вини експлуатаційного персоналу 0 випадків, з вини ремонтного персоналу нашого депо три випадки: (1,3 на 1 млн км пробігу); з технічних причин один випадок (0,43 на 1 млн км пробігу). З вище наведеної статистики можна зробити висновок, що для покращення технічного стану тягового рухомого складу необхідно впровадити більш жорстку технологічну дисципліну під час виконання поточних ремонтів та технічних обслуговувань, так як більшість випадків сталася через недотримання вимог технологічних та нормативних документів.

2.2.3 Позаплановий ремонт тепловозів

Інформацію про кількість позапланових ремонтів тепловозів по локомотивному депо Ш наведено в табл. 2.3.

Аналізуючи дані табл. 2.3 можна зазначити, що кількість позапланових ремонтів за 12 місяців 2021 р., порівняно з 2020 роком, не змінилась. На 1 млн км пробігу кількість випадків зменшилась на 0,02. Загальний простій зменшився на

8380,1 год, також у порівнянні з 2020 р. зменшився і середній простій на позаплановому ремонті на 558,6 год за рахунок зменшення випадків позапланових ремонтів тепловозів серії 2ТЭ116.

Таблиця 2.3 – Позапланові ремонти тепловозів

Показник	Величина по роках			
	2018	2019	2020	2021
Кількість випадків, од	17	31	6,53	15
Кількість випадків на 1 млн км пробігу, од	8,253,3	15		6,51
Загальна тривалість позапланових ремонтів, год.	10255,55	12192,7		3812,6
Середня тривалість позапланових ремонтів, год	6037,9	22688,85	812,8	254,2

Кількість позапланових ремонтів за 12 місяців 2020 р., порівняно з 2019 роком, зменшилась на 16 випадків. На 1 млн км пробігу кількість випадків зменшилась на 6,77. Загальний простій зменшився на 10496,1 год, також у порівнянні з 2019 роком збільшився і середній простій на позаплановому ремонті на 80,9 год за рахунок виведення з позапланового ремонту тепловозів 2ТЭ116 №643 с.Б (4972,0 години) та 2ТЭ16 №613 (2066,3 години).

Розподіл причин позапланових ремонтів зведено в табл. 2.4, як видно з наведених даних найчастіше з ладу виходять дизельний двигун (від 53% до 67,7% від всіх випадків) та електрообладнання (від 13% до 47%). Найбільш негативна тенденція спостерігалася в 2021 році кількість позапланових ремонтів сягнула 31 випадок, що призвело до значного зростання відсотка несправних локомотивів (понад 21%) та зростання простою рухомого складу в ремонті.

Найбільша кількість відмов приходить на дизель та електрообладнання тепловозів. Для виявлення «найслабших» місць у системі технічного обслуговування рухомого складу депо Ш розглянемо основні причини виходу з

ладу тепловозних дизелів та електрообладнання (табл. 2.5–2.6).

Таблиця 2.4 – Загальна кількість позапланових ремонтів по групах обладнання тепловозів

Група обладнання	Кількість по роках			
	2018	2019	2020	2021
Дизель	8	21	8	11
Допоміжне обладнання	0	4	0	0
Гальмівне обладнання	0	0	0	1
Електрообладнання	8	5	2	2
Колісні пари з буксами	0	0	1	1
Моторно-осьові підшипники	1	1	3	0
Інше обладнання	0	0	1	0
Всього	17	31	15	15

Згідно даних табл. 2.5 – 2.6 найбільша частка відмов серед елементів дизелів приходить на паливну апаратуру (20,8%) та систему охолодження (47,9%). Найхарактернішим ушкодженням системи охолодження тепловозних дизелів є втрата охолоджуючої рідини через втрату герметичності оболонки дизеля з причини утворення тріщин в корпусних деталях та ущільнюючих елементах. Основною причиною такого стану справ є значний термін експлуатації рухомого складу, неритмічні поставки запасних частин, а інколи має місце недбале ставлення ремонтного персоналу до виконання своїх посадових обов'язків. Серед електрообладнання найбільша частота відмов припадає на допоміжні машини та електричні ланцюги найбільш характерним ушкодженням в них є пробій ізоляції через її незадовільний стан та старіння у зв'язку з тривалою експлуатацією деяких локомотивів з перепробігом на капітальний ремонт.

Таблиця 2.5 – Розподіл позапланових ремонтів по вузлах дизелів

Вузол	Кількість позапланових ремонтів			
	2018	2019	2020	2021
Колінвал, корінні та шатунні підшипники, вертикальна передача	1		3 3	0
Циліндропоршнева група	1		1 3	3
Паливне обладнання	6		1 1	2
Повітронагнітачі	0		1 3	1
Система охолодження дизеля	0		7 11	5
Всього	8		8 21	11

Таблиця 2.6 – Розподіл позапланових ремонтів по електрообладнанню

Вузол	Кількість позапланових ремонтів			
	2018	2019	2020	2021
Головний генератор	2 0	0		0
Допоміжні машини	2 2	3		3
ТЕД	2 0	0		0
Електроланцюги, акумуляторні батареї	2 0	2		2
Всього	8 2	5		5

2.2.4 Позапланова заміна вузлів та агрегатів тепловозів при технічних обслуговуваннях ТО-3 та поточних ремонтах ПР-1

Одним з не менш важливих ремонтних показників є кількість позапланових замін та агрегатів тепловозів при технічних обслуговуваннях ТО-3 та поточних

ремонтах ПР-1, оскільки згідно з нормативними документами такі заміни виконуватись не повинні. Наявність позапланових змін крупних вузлів та агрегатів свідчить про недостатній рівень технічного обслуговування або незадовільні умови експлуатації рухомого складу. Статистичні дані про позапланові заміни вузлів та агрегатів наведено в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Позапланова заміна вузлів та агрегатів тепловозів при технічних обслуговуваннях ТО-3 та поточних ремонтах ПР-1

Найменування вузла	Причини виходу з ладу вузла	Кількість замін по роках		
		2019	2020	2021
1	2	3	4	5
Колісна пара	Різниця діаметрів бандажів	39	50	84
	Знос бандажа	3	-	2
	Провертання бандажа		1	-
	Збільшений прозір в моторно-вісьовому підшипнику	-	6	-
	Задирка шийки моторно-вісьового підшипника	5	1	-
	Теча оливи по кожуху	1	-	1
	Раковина бандажа	3	-	1
Тяговий двигун	Сторонній шум якірного підшипника	-	1	1
	Заклинювання підшипника ТЕД	1	-	3
	Обрив обмотки збудження	1	-	3
	Замикання на корпус в якорі	6	4	1
	Провертання лабіринту ТЕД	2	1	-
	Провертання бандажа	2	1	-
	Відгорання кабелю ТЕД	-	-	1

Продовження табл. 2.7

1	2	3	4	5
	Розмотування бандажа	-	1	1
	Міжвиткове замикання	1	-	2
	Занижена ізоляція обмотки якоря	1	2	2
	«Нуль» в якорі ТЕД	-	6	1
Двомашинний агрегат	Обрив обмотки збудження	2	1	2
	Занижена ізоляція обмотки якоря	1	-	3
	Міжвиткове замикання	1	-	3
	Вібрація	8	-	1
	Відсутня зарядка АБ з-за обриву обмотки.	3	2	-
Турбокомпресор ТК-34	Планова заміна при ПР-1	1	3	1
	Недостатній вибіг ротора	1	5	8
	Теча води в середню частину	-	-	1
Нагнітач другого ступеня	Сторонній стук	1	4	5
Гідромуфта	Теча масла по сальниковому ущільненню	-	2	-
	Не включається компресор	1	3	1
Водяний насос	Биття вала, руйнування підшипника	1	-	1
	Значна втрата води по сальнику водяного насоса	2	1	1
Головний оливний насос	Мала продуктивність	1	-	1
Циліндрова втулка	Тріщина	1	2	-
Автозчіпні пристрої	Зношення хвостовика	-	-	1
Усього замін		89	97	132

Загальна кількість випадків позапланової заміни вузлів тепловозів в 2021 році збільшилась на 35 випадків, в основному за рахунок збільшення виконання перепідкочення колісних пар по різниці діаметрів бандажів тепловозів ЧМЭЗ. Збільшилась кількість заміни: двохмашинних агрегатів на 6 випадків по причині заниженої величини ізоляції та міжвиткового замикання. Зменшилась кількість заміни гідромуфт на 4 випадки, циліндрових втулок на два випадки та на один випадок по ТЕД.

2.3 Пропозиції з технічного переоснащення цеху ПР-3

Провівши аналіз існуючого виробничого процесу з ремонту тепловозів серії 2ТЭ116 та 2ТЭ10 в обсязі ПР-3, який виконується в локомотивному депо Ш необхідно приділити особливу увагу ремонту дизелів та екіпажної частини. Дизельний двигун є основною частиною тепловоза, його стан впливає на обсяги викидів у повітря шкідливих речовин, реалізацію повної потужності тепловоза. Від його стану на пряму залежить собівартість перевезень, екологічність та ефективність роботи локомотива. Особливої уваги потребує екіпажна частина локомотивів оскільки вона працює не в менш важких умовах ніж дизель, оскільки реалізовує розвинену дизелем потужність в обертовий момент на ободі колісної пари та крім того, найбільша кількість відмов локомотивного парки приходить на ходову частину (нагрів бику, нагрів МОП, заклинювання тягових зубчастих передач, подрізи гребенів колісних пар, руйнування пружного підвішування та тощо).

Виконуючи “Правила технічного обслуговування та поточних ремонтів тепловозів 2ТЭ116” (ЦТ-0043 від 2013 р.) необхідно переглянути виробничий процес ремонту колісно-моторних блоків та дизелів тепловозів.

Для поліпшення якості ремонту тягового рухомого складу пропонується впровадити позицію ремонту колісно-моторних блоків, лазерний вимірювач блоків

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		23

дизелів СКБД-3 та переобладнати прес для тарирування пружин візків локомотивів.

2.3.1 Позиція ремонту колісно-моторних блоків

Колісно-моторний блок (далі КМБ) є одним з основних вузлів локомотива, від стану якого залежить не тільки безпека руху поїздів, але й виконання прогресивної системи утримання тягового рухомого складу із заданим рівнем надійності. КМБ складається з: колісної пари, тягового електродвигуна, зубчастої передачі, підшипників ковзання.

До основних груп несправностей КМБ належать:

- пошкодження моторно-осьових підшипників (задири, rischi, передчасне спрацювання);
- тріщини та пітінги у зубах зубчатих коліс;
- пошкодження кожухів тягових зубчастих передач;
- пошкодження колісних пар;
- пошкодження ТЕД.

Перші три групи названих пошкоджень головним чином залежать від якості складання колісно-моторних блоків, а саме дотримання вимог нормативних документів до величин технологічних зазорів та натягів. Тому розгляд питання про впровадження технологічної позиції ремонту КМБ (лист 3 графічної частини) викликаний наступними причинами по-перше покращенням якості ремонту, зменшенні кількості відмов в експлуатації, попередньому виявленні дефектів, що починають розвиватися та зменшенні собівартості ремонту. Насамперед зменшення собівартості ремонту буде відбуватися за рахунок зменшення тривалості ремонту та підвищення його якості.

Технологічна позиція ремонту КМБ (рис. 2.1) складається з рами 1, що переміщується по цехових рейках на коліщатках 2. На рамі встановлено підйомник колісних пар 3, індукційний нагрівач малих шестерень 4, портал 7 та привід

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		24

переміщення позиції 6. На порталі змонтовано механічний гайковерт 9 та тельфер 8, котрий призначено для підйому шапок моторно-осьових підшипників, кожухів зубчастої передачі та тощо. Для складання КМБ зібраний та відремонтований ТЕД розміщується в середині технологічної колії в положенні моторно-осьовим підшипником доверху. Колісна пара в зборі з буксовими вузлами цеховою кран-балкою подається на гідравлічні підйомники позиції, після чого піднімається на висоту достатню для наведення на ТЕД. В такому положенні вся позиція переміщується до суміщення осей колісної пари та моторно-осьового підшипника ТЕД.

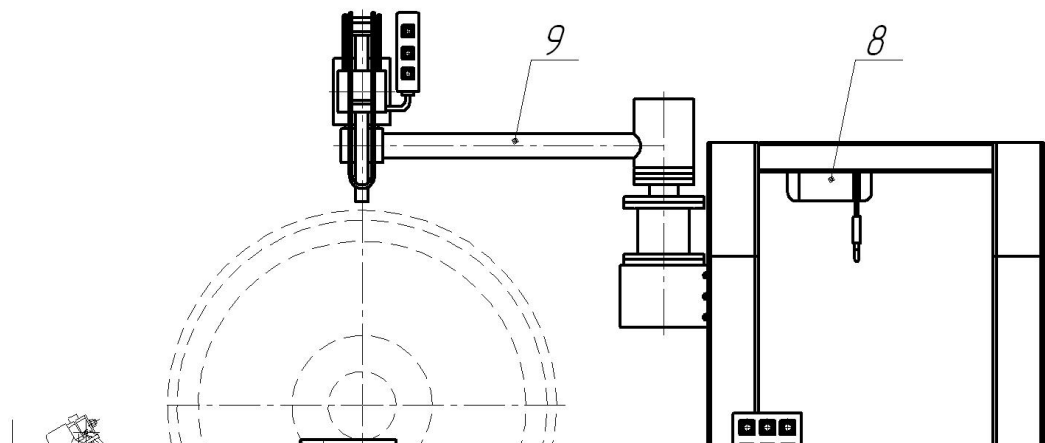


Рисунок 2.1 – Технологічна позиція ремонту КМБ

На технологічній позиції зі складання колісно-моторних блоків виконуються:

- встановлення колісної пари в моторно-осьові підшипники;
- посадка моторно-осьових підшипників в остов ТЕД;

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		25

- монтаж та демонтаж шапок МОП;
- механізована притирка малих шестерень до конусу хвостовика вала ТЕД;
- індукційний нагрів малих шестерень перед посадкою з автоматичним контролем температури;

- насадка малих шестерень на вал ТЕД;
- монтаж та демонтаж кожухів тягової зубчастої передачі;
- прокрутка вала КМБ в обох напрямках.

При використанні даної технологічної позиції час на складання КМБ становить 2,7 год, трудові витрати – 2,7 люд/год, рівень механізації робіт – 85%.

Основні характеристики технологічної позиції ремонту КМБ наведено в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Основні технічні характеристики позиції ремонту КМБ

Параметр	Величина
1	2
Напруга живлення, В	380
Частота обертів ключа гайковерта, хв ⁻¹	26
Крутний момент на голівці ключа, Нм	1050
Привід гайковерта	електродвигун
Потужність, кВт	4,0
Частота обертів, хв ⁻¹	1500
Привід позиції	електродвигун
Потужність, кВт	7,5
Частота обертів, хв ⁻¹	750
Ширина колії, мм	2200

Продовження табл. 2.8

1	2
Живлення на обкатку КМБ:	
- напруга постійного струму, В	250
- струм, А	300
- струм перенавантаження, А	1200
Вантажопідйомність електроталі, кг	250
Найбільша маса КМБ, кг	8500

Позицію обладнано самогальмівним приводом. Використовуються спеціальні пристрої для захвату малих шестерень, після нагріву для подачі їх в робочу зону.

Передбачена конструкція з гайковертом та електричним тельфером дозволяє максимально швидко та якісно виконувати монтаж та демонтаж кожухів тягової зубчастої передачі, шапок моторно-осьових підшипників.

Дане технологічне обладнання рекомендоване для ремонту КМБ таких серій локомотивів, як ВЛ8, ВЛ10, ВЛ11, ВЛ80, 2ЭС4К, 2ЭС5К, 2ТЭ116, 2ТЭ10 та ЧМЭЗ [7].

2.3.2 Вимірювач лазерний блоків дизелів СКБД-3

Вимірювач лазерний контролю блоку дизеля СКБД-3 (рис. 2.2) призначений для контролю геометричних параметрів блоку дизеля, а саме, співісності постілей корінних підшипників колінчастого валу, поясів під циліндрові втулки та вертикальної передачі при середньому та капітальному ремонтах в умовах депо або заводів.

Вимірювач лазерний контролю блоку дизеля СКБД-3 складається з випромінюючого модулю 1, оптичного поворотного мосту 2, шукача центру 3,

двохопорної хрестовини 4, пересувної тумби 5 та ПЕОМ 6.

Рисунок 2.2 – Вимірювач лазерний блоків дизелів СКБД-3

Випромінюючий модуль (рис. 2.3) формує базовий лазерний промінь, що проходить вздовж загальної осі постілей колінчастого вала. Випромінюючий модуль складається з випромінювача 1, закріпленого на кронштейні 2, та основи 3 кронштейна. Кронштейн оснащено регуляторами положення лазерного променя. Основа 3 призначена для кріплення кронштейна 2 з випромінювачем 1 до блоку дизеля. Основа 3 кронштейна має індивідуальне виконання в залежності від розмірів постілей блока дизеля, тобто для кожного типу дизелів. Випромінювач 1 та кронштейн 2 універсальні та можуть використовуватися для різних типів блоків дизелів.

Хрестовина двохопорна (рис. 2.4) з фотоприймачем призначена для контролю співвісності постілей корінних підшипників колінчастого вала. Фотоприймач 1 встановлюється в центральний посадочний отвір хрестовини

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
						28
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

двохопорної 2 та призначений для реєстрації відхилення лазерного пучка від центра фотоприймача.

Рисунок 2.3 – Випромінюючий модуль

Хрестовина двохопорна має індивідуальне виконання в залежності від діаметра постілей блока дизеля. Фотоприймач є універсальним для всіх типів блоків дизелів.

Міст оптичний поворотний (рис. 2.5) призначений для поворота базового лазерного променя на 90° та направлення його вздовж осі поясів циліндрової втулки.

Міст оптичний поворотний складається з двох опорних хрестовин 2 та оптичного блока 1. За допомогою опорних хрестовин 2 міст встановлюється на дві сусідні постілі корінних підшипників колінчастого валу. В середній частині оптичного блока 1 закріплена пентапризма, за допомогою якої лазерний пучок від випромінюючого модуля повертається на 90° . Оптичний блок обладнано ручками регулювання направлення повернутого лазерного променя.

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		29

Рисунок 2.4 – Хрестовина
двохопорна

Рисунок 2.5 – Міст оптичний
поворотний

Після встановлення моста оптичного поворотного на відповідні постілі в верхній пояс під циліндрову втулку встановлюється центрошукач (рис. 2.6).

Механізмами моста оптичного поворотного 1 здійснюється направлення повернутого лазерного променя в центр фотоприймача 3, встановленого в посадочний отвір центрошукача 2. Значення положення лазерного променя реєструється фотоприймачем 3. Після чого шукач центру встановлюється в наступні пояса блока дизеля та здійснюється реєстрація відхилення центра пояса під циліндрову втулку від лазерного променя.

Після чого по цим даним вираховується не співвісність поясів під циліндрову втулку та відхилення від перпендикулярності осі поясів під циліндрову втулку відносно загальної осі постілей колінчастого вала.

Всі модулі вимірювача лазерного СКБД-3 зберігаються в відповідних ложементах пересувної тумби (рис. 2.7).

На верхньому ярусі тумбочки розміщено блок обробки даних, з персональним комп'ютером. При роботі з лазерним вимірювачем тумбочка виконує функцію робочого місця.

Тумбочка обладнана кришкою та дверцятами, що виключає можливість потрапляння пилу та бруду при зберіганні модулів лазерного вимірювача.

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
						30
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Рисунок 2.6 – Центрошукач

Рисунок 2.7 – Пересувна тумба

За результатами обробки даних вимірів формується електронний протокол вимірів, що зберігається в пам'яті персонального комп'ютера.

Технічні характеристики вимірювача лазерного контролю блоку дизеля СКБД-3 наведено в табл. 2.9.

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
						31
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики вимірювача лазерного контролю блоку дизеля СКБД-3

Найменування параметру	Значення
Дальність роботи, м	0 ÷ 6
Діапазон відхилення від співвісності, що вимірюється мм	± 1,0
Роздільна здатність, мм	0,001
Напруга живлення, В	220
Потужність лазерного променя в робочому діапазоні, мВт	1
Довжина хвилі випромінювання, мкм	0,63
Час безперервної роботи, год	8
Час проведення вимірювань блока, хв:	
- колінчастий вал	5
- пояса циліндрових втулок	30
Габаритні розміри вимірювального простору, мм	6000×3700×3000
Маса системи в комплекті, кг	20

Розміщення обладнання вимірювача лазерного контролю блоку дизеля СКБД-3 на блоці дизеля 1А-9ДГ приведено на листі 4.

2.3.3 Прес для тарировки пружин ресорного підвішування

Прес для тарировки пружин ресорного підвішування ПГТ 5-200 СГК (рис. 2.8) використовується при проведенні тарировочних робіт при ремонті різних механізмів та призначений для тарировки пружин з максимальним зусиллям стискання 5 т (50 кН). Результати вимірів з електронного датчика тиску через

перетворювач передаються на цифрове табло.

Керування пресом здійснюється з пульта, що розміщується на панелі преса. До пресу можливо підключити персональний комп'ютер, в цьому випадку можливо зберігати електронні звіти про результати випробовування. Технічні характеристики пресу для тарировки пружин ресорного підвішування ПГТ 5-200 СГК наведено в табл. 2.10.

Рисунок 2.8 – Прес для тарировки пружин ресорного підвішування
ПГТ 5-200 СГК

Для поліпшення якості робіт, що виконуються пропонується переобладнати прес. Конструкція даного пресу зумовлює вимірювання жорсткості пружини за рахунок аналізу лінійної деформації (за рахунок вимірювання переміщення нижньої план-шайби) та сили стискання (за рахунок вимірювання сили тиску в гідравлічному циліндрі).

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
						33
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

**Таблиця 2.10 – Технічні характеристики пресу для тарировки
пружин ресорного підвішування**

Параметр	Величина
Робочий тиск, МПа	15
Напруга живлення, В	380
Максимальне зусилля на штоку, т	5
Хід штока, мм	200
Номінальна потужність, кВт	2,2
Номінальна ємність масляного бака, л	63

Пропонується для виміру прикладеної до пружини сили в пресі використовувати технологію прямого виміру сили за допомогою датчика сили, вбудованого в шток поршня. На відміну від систем з виміром сили непрямым методом – по тиску в робочому циліндрі, в яких тертя вносить погрішність, застосування цієї технології гарантує довготривалу безперебійну роботу пресу та точний вимір сили.

Висновки до розділу. Технічне переоснащення – це комплекс заходів, направлених на підвищення технічного рівня виробництва за рахунок впровадження більш сучасної техніки, технології та організації робіт в основному та допоміжних виробництвах. Метою технічного переоснащення та переозброєння діючих підприємств є всесвітня інтенсифікація виробництва, збільшення виробничих потужностей, збільшення обсягу випуску продукції та поліпшення її якості при зростанні продуктивності праці. Крім того переоснащення направлене на скорочення робочих місць, зниження матеріаломісткості та собівартості продукції, економії матеріальних і паливно-енергетичних ресурсів, поліпшення інших техніко-економічних показників роботи підприємства в цілому.

Технічний стан тепловозів оцінюється рядом показників, найбільш важливими з яких є деповський відсоток несправних локомотивів, кількість випадків транспортних подій (інцидентів, порушень та відчеплень) на шляху прямування, кількість випадків позапланового ремонту, показники виконання технічних обслуговувань та поточних ремонтів, позапланова заміна вузлів при ТО-3 та ПР-1.

Згідно даних табл. 2.5 – 2.6 найбільша частка експлуатаційних відмов серед елементів дизелів приходить на паливну апаратуру (20,8%) та систему охолодження (47,9%). Найхарактернішим ушкодженням системи охолодження тепловозних дизелів є втрата охолоджуючої рідини через втрату герметичності оболонки дизеля з причини утворення тріщин в корпусних деталях та ущільнюючих елементах. Основною причиною такого стану справ є значний термін експлуатації рухомого складу, неритмічні поставки запасних частин, а інколи має місце недбале ставлення ремонтного персоналу до виконання своїх посадових обов'язків. Серед електрообладнання найбільша частота відмов припадає на допоміжні машини та електричні ланцюги найбільш характерним ушкодженням в них є пробій ізоляції через її незадовільний стан та старіння у зв'язку з тривалою експлуатацією деяких локомотивів з перепробігом на капітальний ремонт.

Для зменшення кількості позапланових ремонтів та позапланової заміни вузлів та агрегатів тепловозів до ПР-3 необхідно вжити ряд організаційних заходів.

Виконуючи “Правила технічного обслуговування та поточних ремонтів тепловозів 2ТЭ116” (ЦТ-0043 від 2013 р.) необхідно переглянути виробничий процес ремонту колісно-моторних блоків та дизелів тепловозів.

Для поліпшення якості ремонту тягового рухомого складу пропонується впровадити позицію ремонту колісно-моторних блоків, лазерний вимірювач блоків дизелів СКБД-3 та переобладнати прес для тарирування пружин візків локомотивів.

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		35

3 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ ДИЗЕЛІВ

3.1 Призначення кантувача і порядок постановки на нього дизеля

При ремонті дизеля його знімають з тепловоза, обмивають і повністю розбирають. Розбирання виконують на стаціонарному кантувачі, після чого ремонтують і відновлюють базові деталі (блок циліндрів, колінчастий вал, насоси, та ін.) і з заміною більшості комплектуючих деталей (втулок, циліндрів, поршнів, підшипників).

Стаціонарний кантувач дизеля призначений для повороту дизеля і фіксації його на станині стану в будь-якому положенні, що дає зручність при розбиранні дизеля. А головне, дозволяє розбирання корінних підшипників, демонтаж і монтаж колінчастого вала з блока дизеля, тому що будь-яким іншим способом це зробити неможливо. Так само на кантуваче зручно оглядати і виконувати дефектування.

Перед зняттям дизеля з тепловоза і постановкою на тепловоз зливають з систем воду і масло. Потім від'єднують всі масляні, паливні, водяні труби і в місцях їх з'єднання закривають глухими щитками з фанери, картону або спеціальними пробками. Потім з дизеля для зменшення його ваги знімають турбокомпресор і повітроохолоджувач.

Перед зняттям турбокомпресора знімають циклони і гофру, після чого відкручують компенсатор і знімають зливну масляну трубку. Демонтують єднальне кільце між турбокомпресором і повітроохолоджувачем, від'єднують трубку мастила підшипників турбокомпресора.

Далі демонтують трубку вентиляції картера. Після чого відкручують чотири болти кріплення турбокомпресора і з цього ж кронштейна знімають повітроохолоджувач.

Коли ці всі роботи зроблені, відкручують кріпильні (опорні) лапи дизеля від подушок, зчалюють спеціальним чалочними пристосуваннями за ремболти і краном демонтують дизель з рами тепловоза. Після чого дизель переміщують краном і встановлюють на пересувну раму кантувача, яка перед цим

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		36

встановлюється в горизонтальне положення і фіксується двома фіксаторами. Кріпиться дизель до пересувної рами чотирма гайками за лапи (опори) дизеля. Виконуємо розрахунок основних частин кантувача.

3.2 Розрахунок кантувача

3.2.1 Перевірочний розрахунок пересувної рами кантувача на згин

Розрахункова схема пересувної рами кантувача наведена на рис. 3.1, а епюра згинальних моментів на рис. 3.2.

Навантаження дизеля на рухому раму визначається за формулою

$$F = \frac{Q}{4}, \quad (3.1)$$

де Q – вага, що приходить на опори рами, $Q = 88$ кН.

$$F = \frac{88}{4} = 22 \text{ кН.}$$

Умови міцності при вигині балки A, B (пересувної рами кантувача дизеля) можна записати таким чином

$$\sigma_{\max} = \frac{|M_{\max}|}{W_z} \leq [\sigma], \quad (3.2)$$

де $\sigma_{\max}$ – максимальна напруга, кН/см²;

$|M_{\max}|$ – максимальний, що вигинає момент;

W_z – момент опору поперечного перетину балки, $W_z = 192$ см³;

$[\sigma]$ – нормальна напруга, що допускається, для матеріалу балки Ст3

$$[\sigma] = 160 \text{ МПа} = 16 \text{ кН/см}^2 [8].$$

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
						37
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Рисунок 3.1 – Розрахункова схема пересувної рами кантувача

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
						38
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Рисунок 3.2 – Епюра згинальних моментів

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
						39
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Щоб визначити $M_{\max}$ необхідно проаналізувати епюри вигинаючих моментів, для чого перш за все необхідно знайти опорні реакції в точці A і B . Для розрахункової схеми плечі прикладених сил F : $a = 1,135$ м, $b = 1,33$ м, $c = 3,6$ м (див. рис. 3.2).

З рівняння статичної рівноваги в точці A і B

$$\sum M_A = 0; \quad F \cdot a + F \cdot (a + b) - R_B \cdot (a + b + a) = 0, \quad (3.3)$$

знаходимо опорну реакцію в точці B

$$R_B = \frac{F \cdot (a + b + a)}{(a + b + a)}, \quad (3.4)$$

$$R_B = \frac{22,1(1,135 + 1,33 + 1,135)}{(1,135 + 1,33 + 1,135)} = 22 \text{ кН.}$$

З рівняння для точки A

$$\sum F_y = 0; \quad R_A + R_B - F - F = 0, \quad (3.5)$$

знаходимо опорну реакцію в точці A

$$R_A = F + F - R_B, \quad (3.6)$$

$$R_A = 22 + 22 - 22 = 22 \text{ кН.}$$

Знаходимо згинальні моменти для ділянок.

Ділянка x_1 : $0 \leq x_1 \leq a$, $0 \leq x_1 \leq 1,135$.

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
						40
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$M(x_1) = R_A \cdot x_1, \quad (3.7)$$

$$M(x_1 = 0) = R_A \cdot 0 = 0, \quad (3.8)$$

$$M(x_1 = a) = R_A \cdot a, \quad (3.9)$$

тоді

$$M(x_1 = a) = 22 \cdot 1,135 = 24,97 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Ділянка x_2 : $0 \leq x_2 \leq b$, $0 \leq x_2 \leq 1,33$.

$$M(x_2) = R_A(a + x_2) - F \cdot (x_2), \quad (3.10)$$

$$M(x_2 = 0) = R_A \cdot (a + 0) - F \cdot 0 = R_A \cdot a, \quad (3.11)$$

тоді

$$M(x_2 = 0) = 22 \cdot 1,135 = 24,94 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

$$M(x_2 = b) = R_A \cdot (a + b) - F \cdot b, \quad (3.12)$$

тоді

$$M(x_2 = b) = 22 \cdot (1,135 + 1,33) - 22 \cdot 1,33 = 24,97 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Ділянка x_3 : $0 \leq x_3 \leq a$, $0 \leq x_3 \leq 1,135$.

$$M(x_3) = R_B \cdot x_3, \quad (3.13)$$

$$M(x_3 = 0) = R_B \cdot 0 = 0, \quad (3.14)$$

$$M(x_3 = a) = R_B \cdot a, \quad (3.15)$$

тоді

$$M(x_3 = a) = 22 \cdot 1,135 = 2497 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

За даними розрахунків будуємо епюру згинальних моментів, див. рис. 3.2.

З епюри M видно, що $|M_{\max}| = 2497 \text{ кН} \cdot \text{см}.$

Згідно розрахунків рухому балку кантувача пропонується виготовляти з швелера №22. По сортаменту для швелера №22, $W_Z = 192 \text{ см}^3$. Максимальне напруження, що допускається, для матеріалу балки Ст3 $[\sigma] = 160 \text{ МПа} = 16 \text{ кН/см}^2$ [9].

$$\text{Таким чином } \sigma = \frac{2497}{192} = 13,005 \text{ кН/см}^2 = 130,05 \text{ МПа}.$$

Якщо $130,05 \text{ МПа} < 160 \text{ МПа}$, тоді переріз балки відповідає умові міцності при згині.

3.2 Розрахунок привода кантувача

3.2.1 Визначення зусиль діючих на привод

Оскільки координата центру мас двигуна не визначена то приймаємо, що рівнодіюча сил ваги двигуна і рами знаходиться на відстані $R = 30 \text{ мм}$ від осі обертання рами. Тоді статичний момент на вихідному валу редуктора у найбільш не вигідному положенні (коли двигун знаходиться у горизонтальному положенні)

$$T_3 = (m_{\text{дв}} + m_{\text{ра}}) \cdot g \cdot R, \quad (3.16)$$

де $m_{\text{дв}}$ – маса, що припадає на опори рами, $m_{\text{дв}} = 8800 \text{ кг}$;

$m_{\text{ра}}$ – маса рами, $m_{\text{ра}} = 733 \text{ кг}$;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		42

$$T_3 = (8800 + 733) \cdot 9,81 \cdot 0,03 = 2805 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

3.2.2 Перевірка електродвигуна. Кінематичні розрахунки

Кутова швидкість обертання

$$\omega_3 = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (3.17)$$

де n – частота обертання рами з двигуном, приймаємо $n = 1 \text{ хв}^{-1}$.

$$\omega_3 = \frac{3,14 \cdot 1}{30} = 494 \text{ с}^{-1}.$$

Визначаємо загальний ККД приводу

$$\eta_{\text{заг}} = \eta_{\text{ч}}^2 \cdot \eta_{\text{м}}^2 \cdot \eta_{\text{п}}^3, \quad (3.18)$$

де $\eta_{\text{ч}}$ – попередній ККД черв'ячних передач, $\eta_{\text{ч}} = 0,8$ [9, с.5];

$\eta_{\text{м}}$ – ККД муфти, $\eta_{\text{м}} = 0,98$ [9, с. 5];

$\eta_{\text{п}}$ – ККД пари підшипників, $\eta_{\text{п}} = 0,99$ [9, с. 5].

$$\eta_{\text{заг}} = 0,8^2 \cdot 0,98^2 \cdot 0,99^3 = 0,596.$$

Необхідна потужність електродвигуна

$$P_{\text{дв}} = \frac{T_3 \cdot \omega}{\eta_{\text{заг}}}, \quad (3.19)$$

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
						43
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$P_{\text{а}}^{\text{і}} = \frac{2805 \cdot 0,105}{0,105} = 494 \text{ Вт.}$$

Обираємо електродвигун асинхронний загального призначення АИР100L8 з наступними параметрами: потужність $P = 1,5$ кВт, частота обертання ротора двигуна $n_{\delta} = 700 \text{ хв}^{-1}$ [9, с. 806].

Необхідне передаточне число редуктора

$$i = \frac{n_{\delta}}{n}, \quad (3.20)$$

де n_{δ} – частота обертання ротора двигуна, $n_{\delta} = 700 \text{ хв}^{-1}$.

$$i = \frac{700}{1} = 700.$$

Розіб'ємо передаточне число на дві ступені:

– швидкохідна $i_1 = 10$;

– тихохідна $i_2 = 70$.

Кутова швидкість проміжного вала

$$\omega_2 = \omega_3 \cdot i_2, \quad (3.21)$$

$$\omega_2 = 0,105 \cdot 70 = 7,35 \text{ с}^{-1}.$$

Кутова швидкість швидкохідного вала

$$\omega_1 = \omega_2 \cdot i_1 = 7,35 \cdot 10 = 73,5 \text{ с}^{-1}. \quad (3.22)$$

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		44

3.2.3 Розрахунок тихохідної передачі

Підбирання матеріалу черв'яка і черв'ячного колеса. Матеріал черв'яка і черв'ячного колеса приймаємо для черв'яка сталь 40Х з термообробкою – поліпшення та гартування ТВЧ, $HRC = 45...50$. Витки шліфовані і поліровані.

Для вибору матеріалу колеса визначимо орієнтовну швидкість ковзання

$$V_S = 4,3 \cdot \omega_3 \cdot i_2 \cdot \sqrt[3]{T_3 \cdot 10^{-3}}, \quad (3.23)$$

$$V_S = 4,3 \cdot 0,105 \cdot 70 \cdot \sqrt[3]{2805 \cdot 10^{-3}} = 44,6 \text{ м/с.}$$

Для колеса обираємо бронзу Бр.ОНФ10-1-1, відливка відцентровим способом. Механічні характеристики: $\sigma_A = 290$ МПа, $\sigma_O = 170$ МПа, [8, с.27].

Обрана бронза відноситься до матеріалів І групи.

Допустимі напруження. Загальне число циклів зміни напружень

$$N = 573 \cdot \omega_3 \cdot L_h, \quad (3.24)$$

де L_h – термін служби передачі, згідно [9] приймаємо $L_h = 20000$ год.

$$N = 573 \cdot 0,105 \cdot 20000 = 1,2 \cdot 10^6.$$

Коефіцієнт довговічності

$$\hat{E}_{hl} = \sqrt[8]{\frac{10^7}{N}}, \quad (3.25)$$

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		45

$$\hat{E}_{hl} = \sqrt{\frac{10^7}{1,2 \cdot 10^6}} = 1,3.$$

Вихідне допустиме контактне напруження (при $> HRC45$)

$$[\sigma]_{f0} = 0,9 \cdot \sigma_A \cdot 10^6, \quad (3.26)$$

$$[\sigma]_{f0} = 0,9 \cdot 290 \cdot 10^6 = 261 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Допустимі контактні напруження

$$[\sigma]_f = \hat{E}_{hl} \cdot C_V \cdot [\sigma]_{f0}, \quad (3.27)$$

де C_V – коефіцієнт швидкості зносу зубів, $C_V = 0,8$.

$$[\sigma]_f = 1,3 \cdot 0,8 \cdot 261 = 271 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт довговічності

$$\hat{E}_{fl} = \sqrt[9]{\frac{10^6}{N}}, \quad (3.28)$$

$$\hat{E}_{fl} = \sqrt[9]{\frac{10^6}{1,3 \cdot 10^6}} = 0,971.$$

Вихідне допустиме напруження згинання

$$[\sigma]_{F0} = (0,25 \cdot \sigma_T + 0,08 \cdot \sigma_B) \cdot 10^6, \quad (3.29)$$

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		46

$$[\sigma]_{F0} = (0,25 \cdot 170 + 0,08 \cdot 290) \cdot 10^6 = 65,7 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Допустимі напруження згинання визначаємо за формулою

$$[\sigma]_F = \hat{E}_{\text{fl}} \cdot [\sigma]_{F0} = 0,971 \cdot 65,7 = 63,8 \text{ МПа.} \quad (3.30)$$

Підбір основних параметрів редуктора. Визначаємо міжосьова відстань за формулою

$$a_W \geq 6100 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_3}{[\sigma]_H^2}}, \quad (3.31)$$

$$a_W \geq 6100 \cdot \sqrt[3]{\frac{2805}{(271 \cdot 10^6)}} = 0,205 \text{ м.}$$

Округлюючи до стандартного значення, приймаємо $a_W = 225 \text{ мм}$ [8, с. 13].

Визначаємо число зубів колеса

$$z_4 = z_3 \cdot i_2, \quad (3.32)$$

де z_3 – число витків черв'яка, приймаємо $z_3 = 1$.

$$z_4 = 1 \cdot 70 = 70.$$

Модуль передачі визначаємо

$$m = (1,5 \dots 1,7) \cdot \frac{a_W}{z_4}, \quad (3.33)$$

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		47

$$m = (1,5 \dots 1,7) \cdot \frac{225}{70} = 4,82 \dots 5,46 \text{ мм.}$$

Приймаємо найближче стандартне значення $m = 5 \text{ мм}$ [8, с.13].

Коефіцієнт діаметра черв'яка

$$q = \frac{2 \cdot a_w}{m} - z_4, \quad (3.34)$$

$$q = \frac{2 \cdot 225}{5} - 70 = 20.$$

Геометричні розміри черв'яка та колеса. Дільний діаметр черв'яка

$$d_3 = q \cdot m, \quad (3.35)$$

$$d_3 = 20 \cdot 5 = 100 \text{ мм.}$$

Діаметр вершин витків

$$d_{a3} = d_3 + 2 \cdot m, \quad (3.36)$$

$$d_{a3} = 100 + 2 \cdot 5 = 110 \text{ мм.}$$

Діаметр впадин

$$d_{f3} = d_3 - 2,4 \cdot m, \quad (3.37)$$

$$d_{f3} = 100 - 2,4 \cdot 5 = 88 \text{ мм.}$$

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
						48
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Довжина частини черв'яка де нарізані витки

$$b_3 \geq (11 + 0,06 \cdot z_4) \cdot m, \quad (3.38)$$

$$b_3 \geq (11 + 0,06 \cdot 70) \cdot 5 = 76 \text{ мм.}$$

Оскільки витки шліфують, то остаточно

$$b_3 \geq 76 + 3 \cdot m, \quad (3.39)$$

$$b_3 \geq 76 + 3 \cdot 5 = 91 \text{ мм.}$$

Діаметр ділильного кола колеса визначається за формулою

$$d_4 = z_4 \cdot m, \quad (3.40)$$

$$d_4 = 70 \cdot 5 = 350 \text{ мм.}$$

Діаметр кола вершин зубів визначається за формулою

$$d_{a4} = d_4 + 2 \cdot m = 350 + 2 \cdot 5 = 360 \text{ мм.} \quad (3.41)$$

Найбільший діаметр колеса

$$d_{aM4} \leq d_{a4} + \frac{6 \cdot m}{(z_3 + 2)}, \quad (3.42)$$

$$d_{aM4} \leq 360 + \frac{6 \cdot 5}{(1 + 2)} = 370 \text{ мм.}$$

Тоді ширина вінця

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		49

$$b_4 \leq 0,75 \cdot d_{a3}, \quad (3.43)$$

$$b_4 \leq 0,75 \cdot 110 = 82,5 \text{ мм.}$$

Приймаємо найближчий стандартний розмір $b_4 = 80$ мм [8, с. 260]

Перевірочний розрахунок передачі на міцність. Кут підйому лінії витка $\gamma = 2^\circ 52'$ [8, с.30].

Визначаємо окружну швидкість черв'яка за формулою

$$V_3 = 0,5 \cdot \omega_2 \cdot d_3, \quad (3.44)$$

$$V_3 = 0,5 \cdot 7,35 \cdot 0,1 = 0,368 \text{ м/с.}$$

Тоді швидкість ковзання

$$V_S = \frac{V_C}{\tilde{m}_{s\gamma}}, \quad (3.45)$$

$$V_S = \frac{0,368}{0,9987} = 0,368 \text{ м/с.}$$

Визначаємо допустимі контактні напруження

$$[\sigma]_f = \hat{E}_{hl} \cdot C_V \cdot [\sigma]_{f0}, \quad (3.46)$$

$$[\sigma]_f = 1,3 \cdot 0,95 \cdot 261 = 322 \text{ МПа.}$$

Визначаємо окружну швидкість на колесі

$$V_4 = 0,5 \cdot \omega_3 \cdot d_4, \quad (3.47)$$

$$V_4 = 0,5 \cdot 0,105 \cdot 0,35 = 0,0184 \text{ м/с.}$$

Тоді коефіцієнт навантаження $K = 1$ при $V \leq 3 \text{ м/с.}$

Розрахункові контактні напруження

$$\sigma_H = \frac{4,8 \cdot 10^5}{d_4} \cdot \sqrt{\frac{K \cdot T_3}{d_3}}, \quad (3.48)$$

$$\sigma_H = \frac{4,8 \cdot 10^5}{0,35} \cdot \sqrt{\frac{1 \cdot 2805}{0,1}} = 230 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Що менше припустимого $[\sigma] = 271 \cdot 10^6 \text{ Па.}$ Отже міцність передачі за контактними напруженнями забезпечена.

Визначимо ККД передачі за формулою:

$$\eta_{\div} = \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg}(\gamma + \rho')}, \quad (3.49)$$

де ρ' – кут тертя, $\rho' = 3^\circ 40'$ [8, с.30].

$$\eta_{\div} = \frac{\operatorname{tg} 2^\circ 52'}{\operatorname{tg}(2^\circ 52' + 3^\circ 40')} = 0,589.$$

Визначимо обертальний момент на валу черв'яка

$$T_2 = \frac{T_3}{U_2 \cdot \eta_{i \text{ од}} \cdot \eta_{i \text{ з\ddot{a}o}} \cdot \eta_{\div}}, \quad (3.50)$$

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		51

$$T_2 = \frac{2805}{70 \cdot 0,98 \cdot 0,99 \cdot 0,589} = 70,1 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Сили в зачепленні. Перевірка зубів колеса по напруженням згину. Визначаємо окружну силу на колесі та осьову силу на черв'яку

$$F_{t4} = F_{a3} = \frac{2 \cdot T_2}{d_4}, \quad (3.51)$$

$$F_{t4} = F_{a3} = \frac{2 \cdot 2805}{0,35} = 16029 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Окружна сила на черв'яку та осьова сила на колесі знаходимо за формулою

$$F_{t3} = F_{a4} = \frac{F_{t4} \cdot z_3}{q \cdot \eta_{\div}}, \quad (3.52)$$

$$F_{t3} = F_{a4} = \frac{16029 \cdot 1}{20 \cdot 0,589} = 1361 \text{ Н}.$$

Тоді радіальна сила складе

$$F_r = 0,364 \cdot F_{t4}, \quad (3.53)$$

$$F_r = 0,364 \cdot 16029 = 5935 \text{ Н}.$$

Перевірка зубів за напруженнями згину. Еквівалентне число зубів

$$z_{V4} = \frac{z_4}{\cos^3 \gamma}, \quad (3.54)$$

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
						52
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$z_{V4} = \frac{70}{0,96} = 70,26.$$

Робимо розрахункові напруження згину

$$\sigma_F = \frac{0,7 \cdot Y_F \cdot K \cdot F_{t4}}{m \cdot b_4}, \quad (3.55)$$

де Y_F – коефіцієнт форми зуба, $Y_F = 1,37$ [8, с.31];

K – коефіцієнт навантаження, $K = 1$ [8, с.30].

$$\sigma_F = \frac{0,7 \cdot 1,37 \cdot 1 \cdot 16029}{0,005 \cdot 0,085} = 36,2 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

$$\sigma_F = 36,2 \text{ МПа} < [\sigma]_F = 63,8 \text{ МПа.}$$

Отже міцність передачі за напруженнями згину забезпечена.

Тепловий розрахунок. Визначаємо потужність на черв'яку

$$D_3 = \frac{T_3 \cdot \omega_3}{\eta_{\div}}, \quad (3.56)$$

$$D_3 = \frac{2805}{0,589} = 500 \text{ Вт.}$$

Приймаємо, припускаючи, що відведення теплоти буде відбуватись без штучного охолодження.

Температура масла

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
						53
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$t_{\delta \dot{a}} = \frac{(1 - \eta_{\dot{a}}) \cdot D_C}{(\hat{E}_{\dot{o}} \cdot A) + 20}, \quad (3.57)$$

де $\hat{E}_{\dot{o}}$ – коефіцієнт тепловіддачі, $\hat{E}_{\dot{o}} = 9...17$;

A – площа поверхні охолодження корпусу, $A = 1$ [8, с.30].

$$t_{\delta \dot{a}} = \frac{(1 - 0,491) \cdot 500}{[(9...17) \cdot 1] + 20} = 48,5...34,9^{\circ}\text{C}.$$

Таким чином є допустимим, оскільки: $t_{\delta \dot{a}} < [t]_{\delta \dot{a}} = 95^{\circ}\text{C}$.

Отже нормальна робота тихохідної передачі забезпечена і вона не потребує додаткового охолодження.

3.2.4 Розрахунок швидкохідної передачі

Підбираємо матеріал для черв'яка і черв'ячного колеса. Приймаємо для черв'яка сталь 40Х з термообробкою – поліпшення та гартування ТВЧ, $HRC = 45...50$. Витки шліфовані і поліровані.

Для вибору матеріалу колеса визначимо орієнтовну швидкість ковзання

$$V_S = 4,3 \cdot \omega_2 \cdot U_2 \cdot \sqrt[3]{T_3 \cdot 10^{-3}}, \quad (3.58)$$

$$V_S = 4,3 \cdot 7,35 \cdot 10 \cdot \sqrt[3]{70,1 \cdot 10^{-3}} = 130 \text{ м/с}.$$

Для колеса обираємо бронзу Бр.ОНФ10-1-1, відливка відцентровим способом. Механічні характеристики: $\sigma_A = 290$ МПа, $\sigma_O = 170$ МПа, [8, с.27].

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		54

Обрана бронза відноситься до матеріалів І групи.

Загальне число циклів зміни напружень

$$N = 573 \cdot \omega_3 \cdot L_h, \quad (3.59)$$

$$N = 573 \cdot 7,35 \cdot 20000 = 84,2 \cdot 10^6.$$

Оскільки $N > 25 \cdot 10^7$ то приймаємо $N = 25 \cdot 10^7$ циклів.

Визначимо коефіцієнт довговічності

$$\hat{E}_{hl} = \sqrt[8]{\frac{10^7}{N}}, \quad (3.60)$$

$$\hat{E}_{hl} = \sqrt[8]{\frac{10^7}{25 \cdot 10^7}} = 0,669.$$

Визначимо вихідне допустиме контактне напруження (при $HRC45$)

$$[\sigma]_{f0} = 0,9 \cdot \sigma_A \cdot 10^6, \quad (3.61)$$

$$[\sigma]_{f0} = 0,9 \cdot 290 \cdot 10^6 = 261 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Тоді допустимі контактні напруження

$$[\sigma]_f = \hat{E}_{hl} \cdot C_V \cdot [\sigma]_{f0}, \quad (3.62)$$

$$[\sigma]_f = 0,669 \cdot 0,8 \cdot 261 = 140 \text{ МПа.}$$

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		55

Визначаємо коефіцієнт довговічності

$$\hat{E}_{\text{fl}} = \sqrt[9]{\frac{10^6}{N}}, \quad (3.63)$$

$$\hat{E}_{\text{fl}} = \sqrt[9]{\frac{10^6}{25 \cdot 10^7}} = 0,541.$$

Визначимо вихідне допустиме напруження згинання

$$[\sigma]_{F0} = (0,25 \cdot \sigma_T + 0,08 \cdot \sigma_B) \cdot 10^6, \quad (3.64)$$

$$[\sigma]_{F0} = (0,25 \cdot 170 + 0,08 \cdot 290) \cdot 10^6 = 65,7 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Допустимі напруження згинання

$$[\sigma]_F = K_{\text{fl}} \cdot [\sigma]_{F0}, \quad (3.65)$$

$$[\sigma]_F = 0,541 \cdot 65,7 = 35,5 \text{ МПа.}$$

Підбір основних параметрів редуктора. Визначимо міжосьову відстань

$$\dot{a}_W \geq 6100 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_2}{[\sigma]_H^2}}, \quad (3.66)$$

$$a_W \geq 6100 \cdot \sqrt[3]{\frac{70,1}{140 \cdot 10^6}} = 0,0933 \text{ м.}$$

Округлюючи до стандартного значення, приймаємо $a_W = 100 \text{ мм}$ [8, с.13].

Визначаємо число зубів колеса

$$z_2 = z_1 \cdot U_1, \quad (3.67)$$

де z_1 – число витків черв'яка, $z_1 = 4$.

$$z_2 = 4 \cdot 10 = 40.$$

Визначимо модуль передачі

$$m = (1,5 \dots 1,7) \cdot \frac{a_W}{z_2}, \quad (3.68)$$

$$m = (1,5 \dots 1,7) \cdot \frac{100}{40} = 3,75 \dots 4,25.$$

Приймаємо найближче стандартне значення, $\delta = 4 \text{ мм}$, [8, с.13].

Коефіцієнт діаметра черв'яка

$$q = \frac{2 \cdot a_W}{m} - z_2, \quad (3.69)$$

$$q = \frac{2 \cdot 100}{4} - 40 = 10.$$

Геометричні розміри черв'яка та колеса редуктора. Ділильний діаметр черв'яка

$$d_1 = q \cdot m, \quad (3.70)$$

$$d_1 = 10 \cdot 4 = 40 \text{ мм.}$$

Діаметр вершин витків

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m, \quad (3.71)$$

$$d_{a1} = 40 + 2 \cdot 4 = 48 \text{ мм.}$$

Діаметр впадин

$$d_{f1} = d_1 - 2,4 \cdot m, \quad (3.72)$$

$$d_{f1} = 40 - 2,4 \cdot 4 = 30,4 \text{ мм.}$$

Довжину частини черв'яка де нарізані витки

$$b_1 \geq (11 + 0,06 \cdot z_2) \cdot m, \quad (3.73)$$

$$b_1 \geq (11 + 0,06 \cdot 40) \cdot 4 = 53,6 \text{ мм.}$$

Оскільки витки шліфують, то остаточно

$$b_1 \geq 53,6 + 3 \cdot m, \quad (3.74)$$

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
						58
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$b_1 \geq 76 + 3 \cdot 4 = 65,6 \text{ мм.}$$

Приймаємо $b_1 = 65 \text{ мм.}$

Діаметр ділительного кола колеса

$$d_2 = z_2 \cdot m, \quad (3.75)$$

$$d_2 = 40 \cdot 4 = 160 \text{ мм.}$$

Діаметр кола вершин зубів

$$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m, \quad (3.76)$$

$$d_{a2} = 160 + 2 \cdot 4 = 168 \text{ мм.}$$

Діаметр колеса найбільший

$$d_{aM2} \leq d_2 + \frac{6 \cdot m}{(z + 2)}, \quad (3.77)$$

$$d_{aM2} \leq 160 + \frac{6 \cdot 4}{(4 + 2)} = 164 \text{ мм.}$$

Ширина вінця

$$b_2 \leq 0,75 \cdot d_{a1}, \quad (3.78)$$

$$b_2 \leq 0,75 \cdot 48 = 36 \text{ мм.}$$

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
						59
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Перевірочний розрахунок передачі на міцність. ККД передачі. Визначаємо окружну швидкість черв'яка

$$V_1 = 0,5 \cdot \omega_1 \cdot d_1, \quad (3.79)$$

$$V_1 = 0,5 \cdot 73,5 \cdot 0,04 = 1,18 \text{ м/с.}$$

Визначаємо швидкість ковзання

$$V_S = \frac{V_1}{\cos \gamma}, \quad (3.80)$$

де γ – кут підйому лінії витка, $\gamma = 21^\circ 48'$ [8, с.30].

$$V_S = \frac{1,18}{0,928} = 1,27 \text{ м/с.}$$

Визначимо допустимі контактні напруження

$$[\sigma]_f = \hat{E}_{HL} \cdot C_V \cdot [\sigma]_{f0}, \quad (3.81)$$

$$[\sigma]_f = 0,669 \cdot 0,95 \cdot 261 = 166 \text{ МПа.}$$

Визначимо окружна швидкість на колесі

$$V_2 = 0,5 \cdot \omega_2 \cdot d_2, \quad (3.82)$$

$$V_2 = 0,5 \cdot 7,35 \cdot 0,16 = 0,588 \text{ м/с.}$$

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		60

Тоді коефіцієнт навантаження $K = 1$ при $V \leq 3$ м/с [8, с.30].

Розрахункові контактні напруження

$$\sigma_H = \frac{4,8 \cdot 10^5}{d_2} \cdot \sqrt{\frac{K \cdot T_2}{d_1}}, \quad (3.83)$$

$$\sigma_H = \frac{4,8 \cdot 10^5}{0,16} \cdot \sqrt{\frac{1 \cdot 70,1}{0,04}} = 126 \cdot 10^6 \text{ МПа.}$$

Таким чином $\sigma_H = 126 \text{ МПа} < [\sigma]_f = 166 \text{ МПа}$. Отже міцність передачі за контактними напруженнями забезпечена.

Визначаємо ККД передачі

$$\eta_{\div} = \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg}(\gamma + \rho')}, \quad (3.84)$$

$$\eta_{\div} = \frac{\operatorname{tg} 21^{\circ} 48'}{\operatorname{tg}(21^{\circ} 41' + 3^{\circ} 10')} = 0,889.$$

Оскільки ККД передачі уточнено, то необхідно перевірити вибраний електродвигун за необхідною потужністю

$$P_A^{\text{і â á}} = \frac{T_3 \cdot \omega_3}{\eta_{\text{ç ä ã}}}, \quad (3.85)$$

$$P_A^{\text{і â á}} = \frac{2805488,105}{0,889} = 604 \text{ Вт.}$$

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		61

Оскільки необхідна потужність електродвигуна менша за потужність вибраного електродвигуна ($604 < 1500$ Вт), то вибраний електродвигун підходить.

Обертальний момент на привідному валу

$$\dot{Q}_1 = \frac{\dot{Q}_2}{U_1 \cdot \eta_{1\div} \cdot \eta_{i\text{ з\ddot{a}}\emptyset}}, \quad (3.86)$$

$$\dot{Q}_1 = \frac{70,1}{10 \cdot 0,889 \cdot 0,99} = 7,96 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Загальне ККД передачі

$$\eta_{\text{ç\grave{a}\ddot{a}}} = \eta_{1\div} \cdot \eta_{2\div} \cdot \eta_i^2 \text{ óô} \cdot \eta_{i\text{ з\ddot{a}}\emptyset}^3, \quad (3.87)$$

де $\eta_{1\div}$ – ККД бистрохідної черв'ячної передачі, $\eta_{1\div} = 0,889$ [8];

$\eta_{2\div}$ – ККД тихохідної черв'ячної передачі, $\eta_{2\div} = 0,589$ [8].

$$\eta_{\text{ç\grave{a}\ddot{a}}} = 0,889 \cdot 0,589 \cdot 0,98^2 \cdot 0,99^3 = 0,488.$$

Сили в зачепленні. Перевірка зубів колеса по напруженням згину. Окружна сила на колесі та осьова сила на черв'яку

$$F_{t2} = F_{a1} = \frac{2 \cdot T_2}{d_2}, \quad (3.88)$$

$$F_{t2} = F_{a1} = \frac{2 \cdot 70,1}{0,16} = 876 \text{ Н}.$$

Окружна сила на черв'яку та осьова сила на колесі

$$F_{t1} = F_{a2} = \frac{F_{t2} \cdot z_1}{q \cdot \eta_{\div}}, \quad (3.89)$$

$$F_{t1} = F_{a2} = \frac{876 \cdot 4}{10 \cdot 0,889} = 394 \text{ Н.}$$

Радіальна сила

$$F_r = 0,364 \cdot F_{t2}, \quad (3.90)$$

$$F_r = 0,364 \cdot 394 = 143 \text{ Н.}$$

Перевірка зубів за напруженнями згину. Еквівалентне число зубів

$$z_{V2} = \frac{z_2}{\cos^3 \gamma}, \quad (3.91)$$

$$z_{V2} = \frac{40}{0,8} = 50.$$

Розрахункові напруження згину

$$\sigma_F = \frac{0,7 \cdot Y_F \cdot K \cdot F_{t2}}{m \cdot b_2}, \quad (3.92)$$

де Y_F – коефіцієнт форми зуба, $Y_F = 1,45$ [8, с.31];

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
						63
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

K – коефіцієнт навантаження, $K = 1$ [8, с.30].

$$\sigma_F = \frac{0,7 \cdot 0,0645 \cdot 0,0376}{0,001} = 6,17 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Таким чином $\sigma_F = 6,17 \text{ МПа} < [\sigma]_F = 35,5 \text{ МПа}$. Отже міцність передачі за напруженнями згину забезпечена.

Тепловий розрахунок. Визначимо потужності на черв'яку

$$D_1 = \frac{T_2 \cdot \omega_2}{\eta_{\div}}, \quad (3.93)$$

$$D_1 = \frac{7001,88935}{0,88935} = 580 \text{ Вт.}$$

Приймаємо, припускаючи, що відведення теплоти буде відбуватись без штучного охолодження.

Температура масла

$$t_{\text{д\acute{e}л}} = \frac{(1 - \eta_{\times}) \cdot P_1}{(K_T \cdot A) + 20}, \quad (3.94)$$

де $\hat{E}_O$ – коефіцієнт тепловіддачі, $K_T = (9 \dots 17)$ [8, с.31];

A – площа поверхні охолодження корпуса, $A = 1 \text{ м}^2$ [8, с.31].

$$t_{\text{д\acute{e}л}} = \frac{(9 \dots 17) \cdot 580}{[(\quad)] + 20} = 27,2 \dots 23,9^\circ \text{ C.}$$

Що допустимо оскільки $t_{\delta i \dot{a}} < [t]_{\delta i \dot{a}} = 95^{\circ} \text{C}$. Отже нормальна робота швидкохідної передачі забезпечена і вона не потребує додаткового охолодження.

3.2.5 Перевірочний розрахунок шпонкових з'єднань

Визначаємо обертальний момент на валу двигуна

$$M_1 = 9740 \cdot \frac{P_A}{n}, \quad (3.95)$$

де P_E – потужність електродвигуна, $P_E = 1,5$ кВт.

$$M_1 = 9740 \cdot \frac{1,5}{60} = 20,9 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Визначаємо допустимі напруження зминання

$$[\sigma]_{\dot{Q}} = 0,3 \cdot \sigma_T, \quad (3.96)$$

де σ_T – границя текучості матеріалу деталі (вал, шпонка, маточини) яка має найменші механічні характеристики. Для маточини із Ст3, $\sigma_T = 220$ МПа.

$$[\sigma]_{\dot{Q}} = 0,3 \cdot 220 = 66 \text{ МПа}.$$

Найбільший обертальний момент, що може передаватись шпонкою на вхідному валу редуктора

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		65

$$M = 0,25 \cdot d \cdot h \cdot l \cdot [\sigma]_{\dot{Q}} , \quad (3.97)$$

де d – діаметр вала, $d = 0,028$ м;

h – висота шпонки, $h = 0,007$ м [10, с.20];

l – довжина шпонки, $l = 0,04$ м [10, с.20].

$$M = 0,25 \cdot 0,028 \cdot 0,007 \cdot 0,04 \cdot 66 \cdot 10^6 = 129 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Що більше $M_1 = 20,9$ Н·м. Отже міцність шпонкового з'єднання забезпечена.

Визначаємо допустимі напруження зминання

$$[\sigma]_{\dot{Q}} = 0,3 \cdot \sigma_T , \quad (3.98)$$

де σ_T – границя текучості матеріалу маточини із сталі 40, $\sigma_T = 340$ МПа [11, с. 125].

$$[\sigma]_{\dot{Q}} = 0,3 \cdot 340 = 102 \text{ МПа}.$$

Найбільший обертальний момент, що може передаватись шпонкою на вихідному валу редуктора

$$M = 0,25 \cdot d \cdot h \cdot l \cdot [\sigma]_{\dot{Q}} , \quad (3.99)$$

$$M = 0,25 \cdot 0,07 \cdot 0,012 \cdot 0,14 \cdot 102 \cdot 10^6 = 3000 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Що більше $\dot{O}_3 = 2805$ Н·м. Отже міцність шпонкового з'єднання забезпечена.

Визначаємо допустимі напруження зминання

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		66

$$[\sigma]_{\dot{Q}} = 0,3 \cdot \sigma_T, \quad (3.100)$$

де σ_T – границя текучості матеріалу маточини із сталі 40ХН, $\sigma_{\dot{O}} = 750$ МПа [11].

$$[\sigma]_{\dot{Q}} = 0,3 \cdot 750 = 225 \text{ МПа.}$$

Визначаємо найбільший обертальний момент, що може передаватись шпонкою під черв'ячним колесом швидкохідної передачі

$$M = 0,25 \cdot d \cdot h \cdot l \cdot [\sigma]_{\dot{Q}}, \quad (3.101)$$

$$M = 0,25 \cdot 0,04 \cdot 0,008 \cdot 0,016 \cdot 225 \cdot 10^6 = 288 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Що більше $\dot{O}_2 = 70,1$ Н·м. Отже міцність шпонкового з'єднання забезпечена.

Визначаємо допустимі напруження зминання

$$[\sigma]_{\dot{Q}} = 0,3 \cdot \sigma_T, \quad (3.102)$$

де σ_T – границя текучості матеріалу маточини із сталі 40Х, $\sigma_{\dot{O}} = 750$ МПа [10, с.125].

$$[\sigma]_{\dot{Q}} = 0,3 \cdot 750 = 225 \text{ МПа.}$$

Найбільший обертальний момент, що може передаватись шпонкою під черв'яком тихохідної ступені

$$M = 0,25 \cdot d \cdot h \cdot l \cdot [\sigma]_{\dot{Q}}, \quad (3.103)$$

$$M = 0,25 \cdot 0,03 \cdot 0,008 \cdot 0,04 \cdot 225 \cdot 10^6 = 473 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Що більше $\dot{O}_2 = 70,1 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Отже міцність шпон очного з'єднання забезпечена.

Визначаємо допустимі напруження зминання

$$[\sigma]_{\dot{Q}} = 0,3 \cdot \sigma_T, \quad (3.104)$$

$$[\sigma]_{\dot{Q}} = 0,3 \cdot 750 = 225 \text{ МПа}.$$

Найбільший обертальний момент, що може передаватись шпонкою під черв'ячним колесом тихохідної ступені

$$M = 0,25 \cdot d \cdot h \cdot l \cdot [\sigma]_{\dot{Q}}, \quad (3.105)$$

$$M = 0,25 \cdot 0,08 \cdot 0,014 \cdot 0,04 \cdot 225 \cdot 10^6 = 2940 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Що більше $\dot{O}_3 = 2805 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Отже міцність шпонкового з'єднання забезпечена.

3.2.6 Перевірочний розрахунок з'єднувальних муфт

Між електродвигуном і редуктором встановлюємо, для компенсації динамічних навантажень при пуску двигуна, муфту пружну втулково-пальцеву.

Матеріал напівмуфт – сталь 40, матеріал пальців – сталь 45.

Визначаємо розрахунковий момент

$$\dot{O} = \hat{E} \cdot \dot{Q}, \quad (3.106)$$

де K – коефіцієнт запасу, $K = 1,4$.

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		68

$$T = 1,4 \cdot 7,96 = 11,1 \text{ Н·м.}$$

Для перевірки міцності розраховуємо пальці на згинання, а гуму за напруженнями зминання на поверхні дотику втулок із пальцями. При цьому приймаємо, що всі пальці навантажені однаково, а напруження зминання розподілені рівномірно по всій довжині втулки

$$\sigma_{\tilde{m}} = \frac{2 \cdot \dot{O}}{(d \cdot l \cdot z \cdot D)}, \quad (3.107)$$

де z – число пальців, $z = 4$ [11, с. 445];

d – діаметр пальця, $d = 0,014 \text{ м}$ [11, с. 445];

l – довжина пружного елемента, $l = 0,015 \text{ м}$ [11, с. 445];

D – діаметр розташування пальців, $D = 0,12 \text{ м}$ [11, с. 445].

$$\sigma_{\tilde{m}} = \frac{0,014 \cdot 0,015 \cdot 4 \cdot 0,12}{()} = 0,22 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Що менше $[\sigma]_{\dot{O}} = 1,8 \dots 2 \text{ МПа}$, [9, с. 206]. Отже міцність гумових втулок забезпечена.

Визначимо напруження зминання за формулою

$$\sigma = \frac{2 \cdot \dot{O} \cdot (0,5 \cdot l + c)}{(z \cdot D \cdot d^3)}, \quad (3.108)$$

де c – зазор між напівмуфтами, $C = 0,004 \text{ м}$, [9, с.206].

$$\sigma = \frac{2 \cdot 11,1 \cdot (0,5 \cdot 0,015 + 0,004)}{(4 \cdot 0,12 \cdot 0,014^3)} = 4,3 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
						69
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Що менше $\sigma = 43 \text{ МПа} < [\sigma]_{\text{сд}} = 112 \dots 140 \text{ МПа}$ [9, с. 206]. Отже міцність пальців забезпечена. На вихідному валу редуктора встановлюємо фланцеву муфту.

Визначаємо зусилля, яке зрізає болти муфти

$$P = \frac{T_3}{R}, \quad (3.109)$$

де R – радіус розташування болтів, $R = 0,084 \text{ м}$.

$$P = \frac{2884}{0,084} = 33393 \text{ Н}.$$

Визначаємо зусилля, що сприймається одним болтом

$$P_A = \frac{P}{6}, \quad (3.110)$$

де 6 – кількість болтів.

$$P_A = \frac{33393}{6} = 5566 \text{ Н}.$$

Визначимо допустимі напруження зрізу матеріалу болтів

$$[\tau]_{\text{сд}} = 0,5 \cdot \sigma_0, \quad (3.111)$$

де σ_0 – межа текучості матеріалу болта, $\sigma_0 = 320 \text{ МПа}$.

$$[\tau]_{\text{сд}} = 0,5 \cdot 320 = 160 \text{ МПа}.$$

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
						70
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Необхідний діаметр болта

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot [\tau]_{\text{Б}}}}, \quad (3.112)$$

$$d \geq \sqrt{\frac{3,14 \cdot 556610}{6}} = 0,00666 \text{ м} = 6,66 \text{ мм.}$$

Отже міцність болтів в фланцевій муфті забезпечена, оскільки необхідний діаметр болтів $d = 6,66 \text{ мм}$ менше болтів встановлених $d = 20 \text{ мм}$.

3.2.7 Перевірочний розрахунок хвостовика вала кантувача на зріз

На хвостовик діє вага дизеля і частина ваги рухомої рами

$$D_{\text{CA}\tilde{A}} = (m_{\text{AA}} + m_{\text{Д}}) \cdot g, \quad (3.113)$$

де $m_{\text{Д}}$ – частина маси рухомої рами, що діє на хвостовик, $m_{\text{Д}} = 671 \text{ кг}$.

$$D_{\text{CA}\tilde{A}} = (8800 + 671) \cdot 9,81 = 92910 \text{ Н.}$$

Рухома рама має дві опори, тому на хвостовик у нижньому положенні рами діє зусилля

$$P_{\tilde{O}\hat{A}} = \frac{D_{\text{CA}\tilde{A}}}{2}, \quad (3.114)$$

$$P_{\tilde{O}\hat{A}} = \frac{92910}{2} = 46455 \text{ Н.}$$

Визначаємо допустимі напруження зрізу матеріалу вала

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		71

$$[\tau]_{\text{хв}} = 0,5 \cdot \sigma_{\text{Т}}, \quad (3.115)$$

де $\sigma_{\text{Т}}$ – межа текучості для матеріалу вала, $\sigma_{\text{Т}} = 250$ МПа.

$$[\tau]_{\text{хв}} = 0,5 \cdot 250 = 125 \text{ МПа.}$$

Визначаємо необхідний діаметр хвостовика

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot P_{\text{хв}}}{\pi \cdot [\tau]_{\text{хв}}}}, \quad (3.116)$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 46455}{3,14 \cdot 125 \cdot 10^6}} = 0,0218 \text{ м} = 21,8 \text{ мм.}$$

Отже міцність хвостовика забезпечена, оскільки необхідний діаметр хвостовика $d = 21,8$ мм менше за прийнятий $d = 50$ мм.

3.2.8 Перевірочний розрахунок фіксатора положення рухомої рами

Максимальне зусилля фіксатор витримує при горизонтальному положенні дизеля. При цьому на нього діє вага дизеля та вага рухомої частини рами на максимальному плечі відносно осі обертання. Координати центра тяжіння не визначені, тому для спрощення розрахунку приймаємо, що рівнодіюча сил ваги дизеля і рами розташована у площині кріплення дизеля до рами.

Визначаємо максимальне зусилля, що діє на фіксатор

$$F = \frac{0,62 \cdot 46455}{0,42}, \quad (3.117)$$

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		72

$$F = \frac{92910,62}{1,45} = 62940 \text{ Н.}$$

Визначимо площу зрізу

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (3.118)$$

де d – діаметр фіксатора, $d = 0,04$ м.

$$A = \frac{3,14 \cdot 0,04^2}{4} = 0,00256 \text{ м}^2.$$

Визначаємо напруження зрізу у фіксаторі

$$\tau_{\varnothing} = \frac{F}{A}, \quad (3.119)$$

$$\tau_{\varnothing} = \frac{62940}{0,00256} = 50,1 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Таким чином $\tau_{\varnothing} = 50,1 \text{ МПа} < [\tau]_{\varnothing} = 110 \text{ МПа}$.

Визначаємо напруження зрізу шва

$$[\sigma]_{\varnothing} = 0,52 \cdot \sigma_{\hat{A}}, \quad (3.120)$$

де $\sigma_{\hat{A}}$ – межа міцності для Ст3, $\sigma_B = 370 \text{ МПа}$;

K – катет шва, $K = 0,007$ м.

$$[\sigma]_{\varnothing} = 0,52 \cdot 370 = 192 \text{ МПа.}$$

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		73

Визначаємо допустимі напруження зрізу зварювального шва

$$[\tau]_{\text{сш}} = 0,6 \cdot [\sigma]_{\text{сш}}, \quad (3.121)$$

$$[\tau]_{\text{сш}} = 0,6 \cdot 192 = 115 \text{ МПа.}$$

Визначаємо довжину шва

$$l = 2 \cdot \pi \cdot R, \quad (3.122)$$

$$l = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,02 = 0,1256 \text{ м.}$$

Зусилля, що передається зварювальним швом банки фіксатора

$$D = 0,7 \cdot [\tau]_{\text{сш}} \cdot \hat{E} \cdot l, \quad (3.123)$$

$$D = 0,7 \cdot 115 \cdot 10^6 \cdot 0,007 \cdot 0,1256 = 70776 \text{ Н.}$$

Отже міцність зварювального шва забезпечена, оскільки зусилля яке може ним передаватись $P = 70770 \text{ Н}$ більше за зусилля які діють на нього у найбільш несприятливому положенні $P = 62940 \text{ Н}$.

Висновки по розділу. При ремонті дизелів для зниження трудомісткості цього процесу пропонується застосовувати кантувач. Тому в даному розділі виконано розрахунки основних елементів кантувача – пересувної рами на згин, редуктора, муфти та фіксаторів з вибором привідного асинхронного електродвигуна АИР100L8 з наступними параметрами: потужність $D = 1,5 \text{ кВт}$, частота обертання ротора двигуна $n_{\delta} = 700 \text{ хв}^{-1}$.

ВИСНОВКИ

Локомотивне депо III являється одним з дев'яти депо Одеської залізниці та має телеграфний шифр ТЧ-5. У розпорядженні депо має свій приписний парк локомотивів, ПТОЛ з відповідними спорудами та ремонтна база для виконання поточних ремонтів ПР-1, ПР-2, ПР-3, ПР-3У.

В експлуатаційній діяльності локомотивне депо виконує пасажирські, вантажні перевезення та господарчу роботу на ряді ділянок Одеської залізниці.

В наступному розділі проекту виконано аналіз основних несправностей тепловозів. Встановлено, що найбільша частка експлуатаційних відмов серед елементів дизелів приходить на паливну апаратуру (20,8%) та систему охолодження (47,9%). Найхарактернішим ушкодженням системи охолодження тепловозних дизелів є втрата охолоджуючої рідини через втрату герметичності оболонки дизеля з причини утворення тріщин в корпусних деталях та ущільнюючих елементах. Основною причиною такого стану справ є значний термін експлуатації рухомого складу, неритмічні поставки запасних частин, а інколи має місце недбале ставлення ремонтного персоналу до виконання своїх посадових обов'язків. Серед електрообладнання найбільша частота відмов припадає на допоміжні машини та електричні ланцюги найбільш характерним ушкодженням в них є пробій ізоляції через її незадовільний стан та старіння у зв'язку з тривалою експлуатацією деяких локомотивів з перепробігом на капітальний ремонт.

Для зменшення кількості позапланових ремонтів та позапланової заміни вузлів та агрегатів тепловозів до ПР-3 необхідно вжити ряд організаційних заходів.

Виконуючи "Правила технічного обслуговування та поточних ремонтів тепловозів 2ТЭ116" (ЦТ-0043 від 2013 р.) необхідно переглянути виробничий процес ремонту колісно-моторних блоків та дизелів тепловозів.

Для поліпшення якості ремонту тягового рухомого складу пропонується впровадити позицію ремонту колісно-моторних блоків, лазерний вимірювач блоків

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		75

дизелів СКБД-3 та переобладнати прес для тарирування пружин візків локомотивів.

При ремонті дизелів для зниження трудомісткості цього процесу пропонується застосовувати кантувач. Тому в даному розділі виконано розрахунки основних елементів кантувача – пересувної рами на згин, редуктора, муфти та фіксаторів з вибором привідного асинхронного електродвигуна АИР100L8 з наступними параметрами: потужність $P=1,5$ кВт, частота обертання ротора двигуна $n_{\delta} = 700$ хв⁻¹.

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
						76
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Bodnar, B. Improving Operation and Maintenance of Locomotives of Ukrainian Railways / B. Bodnar, A. Ochkasov, D. Bobyr // Technologijos ir Menas, Technology and Art. – 2016. – № 7. – P. 109–114.
- 2 Симонян С.В. История Одесской магистрали. – Одесса.: Маяк, 1988. – 70 с.
- 3 Айзинбуд С.Я., Кельперис П.И. Эксплуатация локомотивов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1990. – 276 с.
- 4 Локомотивное хозяйство: Учебник для вузов ж.-д. транспорта /С.Я. Айзинбуд В.А. Гутковский, П.И. Кельперис и др. Под ред. С.Я. Айзинбуда – М.: Транспорт, 1986. – 263 с.
- 5 Положення про планово-попереджувальну систему ремонту і технічного обслуговування тягового та моторвагонного рухомого складу яке затверджено наказом АТ «Укрзалізниця» від 30.01.2019 р. №055 – К.: Укрзалізниця, 2019. – 64 с.
- 6 Євтушенко В. А. Технічне переоснащення як умова економічної відбудови промислових підприємств в умовах турбулентності ринку / В. А. Євтушенко, М. М. Кудінова, Н. Я. Тимків // Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Економічні науки». – 2017. – №22. – С. 106–113.
- 7 Технологическое оснащение предприятий для ремонта колесно-моторных блоков электровозов /С. Г. Шантаренко, Е. В. Пономарев и др. // Инновационные проекты и новые технологии в образовании, промышленности на транспорте: Материалы научно-практической конференции /Омский гос. ун.-т путей сообщения. – Омск, 2010, С. 49 – 58.
- 8 Дунаев П. Ф., Леликов О. П. Детали машин: Курсовое проектирование. – М.: Высшая школа, 1984. – 336 с.
- 9 Анурьев В. Н. Справочник конструктора-машиностроителя. Т. 3. – М.:

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		77

Машиностроение, 2001. – 859 с.

10 Цехнович Л. И., Петриченко И. П. Атлас конструкции редукторов. – К.: Высшая школа, 1990. – 151 с.

11 Иванов М. Н., Иванов В. Н. Детали машин: Курсовое проектирование. – М: Высшая школа, 1970. – 551 с.

					0032.190086.000.01ДП.ПЗ	Лист
						78
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		