

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет науки і технологій

Львівський інститут  
(назва факультету)

Рухомий склад залізниць і колія  
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка  
до кваліфікаційної роботи  
бакалавр  
(ступінь вищої освіти)

на тему: «Організація ремонту асинхронних двигунів тепловоза ТЕ33А на базі локомотивного депо «Львів-Захід»»  
за освітньою програмою Локомотиви та локомотивне господарство  
зі спеціальності: 273 «Залізничний транспорт»  
(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент групи: ЛГ 19117

(підпис студента)

/ Роман САВЧУК /

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:

(підпис)

/ викладач Владислав БОЯРКО /

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтролер:

(підпис)

/ викладач Іван КРАВЕЦЬ /

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

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

Студент

(підпис)

Львів – 2022 рік

Ministry of Education and Science of Ukraine  
Ukrainian State University of Science and Technologies

Lviv Institute  
(faculty)

---

Railway Rolling Stock and Tracks  
(department)

---

Explanatory Note  
to Master's Thesis  
Bachelor  
(higher education degree)

on the topic: «Organization of repair of asynchronous engines of diesel locomotive  
TE33A on the basis of locomotive depot "Lviv-Zahid"»

according to educational curriculum Locomotives and locomotive economy

in the Speciality: 273 "Railway transport"

(speciality and its code)

---

Done by the student of the group: ЛІГ 19117

/ Roman SAVCHUK/  
(name, surname)

---

Scientific Supervisor:

/ lecturer Vladyslav BOIARKO /  
(position, name, surname)

---

Normative controller :

/ lecturer Ivan KRAVETS /  
(position, name, surname)

---

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ПЕРІЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,<br>СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ .....                                                                                  | 7  |
| ВСТУП .....                                                                                                                                                  | 8  |
| 1 ОГЛЯД ТЕПЛОВОЗООБУДУВАННЯ: МИНУЛЕ ТА СУЧАСНІСТЬ.....                                                                                                       | 10 |
| 1.1 Історія тепловозобудування.....                                                                                                                          | 10 |
| 1.2. Тепловози в СРСР .....                                                                                                                                  | 11 |
| 1.3 Тепловози в Україні.....                                                                                                                                 | 12 |
| 1.4 Тепловоз ТЕ33А як майбутнє тепловозобудування України.....                                                                                               | 14 |
| 2 ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ РЕМОНТУ ТЕД.....                                                                                                                         | 16 |
| 2.1 Тяговий електродвигун.....                                                                                                                               | 16 |
| 2.2 Основні технічні характеристики асинхронного тягового двигуна із<br>короткозамкненим ротором 5GEB30A1 .....                                              | 18 |
| 2.3 Експлуатація та ремонт двигуна.....                                                                                                                      | 20 |
| 2.3.1 Ремонт електричної машини.....                                                                                                                         | 22 |
| 2.3.2 Розбирання електричної машини .....                                                                                                                    | 25 |
| 2.3.3 Ремонт магнітопроводу .....                                                                                                                            | 32 |
| 2.3.4 Ремонт при розпушуванні крайніх листів осердя.....                                                                                                     | 32 |
| 2.3.5 Ремонт при ослабленні пресування сердечника .....                                                                                                      | 33 |
| 2.3.6 Ремонт у разі порушення міжлистової ізоляції .....                                                                                                     | 34 |
| 2.3.7 Ремонт при вигоранні ділянки зубця осердя.....                                                                                                         | 35 |
| 2.4 Контроль якості.....                                                                                                                                     | 35 |
| 3. ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИПРОБУВАНЬ АСИНХРОННИХ<br>ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ ЛОКОМОТИВІВ.....                                                                     | 37 |
| 3.1 Математичне моделювання роботи асинхронних двигунів при їх<br>випробуванні методом взаємного навантаження та живлення від<br>перетворювачів частоти..... | 37 |

|                              |       |              |             |          |                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |        |       |         |  |   |
|------------------------------|-------|--------------|-------------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|---------|--|---|
| <b>0041.190552.01.ВКР.ПЗ</b> |       |              |             |          |                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |        |       |         |  |   |
| Зм                           | Арк   | № документа  | Підпис      | Дата     |                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |        |       |         |  |   |
| Розробив                     |       | Роман САВЧУК | <i>СР</i>   | 03.04.22 | Організація ремонту<br>асинхронних двигунів тепловоза<br>ТЕ33А на базі локомотивного<br>депо «Львів-Захід» |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |        |       |         |  |   |
| Консульт                     |       |              |             |          |                                                                                                            | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;">Літера</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">Аркуш</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">Аркушів</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">58</td> </tr> </table> | Літера | Аркуш | Аркушів |  | 5 |
| Літера                       | Аркуш | Аркушів      |             |          |                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |        |       |         |  |   |
|                              | 5     | 58           |             |          |                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |        |       |         |  |   |
| Керівник                     |       | В. БОЯРКО    | <i>В.Б.</i> | 09.06.22 | ЛІ УДУНТ                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |        |       |         |  |   |
| Н. контр.                    |       | Іван КРАВЕЦЬ | <i>І.К.</i> | 08.07.22 |                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |        |       |         |  |   |
| Зав.каф.                     |       | Олена БАЛЬ   | <i>О.Б.</i> | 15.06.22 |                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |        |       |         |  |   |

|                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2 Схеми випробувань асинхронних тягових двигунів із застосуванням методу їх взаємного навантаження .....       | 40 |
| 3.3 Рекомендації щодо вибору схеми випробувань асинхронних тягових двигунів методом взаємного навантаження ..... | 43 |
| 4. ОХОРОНА ПРАЦІ І ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ .....                                                                        | 45 |
| 4.1 Загальні вимоги з охорони праці .....                                                                        | 45 |
| 4.2 Вимоги безпеки перед початком роботи .....                                                                   | 47 |
| 4.3 Вимоги безпеки безпеки під час роботи .....                                                                  | 48 |
| 4.4 Вимоги техніки безпеки після закінчення роботи.....                                                          | 50 |
| 4.5 Пожежна безпека.....                                                                                         | 52 |
| 4.6 Охорона навколишнього середовища .....                                                                       | 54 |
| ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....                                                                                    | 57 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....                                                                                           | 58 |

|    |       |         |        |      |  |      |
|----|-------|---------|--------|------|--|------|
|    |       |         |        |      |  | Арк. |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |  |      |

**(ЗАВДАННЯ НА РОБОТУ (ОКРЕМИЙ ДОКУМЕНТ, ОДИН ЛИСТ З  
ДВОХ СТОРІН ЗГІДНО ШАБЛОНУ)**

**ВІДОМІСТЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**  
***(БУДЕ РОЗРОБЛЕНО ГЗЯОП)***

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра: 59 с., 16 рис., 1 табл., 14 джерел.

Об'єкт дослідження – асинхронний двигун тепловоза ТЕЗЗА.

Предмет дослідження – методи організації ремонту на базі локомотивного депо «Львів-Захід».

Мета роботи – розробка нових методів та засобів випробувань асинхронних тягових двигунів, що дозволяють усунути існуючі недоліки та підвищити ефективність процесу випробувань асинхронних тягових двигунів в умовах локомотивного депо.

Для досягнення поставленої мети в роботі виконано проведено аналіз існуючої діяльності та технології ТО та ремонту тягового асинхронного двигуна, розроблено план впровадження нового технологічного обладнання з метою підвищення продуктивності праці, охорони навколишнього середовища та підвищення механізації технологічних процесів.

Запропоновано вдосконалені схеми випробувань асинхронних тягових двигунів, що дозволяють проводити необхідні випробування відповідно до умов роботи на локомотивах та забезпечити високу енергетичну ефективність процесу випробувань та складено алгоритм вибору схеми для випробувань асинхронних тягових двигунів методом взаємного навантаження.

Ключові слова: ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ, ТЯГОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД, ПОТОЧНИЙ РЕМОНТ, ПЛАНО-ПОПЕРЕДЖУВАЛЬНИЙ РЕМОНТ, ТЯГОВИЙ ЕЛЕКТРИЧНИЙ ДВИГУН.

**ПЕРЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,  
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

|      |                                                  |
|------|--------------------------------------------------|
| ТЕД  | Тяговий електричний двигун                       |
| ППР  | Планово-попереджувальний ремонт                  |
| ПЕЕС | Правила експлуатації електроустановок споживачів |
| ТО   | Технічне обслуговування                          |
| ТРС  | Тяговий рухомий склад                            |
| ПР   | Поточний ремонт                                  |
| ПТОЛ | Пункт технічного обслуговування                  |
| ДСТУ | Державний стандарт України                       |
| РЄВ  | Рада економічної взаємодопомоги                  |
| ПВР  | Планово-відновлювальний ремонт                   |
| ККД  | Коефіцієнт корисної дії                          |
| ЗІЗ  | Засоби індивідуального захисту                   |

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 | 8    |

## ВСТУП

Одним з актуальних завдань залізничного транспорту України є заміна колекторного приводу частотно-регульованим асинхронним. Це завдання реалізується шляхом створення та впровадження локомотивів з асинхронним тяговим приводом, а також шляхом переходу на перетворювальну техніку на основі нових досягнень у галузі силових керованих напівпровідникових елементів. АТ «Укрзалізниця» купує локомотиви з асинхронним тяговим приводом, розробляються нові та модернізуються існуючі локомотиви.

Впровадження принципово нового рухомого складу вимагає вирішення ряду завдань таких, наприклад, як побудова або дооснащення існуючих локомотивних ремонтних депо та заводів для проведення ремонту та випробувань основних вузлів рухомого складу; розробка правил ремонту рухомого складу з асинхронним тяговим приводом і правил ремонту електричних машин залізничного транспорту, що включають положення щодо ремонту та обслуговування асинхронних тягових двигунів. При цьому обладнання, що впроваджується, має бути енергоефективним. Одним із найбільш енерговитратних видів обладнання є випробувальна станція для тягових двигунів, яка передбачає проведення їх випробувань під навантаженням.

Відомо багато методів випробувань, що дозволяють економити електричну енергію при випробуванні тягових електродвигунів, які називаються схемами зворотної роботи. Їх різновидом є схеми, що забезпечують випробування електродвигунів шляхом взаємного навантаження. Даний метод успішно застосовується під час випробування тягових двигунів постійного струму. В даний час відомо кілька схем, що дозволяють забезпечити випробування асинхронних двигунів за методом їхнього взаємного навантаження. Кожна з цих схем має свої переваги та недоліки, які розкриваються у цій роботі під час виконання їх аналізу.

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
|    |       |         |        |      |                 | 9    |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 |      |

Таким чином, розробка нових методів та засобів випробувань асинхронних тягових двигунів, що дозволяють усунути існуючі недоліки та підвищити ефективність процесу випробувань асинхронних тягових двигунів в умовах локомотивного депо, є актуальним завданням.

*Об'єктом дослідження* в даній роботі є асинхронний двигун тепловоза ТЕ33А.

*Предметом дослідження* являються методи організації ремонту на базі локомотивного депо «Львів-Захід».

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 | 10   |

# 1 ОГЛЯД ТЕПЛОВОЗБУДУВАННЯ: МИНУЛЕ ТА СУЧАСНІСТЬ

## 1.1 Історія тепловозобудування

Майже століття на залізницях єдиним типом локомотива був Стефенсонівський паровоз. Наприкінці XIX століття з'явилися двигуни внутрішнього згоряння. Спершу вони були газовими. Вагон-газохід (рис.1.1), що курсував на Дрезденській міській залізниці 1892 р., вважатимуться першим тепловозом. Потужність його двигуна становила 7,35 кВт (10 к. с.). Робилися спроби використання бензинових двигунів на невеликих вузькоколіїних маневрових тепловозах для внутрішньозаводського транспорту.

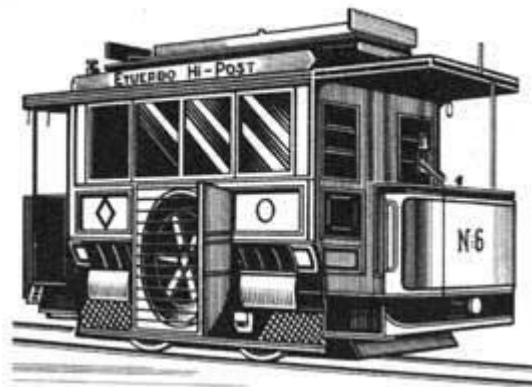


Рисунок 1.1 – Вагон-газохід

У 1892 р. Рудольф Дизель отримав патент, а 1897 р. представив варіант двигуна внутрішнього згоряння, названий його ім'ям. Перший дизель мав потужність 14,7 кВт (20 к. с.), його коефіцієнт корисної дії перевищував коефіцієнт корисної дії парових машин і не залежав від розмірів двигуна. Дуже економічний, компактний, зручний і простий пристрій дизель швидко набув широкого поширення, в тому числі і на транспорті. Щоправда, залізниці почали використовувати дизель пізніше за інші види транспорту. У 1912 р. на лінії Вінтертур - Ромаспорн у Швейцарії було проведено випробування першого тепловоза потужністю 705 кВт (960 к. с.), створеного Дизелем та Клозе. У 1913 р. у Німеччині на лінії Берлін – Мансфельд спробували використати цей

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      |                 | Арк. |
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | 11   |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 |      |

локомотив для руху пасажирського поїзда. Але виявилось, що він не придатний для поїзної роботи, тому що розвивав велику потужність лише при великих швидкостях, а при рушанні з місця та на підйомах потужності не вистачало. З'ясувалося, що двигун внутрішнього згоряння без спеціальної передачі між ним і рушіями не може забезпечити необхідні тягові якості локомотива, що диктуються різноманітними факторами роботи залізниці - профілем колії, швидкістю руху, масою поїзда, погодними умовами та ін. Пропонувалися, проектувалися та створювалися тепловози з механічною, електричною, гідравлічною, газовою та іншими типами передач.

У роки першої світової війни фірмою "Крош" (Франція) були збудовані вузькоколіїні тепловози потужністю 88 кВт (120 к. с.) з електричною передачею, а заводом Балдвіна (США) - з механічною передачею автомобільного типу. Шведський вузькоколіїний тепловоз потужністю (88 кВт) з електричною передачею було побудовано 1922 р.

## 1.2. Тепловози в СРСР

У 1924р. у Ленінграді було створено магістральний тепловоз ГЕ1 системи Я. М. Гаккеля потужністю 735 кВт (1000 к. с.) з електричною передачею. У листопаді 1924р. тепловоз вийшов на залізничну магістраль і у січні 1925р. прибув до Москви. Одночасно в Москві з'явився тепловоз з електричною передачею ЕЕЛ2 потужністю 880 кВт (1200 к. с.), побудований у Німеччині за проектом російських інженерів, так само як і тепловоз з механічною передачею ЕМХ3, що надійшов в експлуатацію на мережу радянських залізниць 1927 року.

Перші серійні тепловози випускалися з 1931 р. Коломенським заводом (продовження серії Е<sup>сп</sup>, перший двосекційний тепловоз - серії ВМ, маневрові - серії О), проте у 1941 р. у зв'язку з початком Великої Вітчизняної війни випуск тепловозів був припинений. У 1945-1946 роках на дороги СРСР надходять тепловози серій Та і Дб, виготовлені в США. На кінець 1946 року тепловозний парк СРСР складав 132 одиниці. З березня 1947 року відновився випуск

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
|    |       |         |        |      |                 | 12   |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 |      |

вітчизняних тепловозів. До кінця 1955 року 25 тепловозним депо обслуговувалося вже 6457 км шляху, а 1979 року тривалість тепловозного полігону досягла ста тисяч кілометрів. Надалі найбільш напружені напрямки були електрифіковані і тепловозний полігон став дещо скорочуватися.

У СРСР серійно випускалися тепловози ТЕ1 (1000 к. с. (прим.: тут і далі секційна потужність), 300 секцій), ТЕ2 (1000 л.с, ТЕМ2 (1200 к. с., 3160 секцій), ТЕП10 (3000 к. с., 335 секцій), 2ТЕ10, 2ТЕ10В, 2ТЕ10М, 3ТЕ10М, 2ТЕ1, ТЕП60 і 2ТЕП60 (3000 л. с., 1473 секції), М62, 2М62У, 3М62У (2000 л. с., 2363 секції), ТЕП70 (4000 л. с., 550 сек 2 - випуск триває). Крім того, у країнах РЄВ (Рада економічної взаємодопомоги) купувалися маневрові тепловози: в Угорщині ВМЕ1 (600 к.с., 310 секцій); у Чехословаччині ЧМЕ2 (750 л. с., 522 секції), ЧМЕ3 (1350 л. с., 7356 секцій).

Вантажні електровози створювалися в СРСР на Новочеркаському і Тбіліському електровозобудівних заводах, пасажирські – в Чехословаччині, моторвагонні поїзди (електрички) – на Ризькому вагонобудівному заводі.

Крім зазначених серій випускалися в невеликій кількості дослідні та експериментальні тепловози, тепловози вузької колії, а також у великих кількостях тепловози невеликої потужності, призначені для промислового транспорту.

### 1.3 Тепловози в Україні

З початку 1990-х рр. внаслідок розпаду Радянського Союзу Україна зазнала проблем щодо електричного залізничного транспорту України як сукупності електрорухомого складу та систем електропостачання. З 22 тис. кілометрів залізниць на її території 44 % електрифіковані і по них здійснюється 85 % перевезень [3].

На Україні Дніпропетровським електровозобудівним заводом випускалися спеціалізовані електровози для роботи у відкритих кар'єрах.

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 | 13   |

Як відомо, виробництво електрорухомого складу є сукупністю технологічних процесів двох основних профілів – машинобудівного і металообробного (виготовлення, обробка і збірка крупних вузлів кузова, рами, візків, ходових частин і інших металоконструкцій із сталевого лиття і прокату), а також електротехнічного (виготовлення електричних машин і апаратів, включаючи обробку чорних і кольорових металів, пристроїв перетворювальної техніки і керування, електромонтажні і інші роботи).

Тепловозобудівна галузь потребує значної кількості металу і розміщується в районах металургійних баз.

Україна опинилася в ситуації, коли перераховані компоненти є, а комплексне виробництво електрорухомого складу відсутнє.

У більшій кількості тепловози в Україні почали випускати з 1947 р. на Харківському заводі транспортного машинобудування ім. В. Малишева, з 1957 р. - на Луганському тепловозобудівному заводі ім. Жовтневої революції; 1965 р. паротяги становили лише 15% всього українського залізничного парку. Обидва заводи продукували низку серій тепловозів потужністю 2 000 і 6 000 кінських сил. Найкращими є тепловози М-62 (2000 кінських сил) та 2 Т 340-002, які в значній кількості йдуть на експорт. Тепловоз 2ТЕ-40 має офіційну марку «Україна». Продукція тепловозобудування в Україні: 1950 р. - 125, 1960 р. - 1 142, 1975р. - 1309; на Луганському заводі працює близько 14000, на Харківському - близько 8 000 робітників. Продукція України становила близько 95% усієї продукції тепловозобудування в СРСР; значну частину її експортували за межі СРСР: у 1969-1973 рр. Луганський завод експортував понад половину своєї продукції, зокрема до інших соціалістичних країн, включно з Півною Кореєю.

Перший у світі тепловоз із асинхронними ТЕД змінного струму був побудований компанією Brush Traction, а першим вітчизняним досвідом використання асинхронних ТЕД став досвідчений тепловоз ВМЕ1А. Особливістю використання асинхронних ТЕД є необхідність керування частотою їхнього обертання для отримання необхідної характеристики. У 1975

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      |                 | Арк. |
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | 14   |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 |      |

році в СРСР на базі тепловоза ТЕ109 був побудований досвідчений тепловоз ТЕ120 з електричною передачею змінного струму, де генератор і ТЕД використовували змінний струм. Сучасний маневровий тепловоз ТЕМ21 оснащений електричною передачею змінного струму.

Використання генераторів та ТЕД змінного струму дозволяє збільшити їх потужність, а також знизити масу, підвищити надійність експлуатації та спростити їх обслуговування. Використання асинхронних тягових двигунів, яке стало можливим після появи напівпровідникових тиристорів, значно знижує можливість боксування тепловоза, що дозволяє зменшити масу локомотива, зберігаючи його тягові властивості. Навіть у разі використання проміжного випрямного блоку застосування генератора змінного струму та асинхронних ТЕД виявляється економічно виправданим. Передачі постійного струму відрізняються порівняльною простотою конструкції і використовують на тепловозах потужністю до 2000 к. с.

#### **1.4 Тепловоз ТЕ33А як майбутнє тепловозобудування України**

Тепловоз ТЕ33А - вантажний тепловоз з асинхронним тяговим приводом розрахований для залізниць з колією 1520 мм, представник родини локомотивів GE Evolution Series. Створений підрозділом GE Transportation компанії General.

Новий тепловоз спроектований за технічними вимогами, стандартами і ГОСТами для залізниць колії 1520 мм. Це односекційний шестивісний локомотив потужністю 3356 кВт з 12-циліндровим чотиритактним V-подібним дизелем типу 5ГЕВ30А1. Оснащений мікропроцесорною системою управління з електронним впорскуванням палива і бортовою системою діагностики. В експлуатації новий односекційний тепловоз здатний замінити двосекційний тепловоз типу 2ТЕ10. Порівняно з попереднім поколінням тепловозів на цих локомотивах знижені шкідливі викиди в атмосферу більше ніж на 40 %, витрати палива і мастила – на 17 %.

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
|    |       |         |        |      |                 | 15   |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 |      |



Рисунок 1.2 – Буксовий вузол тепловоза

На тепловозі використовується тягова електрична передача змінного струму з асинхронними тяговими двигунами, застосування яких дозволяє реалізувати високу осьову потужність, знижує витрати при технічному обслуговуванні. Асинхронні двигуни більш надійні, ніж колекторні двигуни [1].

13 грудня перший локомотив «Тризуб» вирушив у перший рейс. «Укрзалізниця» має намір задіяти новий рухомий склад на Мелітопольському, Миколаївському та Маріупольському напрямках [2].

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 | 16   |

## 2 ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ РЕМОНТУ ТЕД

### 2.1 Тяговий електродвигун

Тяговий електродвигун (ТЕД) - електричний двигун, призначений для руху транспортних засобів (електровозів, електропоїздів, тепловозів, трамваїв, тролейбусів, електромобілів, електроходів, великовантажних автомобілів з електроприводом, танків і машин на гусеничному ході з електропередачею тощо).

Тягові електродвигуни класифікують за:

1. родом струму (ТЕД постійного струму, вони ж колекторні, та змінного струму - синхронні та асинхронні);
2. системами передачі обертального зусилля від валу двигуна до рушійного механізму (індивідуальний та груповий електропривод);
3. системами вентиляції (самовентиляція та примусова);
4. типами підвішування ТЕД (опорно-осьовий, опорно-рамний);
5. способами живлення (від контактної мережі та від акумулятора).

Тяговий електродвигун, по суті, є електродвигуном з передачею крутного моменту на рушій транспортного засобу (колесо, гусеницю або гребний гвинт).

Наприкінці XIX століття було створено кілька моделей безредукторних ТЕД, коли якір насаджується безпосередньо на вісь колісної пари. Однак навіть повне підресорівння двигуна щодо осі не позбавляло конструкцію від недоліків, що призводять до неможливості розвинути достатню потужність двигуна. Проблема була вирішена установкою понижуючого редуктора, що дало змогу значно збільшити потужність та розвинути достатню для масового застосування ТЕД на транспортних засобах силу тяги.

Крім основного режиму, тягові електродвигуни можуть працювати в реверсивному режимі (зворотне обертання валу), а також в режимі генератора (при електричному гальмуванні).

Істотною умовою використання ТЕД є необхідність забезпечення плавного пуску та гальмування двигуна для керування швидкістю транспортного засобу.

|    |       |         |        |      |                 |  |  |  |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|--|--|--|------|
|    |       |         |        |      |                 |  |  |  | Арк. |
|    |       |         |        |      |                 |  |  |  | 17   |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата | 6.273.190552.ПЗ |  |  |  |      |

Спочатку регулювання сили струму здійснювалося рахунок підключення додаткових резисторів і зміни схеми комутації силових ланцюгів. З метою уникнення непотрібного навантаження і підвищення ККД стали застосовувати імпульсний струм, регулювання якого не вимагало резисторів. Надалі стали використовуватися електронні схеми, що обслуговуються мікропроцесорами. Для управління даними схемами (незалежно від їх типу) застосовуються контролери, керовані людиною, яка визначає необхідну швидкість транспортного засобу.

Розрізняють два режими роботи ТЕД:

- тривалий – найбільша потужність протягом необмеженого часу при номінальній напрузі та відсутності перегріву;
- короткочасний – максимальна потужність за обмежений проміжок часу (наприклад, для локомотивів говорять про годинний режим); обмеженням, зазвичай, є перегрів двигуна.

Як правило, визначаються наступні характеристики ТЕД:

- електромеханічні (потужність, залежність частоти обертання якоря від сили струму тощо);
- теплові (залежність температур окремих частин ТЕД від часу за різної сили струму);
- аеродинамічні (характеризують обдув двигуна).

На сучасних локомотивах переважно застосовуються наступні типи тягових електродвигунів:

- Двигун асинхронний ДАТ 305-2230С. Потужність у режимі тяги 202 кВт, при гальмуванні – 250 кВт. Напруга лінійна: номінальна/максимальна - 482/1000В. Струм фази: 305/120А. Витрата повітря, що охолоджує, при тиску 900Па - 0,6м<sup>3</sup>/с. Передатне відношення тягового редуктора 4,41. Застосовується на тепловозах серії ТЕМ21.

- Електродвигун тяговий асинхронний шестиполосний 5ГЕВ30А1: потужність на валу 350кВт, лінійна напруга 1170В, фазний струм 221А, частота струму статора 42,1Гц, частота обертання 830 - 1740об/хв, електрична міцність

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
|    |       |         |        |      |                 | 18   |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 |      |

ізоляції обмотки статора щодо корпусу 1500В, з'єднання фаз обмотки -У, незалежна вентиляція, витрата охолоджуючого повітря 30м<sup>3</sup>/хв, маса 2200кг. Застосовується на тепловозах ТЕ33А.

Якщо спеціально не обговорюється, основні параметри для всіх локомотивів такі: висота до осі автозчеплення СА-3 1060 +/- 20мм від верхівки головок рейок; ширина колії 1520мм, всі осі локомотивів приводні, габарит 1-Т (700мм х 5300мм; 1700мм х 4000мм~340мм), виконання У(УХЛ)-050.

Для тепловозів: діаметр коліс 1050 мм, питома витрата дизелями 191-199 г/кВт·год, терміни служби перспективних тепловозів до 40 років, числовий індекс нових та перспективних моделей тепловозів при множенні на 100 означає потужність у кВт, пасажирські тепловози обладнані ЕЛТ. Частина локомотивів може випускатися в зменшених габаритах: 02-ВМ (690мм х 4650мм; 1575мм х 3500мм~430мм), 03-ВМ (440мм х 4280мм; від верху головки рейок).

## **2.2 Основні технічні характеристики асинхронного тягового двигуна із короткозамкненим ротором 5ГЕВ30А1**

На тепловозі ТЕ33А застосовані асинхронні трифазні електричні машини із короткозамкненим ротором. Даний тип електричних машин є найпростішими за конструкцією, дешевими у виготовленні, найнадійнішими в експлуатації, не вимагають великих витрат на обслуговування та ремонт, мають мінімальну масу на одиницю потужності та високий ККД.

Пускова характеристика двигуна з короткозамкненим ротором за постійної частоти забезпечує плавність моменту при русанні до його максимального значення, що відбувається при зростанням швидкості. Зовнішня характеристика асинхронного двигуна жорстка, таку характеристику мають двигуни постійного струму незалежного збудження.

Оскільки компанія General Electric не надає технічних параметрів про тягові електродвигуни 5ГЕВ30А1, то ґрунтуючись на конструкції, масі тягового електродвигуна та кількості обмоток можна наступне (див. табл.2.1):

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
|    |       |         |        |      |                 | 19   |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 |      |

Таблиця 2.1 – Основні технічні характеристики двигуна 5GEB30A1

|                                                               |                        |
|---------------------------------------------------------------|------------------------|
| Потужність                                                    | ≈ 480 кВт              |
| Напруга при тривалому режимі/максимальна напруга              | ≈ 900/1200 В           |
| Максимальний струм/струм при тривалому режимі                 | ≈ 516/362 А            |
| Частота обертання в тривалому режимі/максимальна частота      | 490/2460 об/хв         |
| ККД в тривалому режимі/ККД максимальний                       | 91/93,5%               |
| Коефіцієнт потужності в тривалому режимі/максимальний (cos φ) | 0,81/0,85              |
| Подача охолоджуючого повітря                                  | 1,25 м <sup>3</sup> /с |
| Напір                                                         | 2,6 кПа                |
| Момент на валу при тривалому режимі                           | ≈ 8037,5 Н*м           |
| З'єднання фаз                                                 | Зірка(У)               |
| Маса                                                          | 2268 кг                |

Двигуни обладнані елементами для опорно-осьового підвішування із застосуванням моторно-осьових підшипників кочення.

Конструкція ущільнень підшипників двигуна запобігає витіканню мастила з підшипникових вузлів та проникненню у вузли пилу та вологи, як зовні, так зсередини.

Спосіб охолодження - IC17.

Конструктивне виконання за способом монтажу – ІМ 9403.

Живлення від синхронного тягового генератора через статичний перетворювач частоти на базі автономного інвертора напруги на IGBT-транзисторах з широтно-імпульсною модуляцією частотою не більше 1,5 кГц.

Ступінь захисту – IPX5.

Клас ізоляції – Н.

Номінальний режим роботи – S1 (тривалий).

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 | 20   |

## 2.3 Експлуатація та ремонт двигуна

Виробничий потенціал локомотивних депо включає три основні взаємопов'язані елементи, до яких відноситься: технологія, техніка і організація технологічного процесу ремонту основних вузлів локомотива. Найважливішою умовою правильної експлуатації електричних машин є своєчасне проведення планово-попереджувального ремонту (ППР) та періодичних профілактичних випробувань.

Поряд із повсякденним доглядом та оглядом обладнання відповідно до правил експлуатації електроустановок споживачів через певні проміжки часу проводять планові міжремонтні випробування та вимірювання (профілактичні випробування, не пов'язані з виведенням у ремонт) та різні види ремонту.

За допомогою системи ППР обладнання підтримується у працездатному стані, що забезпечує виконання ним своїх технічних функцій, та частково запобігають випадкам відмов обладнання. У ході планового ремонту обладнання внаслідок модернізації покращують його технічні параметри.

При плануванні та організації ремонту слід мати на увазі, що електричні машини можуть мати ремонтпридатну та неремонтпридатну конструкцію. У разі неремонтпридатної конструкції замість ремонту устаткування здійснюють його заміну.

За обсягом ремонт поділяють на поточний, середній та капітальний. Поточний ремонт проводять під час експлуатації обладнання для гарантованого забезпечення його працездатності, він полягає у заміні та відновленні його окремих частин та у їх регулюванні. Поточний ремонт проводиться на місці встановлення обладнання з його зупинкою та вимкненням.

Середній ремонт передбачає повне або часткове розбирання обладнання, ремонт та заміну зношених деталей та вузлів відновлення якості ізоляції. При цьому досягається відновлення основних технічних показників роботи устаткування.

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
|    |       |         |        |      |                 | 21   |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 |      |

Капітальний ремонт передбачає повне розбирання обладнання із заміною або відновленням будь-яких його частин, включаючи обмотки. При цьому досягається повне (чи близьке до нього) відновлення ресурсу. Нині переважно проводять поточний і капітальний ремонт, хоча у деяких випадках передбачено і середній ремонт.

За призначенням ремонт ділиться на відновлювання, реконструкцію та модернізацію. Відновлювальний ремонт здійснюється без зміни конструкції окремих вузлів та всього пристрою загалом. Технічні властивості устаткування залишаються постійними. У ході реконструкції можуть змінюватися конструкції окремих вузлів та замінюватись окремі матеріали, з яких вони виготовлені за практично незмінних технічних характеристик. Модернізація передбачає заміну та вдосконалення існуючих вузлів та застосовуваних матеріалів, щоб суттєво покращити технічні характеристики, наблизивши їх до характеристик нового сучасного обладнання.

За методом проведення ремонт ділиться на примусовий та післяоглядовий. Примусовий ремонт застосовується переважно для критично важливого обладнання. Суть його полягає в тому, що через певні проміжки часу електричні машини обов'язково піддають капітальному ремонту. Також через певні проміжки часу проводять поточний та середній ремонт відповідно до тривалості ремонтного циклу та його структури. При цьому ресурс обладнання між ремонтами повністю не використовується і на ремонт може потрапити справне обладнання. Тому цей вид ремонту є найдорожчим. Післяоглядовий ремонт обладнання проводиться в обсязі капітального ремонту тільки після огляду та профілактичних випробувань під час чергової ревізії або ремонту. Ресурс обладнання використовується у цьому виді ремонту повністю, тому вартість ремонту зменшується. Однак через можливість позачергового незапланованого ремонту ускладнюється процес його проведення і може збільшитися його тривалість.

З примусового на післяоглядовий вид ремонту можна переводити обладнання масового застосування, яке не належить до основного та має достатній обмінний фонд.

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
|    |       |         |        |      |                 | 22   |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 |      |

За формою організації ремонт ділиться на централізований, децентралізований та змішаний. При централізованому ремонті роботи здійснюють спеціалізовані ремонтно-налагоджувальні підприємства без використання місцевих ремонтно-експлуатаційних служб. До цієї форми ремонту належить фірмове ТО відповідного імпортного устаткування. Удосконалення цієї форми ремонту передбачає створення центрального обмінного фонду обладнання та розширення його номенклатури, а також поширення сфери послуг ремонтних підприємств на проведення поточного ремонту та профілактичного обслуговування. Централізована форма ремонту забезпечує найвищу якість робіт.

При децентралізованому ремонті роботи здійснюють ремонтні служби підприємства, де встановлено це устаткування.

При змішаному ремонті частина робіт виконується централізовано (сторонніми організаціями), а частина децентралізовано (власними ремонтними службами). Ступінь централізації залежить від характеру підприємства, типу та потужності обладнання.

### 2.3.1 Ремонт електричної машини

**Технічні умови ремонту.** Відремонтована машина забезпечується всіма необхідними деталями, включаючи при необхідності з'єднувальні та ті, що потрібні для процесу встановки (монтажу), а камери підшипників кочення заповнюються мастилом. Поверхні корпусу та підшипникових щитів покривають фарбою, а кінці валів – консерваційним мастилом.

Після проведення післяремонтних випробувань ремонтне підприємство повинне гарантувати безвідмовну роботу машини протягом одного року за дотримання умов транспортування, зберігання та експлуатації.

Вихідні кінці обмоток маркують відповідно до стандарту, а на корпус машини встановлюють новий щиток із зазначенням підприємства, яке

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 | 23   |

проводило ремонт, дати випуску з ремонту та технічних даних машини відповідно до стандартів.

На ремонтних підприємствах існують технологічні карти ремонту електричних машин, складені у вигляді таблиць, у яких наведено номери та зміст усіх технологічних операцій, технічних умов та вказівок щодо проведення ремонту. У них також наводяться дані про оснащення та обладнання, необхідне для ремонту, та норми часу на проведення окремих операцій.

**Поточний ремонт.** Цей вид ремонту застосовується для машин, що є у експлуатації чи резерві, у терміни, встановлені графіком ППР. Поточний ремонт проводиться на місці встановлення електричної машини з її зупинкою та відключенням силами обслуговуючого електротехнічного персоналу. Якщо для проведення поточного ремонту потрібні спеціальні складні пристрої та значний час, то він проводиться силами персоналу електроремонтного або спеціалізованого підприємства.

У процесі ремонту виконують такі роботи:

- 1) чищення зовнішніх поверхонь машини;
- 2) перевірка стану підшипників кочення, їх промивання та заміна (у разі збільшених радіальних зазорів);
- 3) перевірка роботи мастильних кілець та системи примусового мастила в підшипниках ковзання;
- 4) огляд та чищення вентиляційних каналів, обмоток статора та ротора, колекторів та контактних кілець;
- 5) перевірка стану кріплення лобових частин обмоток та бандажів;
- 6) усунення місцевих пошкоджень ізоляції та виявлених під час огляду дефектів;
- 7) сушіння обмоток та покриття їх при необхідності емаліями;
- 8) шліфування контактних кілець та колекторів (при необхідності їхне подорожчання);
- 9) перевірка та регулювання щіткового механізму та систем захисту;

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
|    |       |         |        |      |                 | 24   |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 |      |

10) складання машини, перевірка її роботи на холостому ході та під навантаженням;

11) проведення приймальних випробувань та здавання в експлуатацію з відповідною відміткою в технічній документації.

**Капітальний ремонт.** Цей вид ремонту застосовується для машин, що перебувають в експлуатації, у строки, встановлені графіком ПВР або за результатами профілактичних (післяоглядових) випробувань. Капітальний ремонт проводиться для відновлення працездатності та повного відновлення ресурсу електричної машини з відновленням або заміною всіх зношених чи пошкоджених вузлів та заміною обмоток. Ремонт машини недоцільний, якщо значні пошкодження механічних вузлів, які неможливо усунути силами ремонтного підприємства.

Типовий обсяг капітального ремонту включає:

- 1) операції поточного ремонту;
- 2) перевірку повітряного зазору між статором та ротором (якщо конструкція машини дозволяє це здійснити);
- 3) перевірку осьового розбігу ротора та зазорів між шийкою валу та вкладишем підшипника ковзання (за потреби проводиться перезаливка вкладиша);
- 4) повне розбирання машини та миття всіх механічних вузлів та деталей, продування та чищення колектора, контактних кілець, щіткового механізму та непошкоджених ізоляційних деталей, дефектацію вузлів та деталей;
- 5) ремонт корпусу, підшипникових щитів, магнітопроводів (заварка тріщин, відновлення різьбових отворів, відновлення посадкових місць у корпусі та щитах, видалення замикань між окремими листами сердечників статора та ротора, усунення розпушування листів, відновлення пресування, ремонт вигорілих ділянок;
- 6) ремонт валу (виправлення торцевих отворів, усунення прогину, відновлення посадкових отворів та шпонкових канавок);

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 | 25   |

7) вилучення старих обмоток, виготовлення та укладання нових обмоток з круглого дроту, ремонт або виготовлення нових обмоток з прямокутного дроту та їх укладання, складання та паяння (зварювання) електричних схем, просочення та сушіння обмоток, нанесення на лобові частини покривних емалей;

8) складання та оздоблення машини, проведення прийомоздавальних випробувань.

При капітальному ремонті роблять заміну підшипників кочення, які виробили свій ресурс (незалежно від їхнього стану). Рішення про використання підшипників, які не виробили свій ресурс, приймається після їх дефектації. При цьому слід пам'ятати, що збитки від можливої відмови підшипника і пов'язаної з цим відмови (зупинки) двигуна істотно більші за вартість самого підшипника.

Обмотки із круглого дроту та низьковольтні обмотки із прямокутного дроту при ремонті, як правило, повторно не використовують, оскільки витягти такий провід без пошкодження практично неможливо.

Після вилучення вони передаються на переплавлення. Високовольтні обмотки із прямокутного дроту можуть використовуватись повторно після заміни виткової та корпусної ізоляції.

### 2.3.2 Розбирання електричної машини

Перед зняттям шківів, напівмуфт, шестерень та інших сполучних деталей з валу машини слід вивернути стопорний гвинт або вибити шпонку, що фіксує сполучну деталь з валом. Місце посадки заливають гасом або антикорозійною рідиною для усунення корозії у місці контакту. При знятті цих деталей використовують дво- або трилапчасті знімники (переносні ручні або гідравлічні).

На рис. 2.1 показаний процес зняття шківів за допомогою лапчастого знімача. Лапи 4 знімника накладають на зовнішню поверхню шківів і, обертаючи рукоятку 2, пересувають гайку 3 вліво, забезпечуючи щільне захоплення деталі з

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 | 26   |

упором вихідний кінець валу. Потім, обертаючи ручку 1, стягують шків з валу. Лапи 4 знімника дозволяють захоплювати деталі як за зовнішню, так і за внутрішню поверхні, а шляхом переміщення гайки 3 можна фіксувати їхнє положення. Робота з таким знімачом зазвичай проводиться двома робітниками, один з яких притримує знімач за лапи 4, а інший обертає рукоятку 7.

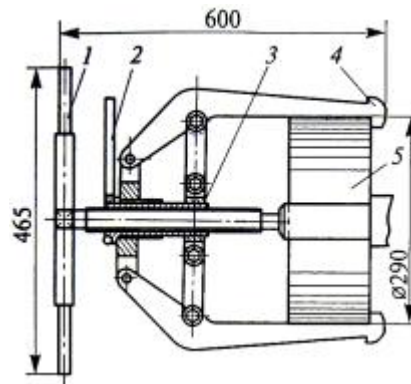


Рисунок 2.1 – Лапчастий знімач: 1 і 2 - рукоятки; 3 - гайка; 4 - лапи знімання; 5-шків

Для зняття з'єднувальних деталей, що мають аксіальні отвори, можна використовувати знімач (рис. 2.2), з яким може працювати один робітник.

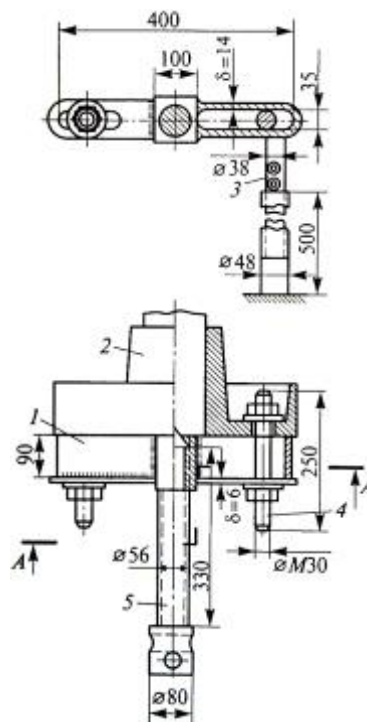


Рисунок 2.2 – Знімач з траверсою: 1 – траверса; 2 – деталь, що демонтується; 3 – розсувна труба; 4 – болт; 5 – гвинт

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      |                 | Арк. |
|    |       |         |        |      |                 | 27   |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата | 6.273.190552.ПЗ |      |

Траверса 1 з'єднується з демонтованою деталлю 2 за допомогою болтів 4. Затягуючи гвинт 5, стягують деталь з валу. Для запобігання прокручування валу при затягуванні гвинта 5 одне плече траверси впирають у підставку з розсувних труб 3. При знятті великих деталей, що вимагають великих зусиль, застосовують гідравлічні знімники, зусилля яких створюється за допомогою гідравлічного преса.

У ряді випадків для зменшення необхідних знімання деталі зусиль роблять нагрівання деталі. Для зменшення нагріву валу його обгортають змоченим у воді азбестовим картоном, а нагрівання проводять інтенсивно одним або двома пальниками, починаючи від краю деталі у напрямку до маточини. Температуру деталі можна контролювати періодичним дотиком прутка з олова, температура якого плавлення близько 250°C. У процесі нагрівання уважно стежать за початком торкання деталі, оскільки на неї діє велике зусилля від знімачів. Для нагрівання деталі можна використовувати струми високої частоти, коли вал практично не нагрівається.

Як приклад розглянемо процес розбирання асинхронного двигуна закритого виконання 5GEB30A1 .

Розбирання відбувається у такому порядку:

- 1) від'єднують двигун від електричної мережі та від заземлюючого дроту;
- 2) від'єднують двигун від приводного механізму та знімають його з фундаменту;
- 3) знімають шків або напівмуфту за допомогою знімачів;
- 4) знімають шпонку;
- 5) знімають кожух вентилятора;
- 6) знімають вентилятор, попередньо послабивши його гвинт (вручну або за допомогою знімача);
- 7) відвертають болти, що кріплять підшипникові щити до корпусу, і знімають задній підшипниковий щит, легко ударяючи по ньому молотком з м'якого матеріалу (дерево, пластмаса, мідь);

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
|    |       |         |        |      |                 | 28   |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 |      |

8) виймають ротор зі статора для чого легкими поштовхами зсувають ротор у бік переднього підшипникового щита і виводять щит із замка;

9) підтримуючи ротор за вал, виводять його зі статора, не допускаючи пошкодження лобових частин обмотки статора та крильчатки ротора;

10) знімають передній підшипниковий щит, легко ударяючи по ньому молотком з м'якого матеріалу;

11) знімають за допомогою знімачів підшипники, якщо необхідна їхня заміна.

Зняття підшипникових щитів можна виконувати віджимними болтами, якщо вони передбачені в конструкції. В цьому випадку віджимні болти загортають рівномірно у віджимні отвори, не допускаючи перекося підшипникових щитів.

Ротор невеликої маси виводять із статора руками, підтримуючи його із двох сторін, як описано вище. Більший ротор виводять із статора за допомогою пристрою, показаного на рис. 2.3.

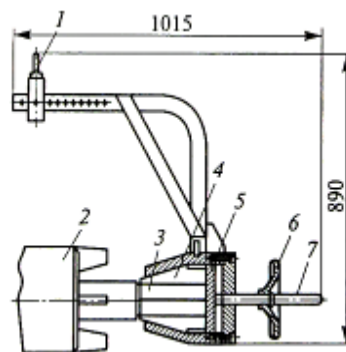


Рисунок 2.3 – Пристрій для виймання та закладення ротора: 1 – серезжки; 2 – ротор; 3 – вал; 4 – кулачки; 5 – пластина; 6 – рукоятка; 7 – вісь

Серезжку 1 встановлюють так, щоб вона розташовувалась над центром ваги ротора 2, після чого заводять цанговий патрон на вал 3. Обертаючи рукоятку 6, пересувають пластину 5 вперед, поки кулачки 4 не захоплять вал 3 ротора 2. Потім вивішують ротор, піднімаючи 1 за допомогою крана, та витягають його зі статора. Невелике регулювання під час вилучення ротора можна здійснити, підтримуючи його за вісь 7. Описане пристосування дозволяє захоплювати вали діаметром до 100 мм.

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      |                 | Арк. |
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | 29   |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 |      |

При знятті зусилля слід прикладати до внутрішньої обойми, щоб уникнути їх пошкодження.

При розбиранні електричних машин часто використовують гідравлічні знімники (рис. 2.4). Цей знімач має робочий тиск 6,4 МПа і дозволяє розвивати зусилля до 100 кН при ; ході циліндра до 75 мм.

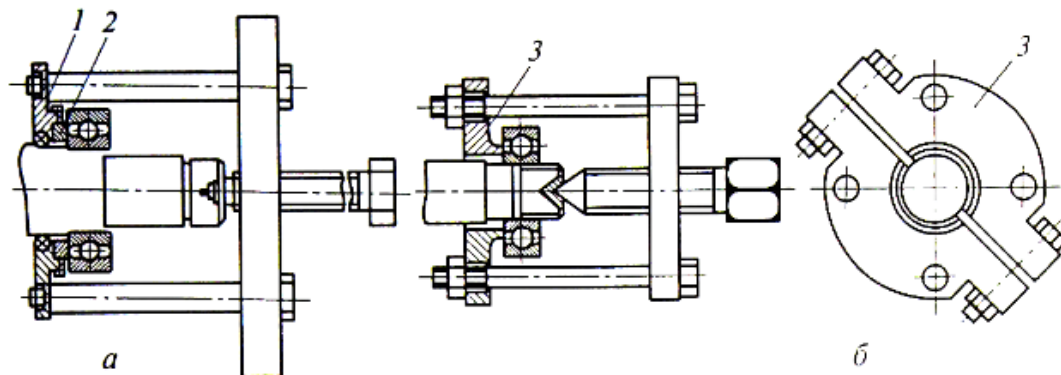


Рисунок 2.4 – Зняття підшипників з використанням вставок (а) та хомути (б): 1 - внутрішня кришка підшипника; 2 - прокладки; 3 - хомут

На електроремонтних підприємствах для розбирання двигунів з висотою осі обертання 112...280 мм (3...9 габарит) використовують спеціальний стенд для розбирання двигунів (рис. 2.5). Перед установкою на стенд з двигуна знімають кожух вентилятора, вентилятор і болти, кришки підшипників, що кріплять, і підшипникові щити. Двигун встановлюють на стенді робочим кінцем валу до рухомої стійки 1 і закріплюють за допомогою затискачів 6. За допомогою електроприводу 2 встановлюють пінолі 3 по висоті осі обертання двигуна і, переміщуючи стійку 1 вправо, фіксують двигун в пінолях (права стійка 4 нерухома). Включають рух столу 7 вліво по напрямних 8, при якому лівий щит підшипниковий випресується з зовнішнього кільця підшипника, а правий - із замку на корпусі. Між правим підшипником та корпусом двигуна встановлюють опорну вилку (не показано) та включають рух столу вправо. При цьому лівий щит підшипниковий випресується із замку на корпусі, а правий підшипник — з валу. Встановлюють опорну вилку між лівим підшипником і корпусом двигуна і включають рух столу 7 вліво, випресовуючи лівого підшипника з валу. Потім виводять пінолі 3 із центрів валу, повертають стіл 5 з

|    |       |         |        |      |                 |  |  |  |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|--|--|--|------|
|    |       |         |        |      |                 |  |  |  | Арк. |
|    |       |         |        |      |                 |  |  |  | 30   |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата | 6.273.190552.ПЗ |  |  |  |      |

двигуном на кут  $60...90^\circ$  і знімають з валу кришки підшипників, підшипникові щити та підшипники.

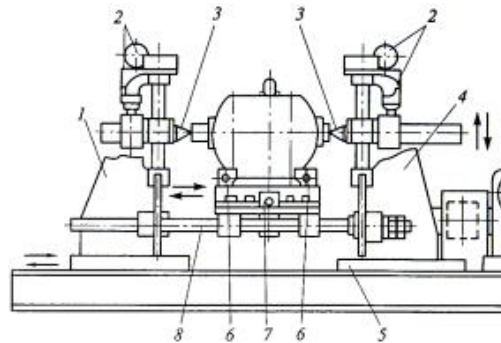


Рисунок 2.5 – Стенд для розбирання електродвигуна: 1 – рухлива стійка; 2 – електропривод; 3 – пінолі; 4 – нерухома стійка 5 – поворотний стіл; 6 – затискачі; 7 – стіл; 8 – напрямні

Одним із зазначених вище способів виводять ротор зі статора, послаблюють затискачі 6 і знімають корпус (статор) двигуна зі стенда.

На всі деталі та вузли навішують бирки з одним ремонтним номером двигуна та направляють статор на ділянку видалення (вилучення) обмотки, а решта вузлів та деталей – на мийку. Якщо ротор має фазну (не короткозамкнуту) обмотку, його направляють разом зі статором на ділянку видалення обмотки.

Технологія розбирання будь-якої великої електричної машини з підшипниками ковзання має свої специфічні особливості, пов'язані з її конструкцією, місцем установки, наявністю вантажопідйомних механізмів та ін. Тому наведемо лише загальні операції з розбирання великих машин.

При розбиранні вимірюють:

- ❖ повітряний зазор між ротором і статором у чотирьох точках (через  $90^\circ$ ) з обох боків;
- ❖ радіальні зазори в підшипниках та натяги кришок підшипників на вкладиші, радіальні зазори між радіатором та дифузором;
- ❖ зазори по ущільненням валу та по маслоуловлювачів;
- ❖ збіг магнітних осей статора та ротора;

❖ осьовий розбіг ротора та ухил валу ротора.

Результати вимірювань заносять у формуляр, проводять передремонтні випробування і приступають до розбирання машини. Знімають зовнішні та внутрішні щити та дифузори, у повітряний зазор під ротор заводять лист електрокартону і після розбирання опорних підшипників опускають ротор на статор. Після цього знімають напівмуфти або шестерні, підігріваючи їх за потреби, зачищають посадкові поверхні і визначають натяг.

Щоб не пошкодити обмотки статора при виведенні ротора, закривають їх листами з пресшпану або гуми. Ротор витягують за допомогою вантажопідійомних механізмів та спеціальних скоб (для роторів масою до 500 кг), придатних для роторів машин до 19 габариту включно. Для виведення ротора на кран підвішують траверсу 4 (рис. 2.6) з двома регулювальними болтами 3. На вал надягають подовжувач 2. Вивісивши ротор за допомогою крана і регулювальних болтів 3, виводять його зі статора (вправо) і опускають на попередньо встановлену поряд підставку (не показано). Потім знімають подовжувач, переносять лівий строп на лівий кінець валу, вивішують ротор і переміщують його на місце ремонту або для подальшого транспортування. Статор залишається на фундаментній плиті 1.

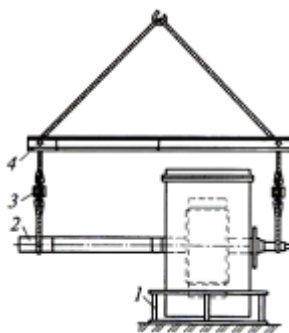


Рисунок 2.6 – Пристрій для виведення ротора електричних машин 15...19 габаритів: 1 – плита; 2 – подовжувач; 3 – регулювальний болт; 4 – траверса

Якщо розточка статора розташована нижче поверхні фундаментної плити, статор спочатку піднімають і підкладають під його лапи шпали, щоб розточування статора була вище від верхньої позначки плити. Потім виводять

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 | 32   |

ротор із статора. В даний час розроблені спеціальні пристрої для виведення ротора зі статора без застосування вантажопідіймальних механізмів.

Після розбирання деталі та вузли великих електричних машин кілька разів протирають серветками, змоченими у бензині.

### **2.3.3 Ремонт магнітопроводу**

У процесі роботи електричної машини відбувається знос, що викликає ослаблення кріплення та зміну форми окремих деталей магнітопроводів. Деталі втрачають свою працездатність внаслідок ушкоджень різного роду. Все це потребує ремонту або заміни цих деталей.

Характерними ушкодженнями сердечників статорів (роторів) є ослаблення посадки осердя в корпусі (на валу), їх зсув в осьовому напрямку, розпушування крайніх листів, ослаблення пресування, порушення ізоляції між листами, вигоряння або оплавлення окремих ділянок та зношування внутрішньої (зовнішньої) поверхні.

### **2.3.4 Ремонт при розпушуванні крайніх листів осердя**

Для усунення цього дефекту в машинах малої потужності пропилюють ножівковим полотном похилі пази в зубцях (їх розміри показані на рис. 2.7 а) і проварюють ці пази електродуговим зварюванням (електрод ОММ5 діаметром 2 мм). При зварюванні розпушені зубці 4 стискають сегментом або кільцем 5 за допомогою шпильок 2, пропущених через пази. Зварні шви 1 обпилюють разом із сердечником до необхідного розміру. Розпушені зубці можна також склеїти, промазавши лаком і стягнувши кільцем і шпильками до повного висихання лаку.

Для машин більшої потужності, що мають відносно високі зубці, зазначені способи ремонту не застосовують, оскільки вони не забезпечують міцне та надійне скріплення зубців та створюють замкнуті контури для протікання вихрових струмів. У цьому випадку рекомендується встановити додаткову

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
|    |       |         |        |      |                 | 33   |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 |      |

шайбу бз пальцями (зубцями) 5, як показано на рис. 2.7 б або встановити окремі натискні пальці 5 між сердечником і натискною шайбою 9, як показано на рис. 2.7 в. Фіксація додаткових елементів може здійснюватися за допомогою штифтів 10. Такий ремонт можливий при розпресуванні сердечника та його частковому або повному перешийтуванні.

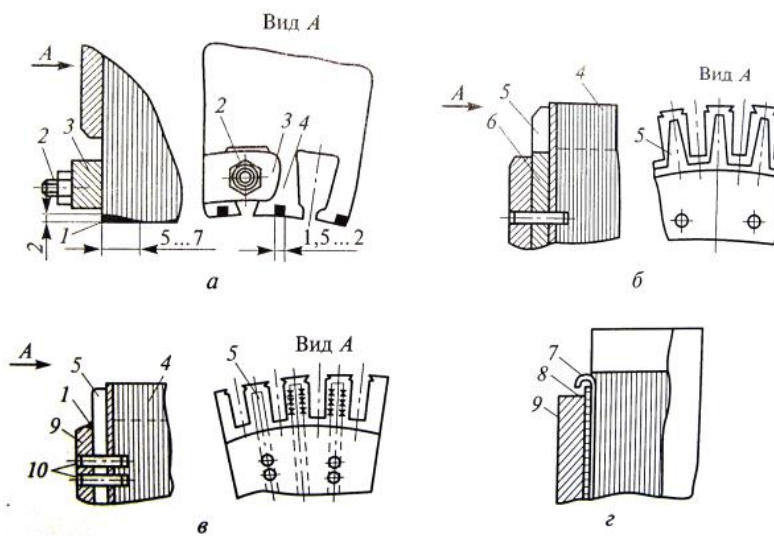


Рисунок 2.7 – Ремонт сердечників: *а* – з використанням зварювання; *б* – з використанням додаткових натискних шайб із зубцями; *в* – з використанням окремих натискних пальців; *г* – з використанням клинів; 1 – зварний шов; 2 – шпилька; 3 – кільце (сегмент); 4 – зубці сердечника; 5 – натискні пальці; 6 – додаткова шайба; 7 – крайній лист сердечника; 8 – текстолітовий клин; 9 – натискна шайба; 10 – штифти

### 2.3.5 Ремонт при ослабленні пресування сердечника

При загальному ослабленні пресування сердечників невеликого діаметра між натискною шайбою 9 і крайніми листами 7 сердечника через кожні 2...4 зубця забивають текстолітові клини 8 (рис. 2.7 г), що забезпечують нормальне пресування сердечника. Щоб визначити необхідну товщину клину, можна попередньо опресувати сердечник при тиску 1 МПа. Ширина клину не повинна перевищувати ширини зубця. Для захисту клина від випадання його перед установкою промазують лаком, що клеїть, і загинають крайній лист 7

сердечника. При місцевому ослабленні пресування сердечника статора (дефект або випадання вентиляційної розпірки) пошкоджену розпірку виправляють, а замість забивають текстолітовий клин, що випала, загинаючи на нього з двох сторін крайні листи сердечника.

При ослабленні пресування сердечників великих електричних машин, у яких пресування здійснюється стяжними шпильками, роблять підтяжку шпильок. Для цього видаляють зварні шви, гайки, що стопорять, стяжних шпильок від самовідгвинчування, підтягують чотири гайки, розташовані в діаметрально протилежних точках, і роблять обтяжку натискного фланця, загортаючи інші гайки в кілька обходів. Після закінчення підтяжки відновлюють зварні шви.

Якщо гайки не вдається підтягнути або підтяжкою не вдається відновити пресування осердя, пресування відновлюють забиванням в зубцеву зону клинів зі склотекстоліту марки СТЕФ-1. Поверхні для забиття клинів знежирюють бензином Б-70 і підсушують, контактні поверхні сегментів і клинів промазують лаком БТ-99 або епоксидним лаком клеючим ЕЛ-4. Після встановлення клинів для повної полімеризації проводять сушку при температурі 20...25°C протягом 10...12 год.

### 2.3.6 Ремонт у разі порушення міжлистової ізоляції

Якщо є порушення на невелику глибину лакового покриття окремих сегментів, прилеглих до місця встановлення клинів, перед забиттям клину між сегментами вставляють прокладки зі слюди на лаку БТ-99 на глибину 20... 35 мм. Місцеві порушення міжлистової ізоляції на поверхні статора усувають шляхом встановлення пелюстків слюди між сегментами або ізолюванням сегментів рідким лаком БТ-99. Для цього сегменти розводять спеціально заточеними тонкими і вузькими сталевими смугами необхідної довжини.

Великі площі ушкоджень усувають травленням у концентрованій азотній кислоті. На статор намотують намагнічуючу і контрольну обмотки і, пропускаючи по обмотці, що намагнічує, струм, визначають місце підвищеного нагріву, що свідчить про пошкодження ізоляції. Поверхню, що оточує місце

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 | 35   |

пошкодження, захищають шпаклівкою та хімічно стійкою емаллю, нагрівають пошкоджену зону до 75... 105°C. З допомогою намагнічуючої обмотки і, відключивши струм, протруюють пошкоджене місце концентрованою азотною кислотою. Після закінчення травлення залишки кислоти нейтралізують 4...5-кратною обробкою серветками, змоченими 10 % розчином кальцинованої соди, і промивають місце, що ремонтується гарячою дистильованою водою температурою 40... 60°C. Потім протирають його серветками та промивають спиртом.

### 2.3.7 Ремонт при вигоранні ділянки зубця осердя

При вигоранні або оплавленні ділянки зубця 2 сердечника видаляють дефектну частину і встановлюють на її місце «протез» 1 зі склотекстоліту для запобігання витріщуванню обмотки (рис. 2.8). Видалення пошкодженої області роблять за допомогою гострого зубила з його можливим попереднім висвердлюванням, після чого усувають замикання листів. «Протез» виготовляється за місцем та встановлюється на клеї ЕЛ-4.

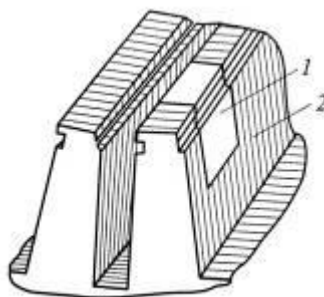


Рисунок 2.8 – Зубець сердечника із вставкою: 1 – "протез" зі склотекстоліту;  
2 – зубець

## 2.4 Контроль якості

Залежно від маси та розмірів, а також від характеру ремонту електричні машини або ремонтуються на місці, або прямують на ремонтне підприємство.

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      |                 | Арк. |
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | 36   |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 |      |

Взаємні зобов'язання замовника та ремонтного підприємства регламентуються у технічних умовах ремонту.

Приймання в ремонт проводиться за актом, в якому крім паспортних даних та передбачуваного обсягу ремонту вказуються технічні вимоги, яким повинно задовольняти обладнання після здійснення ремонту: потужність, напруга, енергетичні показники та інші деталей, включаючи старі обмотки. Усі з'єднувальні та настановні деталі повинні бути демонтовані замовником. Як правило, не ремонтують машини з розбитими корпусами та підшипниковими щитами та зі значним (понад 25 %) пошкодженням магнітопроводів.

Ремонт повинен бути виконаний якісно, щоб після нього було забезпечено необхідний рівень експлуатаційної надійності, а технічні показники відповідали стандартам та нормам.

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
|    |       |         |        |      |                 | 37   |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 |      |

### 3. ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИПРОБУВАНЬ АСИНХРОННИХ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ ЛОКОМОТИВІВ

#### 3.1 Математичне моделювання роботи асинхронних двигунів при їх випробуванні методом взаємного навантаження та живлення від перетворювачів частоти

Математична модель джерела змінної напруги представляє собою залежності трифазних синусоїдних симетричних напруг від часу, які є вхідними параметрами для математичної моделі роботи дволанкових перетворювачів частоти. Робота дволанкового перетворювача частоти, що складається з випрямляча та інвертора, в математичній моделі враховується у вигляді імпульсної напруги  $u(t)$ , отриманої за допомогою широтно-імпульсної модуляції за скалярним законом управління частотою обертання асинхронних двигунів. Робота кожного з асинхронних двигунів представлена в математичній моделі у вигляді шести диференціальних рівнянь струмів статора і ротора (рівняння з першого по шосте для першого двигуна, з восьмого по тринадцяте – для другого, механічний зв'язок, що забезпечує рівність частот обертання випробовуваних двигунів, врахована у вигляді сьомого рівняння математичної моделі) [4].

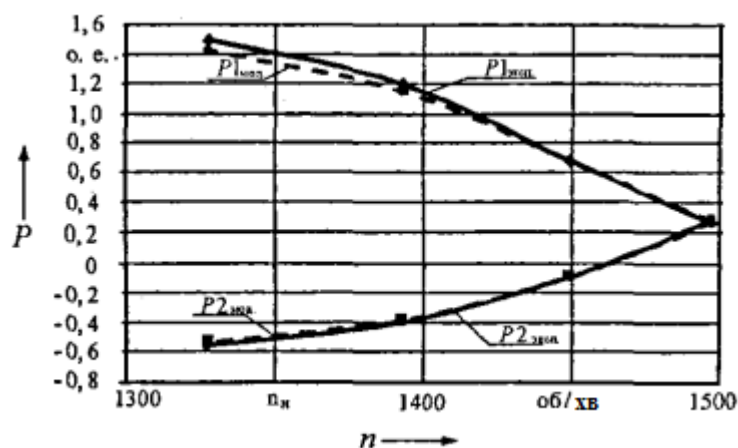


Рисунок 3.1 – Зіставлення результатів моделювання та експерименту

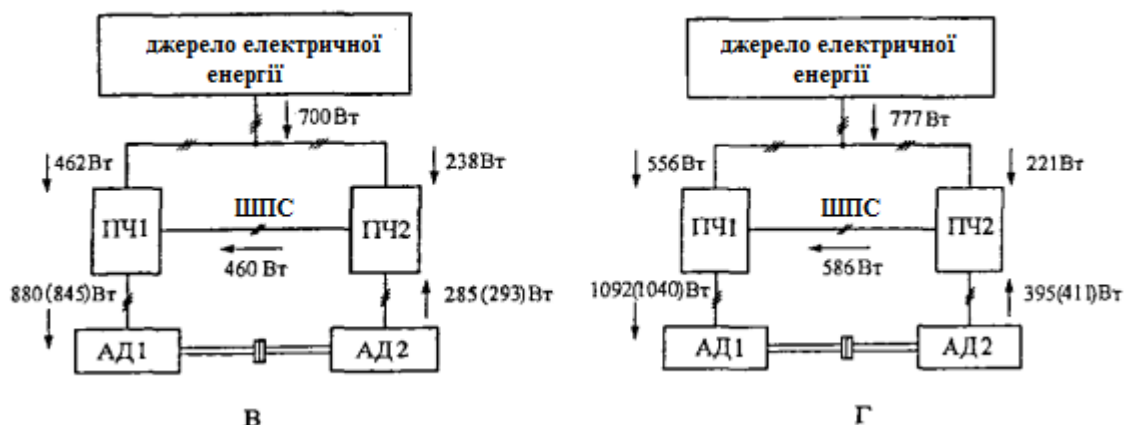


Рисунок 3.2 – Розподіл потужності між основними елементами схеми:  
 а - холостий хід 50 Гц - 50 Гц; б - 50 Гц та 47 Гц; в - 50 Гц та 44 Гц; г - 50 Гц та 42 Гц (номінальний режим роботи випробуваного двигуна АД1);  
 ПЧ – перетворювач частоти; ШПС – загальна шина постійного струму;  
 АД – асинхронний двигун

Математична модель дозволяє визначити потрібні характеристики двигунів та оцінити витрати електроенергії при випробуванні асинхронних двигунів методом взаємного навантаження. З метою перевірки адекватності отриманої математичної моделі були співставлені результати моделювання та експерименту з потужності, що споживається (генерується) асинхронними двигунами (рис. 3.1). Відносна розбіжність потужності за результатами моделювання (Ріמוד) та експерименту (Ріексп) не перевищує 7 % для розглянутих режимів роботи від холостого ходу до номінального навантаження асинхронного двигуна (і - порядковий номер випробуваного асинхронного двигуна).

Розподіл потужності між основними елементами схеми випробувань, що розглядається, за результатами експерименту наведено на рис. 3.2. У дужках показані величини потужності, отримані за результатами математичного моделювання.

Для оцінки ефективності застосування запропонованого методу взаємної навантаження при випробуванні асинхронних тягових двигунів виконано математичне моделювання процесу випробувань асинхронного тягового двигуна

НТА-1200. За результатами математичного моделювання отримано, що на живлення двигунів з мережі витрачалося лише 10,3% від номінальної потужності, що вказує на високу енергетичну ефективність застосування методу взаємного навантаження при випробуванні для потужних асинхронних тягових двигунів рухомого складу.

### **3.2 Схеми випробувань асинхронних тягових двигунів із застосуванням методу їх взаємного навантаження**

Перша із запропонованих схем (рис.3.3) складається з дволанкового перетворювача частоти 1, який включає керовані випрямлячі-інвертори 1.1, 1.3 і ланку постійного струму 1.2, двох однотипних асинхронних двигунів АМ1 та АМ2, муфти 2, котра механічно зв'язує між собою вали двигунів АМ1 і АМ2, дозволяючи їхнім роторам обертатися з однаковою кутовою швидкістю навколо загальної осі обертання, контакторів 3 - 6. На схемі також показаний комплект електровимірювальних приладів: ватметри 7 - 9.

У схемі наведеної на рис. 3.3, передача виробляємої генератором АМ1 електричної потужності здійснюється безпосередньо в мережу завдяки наявності керованого випрямляча-інвертора на вході перетворювача частоти, при цьому мережа додатково навантажується гармоніками, які утворюються шляхом подвійного перетворення енергії на шляху від АМ1 до мережі.

Ще одна особливість даної схеми – можливість випробувань двигунів з номінальною частотою напруги, що дорівнює частоті мережі.

Схема випробувань, що представлена на рис. 3.4, складається з двох однотипних перетворювачів частоти 1 і 2, що отримують живлення від трьохфазної мережі, двох однотипних асинхронних двигунів АМ1 і АМ2, механічно пов'язаних між собою за допомогою муфти 3 і отримующих живлення від перетворювачів частоти 1, 2. Перетворювачі частоти 1 і 2 складаються з не-керованих випрямлячів 1.1 і 2.1, ланок постійного струму 1.2 і 2.2, керованих випрямлячів-інверторів 1.3 та 2.3. Зв'язок перетворювачів

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
|    |       |         |        |      |                 | 40   |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 |      |

частоти 1 і 2 відбувається за допомогою шини постійного струму 4, що з'єднує ланки постійного струму 1.2 і 2.2 частотних перетворювачів 1 і 2. На схемі показаний комплект електровимірювальних приладів: ватметри 7 - 9.

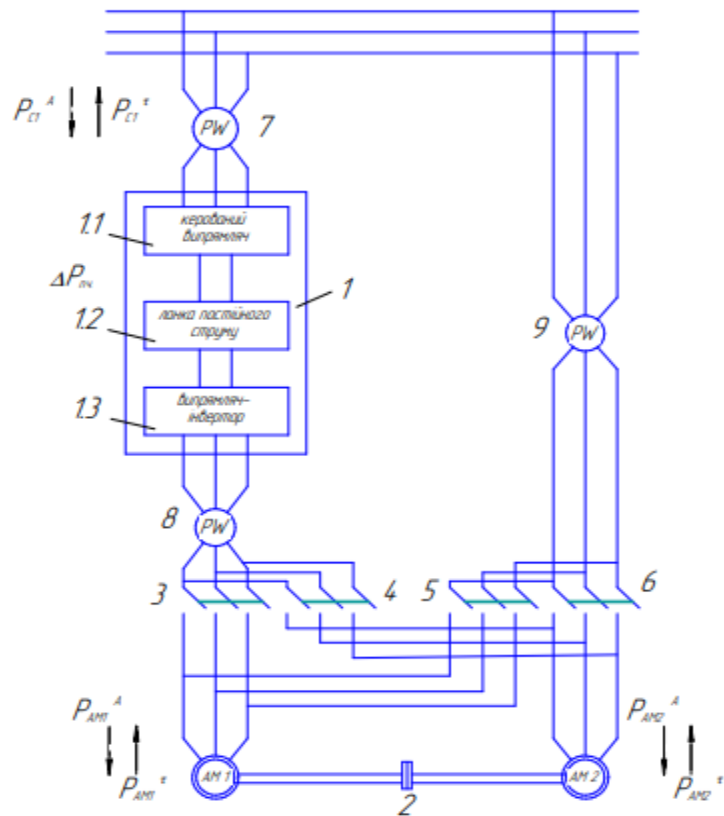


Рисунок 3.3 – Схема випробувань асинхронних тягових двигунів методом їх взаємного навантаження з використанням одного перетворювача частоти

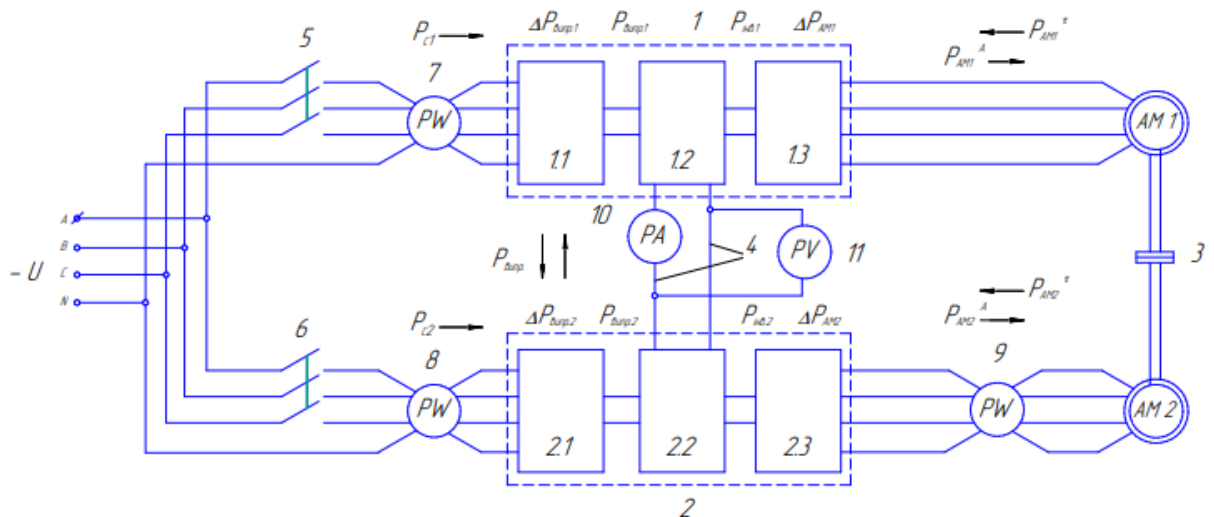


Рисунок 3.4 – Схема випробувань асинхронних тягових двигунів методом їхнього взаємного навантаження з використанням двох перетворювачів частоти

Схема випробувань, наведена на рис 3.5, складається з нестандартного перетворювача частоти 1, до складу якого входить некерований випрямляч 1.1, що отримує живлення від трифазної мережі, ланки постійного струму 1.2, двох однотипних керованих випрямлячів-інверторів 1.3.1 та 1.3.2, двох однотипних випробуваних асинхронних двигунів АМ1 і АМ2, муфти 2, яка механічно пов'язує між собою вали двигунів АМ1 і АМ2, дозволяючи їх роторам обертатися з однаковою кутовою швидкістю довкола загальної осі обертання. На схемі показаний комплект електровимірювальних приладів: ватметри 7, 8; амперметри 5, 6; вольтметр 4.

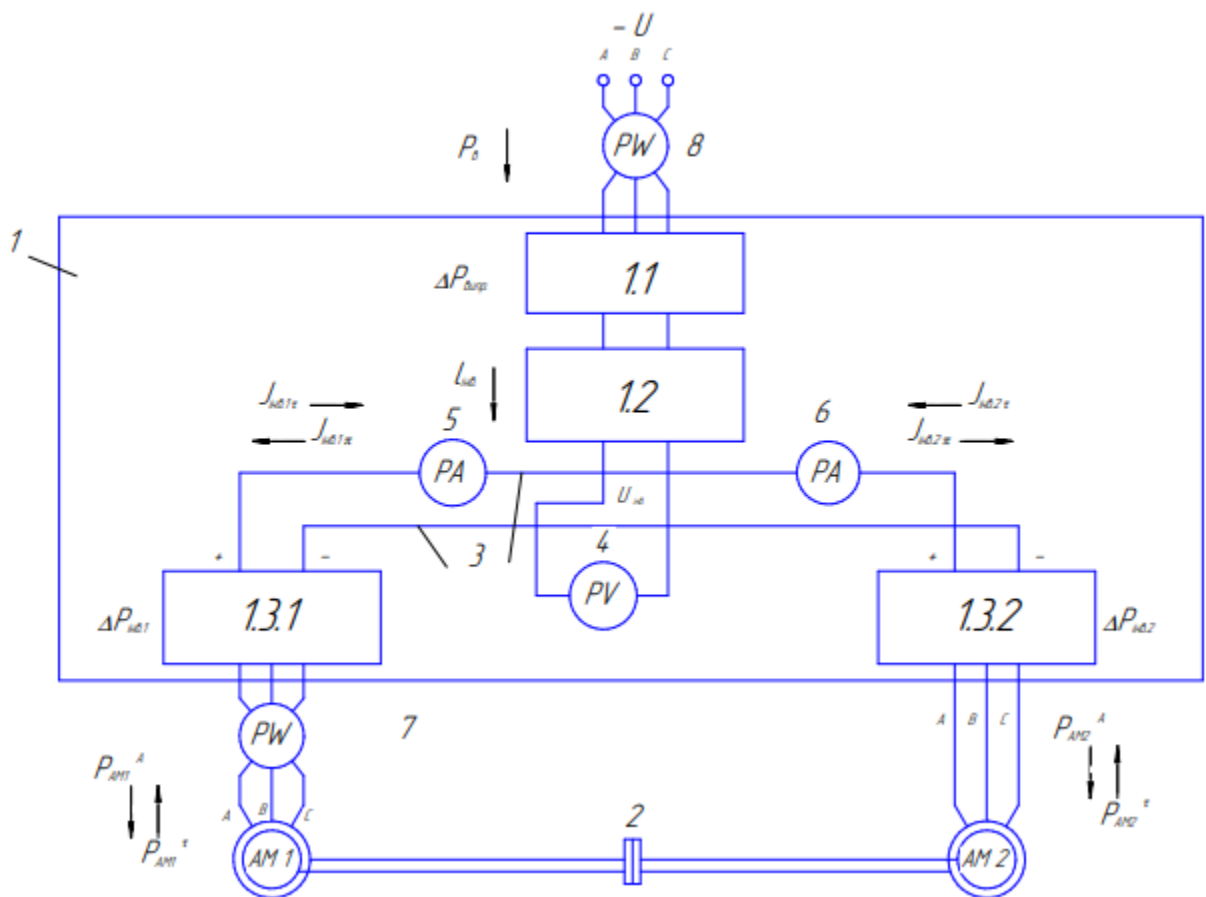


Рисунок 3.5 – Схема випробувань асинхронних тяговихдвигунів методом їхнього взаємного навантаження з використанням нестандартного перетворювача частоти

У схемі, що навела на рис. 3.5, передача електричної енергії генератором реалізується аналогічно до схеми, наведеної на рис. 3.4. Відмінність полягає у

використанні нестандартного перетворювача частоти: один некерований випрямляч на вході (з боку мережі) і два керовані випрямляча-інвертора для живлення випробуваних двигунів. Порівняно зі схемою на рис. 3.4 збільшується надійність та знижується вартість складових схеми випробовування за рахунок підбору меншого за потужністю випрямляча (у схемі, наведеній на рис. 3.4, випрямлячі недовантажені до номіналу).

Кожна з запропонованих схем має в своєму складі перетворювачі частоти. Дані пристрої є джерелами несинусоїдальної напруги, частота якої може змінюватися в широкому діапазоні навантаження випробуваного двигуна. Тому для вимірювання потужності в цих умовах потрібно або застосувати спеціальні складні апаратно-програмні комплекси для виконання безпосереднього виміру, або розробка непрямих методик визначення потужності. Такі методики у роботі запропоновані у кожній з наведених схем (див. рис. 3.3 – 3.5). Суть цих методик полягає в попередньому експериментальному визначенні залежностей втрат у випрямлячах і випрямлячах-інверторах схем від потужності, підведеної до них.

### **3.3 Рекомендації щодо вибору схеми випробувань асинхронних тягових двигунів методом взаємного навантаження**

Кожна з запропонованих схем має у своєму складі перетворювачі частоти. Дані пристрої є джерелами несинусоїдальної напруги, частота якої може змінюватися в широкому діапазоні навантаження випробуваного двигуна. Тому для вимірювання потужності в умовах випробувань в депо потрібно або застосувати спеціальні апаратно-програмні комплекси для виконання безпосередніх вимірів, або розробка непрямих методик визначення потужності. Такі методики у роботі запропоновані кожній з наведених схем(див. рис. 3.3-3.5). Суть розроблених методик полягає в попередньому експериментальному визначенні залежностей втрат у випрямлячах і випрямлячах-інверторах схем від потужності, підведеної до них. Отримані залежності надалі застосовуються при проведенні випробувань, в яких використовуються лише загальнопромислові

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
|    |       |         |        |      |                 | 43   |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 |      |

електровимірювальні прилади, що вимірюють потужність, що споживається частотними перетворювачами, а потужність споживана (генерована) асинхронними двигунами визначається непрямим (розрахунковим) шляхом.

З іншого боку, попередньо експериментально отримавши залежності втрат у частотних перетворювачах від потужності споживаної (генерованої) асинхронним двигуном енергії, можна розрахувати потужність, що споживається частотними перетворювачами з мережі в широкому діапазоні навантаження, що може бути використане при проектуванні випробувальних станцій для асинхронних тягових двигунів.

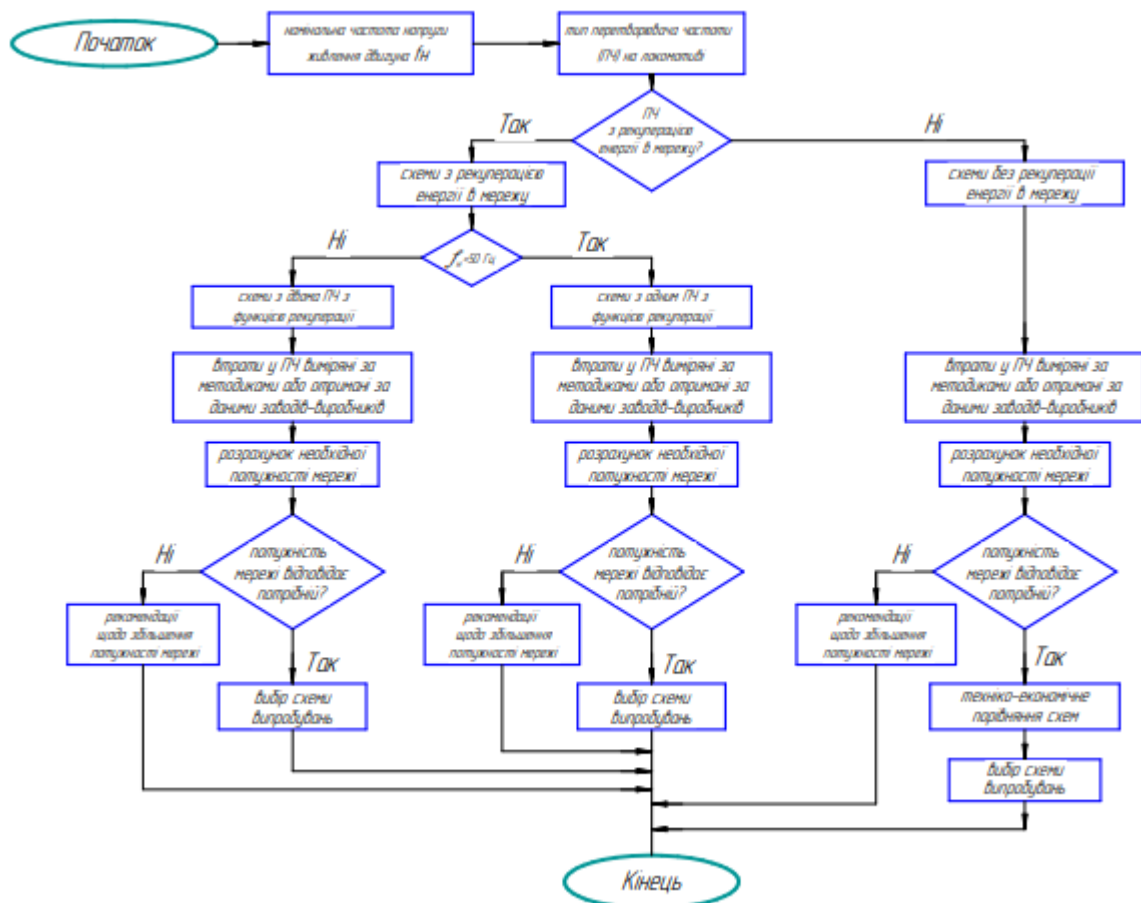


Рисунок 3.6 – Алгоритм вибору схеми випробування асинхронних тягових двигунів методом взаємного навантаження

На підставі проведеного аналізу, розроблених схем та методик були сформовані рекомендації щодо вибору схеми випробувань асинхронних тягових двигунів, реалізованої у вигляді алгоритму (рис. 3.6).

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ І ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

### 4.1 Загальні вимоги з охорони праці

Охорона праці в ремонтному відділенні ґрунтується на проведенні відповідних заходів з підготовки та інструктажу виробничого персоналу, по оснащенню його справним інструментом, інвентарем, спецодягом та індивідуальними засобами захисту від шуму, вібрації, ураження електричним струмом та інших шкідливих факторів, по організації наочної пропаганди на робочих місцях на ділянці.

До робіт з обслуговування та ремонту двигуна 5GEB30A1 допускаються особи не молодші вісімнадцяти років:

- які пройшли медичний огляд;
- навчені безпечним методам праці;
- які пройшли стажування та перевірку знань вимог щодо безпеки праці;
- мають групу з електробезпеки не нижче третьої;
- мають відповідну кваліфікацію;
- проходять періодичну та своєчасну перевірку знань з питань охорони праці згідно вимог чинного законодавства.

Працівник до призначення на самостійну роботу має пройти навчання:

- за технологією виконання робіт;
- з безпечного ведення робіт;
- із застосування засобів захисту;
- з надання першої долікарської допомоги.

Працівники зобов'язані:

- знати та дотримуватися правил охорони праці в обсягах виконуваних обов'язків. Виконувати ту роботу, яку визначено посадовою інструкцією;
- дотримуватись правил внутрішнього трудового розпорядку;
- дотримуватись правил пожежної безпеки, вміти користуватися засобами пожежогасіння;

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 | 45   |

- вміти надати першу долікарську допомогу постраждалим від нещасних випадків.

При обслуговуванні обладнання можливі впливи наступних небезпечних та шкідливих виробничих факторів:

- ✓ рухомі механізми і машини (локомотиви, вантажопідйомні крани);
- ✓ не обгороджені рухомі або обертові елементи обладнання;
- ✓ підвищене значення напруги електричного кола, замикання якого може відбутися через тіло людини;
- ✓ підвищена температура повітря робочої зони (дизельного приміщення локомотива);
- ✓ підвищена і знижена температура поверхонь вузлів локомотива;
- ✓ недостатня освітленість робочої зони;
- ✓ падаючі з висоти предмети і інструмент;
- ✓ фізичні перевантаження;
- ✓ випромінювання електронно-променевої трубки монітора;
- ✓ підвищений рівень акустичного шуму;
- ✓ підвищена напруга органів зору;
- ✓ випромінювання генератора;
- ✓ малорухливий характер роботи.

Для зменшення випромінювань від екрану монітора допускається застосування екранних фільтрів, спеціальних екранів та інших засобів індивідуального захисту.

При виконанні робіт з обслуговування та ремонту двигуна 5GEB30A1 видається спецодяг та спецвзуття:

- халат бавовняний з нормою видачі одна штука на рік;
- капці шкіряні з нормою видачі одна пара на рік.

До виконання робіт, пов'язаних з управлінням вантажопідйомними механізмами (електричних талів, керованих з підлоги), стропуванням агрегатів, вузлів і деталей тепловозів (дизель-поїздів) слюсар, який виконує обов'язки стропувальника, повинен бути навчений суміжної професії стропувальника,

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 | 46   |

мати посвідчення на право виконання стропувальних робіт, робіт з управління вантажопідійомними механізмами.

Виконання робіт, не пов'язаних з прямими обов'язками слюсаря, допускається після проведення цільового інструктажу.

Працівник не повинен проводити будь-яких робіт з ремонту обладнання та інструменту, якщо це не входить до кола його обов'язків. У разі травмування або нездужання необхідно припинити роботу, негайно повідомити про кожний випадок безпосереднього керівника та звернутися до лікувального закладу.

Забезпечити збереження до початку розслідування обставин та причин нещасного випадку обстановки на робочому місці та обладнання таким, якими вони були на момент події, якщо це не загрожує життю та здоров'ю працівників та не призведе до аварії.

Необхідно дотримуватися правил внутрішнього трудового розпорядку: не вживати алкогольні, наркотичні та токсичні засоби, не допускати куріння в невстановлених місцях (курити дозволяється лише в спеціально відведених в депо місцях), виконувати тільки доручену роботу.

## 4.2 Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед початком роботи працівник має:

- ✓ одягнути та ретельно підігнати спеціальний одяг та взуття та привести їх у порядок: застібнути на гудзики рукави; заправити вільні кінці одягу так, щоб вони не звисали;
- ✓ перевірити стан робочого місця, його освітленість у темний час;
- ✓ комплектність та справність пристосувань та інструменту;
- ✓ прибрати сторонні деталі, які не використовуються в роботі пристосування і інструмент, перевірити наявність на стелажах і ремонтних установках запасних частин і матеріалів. Інструмент на робочому місці слід розташовувати так, щоб виключалася можливість його скочування або падіння.
- ✓ наявність захисних та антистатичних заземлень;

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 | 47   |

✓ перевірити наявність та справність діелектричних килимків перед стійками обладнання;

✓ переконатися у нормальному функціонуванні устаткування;

✓ перевірити роботу витяжної вентиляції (якщо передбачено технологічним процесом).

Про всі помічені недоліки працівник робить запис до експлуатаційного журналу та повідомляє керівника підрозділу.

Перед початком робіт на роторі та статорі, обмотці двигуна необхідно переконатися повіреним індикатором у відсутності сторонньої напруги.

### 4.3 Вимоги безпеки безпеки під час роботи

Під час роботи для уникнення шкідливих та небезпечних факторів необхідно виконувати такі загальні правила:

- перебувати на робочому місці у спецодезії та спецвзутті;
- всі дії, що виконуються, повинні бути занесені в журнал відразу ж після виконання;
- під час роботи користуватися справним інструментом;
- під час роботи не допускати захаращення проходів, своєчасно прибирати з приміщення пакувальний матеріал від запасних блоків обладнання, що змінюються, зберігати запасні змінні блоки у спеціально відведеному для цього місці;
- при роботі за пультом оператора необхідно робити перерви - через дві години від початку роботи необхідно зробити перерву на п'ятнадцять хвилин та через дві години після обідньої перерви на п'ятнадцять хвилин;
- під час перерв проводити комплекси фізичних вправ для очей та непрацюючих м'язів.

Вимоги при роботі з роторами та статорами:

- при виконанні робіт з ротором і статором необхідно переконатись у відсутності на лінії сторонньої напруги, ізолювати лінію від обладнання та після цього зробити необхідні перемикання з боку обладнання;

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 | 48   |

- для встановлення та зняття обмотувальних проводів використовувати спеціальний інструмент;

Вимоги при проведенні монтажних, ремонтних та регламентних робіт:

- роботи провадяться за дозволом начальника цеху або особи, яка його замінює, не менше ніж двома працівниками цеху;

- зняття двигуна проводиться зі зняттям напруги після перевірки індикатором відсутності напруги;

- зняття напруги 220В змінного струму або живлення постійного струму здійснюється шляхом вимкнення автомата;

- при роботі на обладнанні, що має лазерний генератор, оптичні виходи блоків, якщо до них не приєднано кабель, повинні бути закриті заглушками;

- ремонт несправних модулів обладнання проводиться фахівцями технічної служби підприємства постачальника устаткування.

Під час роботи на слюсаря можуть впливати наступні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: Слюсар при проведенні ремонтних робіт в дизель-агрегатному відділенні зобов'язаний:

- знати і дотримуватися правил пожежної безпеки, знати порядок дій при пожежі, вміти користуватися первинними засобами пожежогасіння;

- знати правила технічної експлуатації і правила вимог безпеки електроустановок;

- знати технологічний процес ремонту тепловозів (дизель-поїздів) в обсязі виконуваних ним робіт;

- дотримуватися вимог інструкції з охорони праці для слюсаря по ремонту рухомого складу;

- працювати справним інструментом і на справному обладнанні, при виявленні несправності доповісти майстру (бригадиру);

- вміти надавати першу долікарську допомогу потерпілому при нещасних випадках. Знати, де знаходиться аптечка, і при необхідності забезпечити доставку (супровід) потерпілого до лікувального закладу, про кожний нещасний випадок або раптового захворюванні необхідно повідомити майстра;

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
|    |       |         |        |      |                 | 49   |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 |      |

- дотримуватися правил санітарної та особистої гігієни. При користуванні побутовими приміщеннями робітник повинен дотримуватися чистоти, дбайливо ставитися до меблів.

При виконанні робіт на металообробних верстатах, при використанні електроінструментів і пневмоінструментів, абразивного, гідравлічних, вантажопідійомних машин і механізмів, вантажозахоплювальних пристроїв і проведенні вогневих робіт і робіт на висоті дотримуватися вимог відповідних інструкцій з охорони праці, що діють в локомотивному депо.

Слюсар несе відповідальність за порушення вимог інструкцій відповідно до законодавства.

#### **4.4 Вимоги техніки безпеки після закінчення роботи**

Після закінчення роботи слюсар повинен привести в порядок своє робоче місце в наступній послідовності:

- скласти інструмент, інвентар і пристосування в спеціально призначені для них місця або здати в інструментальну комору;
- провести відключення всіх енергоносіїв та електричних освітлювальних приладів і витяжної вентиляції;
- зібрати використані обтиральні матеріали в металевий ящик з щільно закритою кришкою.

Спецодяг, спецвзуття та інші засоби індивідуального захисту слюсар повинен зняти і прибрати в шафу гардеробної. Забруднену і несправну спецодяг при необхідності слюсар повинен здати в прання або хімчистку, а після цього в ремонт.

Після завершення всіх робіт слід вимити руки і обличчя теплою водою з милом змивають засобами (не допускається застосовувати для миття не призначені для цієї речовини), при можливості прийняти душ.

Про всі несправності обладнання, інструменту та пристосувань, помічені під час роботи, і про вжиті заходи до їх усунення слюсар повинен повідомити майстра (бригадира).

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
|    |       |         |        |      |                 | 50   |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 |      |

Упорядкувати робоче місце, перевірити стан обладнання, комплектність інструменту та пристроїв, відзначити в журналі стан робочого місця та обладнання. При змінній роботі дати усний звіт людині, що приймає зміну.

Повідомити безпосереднього керівника про всі несправності, помічені під час роботи та заходи, вжиті до їх усунення.

При проектуванні ремонтного відділення і розробці заходів з охорони праці у відділенні, слід керуватися нормативами, які встановлюють об'ємно - планувальні і конструктивні рішення виробничих приміщень і відділень, передбаченими вказівками з проектування виробничих будівель і приміщень підприємств залізничного транспорту.

Обсяг виробничих приміщень, що припадає на одну людину, проектують звичайно з розрахунку не менше  $15 \text{ м}^3$ , а площа приміщень - з розрахунку не менше  $4,5 \text{ м}^2$ . При цьому нормують і мінімальну висоту приміщень.

Підлоги проектують з таким розрахунком, щоб вони не пропускали ґрунтових вод, шкідливих газів, були стійкі до впливу агресивних і шкідливих речовин.

Забезпечення безпеки праці при огляді, огляді, ремонті, формуванні агрегатів дизеля провадяться відповідно до вимог діючих стандартів і нормативних документів.

За вимогами охорони праці передбачається механізація всіх трудомістких процесів, окремих операцій і транспортування вантажів. Транспортування вантажів здійснюється вантажопідйомними засобами в спеціальних контейнерах і типовий тарі із застосуванням типових пристроїв відповідно до "Правил будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів". Складання відходів передбачено в спеціальній тарі і на спеціально відведених місцях. Ділянка обладнується аптечками для надання першої допомоги, раковинами з гарячою і холодною водою.

Для поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці передбачена установка спеціальних мийних машин і очисних камер, застосування засобів спеціальної конструкції, обладнання з місцевими вентиляційними відсмоктувачами,

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 | 51   |

ізоляція обладнання з виділенням тепла, застосування обладнання з незначним шумовиділенням або відсутністю такого, застосування обладнання з глушниками шуму (гайковерти та інші ) або розміщення їх поза приміщенням ділянки або в ізольованих приміщеннях (вентиляційні агрегати і інше), застосування відносно нешкідливих матеріалів. Передбачається встановлення обладнання, що викликає вібрацію, на спеціальні віброізолюючі фундаменти. Розстановка обладнання виконується з урахуванням раціонального природного освітлення робочих місць, прихованої прокладки трубопроводів, організації зон (майданчиків) відпочинку, як на площах ділянки, так і на площах депо.

Електробезпека забезпечується вибором електроінструменту із заземленням за допомогою спеціальної шини кабелю, переносного електроосвітлення на напругу 12 В.

#### **4.5 Пожежна безпека**

У виробничих приміщеннях і на території депо мають бути забезпечені протипожежні заходи відповідно до Правил пожежної безпеки на залізничному транспорті та Правил експлуатації електроустановок споживачів.

Ремонтне відділення обладнується первинними засобами пожежогасіння відповідно до норм. Для оповіщення працівників по гучномовному зв'язку ремонтне відділення обладнується гучномовцем. Передбачається також встановлення пожежних сповіщувачів, телефонних апаратів тощо.

При виконанні ТО, ПР та екіпіровки необхідно зробити заходи по попередженню пожеж. Усі виробничі, складські і допоміжні приміщення мають бути оснащені засобами пожежогасінні. Для розміщення первинних засобів пожежогасінні у виробничих цехах, ділянках, складах і на території депо і ПТОЛ повинні встановлюватися спеціальні пожежні щити.

При зварювальних роботах в кузові ТРС необхідно мати в місці виконання робіт вогнегасники, пісок, воду і захисні екрани (щити) для обмеження поширення іскр. Зварювання на паливних баках або резервуарах, що містять

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
|    |       |         |        |      |                 | 52   |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 |      |

горючі речовини (дизельне паливо, масло і т. п.), дозволяється проводити після видалення залишків горючих речовин і промивання гарячою водою баку або резервуару, узгодження вогневих робіт з місцевою пожежною охороною і виконання аналізу повітря (у баці або резервуарі) на предмет відсутності вибухонебезпечних концентрацій газів (пари). Зварювальник не повинен приступати до вогневих робіт без письмового дозволу, виданого головним інженером або керівником підприємства і узгодженого з пожежною охороною.

У відділеннях ремонту паливної апаратури, фільтрів, акумуляторних батарей, просочувальному, столярному і в інших відділеннях, в яких використовують горючі матеріали, не допускається застосування відкритого вогню і куріння. На стінах і дверях приміщень цих відділень мають бути вивішені заборонні знаки "Забороняється користуватися відкритим вогнем".

Для гасіння займання електроприводів, електроустановок і електропроводки, що знаходяться під напругою до 1000 В повинні використовуватися тільки вуглекислотні, порошкові вогнегасники і сухий пісок.

Резервуари, трубопроводи, насоси, зливні естакади, роздавальні колонки і інші екіпірувальні пристрої, призначені для зливу, зберігання і видачі нафтопродуктів, необхідно заземлити.

Усі ремонтні, монтажні і будівельні роботи на території експлуатованих резервуарів, пов'язані із застосуванням вогню (зварювання, різання, клепка), легкозаймистих і горючих рідин, а також очищення резервуарів і інші ремонтні роботи на території резервуарного парку і резервуарів, що окремо стоять, повинні здійснюватися тільки з письмового дозволу головного інженера або керівника підприємства з попереднім узгодженням цих робіт з пожежною охороною. У дозволі повинно бути вказано: місце і характер роботи; необхідні протипожежні заходи, що підлягають виконанню до початку робіт; терміни початку і закінчення робіт; прізвище і посада особи, відповідальної за проведення робіт.

Для вказівки місця знаходження виду пожежного устаткування і вогнегасних засобів слід застосовувати вказівні знаки по ДСТУ ISO 6309:2007,

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
|    |       |         |        |      |                 | 53   |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 |      |

які розміщують на видних місцях на висоті 2-2,5 м як усередині, так і поза приміщеннями.

Під час проведення робіт по наклейці покриттів підлог і обробці ТРС із застосуванням горючих клеїв, мастик і інших матеріалів забороняється присутність сторонніх людей.

Забороняється одночасне проведення на ТРС зварювальних, фарбувальних і обробних робіт з використанням мастик, фарб, клеїв та інших горючих матеріалів, а також проведення зварювальних робіт на свіжопофарбованому рухомому складі.

#### **4.6 Охорона навколишнього середовища**

Залізничний транспорт постійно впливає на природне середовище. Характер впливу транспорту на навколишнє середовище визначається складом техногенних факторів, інтенсивністю їх впливу, екологічної вагомості впливу на елементи природи.

Техногенний вплив може бути локальним від одиничного чинника або комплексним - від групи різних факторів, що характеризуються коефіцієнтами екологічної вагомості, які залежать від виду впливу, їх характеру, об'єкта впливу.

Основними напрямками зниження величини забруднення навколишнього середовища є: раціональний вибір технологічних процесів для виробництва готової продукції та її транспортування; використання засобів захисту навколишнього середовища і підтримання їх в справному стані.

При роботі магістральних тепловозів в атмосферу виділяються відпрацьовані гази, за складом аналогічні вихлопів автомобільних дизелів.

Крім викидів продуктів згорання палива, щорічно під час перевезення і перевантаження вантажів з вагонів у навколишнє середовище надходить близько 3,3 млн. т руди, 0,15 млн. т солей і 0,36 млн. т мінеральних добрив.

Більше 17% розгорнутої довжини залізничних ліній мають значну ступінь забруднення вантажами що утворюють пил. 3 вагонів-цистерн на шляху і між

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
|    |       |         |        |      |                 | 54   |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 |      |

коліями, під час перевезень, внаслідок негерметичності клапанів і зливних приладів цистерн, і нещільності люків зникають нафтопродукти.

Вони просочуються через ґрунтові горизонти і забруднюють ґрунтові води. З пасажирських вагонів відбувається забруднення залізничного полотна сухим сміттям і стічними водами.

Локомотивне депо має виробництво і здійснює технологічні процеси, характерні для технічного обслуговування і ремонту рухомого складу усіх видів транспорту. Компоненти і структура забруднюючих речовин у них в основному збігаються. Так, наприклад, при фарбувальних роботах на підприємствах залізничного транспорту використовуються десятки тисяч тон різних лакофарбових матеріалів, при цьому щорічний викид забруднюючих речовин в атмосферу досягає 35%.

Локомотивне депо – це підприємство з високим рівнем забрудненості навколишнього середовища. Це пояснюється тим, що роботи, які виконуються у депо, проходять з використання теплової, механічної енергії, енергії води, масла. Також при виконанні робіт проходять неминучі втрати палива, мастила, води, пари та інших речовин, які досить несприятливо впливають на навколишнє середовище.

В локомотивному депо має бути передбачена посада еколога, який контролює екологічну ситуацію, екологічний вплив та перешкоджає порушенням екологічного законодавства.

Необхідно постійно дотримуватись наступних вимог в локомотивному депо:

- не перевищувати гранично допустимі концентрації викидів у повітря з котельні та іншого допоміжного обладнання депо;
- проводити очищення стічних вод у спеціалізованих очисних спорудах;
- мати надійну мережу каналізаційних систем;
- для очищення стічної води від нафтопродуктів та бруду після дощу використовувати спеціальні очисні канали;
- покращувати технології виробництва для зменшення відходів матеріалів при виробництві та ремонті обладнання локомотивів;

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
|    |       |         |        |      |                 | 55   |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 |      |

- модернізувати обладнання, що використовується у технологічних процесах для зменшення забруднень;
- модернізувати газоочисну систему котельні та цехів по ремонту локомотивів;
- проводити роботу по модернізації шумопоглинаючої системи локомотивів та будівель депо.

Починаючи з 2002 року проводиться планова реконструкція та відновлення гідротехнічних (водовідвідних) споруд на об'єктах залізничного транспорту всіх залізниць України. На підприємствах Укрзалізниці постійно розробляються та впроваджуються системи статистичної звітності підприємств залізничного транспорту з питань охорони та використання природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки.

Усі структурні підрозділи залізниць, як первинні природокористувачі та платники податку та оперативно підпорядковані Укрзалізниці ремонтні заводи, забезпечують екологічну безпеку шляхом дотримання нормативів екологічної безпеки та використання природних ресурсів в межах лімітів та дозволів, які видаються спеціально уповноваженими органами виконавчої влади з питань охорони навколишнього середовища та екологічної безпеки за місцем розташування підприємств.

З метою виховання молоді, якій не байдужий екологічний стан довкілля, усіма залізницями України щорічно проводиться підготовка та підвищення кваліфікації фахівців в галузі охорони навколишнього середовища.

Слід відзначити, що фінансування програм, спрямованих на збереження навколишнього природного середовища, здійснюється за рахунок власних коштів залізниць та капіталовкладень. Особливо екологічно шкідливе для довкілля використання дизельної тяги. І оскільки сьогодні повністю відмовитися від неї не можливо, розроблено низку технологій для мінімізації шкідливих викидів.

Це, наприклад, установка на турбіни дизелів спеціальних каталізаторів, які знижують викиди шкідливих речовин в атмосферу на 80 %.

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
|    |       |         |        |      |                 | 56   |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 |      |

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У дипломній бакалаврській роботі проведено аналіз існуючої діяльності та технології ТО та ремонту тягового асинхронного двигуна.

У цій роботі розроблено план впровадження нового технологічного обладнання з метою підвищення продуктивності праці, охорони навколишнього середовища та підвищення механізації технологічних процесів.

Розглянуто історію розвитку залізничного транспорту, розроблено заходи щодо безпеки праці, охорони довкілля, запропоновано заходи щодо покращення умов праці на підприємстві.

Також розглянуто математичну модель та запропоновано вдосконалені схеми випробувань асинхронних тягових двигунів, що дозволяють проводити необхідні випробування відповідно до умов роботи на локомотивах та забезпечити високу енергетичну ефективність процесу випробувань: схема з одним перетворювачем частоти з можливістю рекуперації; схема із двома перетворювачами частоти без можливості рекуперації, пов'язаними загальною шиною постійного струму; схема з одним некерованим випрямлячем та двома керованими випрямляч-інверторами, пов'язаними загальною шиною постійного струму (схема з нестандартним перетворювачем частоти).

Складено алгоритм вибору схеми для випробувань асинхронних тягових двигунів методом взаємного навантаження з урахуванням можливості реалізації рекуперації перетворювачем частоти, номінальної частоти живлення випробуваного двигуна, потужності мережі та техніко-економічної доцільності схеми.

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 | 57   |

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сайт «Вікіпедія» – Режим доступа: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%9533%D0%90>.
2. Сайт «Укрінформ» – Режим доступа: <https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/2600391-lokomotiv-general-electric-trizub-virusiv-u-persij-rejs.html>.
3. Сайт «Вікіпедія» – Режим доступа: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B7%D0%BE%D0%B1%D1%83%D0%B4%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F>.
4. Литвинов А.В. Совершенствование технологии испытаний асинхронных тяговых двигателей локомотивов. – Омск, 2014. – 20 с.
5. Дробинский В. А., Егунов П. М. Что такое тепловоз // Как устроен и работает тепловоз. – 3-е изд., переработанное и дополненное. – М.: Транспорт, 1980. – с. 345.
6. Сотников Е. А. Двигатель приходит на железную дорогу // Железные дороги мира из XIX в XXI век. – М.: Транспорт, 1993. – С. 456.
7. Васьковський Ю.Н., Гайденок Ю.А. Применение полевого анализа для усовершенствования конструкции тяговых асинхронных двигателей // Електромашинобудування та електрообладнання, Випуск 67, 2006, с.88 – 94.
8. Васьковський Ю.М., Гайденок Ю.А. Дослідження методами теорії поля характеристик асинхронних двигунів при несиметрії параметрів ротора // “Електротехніка і електромеханіка”, №3, 2007, с.19 – 22.
9. Безрученко, В. М. Тяговий електропривод та його експлуатаційні можливості / В. М. Безрученко, О. А. Хорошко // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2011. – Вип. 38. – С. 63–67.
10. Сергієчко, М. І. Основні вимоги і схемотехнічні рішення тягового частотно-регульованого електроприводу пасажирських електровозів / М. І.

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
|    |       |         |        |      |                 | 58   |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 |      |

Сергієчко, М. В. Панасенко // Залізничний транспорт України : науково-практичний журнал. - 2009. - № 5. - С. 43-54.

11. Снитко, Н. П. Рациональные режимы эксплуатации магистральных локомотивов с асинхронным тяговым приводом / Н. П. Снитко, А. П. Павленко // Залізничний транспорт України: науково-практичний журнал. - 2009. - № 3. - С. 56-60.

12. ЦТ-0042 - Правила технічного обслуговування і поточних ремонтів тепловозів серії ЧМЕЗ, ЧМЕЗТ, ЧМЕЗЕ (на заміну ЦТ-0042), затверджена наказом Укрзалізниці від 24.06.2009 № 367-Ц.

13. Зеленченко А.П. Устройство диагностики тяговых двигателей электрического подвижного состава. – М.: Транспорт. 2002.-323с.

14. Дайлидко А.А. Электрические машины тягового подвижного состава. - М.: Транспорт. 2002.-287с.

|    |       |         |        |      |                 |      |
|----|-------|---------|--------|------|-----------------|------|
|    |       |         |        |      | 6.273.190552.ПЗ | Арк. |
| Зм | Аркуш | № докум | Підпис | Дата |                 | 59   |