Б.Є. БОДНАР, М.І. КАПІЦА, Є.Б. БОДНАР, О.Б. ОЧКАСОВ

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЛОКОМОТИВІВ ТА ЛОКОМОТИВНЕ ГОСПОДАРСТВО

ОРГАНІЗАЦІЯ РЕМОНТНОГО ТА ЕКІПІРУВАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА

2022
ДНІПРО

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

Б. Є. Боднар, М. І. Капіца, Є. Б. Боднар, О. Б. Очкасов

Експлуатація локомотивів та локомотивне господарство. Організація ремонтного та екіпірувального господарства

ПІДРУЧНИК

ДНІПРО
2022

УДК 629.42-049.32
Е 45

Авторський колектив:
Боднар Б. Є., Капіца М. І., Боднар Є. Б., Очкасов О. Б.

Рекомендовано вченою радою
Українського державного університету науки і технологій
як підручник
(протокол № 8 від «04» липня 2022 р.)

Е 45 Експлуатація локомотивів та локомотивне господарство. Організація ремонтного та екіпірувального господарства : підручник / Б. Є. Боднар, М. І. Капіца, Є. Б. Боднар, О. Б. Очкасов ; за ред. д-ра техн. наук, проф. Б. Є. Боднара. – Електрон. вид. – Дніпро : Укр. держ. ун-т науки і технологій, 2022. – 220 с.

ISBN 978-966-2596-24-3 (PDF)

У підручнику розглянуто: агрегатний, крупноагрегатний та потокові методи ремонту; організація роботи дільниць, цехів та відділень; процес екіпірування локомотивів; розглянуті типи деповських будівель та принципи раціонального розташування ремонтних дільниць; компоновку тягової території депо; викладено методи розрахунку: штату робітників та інженерно-технічних працівників; необхідної кількості обладнання; необхідної кількості екіпірувальних позицій та запасів матеріалів; площі цехів та депо в цілому.

Також запропоновані теоретичні основи визначення впливу системи ремонту та діагностування на надійність тягового рухомого складу.

Підручник відповідає структурі та змісту робочої навчальної програми з дисципліни «Експлуатація локомотивів та локомотивне господарство» та призначений для закладів вищої освіти, що здійснюють підготовку фахівців для залізничного транспорту.

Іл. 65, табл. 19, бібліограф. 25 назв.

УДК 629.42-049.32

Цей твір ліцензовано на умовах Ліцензії Creative Commons «Attribution-NonCommercial-ShareAlike» 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) («Із зазначенням авторства – Некомерційна – Поширення на тих самих умовах» 4.0 Міжнародна)

ISBN 978-966-2596-24-3 (PDF)
DOI 10.15802/978-966-2596-24-3

© Боднар Б. Є., Капіца М. І., Боднар Є. Б., Очкасов О. Б., 2022
© Укр. держ. ун-т науки і технологій, 2022

UDC 629.42-049.32
Ye 45

Writing Team:
Bodnar B. Ye., Kapitsa M. I., Bodnar Ye. B., Ochkasov O. B.

Recommended by the Academic Council
of the Ukrainian State University of Science and Technologies
as a textbook
(Protocol No. 8 of July 07, 2022)

Ye 45 Operation of Locomotives and Locomotive Economy. Organization of Repair and Servicing Economy : textbook / B. Ye. Bodnar, M. I. Kapitsa, Ye. B. Bodnar, O. B. Ochkasov ; ed. by Dr. Tech. Sciences, Prof. B. Ye. Bodnar. – Electronic edition – Dnipro : Ukrainian State University of Science and Technologies, 2022. – 220 p.

ISBN 978-966-2596-24-3 (PDF)

The textbook examines unit repair, large scale unit repair and flow repair methods; organization of the work of sections, workshops, and departments; the process of equipping locomotives. The types of depot buildings and principles of rational location of repair stations; layout of the traction territory of the depot were considered. The book outlines the methods of calculating the number of workers as well as engineers and technicians; the number of equipment and servicing positions and also material stock required; the area of workshops and depots in general.

The theoretical foundations for determining the influence of the repair and diagnostic system on the reliability of traction rolling stock are also proposed.

The textbook corresponds to the structure and content of the work curriculum in the discipline “Operation of Locomotives and Locomotive Economy” and is intended for higher educational institutions training specialists for railway transport.

Ill. 65, tab. 19, bibliography 25 titles

UDC 629.42-049.32

This work is licensed under Creative Commons License
«Attribution-NonCommercial-ShareAlike» 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)

ISBN 978-966-2596-24-3 (PDF)
DOI 10.15802/978-966-2596-24-3

© Bodnar B. Ye., Kapitsa M. I., Bodnar Ye. B., Ochkasov O. B., 2022
© Ukrainian State University of Science and Technologies, 2022

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ 5

ВСТУП 6

РОЗДІЛ 1 ЛОКОМОТИВНЕ ГОСПОДАРСТВО, ЙОГО СТРУКТУРА ТА УПРАВЛІННЯ 7

1.1 Історія, розвиток та удосконалення експлуатації локомотивів 7
1.2 Призначення та завдання локомотивного господарства 8
1.3 Структура управління локомотивним господарством 9
1.4 Експлуатаційні характеристики локомотивів 11
1.5 Напрямки та перспективи розвитку локомотивного господарства 12
1.6 Розподіл та облік локомотивів за видами роботи та станом 13
1.7 Споруди та пристрої локомотивного господарства, їх класифікація 18
1.8 Розташування споруд та пристроїв локомотивного господарства на залізничних напрямках 22

РОЗДІЛ 2 ОРГАНІЗАЦІЯ ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ ЛОКОМОТИВІВ ... 27

2.1 Система ремонту 27
2.2 Агрегатний і крупноагрегатний методи 32
2.3 Потоковий метод ремонту 36
2.4 Механізація та автоматизація 39
2.5 Планування постановки локомотивів у ремонт 39
2.6 Визначення потреби робочої сили для технічного обслуговування та поточних ремонтів 43
2.7 Визначення необхідної кількості обладнання для виконання поточних ремонтів 46
2.8 Організація роботи та основне технологічне обладнання для виконання ТО та ПР 46
2.9 Організація роботи заготівельних дільниць 55
2.10 Відділення агрегатно-заготівельної і заготівельної дільниць 60
2.11 Допоміжні відділення депо 81
2.12 Технічний контроль за якістю ПР та ТО 82
2.13 Реостатні випробовування тепловозів 85
2.14 Система технічного діагностування при ремонті локомотивів 92

РОЗДІЛ 3 ЕКІПІРУВАННЯ ЛОКОМОТИВІВ ТА ЕКІПІРУВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ 99

3.1 Організація процесу екіпірування 99
3.2 Розташування екіпірувальних пристроїв на лінії та в депо 102
3.3 Визначення необхідної кількості екіпірувальних позицій 104
3.4 Паливне господарство 106
3.5 Господарство підготовки, зберігання та видачі мастильних матеріалів .. 115
3.6 Пристрої для постачання локомотивів піском 119
3.7 Підготовка та заправка локомотивів водою 133

3.8 Пристрої для обмивання та очищення 134
3.9 Пристрої для розвертання локомотивів 137
3.10 Пристрої для сумісного екіпірування та ТО 138
3.11 Автоматизація процесу екіпірування 142
3.12 Обслуговування акумуляторних батарей 143
3.13 Хіміко-технологічна лабораторія депо 153
3.14 Обслуговування та ремонт екіпірувальних пристроїв 154
РОЗДІЛ 4 ДЕПОВСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО ТА ЙОГО СПОРУДИ 157
4.1 Типи деповських будівель та їх порівняльна характеристика 157
4.2 Спеціалізація ремонтних позицій та визначення необхідної їх кількості 159
4.3 Основні розміри будівель ремонтних дільниць 161
4.4 Площа та висота виробничих приміщень депо 163
4.5 Принципи раціонального розташування ремонтних дільниць та відділень і розташування обладнання на них 165
4.6 Допоміжні та побутові приміщення депо 167
4.7 Тягова територія депо та розташування на ній пристроїв деповського господарства 168
4.8 Загальні питання деповського господарства 171
4.9 Вимоги безпеки до споруд локомотивного господарства та локомотиворемонтних заводів 179
РОЗДІЛ 5 ВПЛИВ СИСТЕМИ РЕМОНТУ ТА ДІАГНОСТУВАННЯ НА НАДІЙНІСТЬ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ 185
5.1 Задачі теорії надійності технічних об’єктів та принципи класифікації відмов технічного об’єкту 185
5.2 Елементи класичної теорії відновлення технічних об’єктів 187
5.3 Аксіоматична побудова моделі ремонтного впливу на тяговий рухомий склад 192
5.4 Оцінка впливу стаціонарного діагностування на надійність тягового рухомого складу 194
5.5 Удосконалення системи утримування локомотивів, методи визначення міжремонтних пробігів . Вплив системи ремонту на витрату коштів і надійність 199
5.6 Вплив залежних відмов обладнання на вибір системи утримання локомотивів 203
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 214

СКОРОЧЕННЯ

УЗ	- Акціонерне Товариство «УКРЗАЛІЗНИЦЯ»
ПР	- поточний ремонт
ТО	- технічне обслуговування
ТРС	- тяговий рухомий склад
РУЗ	- резерв Укрзалізниці
КР	- капітальний ремонт
ЦТ	- локомотивний главк УЗ
АЛС	- автоматична локомотивна сигналізація
АБ	- акумуляторна батарея
КСУЯП	- комплексна система управління якістю праці
Т	- служба локомотивного господарства залізниці
ДГУ	- дизель – генераторна установка
СТД	- система технічного діагностування
АДСК	- автоматизований діагностично-статистичний комплекс
ПТОЛ	- пункт технічного обслуговування локомотивів
ТЕД	- тяговий електричний двигун

ВСТУП

Залізничний транспорт відіграє суттєву роль в єдиній транспортній системі України. Його діяльність забезпечує економічні зв`язки між виробниками та споживачами продукції, областями та економічними регіонами України, а також з іншими державами.

Україна має одну з найбільш розвинених у Європі мережу залізниць, експлуатаційна довжина колій якої складає понад 22 тис. км. За густотою вона займає провідне місце серед країн СНД і наближається за цим показником до європейських країн.

Вигідне географічне положення країни посилює значимість залізничного транспорту та обумовлює наявність одного з найбільших у Європі потенціалу транзитності залізниць України, які взаємодіють із залізницями 7 сусідніх держав через 56 пунктів перетину кордону та з 13 основними морськими портами Чорного та Азовського морів і річки Дунай.

Особливе значення для залізничного транспорту України має розвиток трансконтинентальних сухопутних коридорів. Територією України проходять три залізничні міжнародні панєвропейські коридори - № 3, 5, 9. Через українські порти Ізмаїл і Рені здійснюється взаємодія з панєвропейським коридором № 7, який пролягає по річці Дунай. Розвиваються перевезення по МТК ТРАСЄКА (Європа – Кавказ – Азія). Питання розвитку транзиту займають виняткове місце в європейській транспортній політиці. Тому розвиток міжнародних транспортних коридорів в Україні віднесено до найголовніших напрямків інтеграції Українських залізниць у міжнародну транспортну систему.

Беручи до уваги той факт, що в Україні практично відбувся розподіл перевезень вантажів між автотранспортом (споживчі, товари, контейнерні перевезення, тощо) та залізницями (масові вантажі), перерозподіл між ними у перспективі не буде мати кардинального характеру. На досить далеку перспективу залізниці залишаться основним (за обсягами) перевізником масових вантажів та пасажирів на середні та далекі відстані.

Найважливішими перевагами залізничного транспорту в сучасних умовах є його економічність, доступність та екологічність.

Одну із ключових ролей відводиться локомотивному господарству, в якому зосереджена четверта частина працівників залізниць.

Безперервне забезпечення перевізного процесу базується на якісному режимі експлуатації, ефективному використанні системи планово-попереджувальних ремонтів та обслуговування локомотивів.

Важливою задачею локомотивного господарства на поточний момент часу є впровадження сучасного локомотивного парку, а також розвиток і технічне переоснащення локомотивних депо.

РОЗДІЛ 1 ЛОКОМОТИВНЕ ГОСПОДАРСТВО, ЙОГО СТРУКТУРА ТА УПРАВЛІННЯ

1.1 Історія, розвиток та удосконалення експлуатації локомотивів

Локомотивному господарству належить одне з провідних місць у забезпеченні перевізного процесу.

На долю локомотивного господарства припадає біля 40 % експлуатаційних витрат та 13 % основних фондів мережі залізниць.

Локомотивне господарство – це найбільший споживач палива та електроенергії, ним витрачається більш ніж 10 % енергоресурсів держави.

Із загальної чисельності працівників залізниць, пов'язаних з рухом поїздів, близько 25 % зайнято в локомотивному господарстві.

Протягом всієї історії розвитку вітчизняних залізниць удосконалювалася матеріально-технічна база, структура управління та управління локомотивним господарством, зазнали серйозних змін методи експлуатації локомотивів та організація роботи локомотивних бригад. Розвиток та удосконалення локомотивного господарства забезпечували поліпшення використання локомотивів як за потужністю, так і за часом, і, як підсумок, зниження експлуатаційних витрат.

Структура управління локомотивним господарством та організація експлуатації локомотивів, що склалася в середині 19 століття, збереглися з невеликими змінами до цього часу.

Широке впровадження прогресивних видів тяги спонукало до впровадження нових форм та методів експлуатації залізниць: обслуговування тепловозів та електровозів змінними локомотивними бригадами, водіння поїздів без відчеплень локомотивів на ділянках і зонах значної довжини до 600 км і більше; змінилася система технічного обслуговування та ремонту локомотивів, зросли маси поїздів і швидкості руху. Короткі тягові плечі в 100–150 км були об'єднані в ділянки обігу локомотивів великої довжини – до 300–600 км. Оперативне управління експлуатацією локомотивів і відповідальність за раціональне їхнє використання в УЗ покладені на Головне управління руху, а в управліннях залізниць та відділеннях – на служби та відділи руху [1].

Поряд з розвитком матеріально-технічної бази локомотивного господарства та підвищенням ефективності експлуатації локомотивів удосконалювалися системи організації локомотивного господарства та експлуатації локомотивів. Досліджувалися нові методи планування локомотивних парків, розрахунки потреби локомотивних бригад та організації їх роботи, раціональні прийоми технічного обслуговування локомотивів та ін. Проведені дослідження базуються на сучасних математичних методах: теорії масового обслуговування, лінійному й нелінійному програмуванні та використанні електронно-обчислювальних машин.

Творча співдружність учених й інженерів із працівниками локомотивного господарства та служб експлуатації допомагає успішно вирішувати завдання з подальшого поліпшення експлуатації локомотивів, підвищення якості та ефективності використання тягових засобів.

1.2 Призначення та завдання локомотивного господарства

Локомотивне господарство залізниць покликане забезпечувати перевезення вантажів і пасажирів необхідними тяговими засобами – локомотивами.

Основними завданнями локомотивного господарства, що має у своєму розпорядженні парк локомотивів і комплекс пристроїв для їхнього обслуговування та ремонту [1], є:

- забезпечення заданого обсягу перевезень справними локомотивами;
- точне виконання розкладу та графіка руху поїздів;
- поліпшення технічного стану локомотивів;
- подальше підвищення продуктивності локомотивів;
- удосконалення організації та якості ремонту, що забезпечує надійну роботу локомотивів;
- подальше впровадження в локомотивних депо агрегатного методу ремонту, а також комплексної механізації та автоматизації виробничих процесів;
- розробка та здійснення заходів щодо освоєння нових типів локомотивів, доведення їх до експлуатаційно-надійного стану;
- реконструкція наявних деповських і екіпірувальних пристроїв для ремонту та екіпірування нових серій локомотивів;
- організація технічного навчання локомотивних і ремонтних бригад, здатних не тільки грамотно експлуатувати та ремонтувати локомотиви, але й безперервно їх удосконалювати.

Локомотивне господарство має тісний взаємозв’язок із суміжними службами. Раціональне використання локомотивного парку залежить не тільки від технічного стану локомотивів і підготовки локомотивних бригад, але й від правильної організації руху поїздів, стану вагонного парку, верхньої будови колії, пристроїв СЦБ та зв’язку. Тому тісна взаємодія локомотивного господарства із суміжними службами є неодмінною умовою ефективного використання всіх технічних засобів, і, як наслідок, безперебійного виконання всього перевізного процесу в цілому [2].

1.3 Структура управління локомотивним господарством

Управління локомотивним господарством здійснюється по територіально-галузевому принципу (*може змінюватися*) .

У масштабі Міністерства інфраструктури управління локомотивним господарством покладене на Укрзалізницю, у межах залізниць – на управління цих залізниць (Н), у межах лінійних підрозділів – на відділення залізниць (НОД) *(може змінюватися).*

Управління локомотивним господарством має декілька ступенів підпорядкування, а саме: Головне управління локомотивного господарства (ЦТ), служби локомотивного господарства управління залізниці (Т), відділи локомотивного господарства відділення (дирекції) залізниці (НОДТ) і основні локомотивні депо (ТЧ) (рис. 1.1). *(може змінюватися).*

Розглянуту загальну структуру управління локомотивним господарством не можна розглядати як постійну, раз і назавжди встановлену. Творча думка працівників залізничного транспорту безперервно працює над подальшим поліпшенням структури локомотивного господарства з метою досягнення найбільш ефективного використання технічних засобів, удосконалення форм і методів експлуатаційної роботи, підвищення швидкостей та безпеки руху поїздів, поліпшення культури обслуговування пасажирів, забезпечення більш високих темпів росту продуктивності праці та зниження собівартості перевезень.

На Головне управління локомотивного господарства ЦТ покладені функції планування та технічного управління локомотивним господарством у масштабі мережі залізниць.

Служба локомотивного господарства управління залізниці планує та здійснює технічне керівництво роботою локомотивного господарства в межах залізниці.

На відділення залізниць (дирекції) та основні локомотивні депо покладене оперативне керівництво експлуатацією та утриманням локомотивного парку, а також виконання встановлених функцій по забезпеченню безперебійної та рентабельної роботи локомотивного господарства в межах відділення.

В оперативному відношенні начальник служби локомотивного господарства залізниці підпорядкований безпосередньо начальникові залізниці та Головному управлінню локомотивного господарства ЦТ.

До складу ЦТ входять:

Управління експлуатації, яке очолюється ЦТЗ1 і йому підпорядковується:

- відділ експлуатації;
- відділ нової техніки;
- сектор безпеки руху (БР) та ЦРБТ;
- технічний сектор.

Виробниче управління ЦТЗ2:

- відділ ремонту ТРС;
- відділ енергозбереження та нормування паливно-енергетичних ресурсів;
- сектор нормування та технології ремонту.

ЦТ здійснює:

- загальне керівництво локомотивним господарством Укрзалізниці;
- розробляє технічні вимоги (завдання) на проектування нових локомотивів;
- розглядає і затверджує проекти;
- оформляє замовлення на нову техніку;
- керує модернізацією локомотивів;
- очолює роботи по удосконаленню системи технічного обслуговування (ТО) і ремонту локомотивів;
- здійснює контроль за БР та охороною праці.

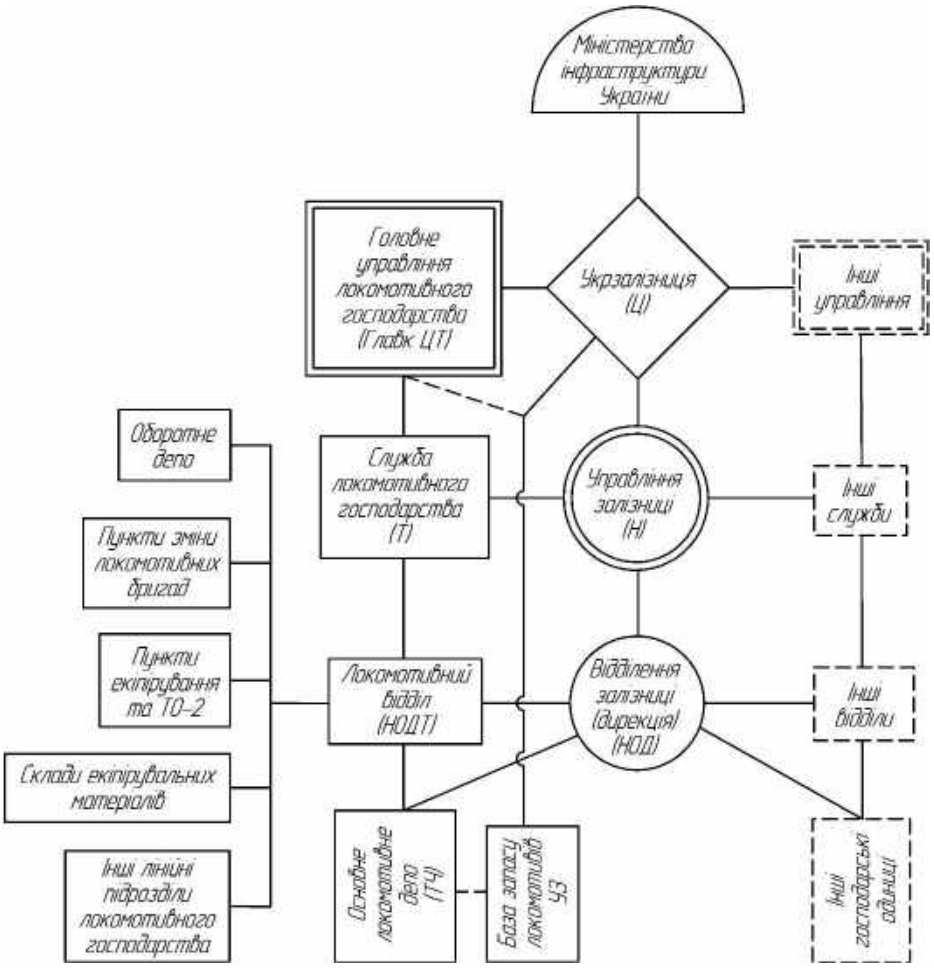

Рисунок 1.1 – Структура управління залізницями

Служба Т виконує:

- технічне керівництво діяльністю ТЧ в межах залізниці;
- впровадження нової техніки, передових методів труда;
- розподіл технічних засобів та (ПММ).

Основне локомотивне депо (ТЧ) – лінійне підприємство ЛГ з обов'язковим приписним парком локомотивів. Воно виконує установлені види технічного обслуговування і поточних ремонтів, екіпірування, здійснює експлуатацію локомо-

тивів, комплектує і готує кадри локомотивних бригад і робітників інших професій. Головною задачею локомотивного депо є забезпечення заданого обсягу перевезень вантажів і пасажирів справними, підготовленими до роботи локомотивами.

Депо також здійснює ремонт механічного, випробувального та іншого устаткування, забезпечує поточне утримання виробничих і службово-побутових будівель. Приблизна структура управління основного локомотивного депо представлена на рис. 1.2.

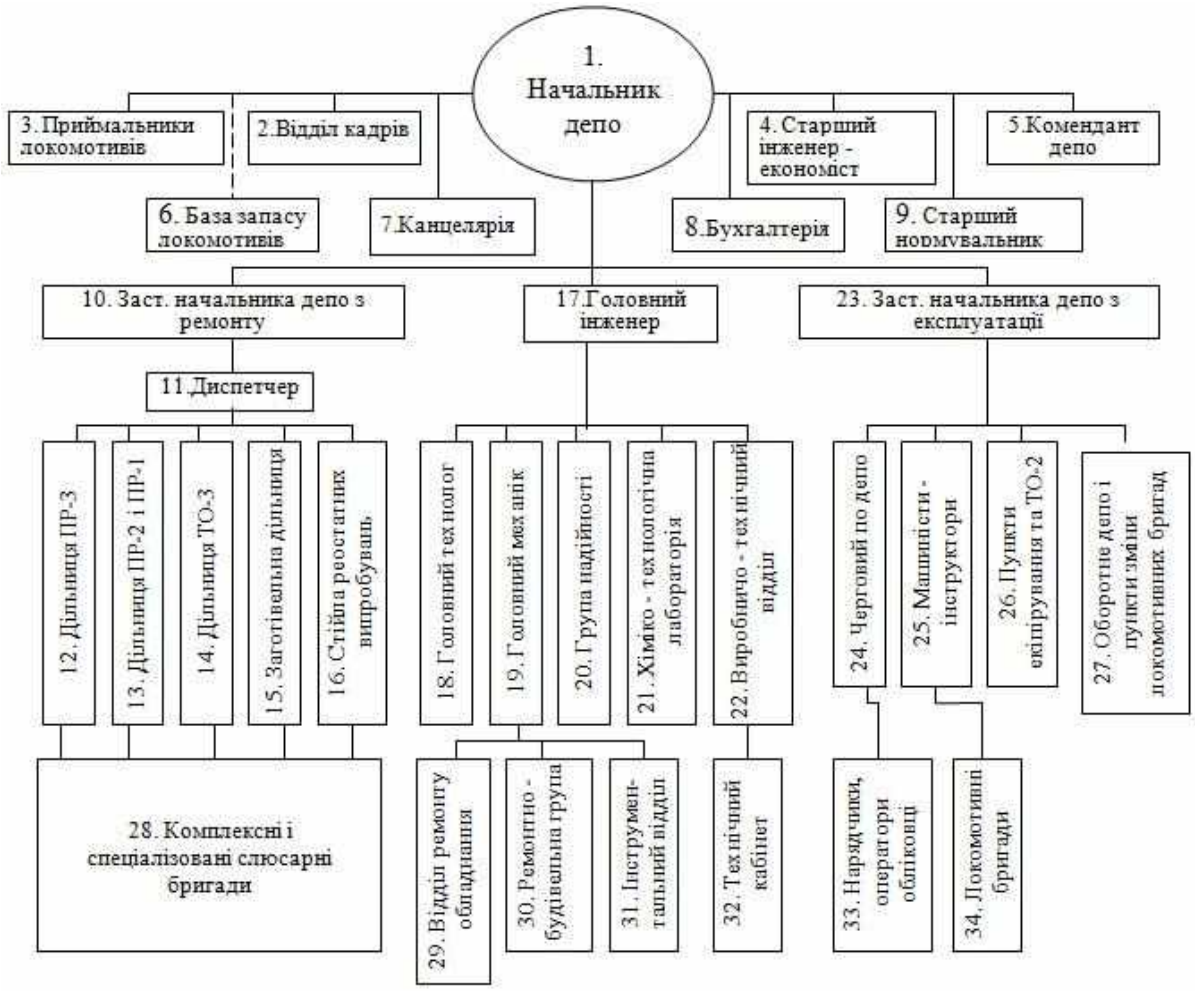

Рисунок 1.2 – Приблизна структура управління основного локомотивного депо

1.4 Експлуатаційні характеристики локомотивів

Тягові засоби – локомотиви та моторвагонний рухомий склад – становлять основу матеріально-технічної бази локомотивного господарства. Від досконалості конструкції тягових засобів залежать всі показники функціонування локомотивного господарства .

Технічні характеристики локомотивів визначаються *тяговими, експлуатаційними та економічними* властивостями та показниками і повинні відповідати призначенню (роду служби), економічним і географічним умовам майбутньої їхньої

ДО ЗМІСТУ

експлуатації та відповідати досягненням науково-технічного прогресу в галузі транспортного машинобудування.

До *найважливіших тягових показників* відноситься: величини реалізованої сили тяги та швидкості руху тривалого і розрахункового режимів. За цими показниками визначається маса составу. Тягові властивості характеризуються також конструкційною максимально припустимою швидкістю, навантаженням від осі на рейки, потужністю годинного режиму на валах тягових двигунів або номінальною на первинному двигунові (дизелі), а також, пристосованістю локомотива до змінного режиму роботи. Ця властивість залежить від гнучкості регулювання сили тяги, плавності зміни швидкості, ступеня використання розрахункової потужності та сили тяги по зчепленню й іншим обмеженням, а також характеру зміни *ккд* залежно від навантаження та режиму роботи локомотива.

До експлуатаційних властивостей локомотива відноситься надійність у роботі, ремонтопридатність, ступінь автономності, мобільності та автоматизації в управлінні, забезпечення безпеки руху та комфортних умов роботи для локомотивної бригади.

Економічність локомотивів характеризується енергетичними витратами на одиницю потужності або перевезеного вантажу, витратою металу на одиницю потужності, терміном окупності (або будівельною вартістю), питомими витратами на експлуатацію, технічне обслуговування та ремонти.

1.5 Напрямки та перспективи розвитку локомотивного господарства

На цьому етапі розвитку економіки (2021 рік), становлення нових виробничих відносин, відновлення парку локомотивів, продовження їх ресурсу необхідно [3]:

- впроваджувати сервісне обслуговування, яке передбачає забезпечення сервісу локомотивам заводами-виробниками протягом всього «життєвого циклу» локомотива. Це, в свою чергу, буде стимулювати виробника до підвищення надійності локомотива та удосконалення його конструкції;
- розробляти та впроваджувати автоматизовані системи навчання, тестування та перевірки знань для всіх категорій працівників локомотивного господарства;
- для навчання та надбання практичних навичок роботи локомотивних бригад, відпрацювання дії в нестандартних ситуаціях (продовжувати) організувати виготовлення тренажерів;
- провести експлуатаційні та ресурсні випробування і на їх основі розробити програму раціоналізації системи планово-попереджувальних ремонтів локомотивів з урахуванням їх реального технічного стану;
- розробити та впровадити технологію формування електронного маршруту машиніста з ув’язкою із системою обліку та аналізу порушень безпеки руху поїздів;

- створення нового покоління тягового рухомого складу, оснащеного безколекторними тяговими двигунами з мікропроцесорною системою управління ними;
- розробка маневрових тепловозів, працюючих на альтернативних видах пального (газ, енергія акумулятора, біопаливо, енергія сонця, газова турбіна, ядерний реактор);
- модернізувати існуючі локомотиви, тобто провести випробування тих комплектуючих, які будуть встановлюватись на новостворених локомотивах і вже зараз організувати за ними спостереження в умовах експлуатації;
- там де це є доцільним впроваджувати модульні принципи виготовлення устаткування локомотивів. Модульність конструкції з резервуванням, наприклад, основного електрообладнання дозволяє забезпечити високий рівень надійності локомотивів;
- створювати і апробувати системи (вбудованої та стаціонарної) діагностики, щоб на нових локомотивах встановлювались конструктивно удосконалені та надійні вузли і агрегати;
- необхідно розпочати впровадження системи оренди локомотивів.

Тобто на даному етапі ефективною буде комбінована система утримування локомотивів при якій будуть поряд існувати: планово-попереджувальна (для нині існуючих локомотивів) і зароджуватися система утримування тягового рухомого складу за технічним станом (для локомотивів нового покоління та модернізованих). Адже є такі вузли та агрегати, над якими обов'язково необхідно виконувати відновлювальні роботи. А є такі, що за ними досить спостережень.

Тільки після накопичення та аналізу необхідного статистичного матеріалу про надійність вузлів та локомотива в цілому, ввійде в повсякдення система діагностування та самоконтролю (самодіагностування) локомотива, і може йти мова про систему утримування за станом.

1.6 Розподіл та облік локомотивів за видами роботи та станом

Залежно від видів руху та характеру виконуваної роботи локомотивний парк підрозділяється на наступні групи: пасажирські, вантажні, передатні та вивізні, господарські, підштовхувальні, спеціально маневрові та зайняті на інших видах роботи [4, 5]. *Маневрові* локомотиви використаються для формування та розформування поїздів, подавання та вивезення вагонів із колій навантаження і на колії розвантаження. *Передатні та вивізні* локомотиви зайняті передачею составів і груп вагонів з однієї станції вузла на іншу, між прилеглими сортувальними або іншими станціями.

Локомотиви, зайняті на *господарській роботі*, перевозять вантажі для потреб залізничного транспорту, що не входять до плану перевізної роботи (рейки, шпали, баласт, щебінь, камінь, пісок – для поточного утримання колії, воду, сніг, сміття). До локомотивів, зайнятих на *інших видах* роботи, відносяться локомотиви, що обслуговують пожежні та допоміжні поїзди, снігоочисники та ін.

Локомотиви, що виконують допоміжну роботу, ті що працюють у подвійній тязі, підштовхуванні, одиночному прямування, а також локомотиви, що очікують роботи, відносяться до того виду руху, до якого відноситься виконувана ними робота. Локомотиви, призначені для певного виду роботи, повинні мати відповідні конструкційні особливості. Так, локомотиви пасажирських поїздів повинні забезпечувати високу швидкість. Локомотиви, зайняті на спеціально маневровій роботі, повинні мати тягову характеристику більше «м'яку» в інтервалі швидкостей 10 - 40 *км/год*, зручне реверсування, дубльовані засоби керування для можливості обслуговування локомотива одним машиністом без помічника, конструкцію та розміщення кабіни керування, що забезпечують гарний огляд під час руху локомотива в будь-якому напрямку, і т.і.

УЗ всі локомотиви розподіляються по окремих залізницях, де вони значаться на балансі та становлять так званий *інвентарний парк залізниць.* Ті локомотиви, що приписані до депо, і значаться на його балансі становлять *інвентарний парк депо*.

Кількісний розподіл локомотивів по залізницях і депо вирішується на основі річного вантажообігу та пасажирообороту з врахуванням всіх видів допоміжної роботи і є одним з методів перспективного планування необхідного парку локомотивів. Якісний розподіл локомотивів (вибір типу та виду) по залізницях і депо здійснюється з урахуванням уніфікованої маси поїздів, швидкості руху, наявності та перспектив електрифікації залізничних напрямків і т.і. Результуючим показником оцінки розподілу локомотивів по залізницях є приведені річні витрати на перевезення або собівартість перевезень і термін окупності капіталовкладень.

Для раціонального розміщення локомотивного парку варто прагнути до дотримання принципу уніфікації серій локомотивів для кожної залізниці та депо, тобто число різних серій (типів) локомотивів на залізниці та у кожному депо повинне бути мінімальним. Багатосерійність локомотивів ускладнює організацію їхньої експлуатації та ремонту, утрудняє постачання депо запасними частинами, збільшує суму оборотних коштів.

Локомотив зараховується в інвентарний парк залізниці та депо з моменту підписання акту про його приймання начальником депо або його заступником з ремонту, майстром цеху ремонту та приймальником локомотивів. Залежно від стану та місця роботи облік локомотивного парку ведеться по певних групах (рис. 1.3).

Інвентарний парк локомотивів підрозділяють на парки, що знаходяться в розпорядженні залізниці (депо) та поза розпорядженням залізниці (депо). Парк локомотивів, що знаходяться в розпорядженні залізниці (депо) підрозділяється на той, що знаходиться в експлуатації та той, що не знаходиться в експлуатації. Такий розподіл локомотивів по парках впроваджений з метою розрахунку показників їхнього використання та ремонту.

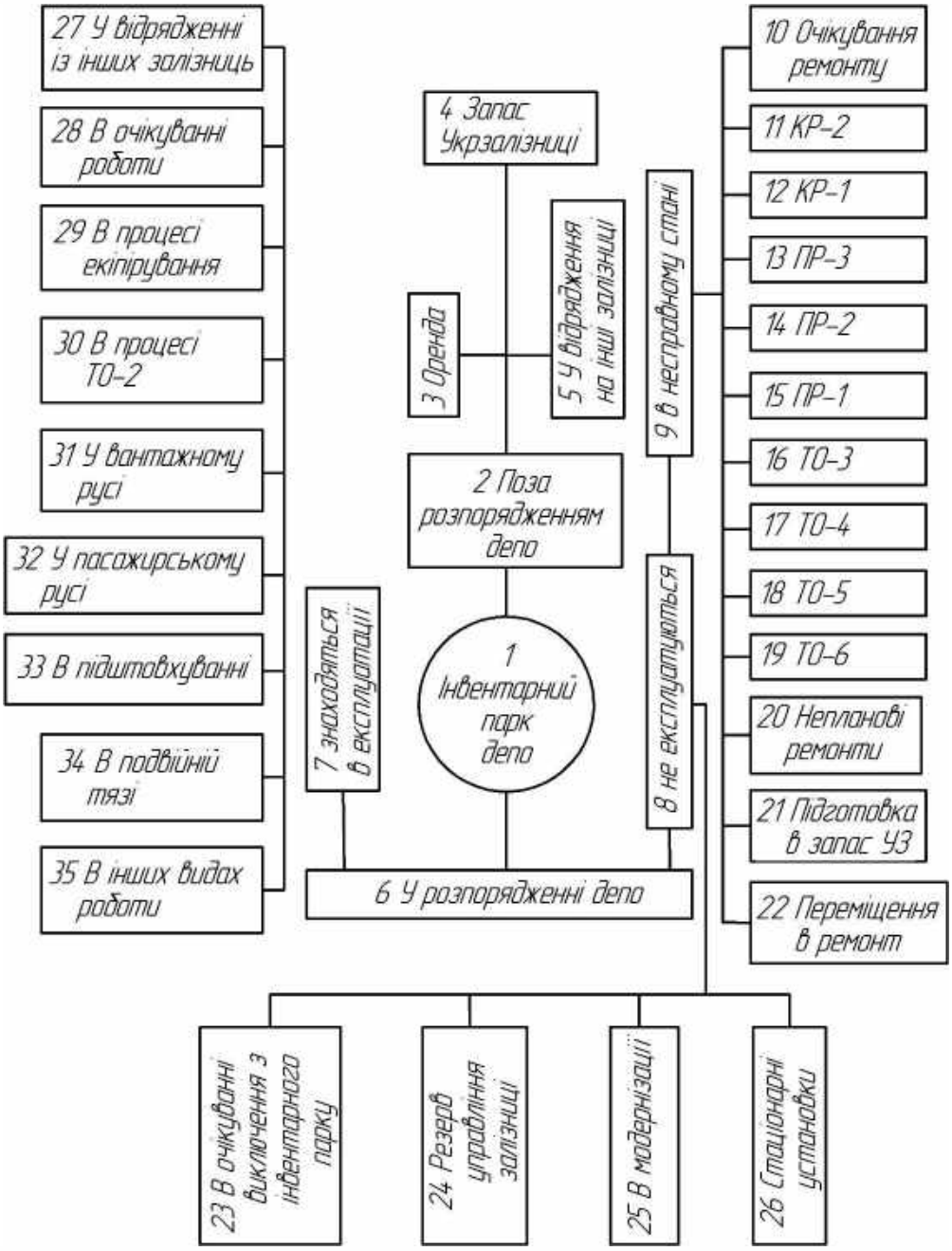

Рисунок 1.3 – Розподіл локомотивів за видами роботи та станом

До інвентарного парку депо (залізниці) входять всі локомотиви, приписані до депо (залізниці), за винятком локомотивів, тимчасово прикомандированих з інших депо (залізниць). На кожен локомотив інвентарного парку складається технічний паспорт, у якому відбиваються дані технічного стану локомотива, а також фіксуються виконані ремонти та модернізація. Технічний паспорт, що зберігається в депо приписки, є основним документом для обліку інвентарного парку локомотивів. Інвентарний облік локомотивів ведеться тільки у фізичних конструктивних одиницях, а моторвагонного рухомого складу – в секціях.

Парк депо (залізниці), що не експлуатується складається з локомотивів, що перебувають у всіх видах ремонту, модернізації між плановими видами ремонту, тих

що очікують ремонту та виключення з інвентарного парку, у справному стані в процесі переміщення, здавання та приймання, та підготовки в запас УЗ, і резерв управління залізниці, а також локомотивів, що перебувають у запасі УЗ і резерві управління залізниці. Парк локомотивів складають: справні локомотиви, ті що зайняті у всіх видах роботи, ті що знаходяться під технічними операціями, ті що очікують роботи, а також локомотиви, що перебувають у технічному обслуговуванні ТО-2 у межах норми простою.

Встановлений певний порядок переведення локомотивів з не експлуатованого парку в парк експлуатації та навпаки. Так, наприклад, для тепловозів й електровозів, що виходять із ремонту в депо приписки, моментом переведення з не експлуатованого парку в парк експлуатації вважається час закінчення ремонту. Цей час відзначається майстром у книзі готовності локомотива.

Для локомотивів, що підлягають ремонту в депо приписки, моментом перерахування тепловозів з експлуатованого парку в не експлуатований вважається час закінчення здачі локомотива бригадою. Цей час відзначається в настільному журналі чергового по депо. Для локомотивів, що підлягають ремонту на заводах або в інших депо, при відправленні їх у діючому (робочому) стані моментом перерахування з експлуатованого парку в не експлуатований вважається час заїзду на заводські колії або час проходу контрольного поста ремонтного депо; для локомотивів, що підлягають ремонту на заводах або в інших депо, при відправленні їх у недіючому стані – час закінчення здачі їх бригадою після останньої роботи; для локомотивів, що відставляють у запас УЗ і резерв управління залізниці, – час від початку підготовки їх для постановки в запас УЗ або резерв управління залізниці.

Інструкцією з обліку локомотивів забороняється переведення локомотивів з одного виду ремонту в інший, або із групи, що очікують конкретний виду ремонту в групу, яка очікує інший вид ремонту.

Час обкатування та пробної поїздки локомотива, що випускається з ремонту, не вважається простоєм у ремонті. Ці локомотиво-години враховуються в парку експлуатації відповідного виду руху. Час обкатування вважається від моменту виходу локомотива на контрольний пост депо до проходу контрольного поста після обкатування.

1.6.1 Запас локомотивів Укрзалізниці і резерв управління залізниці.

Певна кількість електровозів [4, 5], тепловозів і МВРС завжди знаходиться в запасі УЗ і у резерві управління залізниці. Комплектування запасу УЗ і резерву залізниці новими локомотивами або з парку експлуатації депо, здійснюється відповідно за розпорядженням генерального директора УЗ чи заступника генерального директора УЗ і начальника залізниці. Включаються в роботу локомотиви запасу УЗ також тільки за розпорядженням генерального директора УЗ чи його заступника, а резерву залізниці – розпорядженням начальника залізниці.

Локомотиви запасу УЗ і резерву залізниці використовуються по необхідності для поповнення парку експлуатації депо (залізниці) при збільшенні розмірів руху та укомплектування локомотивами щойно побудованих залізниць. Для

утримування локомотивів запасу УЗ та їхнього обслуговування створюються спеціальні бази. Локомотиви резерву управління залізниці розподіляють по основним депо за вказівкою начальника залізниці і розміщують на спеціально відведених залізничних коліях.

Електровози, тепловози і МВРС, виділені для постановки в запас Укрзалізниці і резерв залізниці, повинні відповідати визначеним вимогам, основними з яких є технічна справність і швидка готовність до експлуатаційної роботи.

Так, наприклад, тепловоз, що відставляється в запас, повинен мати пробіг після капітального чи поточного ремонтів ПР-3 і ПР-2 не більш 60 тис. км і не менш ніж до першого технічного обслуговування ТО-3. Прокат бандажів колісних пар електровозів і тепловозів не повинен перевищувати 2 мм, а МВРС – 3 мм. Перед постановкою локомотивів у запас Укрзалізниці вони повинні бути захищені від корозії. Для цього в тепловозів усі внутрішні поверхні, що обмиваються водою, мастилом і дизельним паливом, підлягають консервації; консервації підлягають поверхні металевих виробів, у тому числі і з гальванічними і неорганічними покриттями. Як консервант застосовується дизельне масло з 10 % присадки АКОР-1, що наноситься на поверхні за допомогою пульверизатора чи пензля, і технічний вазелін. Акумуляторні батареї з локомотивів знімають і зберігають у закритому опалюваному приміщенні бази запасу. Антикорозійна обробка дизеля проводиться в закритому сухому і вентильованому приміщенні при температурі не нижче 10 °С.

Локомотиви запасу Укрзалізниці і резерву управління залізниці піддаються періодичним оглядам і контрольним перевіркам у відповідності із спеціальною інструкцією УЗ.

Після перебування тепловоза в запасі протягом одного року він підлягає розконсервації і відправленню в депо для експлуатаційної роботи. Продовження терміну перебування тепловоза в запасі можливе після пробігу не менш 7500 км у поїзній роботі або 15 діб позапоїзної роботи і наступної повторної консервації.

Локомотиви, що відставляються в резерв управління залізниці, можуть мати прокат бандажів колісних пар до 3 мм, а МВРС – до 4 мм.

Мінімальний термін перебування електровозів, а в літню пору тепловозів у резерві залізниці – 3 доби. У зимовий час тепловози відставляють у резерв залізниці на термін не менш 10 діб. На 3 доби локомотиви ставляться в резерв залізниці без консервації.

Резерв залізниці утворюється з локомотивів, що вивільняються в зв’язку з поліпшенням їхнього використання чи із скороченням розмірів перевезень.

1.6.2 Порядок передачі і пересилання локомотивів і моторвагонного рухомого складу із залізниці на залізницю, з одного депо в інше.

Внаслідок зміни розмірів перевезень [4,5] і умов роботи виникає необхідність у передислокації локомотивів і МВРС по залізницям і окремим депо. Передача локомотивів і МВРС на постійну або тимчасову роботу із залізниці на залізницю відбувається за розпорядженням УЗ, а в межах залізниці з депо в депо –

начальника залізниці. При передачі з однієї залізниці на іншу технічний стан локомотивів повинен задовольняти вимогам ПТЕ і нормам випуску з ПР-1, прокат бандажів допускається не більш 3 мм. Локомотиви і МВРС передають разом з технічною документацією, інструментом і інвентарем. Передача локомотивів на постійну роботу оформляється актом, підписаним начальником депо, що здає локомотив і приймальником депо (залізниці) що приймає локомотив.

Локомотиви, що надходять з локомотивобудівних заводів, та переміщаються з однієї залізниці на іншу, або в межах однієї залізниці, прямують до місця призначення одиночним порядком (резервом) або сплотками. Одиночні локомотиви, що направляються в ремонт, або з ремонту, які переміщуються в межах ділянки обертання, пересилаються, як правило, у діючому стані на чолі поїзда або резервом.

Перед відправленням з депо передані локомотиви піддають комісійному огляду. У сплотці може бути не більш 6 трьохсекційних, 10 двосекційних чи 20 односекційних локомотивів; не враховуючи ведучого. При цьому навантаження на погонний метр колії повинно бути не більш 79,5 кН. Сплотки супроводжуються провідниками, які досконало знають ПТЕ, та вміють користуватися гальмовими засобами. Швидкість руху (максимальна) сплоток у межах кожної залізниці встановлюється начальником залізниці.

1.6.3 Виключення локомотивів з інвентарного парку.

Електровози, тепловози, МВРС, технічно застарілі або ті що потребують відбудовного ремонту з витратами, що перевищують 60 % їх початкової вартості, підлягають виключенню з інвентарного парку, на що комісією з результатів огляду локомотива або МВРС складається акт, який підписується начальником залізниці і направляється в УЗ на затвердження начальнику Головного управління локомотивного господарства. Після затвердження акту рухомий склад виключають із інвентарного парку і здають у металобрухт, попередньо все придатне устаткування і деталі знімають для використання.

1.7 Споруди та пристрої локомотивного господарства, їх класифікація

До технічних засобів відносяться [4, 5] ремонтні, випробувальні, транспортні пристрої та екіпірувальні споруди. Пристрої для технічного обслуговування, поточного ремонту та екіпірування локомотивів концентруються в певних пунктах (станціях) залізничних напрямків та в комплексі з допоміжними спорудами (склади, службово-побутові приміщення, залізничні колії і т.і.) і приписаними локомотивами утворюють основні та оборотні локомотивні депо, пункти технічного обслуговування локомотивів та екіпірування. До споруд та пристроїв локомотивного господарства відносяться також бази запасу локомотивів, будинки відпочинку локомотивних бригад, що розташовані на станціях їхньої зміни та відпочинку. Весь комплекс пристроїв і споруд локомотивного господарства представлений схемою на рис. 1.4.

1.7.1 Основне локомотивне депо (ТЧ) – лінійне підприємство ЛГ з обов'язковим приписним парком локомотивів [4, 5]. Воно виконує установлені види технічного обслуговування і поточних ремонтів, екіпірування, здійснює експлуатацію локомотивів, комплектує і готує кадри локомотивних бригад і робітників інших професій. Головною задачею локомотивного депо є забезпечення заданого обсягу перевезень вантажів і пасажирів справними, підготовленими до роботи локомотивами.

Депо також здійснює ремонт механічного, випробувального та іншого устаткування, забезпечує поточне утримання виробничих і службово-побутових будівель.

По роду тягового обслуговування основні депо поділяються на пасажирські, вантажні і змішані. По призначенню і характеру роботи вони можуть бути експлуатаційні і ремонтно-експлуатаційні. Окремі локомотивні депо спеціалізуються тільки на ремонті, виконуючи ПР-3, а в деяких випадках і ПР-2 для потреб усієї залізниці.

У підпорядкуванні начальників основних депо знаходяться екіпірувальні пристрої, пункти зміни локомотивних бригад і ПТОЛ. Обсяг роботи депо і чисельність приписного парку локомотивів визначають бальність і групу депо, від чого залежать кількість і оплата праці апарату управління та інженерно-технічного персоналу. Установлено 4 групи депо: депо 1-ї групи мають понад 300 балів, 2-ої – 135–300 балів, 3-ої – 60–135 балів і 4-ої – до 60 балів. Шкала оцінювання бальності депо представлена в табл. 1.1.

1.7.2 Оборотне локомотивне депо призначене для технічного обслуговування, екіпірування і видачі локомотивів до поїздів зворотнього прямування, а також для організації зміни та відпочинку локомотивних бригад. Для обслуговування локомотивів у цих депо повинні бути відповідні технічні засоби, екіпірувальні пристрої, будинки відпочинку для бригад. До деяких оборотних депо приписуються маневрові і поїзні локомотиви, працюючі на станціях оборотних депо і прилягаючих ділянках.

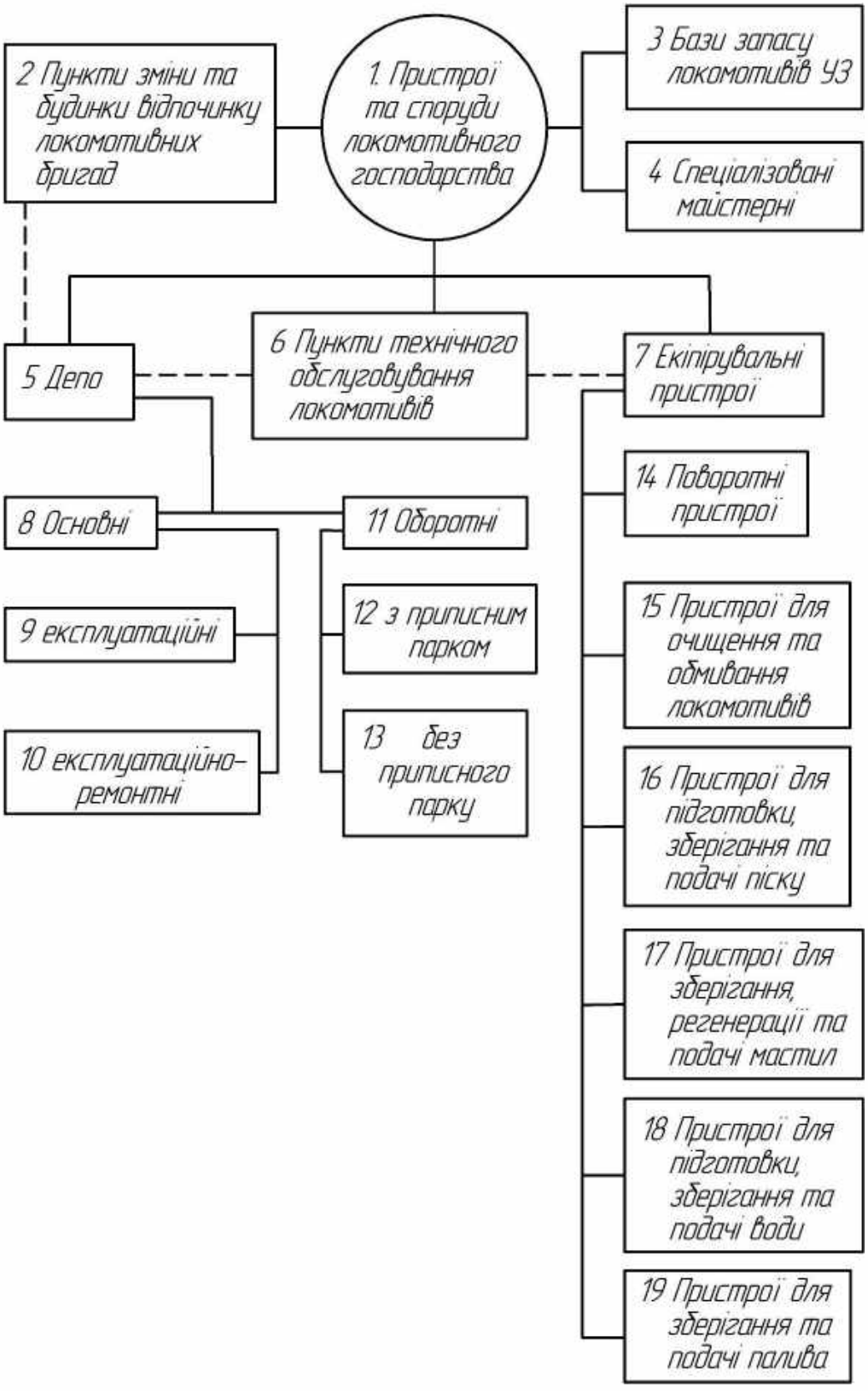

Рисунок 1.4 – Пристрої та споруди локомотивного господарства

Таблиця 1.1

Шкала оцінки бальності депо

Показник, що характеризує роботу депо	Одиниця виміру	Число балів за одиницю виміру		
		Електровози	Тепловози	Дизель-поїзди
Парк локомотивів, що експлуатуються	Електровозосекція чи моторвагонна (електросекція), тепловозосекція, дизель-поїзд	1,0	1,0	1,0
Ремонт (в середньому на місяць у річному обчисленні):	Електровозосекція чи моторвагонна (електросекція, тепловозосекція, дизель-поїзд)			
ПР-3		5,0	5,0	10,0
ПР-2		3,0	4,0	4,0
ПР-1		1,0	1,5	2,0
Загальний місячний пробіг (середній за рік) :				
електровозів,	10 000 локомотиво-км	1,0	1,0	—
тепловозів				
моторвагонних секцій (електросекцій)	10 000 секціє-км	5,0	—	—
дизель-потягів	10 000 поїздо-км	—	—	1,0
Технічне обслуговування:	Електровозосекція чи моторвагонна (електросекція), тепловозосекція, дизель-поїзд 100 електросекцій, 100 тепловозосекцій, 100 дизель-поїздів			
ТО-3		0,3	0,5	0,5
ТО-2		1,0	1,0	1,0

Оборотні депо в залежності від обсягу роботи поділяються на 3 групи. До першої відносяться депо, де обертається в середньому за добу понад 100 локомотивів, до другого – понад 50 і до третього – до 50.

1.7.3 Пункти технічного обслуговування локомотивів (ПТОЛ) створюються для проведення технічного обслуговування ТО-2 і екіпі-

рування локомотивів. За останні роки побудовано декілька типових пунктів полегшеної збірної конструкції, оснащених необхідним устаткуванням і екіпірувальними пристроями.

1.7.4 Пункти екіпірування локомотивів являють собою комплекс пристроїв для постачання локомотивів піском, паливом, мастильними та обтиральними матеріалами, водою, миття та очищення локомотивів і при необхідності повороту їх на 180°. Комплекс екіпірувальних пристроїв включає склади пального, піску, мастильних і інших матеріалів.

Склади пального для тепловозів по оплаті праці керівних і інженерно-технічних працівників підрозділяються на 3 групи.

До першої відносяться склади з добовою витратою дизельного палива понад 270 т, до другої – 130–270 т, до третьої – до 130 т. Пункти екіпірування в більшості випадків підпорядковані начальнику основного депо.

1.7.5 Спеціалізовані майстерні створюються для ремонту окремих агрегатів і вузлів локомотивів (електричних машин, колісних пар, секцій холодильників), верстатного устаткування майстерень депо і т.і. Спеціалізуються і майстерні окремих локомотивних депо, наприклад для виконання ПР-3 локомотивів визначених серій усієї залізниці або декількох залізниць. Однак на кожній залізниці повинні бути ремонтні виробничі потужності, що забезпечують повний обсяг поточних ремонтів усього приписного парку локомотивів. Спеціалізовані майстерні перебувають у підпорядкуванні служби локомотивного господарства.

1.7.6 Бази запасу локомотивів призначені для розміщення і технічного нагляду за локомотивами, що знаходяться в запасі УЗ. Вони мають відповідний колійний розвиток із двостороннім примиканням до станційних колій. У складських приміщеннях бази зберігається зняте з локомотивів устаткування, є майстерні для підзарядки акумуляторних батарей, освітлення і водопостачання. Група бази визначається в залежності від кількості поставлених у запас локомотивів: I група – понад 50 локомотивів, II – 30–50 і III – до 30 локомотивів. Бази запасу локомотивів перебувають у підпорядкуванні начальників залізниць і приписуються до визначених основних депо для технічного обслуговування і періодичного обкатування локомотивів (відповідно до положення про утримування локомотивів запасу).

Найбільш тісні виробничі зв'язки служб і відділів локомотивного господарства встановлені із службами відділів руху.

1.8 Розташування споруд та пристроїв локомотивного господарства на залізничних напрямках

1.8.1 Розташування основних і оборотних депо на залізничних напрямках визначає границі ділянок обертання локомотивів [4, 5] L_0 при обслуговуванні поїздів. Максимальна відстань між ними $L_{\max}$ не може бути більше припустимої за умовами забезпечення надійності локомотивів, тобто більшою ніж пробіг між технічними обслуговуваннями ТО-2 $L_{TO\text{-}2}$

$$L_{\max} \le L_{\text{ТО-2}} \le \alpha v_{\text{д}} \left(T_{\text{ТО-2}} - \sum t_{\text{о}} \right), \qquad (1.1)$$

де α – коефіцієнт, що характеризує розташування ПТОЛ;

$v_{\text{д}}$ – середня ділянкова швидкість, км/год;

$T_{\text{ТО-2}}$ – період між ТО-2 (24–92 год);

$\sum t_o$ – сумарний час перебування локомотива в пунктах обороту (депо), год.

При розташуванні ПТОЛ на обох граничних станціях ділянки обертання α = 1, при розташуванні тільки на одній з них $\alpha = 0{,}5$.

Для оптимального розташування депо повинні бути сформовані такі по довжині ділянки обертання локомотивів, при яких будуть забезпечені мінімальні річні приведені витрати на перевезення:

$$E_{\text{р}} = E + eK, \qquad (1.2)$$

де E, K – величини відповідно сумарних експлуатаційних витрат і загальних капіталовкладень на залізничному полігоні L, що залежать від розташування депо на цьому напрямку, грн.;

e – нормативний коефіцієнт окупності капіталовкладень.

У реальних умовах на розташування основних і оборотних депо впливають географічні, демографічні та експлуатаційні фактори, такі, як розміри, напрямки і транзитність вантажопотоків, зміна маси поїздів і видів тяги, розташування сортувальних станцій та ін.

1.8.2 Розташування пунктів технічного обслуговування локомотивів, як зазначено вище, здійснюється на кінцевих станціях ділянок обертання локомотивів разом з основним і оборотними депо. Можливе розташування ПТОЛ на станції, де депо відсутнє. В усіх випадках відстань між ПТОЛ $L_{\text{пто}}$ не повинно перевищувати величину $L_{\max}$, що визначається за формулою (1.1).

Доцільно ПТОЛ розташовувати на станціях відчеплення локомотивів від поїздів: на сортувальних станціях, де зароджується і погашається значна частина поїздопотоку, і на ділянкових станціях, що обмежує ділянки обертання, тобто в пунктах обороту локомотивів. Якщо довжина ділянки $L_0 < 0{,}5L_{\text{пто}}$, то ПТОЛ розташовують на одній із станцій, що обмежує ділянку обертання, якщо $L_0 > 0{,}5L_{\text{пто}}$, то на обох станціях.

1.8.3 Розташування пунктів екіпірування локомотивів визначається припустимим пробігом останніх між двома екіпіруваннями. Пристрої для постачання піском локомотивів і моторвагонного рухомого складу (МВРС) розташовують через $L^{\text{п}}_{\text{екп}}$, км,

$$L_{\text{екп}}^{\text{п}} = \frac{0,9E_{\text{п}} \cdot 10^6}{Q \cdot e_{\text{п}}}, \qquad (1.3)$$

де 0,9 – коефіцієнт, що враховує 10 %-ий страховий залишок піску в бункерах локомотива та МВРС;

$E_{\text{п}}$ – розрахункова місткість бункерів локомотива та МВРС, м^3;

Q – маса поїзда брутто, т;

$e_{\text{п}}$ – максимальна норма витрати піску на 1 млн т км брутто (з врахуванням найбільш несприятливих умов експлуатації), м^3.

Пристрої для постачання тепловозів і дизель-поїздів паливом розташовують через $L_{\text{екп}}^{\text{п}}$, км,

$$L_{\text{екп}}^{\text{п}} = \frac{0,9E_{\text{пл}} \cdot Э_{\text{пл}} \cdot 10^4}{Q \cdot e_{\text{пл}} \cdot k_{\text{пл}}}, \qquad (1.4)$$

де 0,9 – коефіцієнт, що враховує 10 %-ий страховий залишок палива в паливних баках;

$E_{\text{пл}}$ – місткість паливних баків тепловоза чи дизель-поїзда, кг;

$e_{\text{пл}}$ – норма витрати умовного палива на 10^4 т км брутто, кг;

$Э_{\text{пл}}$ – паливний еквівалент (1,43–1,45);

$k_{\text{пл}}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив температури зимового періоду на витрату палива.

Так як $e_{\text{п}}$ і $e_{\text{пл}}$ залежать від характеру профілю колії, маси складу та серії локомотива, то ці фактори визначають розташування пунктів екіпірування на залізничних напрямках.

Варто враховувати, що при проходженні електровоза в одному із напрямків може витрачатися не більше 50 % від загального запасу піску $E_{\text{п}}$.

Пристрої для постачання локомотивів і МВРС мастильними матеріалами, водою, обмивання та очищення екіпажної частини та кузова розташовують на станціях розташування ПТОЛ і в основних депо.

Якщо $L_0 \le L_{\text{екп}}$, то комплекс екіпірувальних пристроїв розміщують тільки в пунктах обороту: на станційних коліях, на території депо та на ПТОЛ. Якщо $L_0 > L_{\text{екп}}$, то екіпірувальні пристрої споруджуються на проміжних ділянкових станціях або вирішується питання про скорочення відстані між основним і оборотним депо L_0 до величини, рівної $L_{\text{екп}}$.

При кільцевому способі обслуговування поїздів екіпірувальні пристрої розташовують на коліях станційних парків прибуття та відправлення поїздів. В основному депо повинен бути комплекс екіпірувальних пристроїв для екіпірування локомотивів після ремонту.

Доцільність розташування екіпірувальних пристроїв визначається техніко-економічним розрахунком. Наприклад, визначається термін окупності τ додаткових капіталовкладень ΔK, пов'язаних із спорудженням екіпірувальних пристроїв на проміжних ділянкових станціях:

$$\tau = \Delta K / \left(E_1 - E_2 \right), \tag{1.5}$$

де E_1 *і* E_2 – річні експлуатаційні витрати, що відповідають варіантам організації експлуатації локомотивів. Термін окупності τ повинен бути не більш 5 – 7 років.

1.8.4 Пункти зміни локомотивних бригад і будинки відпочинку для них розташовують таким чином [5], щоб зміна бригад відбувалася через період, що не перевищує нормований час безперервної роботи $T_{бр}$ з урахуванням часу на приймання $t_{пр}$ та здавання $t_{зд}$ локомотива. Ділянка залізничної лінії, що обмежена двома суміжними пунктами зміни бригад, називається ділянкою обслуговування (роботи) бригадами. Довжина такої ділянки визначається в *км,*

$$l_{бр} = \beta v_д \left(T_{бр} - t_{пр} - t_{зд} \right), \tag{1.6}$$

де β – коефіцієнт, що характеризує організацію відпочинку локомотивних бригад;

$\beta = 0{,}5$ – відпочинок надається тільки на станції проживання бригади;

$\beta = 1$ – відпочинок надається на станціях проживання і зміни бригад.

В останньому випадку на станції зміни будуються спеціальні будинки для відпочинку бригад.

1.8.5 Спеціалізовані майстерні розташовують в залежності від мінімуму приведених витрат на ремонт агрегатів (локомотивів) з урахуванням вартості транспортування об'єктів що підлягають ремонтові.

Приведені витрати на ремонт

$$E_{пр} = c(M_р) + o(M_р) + T_т(L) + eK_д, \tag{1.7}$$

де $c(M_р)$ – собівартість ремонту об'єкта, яка залежить від ремонтної програми $M_р$;

$o(M_р)$ – питомі витрати, пов'язані з очікуванням ремонту, залежать від $M_р$;

$T_т(L)$ – питомі транспортні витрати на пересилку об'єктів у ремонт;

$K_д$ – питомі капіталовкладення в будівництво спеціалізованих майстерень.

Запитання для самоконтролю

1. *Структура управління локомотивним господарством.*
2. *Основні завдання локомотивного господарства.*
3. *Структура управління локомотивного депо.*
4. *Експлуатаційні характеристики локомотивів.*

5. *Перспективи розвитку локомотивного господарства.*
6. *Розподіл локомотивів за видами роботи.*
7. *Інвентарний парк депо.*
8. *Споруди та пристрої локомотивного господарства.*
9. *Умови розташування основного та оборотних депо.*

ДО ЗМІСТУ

РОЗДІЛ 2 ОРГАНІЗАЦІЯ ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ ЛОКОМОТИВІВ

2.1 Система ремонту

Проблема технічного обслуговування та ремонту виникає під час експлуатації будь-якого транспортного засобу. Технічне обслуговування або поточний ремонт (капітальний ремонт) – цілеспрямоване втручання в роботу транспортного засобу, яке направлене на отримання максимального ефекту від його експлуатації.

Головною задачею системи утримання транспортних засобів є постійний контроль і підтримка їх технічного стану та надійності на рівні, достатньому для виконання ними заданих функцій.

Види ремонту електровозів, тепловозів і моторвагонного рухомого складу відповідно до наказу УЗ №429-Ц (№093-ЦЗ) від 15.10.2016 р. установлені наступними [6]:

1.1 Технічне обслуговування ТО-1, ТО-2, ТО-3, поточний ремонт ПР-1 – для попередження появи несправностей ТРС в експлуатації, підтримання його в працездатному і належному санітарно-гігієнічному стані, забезпечення безпечної експлуатації, пожежної безпеки та безаварійної роботи, а також заданого рівня комфортності пасажирських перевезень, що здійснюються дизель- та електропоїздами.

1.2 Технічне обслуговування ТО-4 – для обточування бандажів колісних пар (без викочування їх з-під локомотиву або моторвагонного рухомого складу) з метою підтримання оптимальної величини прокату та товщини гребенів. Дозволяється об'єднувати обточування бандажів, плазмове загартування гребенів колісних пар і діагностування ТРС з виконанням технічного обслуговування ТО-2, ТО-3 та поточних ремонтів ПР-1, ПР-2.

1.3 Технічне обслуговування ТО-5.

ТО-5а – підготовка (консервація) ТРС для постановки в запас Укрзалізниці та резерв залізниці (далі – РУЗ);

ТО-5б – підготовка (консервація) ТРС до відправлення в недіючому стані на капітальні ремонти на заводи або до інших депо, в поточний ремонт до інших депо своєї чи інших залізниць. Передачі на баланс інших депо або передислокації;

ТО-5в – підготовка (розконсервація) до експлуатації після побудування, ремонту на заводах або в інших депо після передислокації;

ТО-5г – підготовка (розконсервація) до експлуатації перед видачею локомотивів із запасу Укрзалізниці або РУЗ.

ТО-5 враховується згідно з нормативами трудомісткості та тривалості, що затверджені залізницею окремо за видами призначення ТО-5 і типах ТРС.

1.4 Технічне обслуговування ТО-6 – виконання регламентних робіт з продовження терміну служби несучих конструкцій. Дозволяється об’єднувати

ТО-6 з проведенням виконання технічного обслуговування ТО-3 та поточних ремонтів ПР-1, ПР-2, ПР-3.

1.5 Поточний ремонт ПР-2 та ПР-3 – для забезпечення справності ТРС, відновлення основних експлуатаційних характеристик та забезпечення їх стабільності в міжремонтний період виконанням ревізії, ремонту, заміни груп деталей, вузлів та агрегатів, регулювання та випробувань, а також часткової модернізації.

1.6 Капітальний ремонт КР-1 – для відновлення паспортних характеристик, часткового відновлення ресурсу заміною та ремонтом зношених несправних агрегатів ТРС, вузлів, деталей та їх модернізацією.

1.7 Капітальний ремонт КР-2 – для відновлення справності та повного ресурсу ТРС, його паспортних характеристик, модернізації агрегатів, вузлів та деталей, повної заміни кабельно-провідникової продукції та обладнання, що відпрацювало свій ресурс на нову.

1.8 Капітальний ремонт з продовженням ресурсу (КРП) – для відновлення експлуатаційних характеристик, справності та повного ресурсу на період продовження строку служби понад встановленого після побудови, а також модернізації усіх агрегатів, вузлів і деталей, включаючи базові, повної заміни кабельно-провідникової продукції та обладнання з виробленим моторесурсом відповідно до технічних умов.

Під час виконання тяговому рухомому складу КРП, якому виконувався останній ремонт КР-2, заміну проводів та кабелів здійснювати в обсязі КР-1.

Технічні обслуговування ТО-3, ТО-4, ТО-5, ТО-6 та поточні ремонти ПР-1, ПР-2, ПР-3 виконуються в основних локомотивних депо; КР-2, КР-1 – на локомотиворемонтних заводах за рахунок амортизаційних відрахувань, призначених для капітального ремонту.

На УЗ показником міжремонтного інтервалу поїзних локомотивів прийнятий пробіг, а для маневрових, вивізних, передатних – календарний час. Установлені наказом №093-ЦЗ (№429-Ц) середні по мережі залізниць норми пробігу та строки роботи між ремонтами наведені в табл. 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1

Вид та серія електровоза	Нормативні міжремонтні періоди для електровозів						Примітка
	Техніч. обслуго-вування	Поточні ремонти			Капітальні ремонти		
	ТО-3 (тис.км)	ПР-1 (тис.км)	ПР-2 (тис.км)	ПР-3 (тис.км)	КР-1 (тис.км)	КР-2 (тис.км)	
1	2	3	4	5	6	7	8
Магістральні, в тому числі:							
- пасажирські							
ЧС2	12,5	25	150	300	600	1800	Експлуатація понад нормативного терміну служби
ЧС4	12,5	25	150	300	600	1800	
ЧС2	14	28	175	350	700	2100	Експлуатація в межах нормативного терміну служби або після виконання КРП
ЧС4	14	28	175	350	700	2100	
ЧС7	15	30	200	400	800	2400	
ЧС8	-	22	200	400	800	2400	
ВЛ60в/і	-	17	165	330	660	1980	
ДС3		75		900		2700	
ВЛ40	-	20	240	480	960	2600	
ВЛ60в/і	-	17	100	300	600	1800	Експлуатація понад подовжений нормативний термін служби
- вантажні							
ВЛ8	11	22	165	330	660	1980	
ВЛ10, ВЛ11, (м)	15	30	175	350	700	2100	
ВЛ11М5(6)		50	200	400	800	2400	
ВЛ80к, т	-	18	200	400	800	2400	Експлуатація понад нормативного терміну служби до виконання КРП
ВЛ80к, т, с	-	20	240	480	960	2600	В межах нормативного терміну служби або після виконання КРП
ВЛ82 в/і	-	18	240	480	960	2600	Після виконання КРП
ВЛ82 в/і	-	18	200	400	800	2400	Експлуатація понад нормативного терміну служби до виконання КРП
ДЕ1	15	30	200	400	800	2400	
2ЕС5К	–	50	250	600	–	3000	
2ЕЛ5	–	50	250	600	–	3000	
2ЕЛ4	–	50	250	600	_	3000	
маневрові, вивізні, гіркові (всіх серій)	—	45 діб	2 роки	4 роки	8 років	16 років	

На рис. 2.1 наведені цикли чергування ремонтів і технічного обслуговування для тепловозів серії 2ТЕ10 та тепловоза ЧМЕЗ всіх індексів.

Диференційовані норми пробігу між технічним обслуговуванням та ремонтами для залізниці або депо розраховують виходячи із середньомережових норм по затвердженій УЗ методиці залежно від показника використання потужності тепловоза.

Для рівномірного завантаження ремонтних дільниць начальникам депо дане право ставити окремі локомотиви та моторвагонний рухомий склад на:

- ТО-3, ПР-1, з відхиленням від установлених норм міжремонтних періодів у межах (-10 % +10 %);
- ПР-2, ПР-3 з відхиленням від встановлених норм міжремонтних пробігів у межах (-10 % +20 %);
- відправляти тяговий рухомий склад у КР-2 та КР-1 на заводи з відхиленням від встановлених міжремонтних періодів у межах (-10 % +25 %).

Ремонт електричних машин локомотивів здійснюється відповідно до Правил ремонту електричних машин локомотивів, затверджених наказом Міністерства транспорту України №53-Ц від 27.02.2003 р.

Таблиця 2.2

Вид та серія тепловоза	Нормативні міжремонтні періоди для тепловозів						Примітка
	Технічне обслуговування	Поточні ремонти			Капітальні ремонти		
	ТО-3 тис.км/ діб.	ПР-1 тис.км/ міс.	ПР-2 тис.км/ міс	ПР-3 тис.км/ міс	КР-1 тис.км/ рік	КР-2 тис.км/ рік	
1	2	3	4	5	6	7	8
Магістральні: вантажні та пасажирські							
2ТЕ10в/і	10/-	50/-	110/-	225/-	900/7	1800/13	Експлуатація понад нормативний термін служби
	11/-	55/-	120/-	250/-	990/7,5	1980/14	В межах нормативного терміну служби або після КРП
М62, 2М62	9/-	45/-	90/-	180/-	720/4,5	1440/9	Експлуатація понад нормативного терміну служби
	10/-	50/-	95/-	195/-	780/5	1560/10	В межах нормативного терміну служби або після КРП
	13/-	65/-	130/-	260/-	1040/6	2100/12	Після виконання глибокої комплексної модернізації новим силовим обладнанням

Продовження табл. 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8
2М62У	9/-	45/-	90/-	180/-	720/6,0	1440/12	Експлуатація понад нормативного терміну служби
	9/-	45/-	90/-	180/-	780/6,5	1560/13	В межах нормативного терміну служби або після КРП
	13/-	65/-	130/-	260/-	1040/8	2100/15	Після виконання глибокої комплексної модернізації новим силовим обладнанням
2ТЕ116	10/-	50/-	150/-	300/-	900/8	1800/14	Експлуатація понад нормативного терміну служби
	11/-	55/-	165/-	330/-	990/9	1980/15,5	В межах нормативного терміну служби або після КРП
ТЕП70	10/-	50/-	150/-	300/-	900/8	1800/14	Експлуатація понад нормативний термін служби
	11/-	55/-	165/-	330/-	990/9	1980/15,5	В межах нормативного терміну служби або після виконання КРП
ТЕП150	15/-	150	300	600	1250	2500/20	
Маневрові з електропередачею							
ЧМЕЗ в/і	-/36	-/8,5	-	-/30	-/8,5	-/17	Експлуатація понад нормативний термін служби
ЧМЕЗ в/і	-/45	-/8,5	-	-/30	-/8,5	-/17	В межах нормативного терміну служби або після виконання КРП

Продовження табл. 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8
ЧМЕ3 в/і	-/58	-/11	-	-/39	-/11	-/22	Після виконання глибокої комплексної модернізації новим силовим обладнанням
ЧМЕ2	-/15	-/4	-	-/16	-	-	-
ТУ2, ТУ7	-/15	-/2	-/8	-/16	-/5	-/10	-
ТЕМ103	600 год./ 15 діб	6250 год./ 15 міс.	_	18750 год./ 45 міс	75000 год./ 15 років	-	
ТЕМ 18	-/30	-/12	-/24	-/48	-/6	-12	
Маневрові з гідропередачею							
ТГМ23,За ТГК2	-/10	-/2	-/8	-/16	-/5	-/10	-

Простій тепловозів у всіх видах технічного обслуговування та поточних ремонтів встановлюється начальником залізниці відповідно до наказу №093-ЦЗ (№429-Ц) та згідно графіка технологічного процесу з урахуванням заданої норми відсотка несправних локомотивів для конкретного депо відповідно до наказу №093-ЦЗ (№429-Ц).

2.2 Агрегатний і крупноагрегатний методи

Основою сучасної системи ремонту локомотивів є агрегатний метод, при якому ремонт виконують шляхом заміни зношених агрегатів новими або заздалегідь відремонтованими та випробуваними. Найбільш суттєве скорочення простою тепловозів у ремонті дає заміна при ремонті дизель-генераторної установки (як змінного агрегату). Такий метод ремонту на відміну від агрегатного методу ще називають крупно агрегатним [5]. Необхідною умовою застосування агрегатного або крупно агрегатного методу ремонту є взаємозамінність агрегатів, вузлів і деталей локомотивів.

ДО ЗМІСТУ

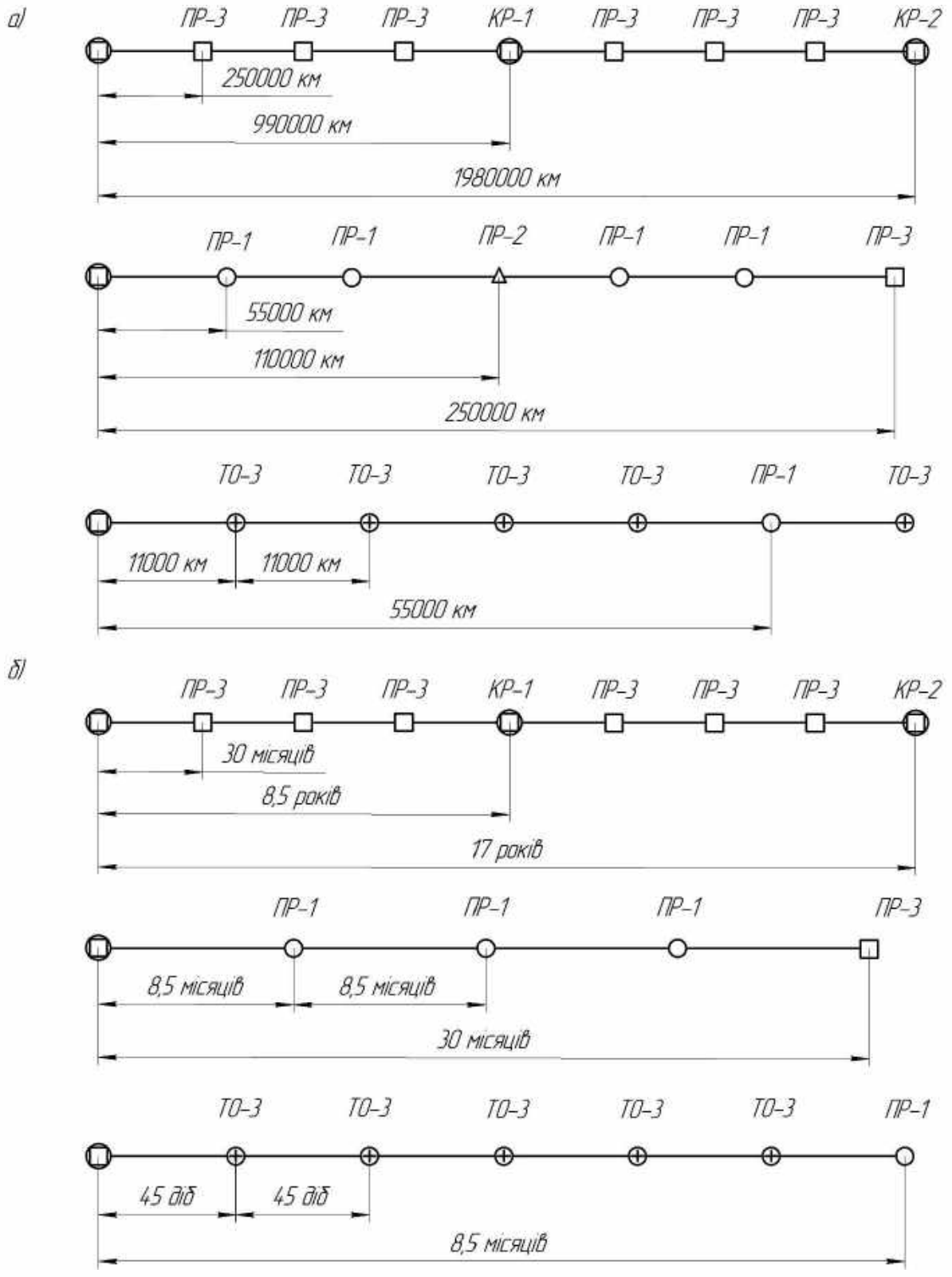

Рисунок 2.1 – Циклограма ремонтів та технічних обслуговувань локомотивів:

а) тепловоза 2ТЕ10 в/і; б) тепловоза ЧМЭ3 в/і.

Всі основні агрегати тепловоза (дизель-генератор, збудник, допоміжний генератор, тягові електродвигуни, допоміжні електричні машини, електричні

апарати та прилади, акумуляторні батареї, турбокомпресори, приводні нагнітачі, форсунки, паливні, масляні та водяні насоси, регулятори, візки, редуктори, секції холодильника, компресори, вентилятори) є взаємозамінними та можуть установлюватися на тепловоз, будучи заздалегідь відремонтованими, після зняття з іншого тепловоза тієї ж серії. Взаємозамінні вузли та деталі застосовуються при ремонті дизель-генераторів, електричних машин і апаратів, візків, редукторів, компресорів і інших агрегатів.

У локомотивних депо крупно агрегатний метод ремонту може бути застосований при ПР-3 і ПР-2.

Перелік агрегатів, вузлів і деталей, які повинні ремонтуватися агрегатним методом, визначають у результаті складання сіткових графіків і карт технологічного процесу, а також техніко-економічних розрахунків. У першу чергу агрегатним методом ремонтують ті агрегати, вузли та деталі, тривалість ремонту яких визначає простій тепловоза в ремонті.

Агрегатний метод приводить до значного підвищення продуктивності праці ремонтників і зниженню собівартості ремонту, поліпшенню якості робіт, техніки безпеки, культури праці та естетики виробництва, виключає непередбачені затримки, що можуть бути викликані різним обсягом робіт по відновленню окремих вузлів, що сприяє випуску тепловозів з ремонту точно за графіком.

При агрегатному методі ремонту створюється оборотний фонд вузлів і деталей $Ф_{об}$, тобто певна їхня кількість знаходиться у запасі, необхідна для виконання програми ремонту локомотивів. Створюють цей фонд за рахунок придбання нових агрегатів, вузлів, деталей та ремонту (дефектних), знятих, з локомотивів, тобто він складається з незнижуваного фонду змінних агрегатів $Ф_{тех}$ – так званого технологічного запасу, обумовленого вимогами технологічного процесу та програмою ремонту. Крім того, в оборотному фонді повинна бути незнижувана кількість запасних агрегатів (вузлів, деталей) $Ф_{ст}$ (страховий запас) для заміни при непланових (аварійних) ремонтах агрегатів, що вийшли з ладу, і для заміни агрегатів, що не підлягають відновленню або потребуючих для свого відновлення особливих умов і часу більше нормативного:

$$Ф_{об} = Ф_{тех} + Ф_{ст}. \qquad (2.1)$$

Технологічний запас змінних агрегатів (вузлів, деталей) даного найменування

$$Ф_{тех} = к_а \frac{t_3 - t_4}{T} M_{рем}, \qquad (2.2)$$

де $к_а$ – кількість однотипних агрегатів (вузлів, деталей) на локомотиві;

t_3 – тривалість ремонту агрегату (вузла, деталі) з урахуванням очікування та часу на транспортування;

t_4 – час, протягом якого може бути допущена відсутність даного агрегату (вузла, деталі) на локомотиві згідно, графіка технологічного процесу (час від закінчення демонтажу до початку монтажу);

T – розрахунковий період;

$M_{\text{рем}}$ – програма ремонту локомотивів за розрахунковий період.

Якщо $t_3 < t_4$, то для організації агрегатного методу ремонту даного агрегату (вузла, деталі) технологічного запасу не потрібно.

Страховий запас агрегатів (вузлів, деталей)

$$\Phi_{\text{ст}} = a\kappa_a M_{\text{рем}} \frac{t_3}{T}, \tag{2.3}$$

де a – коефіцієнт змінюваності агрегатів (вузлів, деталей), необхідних для непланових ремонтів, що не підлягають відновленню або потребуючих для ремонту збільшення часу.

Коефіцієнт змінюваності a визначається за статистичним даними про зміну тих або інших агрегатів (вузлів, деталей) за досить великий період

$$a = \frac{\sigma}{\kappa_a M_{\text{рем}}}, \tag{2.4}$$

де σ – число замінених однотипних агрегатів (вузлів, деталей) за розрахунковий період.

Коефіцієнт змінюваності затверджується ЦТ УЗ.

У депо часто виконується кілька різних видів ремонту локомотивів (наприклад, ПР-3 і ПР-2). При цьому агрегати (вузли, деталі), зняті при одному виді ремонту, можуть встановлюватися на локомотив, що перебуває в іншому виді ремонту. Тоді технологічний запас може бути визначений за формулою

$$\Phi_{\text{тех}} = \frac{\kappa_a}{T}\left[M_{\text{ПР-3}}(t_3' - t_4') + M_{\text{ПР-2}}(t_3'' - t_4'')\right].$$

Після перетворень одержимо

$$\Phi_{\text{тех}} = \frac{\kappa_a}{T}\left[M_{\text{ПР-3}}t_3' + M_{\text{ПР-2}}t_3'' - M_{\text{ПР-3}}t_4' - M_{\text{ПР-2}}t_4''\right], \tag{2.5}$$

де $M_{\text{ПР-3}}; M_{\text{ПР-2}}$ – програми ПР-3, ПР-2 за розрахунковий періоду T;

t_3'; t_3'' – тривалість ремонту агрегату (вузла, деталі) відповідно при ПР-3 і ПР-2;

t_4'; t_4'' – триваліть відсутності даного агрегату (вузла, деталі) на локомотиві відповідно до графіка технологічного процесу відповідно при ПР-3 і ПР-2.

Частина агрегатів як технологічного, так і страхового запасу може ремонтуватися в централізованому порядку (в іншому депо або майстернях). У цьому випадку час ремонту (з урахуванням часу на транспортування) може збільшуватися до $t_{3ц}'$ й $t_{3ц}''$. Тоді оборотний фонд

$$\Phi_{об} = \frac{к_a}{T}[(1+\alpha_{ПР\text{-}3})(1-в_{ПР\text{-}3})M_{ПР\text{-}3}t_3' + (1+\alpha_{ПР\text{-}2})(1-вП_{ПР\text{-}2})M_{ПР\text{-}2}t_3'' + (1+\alpha_{ПР\text{-}3})в_{ПР\text{-}3}M_{ПР\text{-}3}(t_{3ц}' - t_3') + (1+\alpha_{ПР\text{-}2})в_{ПР\text{-}2}(t_{3ц}'' - t_3'') - M_{ПР\text{-}3}t_4' - M_{ПР\text{-}2}t_4'', \quad (2.6)$$

де $в_{ПР\text{-}3}$; $в_{ПР\text{-}2}$ – коефіцієнти, що враховують кількість агрегатів, що направляються для централізованого ремонту відповідно при ПР-3 і ПР-2;

$a_{ПР\text{-}3}$; $a_{ПР\text{-}2}$ – коефіцієнти змінюваності агрегатів відповідно при ПР-3 і ПР-2.

При переході на агрегатний метод зростають основні засоби депо на утворення оборотного фонду агрегатів. Однак при цьому скорочується простій локомотивів у ремонті, підвищується його якість і заощаджуються кошти на ремонті та в експлуатації, збільшується пропускна здатність ремонтних стійл. Економічний ефект від застосування агрегатного методу зі збільшенням програми ремонту зростає. Це підтверджує ефективність концентрації ремонту.

2.3 Потоковий метод ремонту

Внаслідок високої ефективності потокові лінії отримали широке поширення в промисловості та успішно застосовуються в локомотивних депо. Для потокового виробництва характерна спеціалізація робочих місць, застосування спеціалізованого устаткування, комплексної механізації та автоматизації робіт. Це приводить до підвищення продуктивності праці, поліпшенню якості та зниженню собівартості ремонту [5].

Система робочих місць (позицій), розташованих у технологічній послідовності та призначених для виконання певних, закріплених за ними позицій, називається *потоковою лінією*.

У тепловозних депо застосовують потокові лінії ремонту тепловозів, дизелів, тягових генераторів і електродвигунів, електроапаратів, акумуляторних батарей, візків, деталей ресорного підвішування, колісних пар і інших вузлів.

При проектуванні або в процесі аналізу потокової лінії визначають такт (ритм) і темп роботи, число позицій, продуктивність і коефіцієнт використання.

ДО ЗМІСТУ

Такт потокової лінії є мірою ритмічності і являє собою інтервал часу між випуском один за одним об'єктів ремонту. Такт потокової лінії $R_{\text{п}}$ може, бути визначений як відношення робочого фонду часу $Ф_{\text{п}}$ потокової лінії за певний період до програми випуску продукції $M_{\text{рем}}$ за той же період:

$$R_{\text{п}} = \frac{Ф_{\text{п}}}{M_{\text{рем}}}, \tag{2.7}$$

Якщо за умовами виробництва протягом зміни є перерви, то при визначенні такту треба враховувати коефіцієнт використання робочого часу

$$\kappa_{\text{в}} = \frac{Ф_{\text{п}} - t_{\text{пер}}}{Ф_{\text{п}}}, \tag{2.8}$$

де $t_{\text{пер}}$ – тривалість перерви.

Для попередніх розрахунків коефіцієнт використання робочого часу $\kappa_{\text{в}}$ може бути прийнятий рівним 0,7–0,8.

Тоді

$$R_{\text{п}} = \frac{Ф_{\text{п}}}{M_{\text{рем}}}\kappa_{\text{в}} = \frac{Ф_{\text{п}} - t_{\text{пер}}}{M_{\text{рем}}} = R_{\text{п}}\kappa_{\text{в}}, \tag{2.9}$$

Фонд робочого часу потокової лінії

$$Ф_{n} = ДР_{\text{см}}a_{\text{см}}, \tag{2.10}$$

де $Д$ – число робочих днів у розрахунковому періоді;

$P_{\text{см}}$ – тривалість робочої зміни;

$a_{\text{см}}$ – число робочих змін за добу.

Продуктивність потокової лінії характеризується темпом $П_{\text{п}}$, тобто кількістю об'єктів ремонту, що випускаються ритмічно з потокової лінії в одиницю часу:

$$П_{\text{п}} = \frac{M_{\text{рем}}}{Ф_{\text{п}}}. \tag{2.11}$$

Таким чином, темп потокових ліній являє собою величину, зворотну такту:

$$П_{п} = \frac{1}{R_{п_1}}. \qquad (2.12)$$

Основним питанням, що виникає при проектуванні потокової лінії, є розподіл загального обсягу робіт між окремими позиціями. При цьому тривалість операцій на кожній позиції $t_{п}$ повинна наближатися до такту потоку ($t \approx R$) або до величини, кратної йому ($t \approx \kappa R_{п_1}$), де κ – коефіцієнт кратності. Таким чином, якщо тривалість операції на кожній позиції буде дорівнювати такту потоку, то кількість позицій повинна дорівнювати частці від розподілу загальної тривалості виробничого процесу на такт потоку:

$$A_{рп} = \frac{\sum` t_{р}}{R_{п}\kappa_{в}}, \qquad (2.13)$$

де $\sum` t_{р}$ – сумарний (повний) час на ремонт об'єкта.

Якщо ж на конкретній позиції $a_{рп}$ тривалість операції виявиться кратною такту потоку (або близькою до цієї величини), то кількість таких позицій повинна бути

$$A_{рп} = \frac{t_{п}}{R_{п}\kappa_{в}} = \frac{\kappa R_{п}\kappa_{в}}{R_{п}\kappa_{в}} = \kappa. \qquad (2.14)$$

У депо звичайно застосовують потокові лінії з регламентованим ритмом, у яких тривалість операції на кожній позиції дорівнює або кратна такту лінії.

Якщо не вдається забезпечити точної рівності тривалості операцій такту потоку (або кратності йому), то практикують маневрування робочою силою, коли частина робітників виконує операції на двох або декількох позиціях для того, щоб тривалість робіт на кожній позиції була однаковою.

Потокова лінія частіше організується з переміщенням ремонтованого агрегату по позиціях, за якими закріплені певні, ремонтні операції. Для організації потокового методу ремонту локомотива позиції повинні розміщатися на «наскрізній» колії цеху. Однак у тих випадках, коли переміщення об'єкта ремонту утруднене або неприпустиме з якихось причин, організується так званий «стаціонарний» (позиційний) потік, при якому об'єкт, що ремонтують залишається нерухомим на робочому місці, а спеціалізовані бригади, що виконують операції, переміщаються по позиціях відповідно до заданого такту (так, наприклад, здійснюється ремонт дизелів на дизельній дільниці).

ДО ЗМІСТУ

2.4 Механізація та автоматизація

Для піднімання та транспортування важких деталей (вузлів та агрегатів) у депо застосовують електрифіковані мостові крани, кран-балки, консольні крани, електроталі та електротельфери, пневматичні підйомники, різні домкрати, рольганги, електрокари, електронавантажувачі, електроштабелери, спеціалізовані візки та ін.

Під час ремонту великогабаритних агрегатів (дизелів, генератора, тягових електродвигунів, нагнітачів і ін.) використовують кантувачі [5]. Застосовують установки для механізованого обмивання кузова ходових частин, продувні камери – для обдування тягових електродвигунів і електроапаратури. Мийні машини механізують очищення майже всіх деталей локомотивів, включаючи рами візків і колісні пари, букси, роликові підшипники та ін. Досить перспективними для локомотивних депо є мийні машини високого тиску до $(15–20)\cdot10^5$ Па, при цьому виключається застосування хімічних миючих речовин.

Ряд деталей очищають на спеціальній установці кісточковою крихтою або у розчинах солей та ін.

У відділенні ремонту паливної апаратури встановлюють мийну машину для очищення прецизійних деталей. У відділенні з ремонту фільтрів застосовують установки для ультразвукового очищення, стенди для механізованого очищення повстяних паливних та пластинчато-щілинних і відцентрових масляних фільтрів.

Для механізації слюсарних, розбірно-складальних і ремонтних робіт, а також для контролю та випробування об’єктів після ремонту застосовують різний електричний і пневматичний інструмент, різноманітні стенди та пристрої. Широко використовують верстати для обточування колісних пар без викочування їх з-під локомотива. На дільницях і в ряді відділень створюються механізовані стійла та робочі місця, де механізуються всі технологічні операції.

Поряд із широкою механізацією в депо впроваджується автоматизація виробничих процесів: автоматично регулюється температура в печах для термічної обробки металів і сушіння ізоляції електричних машин, автоматизується заряд акумуляторних батарей за допомогою автоматичної зарядної станції, впроваджується автоматичне наплавлення підрізу гребенів бандажів колісних пар, застосовуються напівавтомати для продорожування колекторів електричних машин та ін.

Рівень механізації та автоматизації характеризується ступенем охоплення робітників механізованою працею, рівнем механізованої праці в загальних трудовитратах, рівнем механізації та автоматизації виробничих процесів.

2.5 Планування постановки локомотивів у ремонт

Програму ремонту локомотивів депо розраховують для кожної серії та окремо для пасажирських, вантажних і маневрових локомотивів. Для поїзних локомотивів річна програма ремонту може бути визначена за наступними формулами [5]:

ДО ЗМІСТУ

- капітальний ремонт КР-2

$$M_{\text{КР-2}} = \frac{\sum` MS_{\text{заг}}}{L_{\text{КР-2}}}; \qquad (2.15)$$

- капітальний ремонт КР-1

$$M_{\text{КР-1}} = \frac{\sum` MS_{\text{заг}}}{L_{\text{КР-1}}} - M_{\text{КР-2}}; \qquad (2.16)$$

- поточний ремонт ПР-3

$$M_{\text{ПР-3}} = \frac{\sum` MS_{\text{заг}}}{L_{\text{ПР-3}}} - (M_{\text{КР-2}} + M_{\text{КР-1}}); \qquad (2.17)$$

- поточний ремонт ПР-2

$$M_{\text{ПР-2}} = \frac{\sum` MS_{\text{заг}}}{L_{\text{ПР-2}}} - (M_{\text{КР-2}} + M_{\text{КР-1}} + M_{\text{ПР-3}}); \qquad (2.18)$$

- поточний ремонт ПР-1

$$M_{\text{ПР-1}} = \frac{\sum` MS_{\text{заг}}}{L_{\text{ПР-1}}} - (M_{\text{КР-2}} + M_{\text{КР-1}} + M_{\text{ПР-3}} + M_{\text{ПР-2}}); \qquad (2.19)$$

- технічне обслуговування

$$M_{\text{ТО-3}} = \frac{\sum` MS_{\text{заг}}}{L_{\text{ТО-3}}} - (M_{\text{КР-2}} + M_{\text{КР-2}} + M_{\text{ПР-3}} + M_{\text{ПР-2}} + M_{\text{ПР-1}}), \qquad (2.20)$$

У наведених формулах прийняті наступні позначення:

$L_{\text{КР-2}}$; $L_{\text{КР-1}}$; $L_{\text{ПР-3}}$; $L_{\text{ПР-2}}$; $L_{\text{ПР-1}}$; $L_{\text{ТО-3}}$ – норми пробігу між відповідними видами ремонту та ТО-3;

$\sum` MS_{\text{заг}}$ – річний пробіг локомотивів (по серіях і роду служби) у границях ділянок їхнього обігу.

Для маневрових, вивізних і передатних тепловозів міжремонтні інтервали виражаються календарним часом, тоді річна програма визначається за формулами:

- капітальний ремонт КР-2

$$M^{\text{м}}_{\text{КР-2}} = \frac{M^{\text{м}}_{\text{e}}}{T_{\text{КР-2}}}; \qquad (2.21)$$

- капітальний ремонт КР-1

$$M^{\text{м}}_{\text{КР-1}} = \frac{M^{\text{м}}_{\text{e}}}{T_{\text{КР-1}}} - \frac{M^{\text{м}}_{\text{e}}}{T_{\text{КР-2}}} = \frac{M^{\text{м}}_{\text{e}}}{T_{\text{КР-1}}}\left(1 - \frac{T_{\text{КР-1}}}{T_{\text{КР-2}}}\right); \qquad (2.22)$$

- поточний ремонт ПР-3

$$M^{\text{м}}_{\text{ПР-3}} = \frac{M^{\text{м}}_{\text{e}}}{T_{\text{ПР-3}}}\left(1 - \frac{T_{\text{ПР-3}}}{T_{\text{КР-1}}}\right); \qquad (2.23)$$

- поточний ремонт ПР-2

$$M^{\text{м}}_{\text{ПР-2}} = \frac{M^{\text{м}}_{\text{e}}}{T_{\text{ПР-2}}}\left(1 - \frac{T_{\text{ПР-2}}}{T_{\text{ПР-3}}}\right); \qquad (2.24)$$

- поточний ремонт ПР-1

$$M^{\text{м}}_{\text{ПР-1}} = 12\frac{M^{\text{м}}_{\text{e}}}{T_{\text{ПР-1}}}\left(1 - \frac{T_{\text{ПР-1}}}{12T_{\text{ПР-2}}}\right); \qquad (2.25)$$

- технічне обслуговування ТО-3

$$M^{\text{м}}_{\text{ТО-3}} = 365\frac{M^{\text{м}}_{\text{e}}}{T_{\text{ТО-3}}} - 12\frac{M^{\text{м}}_{\text{e}}}{T_{\text{ПР-1}}}, \qquad (2.26)$$

де $M^{\text{м}}_{\text{e}}$ – парк маневрових тепловозів, що знаходиться в експлуатації;

$T_{\text{КР-2}}; T_{\text{КР-1}}; T_{\text{ПР-3}}; T_{\text{ПР-2}}$ – періоди між КР-2; КР -1; ПР-3 і ПР-2, роки

$T_{\text{ПР-1}}$ – період між поточними ремонтами ПР-1, місяці;

$T_{\text{ТО-3}}$ – період між технічними обслуговуваннями ТО-3, доби.

Локомотиви ставлять у ремонт при виконанні ними встановленої норми міжремонтних пробігів або строків з врахуванням їхнього технічного стану. Плани ремонту складаються з таким розрахунком, щоб забезпечити рівномірне завантаження ремонтних бригад. У депо ведеться щодобовий облік пробігів від всіх видів ремонту та технічного обслуговування.

Графік постановки тепловозів на ПР-1 та ТО-3 складається за 10–15 діб до початку планованого місяця. Він доводиться до відома та для керівництва локомотивним диспетчерам, заступникам начальника та черговим по депо. За 15 діб розробляють також графік постановки тепловозів на ПР-3 і ПР-2, номера їх передають в управління залізниці. Цей план в управління залізниці коректують із урахуванням постановки в ремонт тепловозів, приписаних до інших залізниць, після затвердження начальником залізниці передають у депо (рис. 2.2). При ремонті тепловозів в інших депо туди доставляються необхідні дані про них.

Річні плани КР-2 та КР-1 і модернізації локомотивів складаються ЦТ УЗ за заявками, які висилаються залізницями не пізніше, ніж за шість місяців до початку планованого року. Ремонт і модернізація локомотивів відповідно до річного та квартального планів відбуваються на локомотиворемонтних заводах. Перед початком кварталу (не пізніше ніж за 20 днів) залізниця повідомляє заводу пономерний список локомотивів, а також строки їх постановки у ремонт і на модернізацію, передає попередні описи несправностей основних агрегатів і вузлів, перелік робіт з модернізації, повідомляє кількість агрегатів і вузлів для ремонту та модернізації тепловозів.

Розрив між строком подачі локомотива на завод і строком постановки його в ремонт не повинен перевищувати п’яти діб.

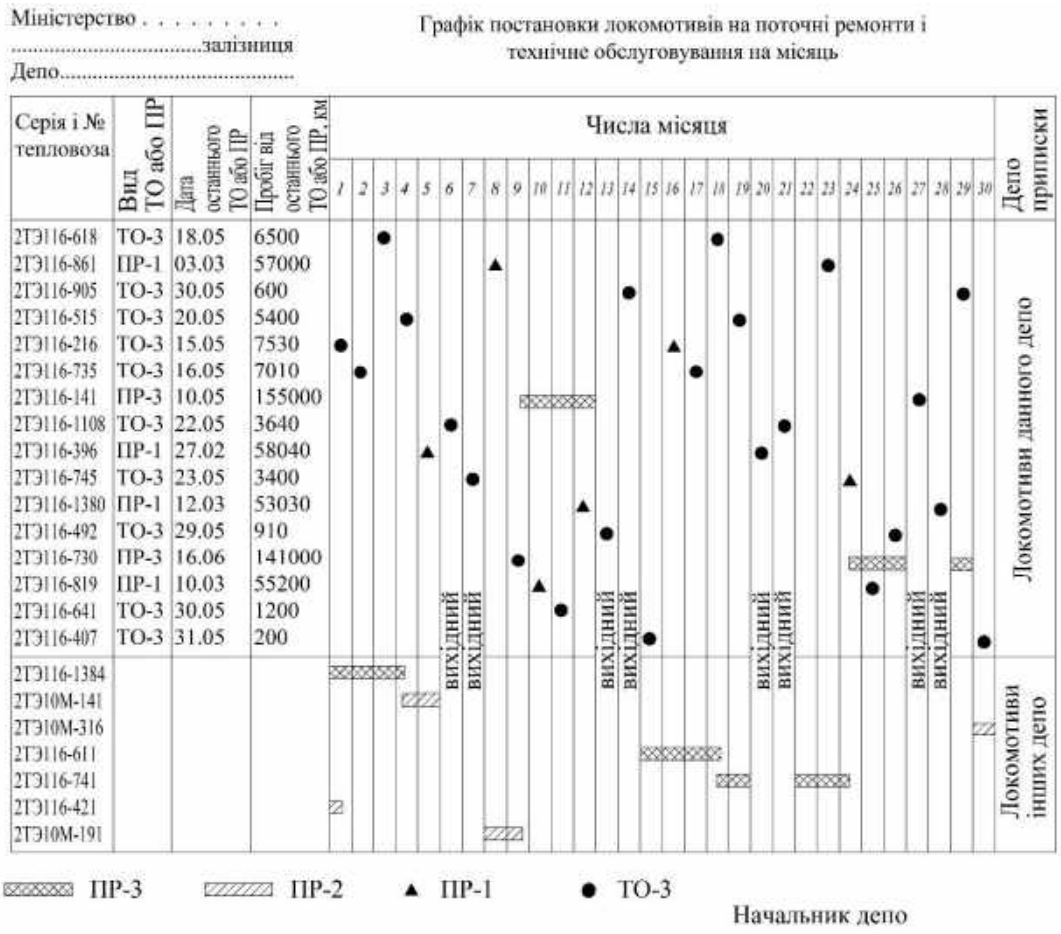

Рисунок 2.2 – Місячний план постановки тепловозів у ремонт і на технічне обслуговування.

ДО ЗМІСТУ

2.6 Визначення потреби робочої сили для технічного обслуговування та поточних ремонтів

Потребу в робочій силі, необхідній для виконання технічного обслуговування (ТО) та поточних ремонтів (ПР) тепловозів, розраховують відповідно до програми ремонту та витрат робочої сили на одиницю технічного обслуговування та поточного ремонту [7].

Кількість робітників (загальна або по видах робіт) може бути визначена за формулою

$$Ч_{яв} = \frac{\sum` T}{Ф_{роб}}, \qquad (2.27)$$

де $Ч_{яв}$ – явочний контингент робітників, осіб;

$\sum` T$ – трудомісткість технічного обслуговування та поточного ремонту протягом року (загальна або по видах робіт), люд·год;

$Ф_{роб}$ – річний фонд робочого часу (явочний) одного робітника, год.

Нормативи трудомісткості технічного обслуговування ТО-3 і поточних ремонтів тепловозів, наведені в табл. 2.3, отримані в результаті аналізу фактичної трудомісткості ремонту тепловозів у депо мережі залізниць.

Таблиця 2.3

Нормативи трудомісткості технічного обслуговування ТО-3 і поточного ремонту тепловозів

Вид ТО та ПР	Нормативи трудомісткості, люд-год, для тепловозів			
	2ТЕ116*	ТЕП60	2ТЕ10В*	ЧМЕ3
ТО-3	110 - 125	100 - 125	100 - 120	65 - 75
ПР-1	265 - 305	260 - 300	250 - 300	160 - 180
ПР-2	1900 - 2300	1800 - 2000	1400 - 1600	700 - 900
ПР-3	3600 - 3800	3400 - 3600	2900 - 3100	1700 - 1900

* Нормативи зазначені для однієї секції

Річний фонд явочного часу $Ф_{яв}$ одного робітника приймається рівним добутку кількості робочих днів у році $Д_р$ на номінальну тривалість робочого дня $Р_н$:

$$Ф_{яв} = Д_р Р_н. \qquad (2.28)$$

Обліковий фонд робочого часу одного робітника

$$\Phi_{\text{сп}} = \Phi_{\text{яв}}(1 - K_{\text{з}}), \qquad (2.29)$$

де $K_{\text{з}}$ – коефіцієнт заміщення працівників на період відпустки, хвороби, виконання державних і громадських обов'язків.

Коефіцієнт заміщення визначають як відношення сумарного числа робочих днів відпустки, невиходів на роботу пов'язаних із хворобою, та у зв'язку з виконанням державних, громадських і інших обов'язків до числа робочих днів у році. Для попередніх розрахунків цей коефіцієнт можна прийняти, як таким що дорівнює 0,10 – 0,12.

Витрати робочої сили на виконання господарських робіт, а також робіт з ремонту деповського устаткування та інструменту для тепловозних депо до 16,5 % від витрат робочої сили на виробничі потреби. Потреба в управлінському апараті та оперативно-виробничому персоналі становить приблизно 10–12 % від штату виробничих робітників.

При розрахунках оптимальної чисельності ремонтного персоналу депо в масштабі залізниці або для всієї мережі залізниць можна використовувати методи, що випливають із теорії масового обслуговування.

При розрахунках робочої сили по спеціальностях варто користуватися нормативами трудомісткості технічного обслуговування ТО-3 та поточного ремонту по кожній групі ремонтних робіт (по серіях тепловозів). У табл. 2.4 наведені усереднені норми (люд-год) для тепловозів серії 2ТЕ10М.

Процентні співвідношення участі в ремонті різних спеціальностей можуть використовуватися при розрахунках робочої сили для ремонту інших серій тепловозів.

ДО ЗМІСТУ

Таблиця 2.4

Нормативи трудомісткості технічного обслуговування ТО-3 і поточних ремонтів тепловозів 2ТЕ10М (середні дані для однієї секції)

Найменування ремонтних робіт	Вид ремонту							
	ТО-3		ПР-1		ПР-2*		ПР-3	
	люд-год	%	люд-год	%	люд-год	%	люд-год	%
Слюсарні роботи з ремонту:								
екіпажної частини	13	16,25	24	11,3	76	6,8	85	4,0
електричного устаткування	10	12,50	14	6,5	80	7,2	93	4,4
дизеля та допоміжного устаткування	20	25,0	59	27,4	348	31,5	561	26,8
Слюсарні роботи в спеціалізованих і заготівельних відділеннях з ремонту:								
дизеля та допоміжного устаткування	4	5,0	14	6,5	144	13,2	242	11,6
паливної апаратури	8	10,0	14	6,5	100	9,5	105	5,0
екіпажної частини	1	1,25	5	2,4	20	1,8	100	4,8
електричних машин	1	1,25	5	2,4	40	3,6	310	14,7
електричної апаратури	2	2,5	9	4,2	25	2,2	80	3,8
колісних пар і роликових підшипників	1	1,25	4	1,9	5	0,4	45	2,1
акумуляторних батарей	2	2,5	4	1,9	30	2,7	37	1,8
гальмового та пневматичного устаткування	4	5,0	24	11,3	60	5,5	84	3,9
швидкостемірів і вимірювальних приладів	2	2,5	6	2,8	20	1,9	22	1,0
автоматичної локомотивної сигналізації, автостопів і поїзного радіозв'язку	1	1,25	4	1,9	9	0,9	18	0,9
Допоміжні ремонтні роботи:								
Електрогазозварювальні	1	1,25	2	1,0	22	2,0	38	1,8
ковальські, мідницькі та гальванічні	1	1,25	2	1,0	11	1,0	22	1,0
столярні, слюсарні	1	1,25	2	1,0	7	0,6	18	0,9
малярські	1	1,25	2	1,0	3	0,3	35	1,7
верстатні	1	1,25	2	1,0	35	3,1	85	4,0
Підсобні роботи:	6	7,50	19	8,9	65	5,8	120	5,8
обтиральні й такелажні								
Усього на одиницю ремонту	80	100	215	100	1100	100	2100	100

2.7 Визначення необхідної кількості обладнання для виконання поточних ремонтів

Кількість основного устаткування депо, у залежності, від фронту ремонту тепловозів приймається відповідно до табеля встаткування розробленого ЦТ УЗ на основі досвіду експлуатації. Необхідність в окремих типах устаткування варто перевіряти для випадків, коли є суттєві відмінності від типових проектів, а також при складанні нових типових проектів. До такого устаткування можна віднести металорізальні верстати, зварювальні агрегати та інші найбільш завантажені стенди [7].

Необхідна кількості устаткування кожного типу може бути визначена за наступною формулою

$$A = \frac{\alpha_{\text{ПР-3}} M_{\text{ПР-3}} + \alpha_{\text{ПР-2}} M_{\text{ПР-2}} + \alpha_{\text{ТР-1}} M_{\text{ТР-1}} + \alpha_{\text{ТО-3}} M_{\text{ТО-3}}}{\beta \Phi} \left(1 + \alpha_{\text{гос}}\right), \quad (2.30)$$

де $\alpha_{\text{ПР-3}}$; $\alpha_{\text{ПР-2}}$; $\alpha_{\text{ПР-1}}$; $\alpha_{\text{ТО-3}}$ – норми витрат станко-агрегато-год на один поточний ремонт або технічне обслуговування;

$M_{\text{ПР-3}}$; $M_{\text{ПР-2}}$; $M_{\text{ПР-1}}$; $M_{\text{ТО-3}}$ – річні програми ремонту та технічного обслуговування;

$\alpha_{\text{гос}}$ – коефіцієнт, що враховує витрати станко-агрегато-год на господарські роботи в депо стосовно витрат на ремонт локомотивів (для верстатного устаткування $\alpha_{\text{гос}} = 0,05 - 0,20$);

β – коефіцієнт, що враховує витрату часу на ремонт верстатного устаткування, що може бути прийнятий рівним 0,94–0,97;

Φ – річний фонд часу роботи устаткування.

Витрати *станко-агрегато-год* на виконання окремих видів ремонту приймаються за даними передових депо або визначаються хронометражними спостереженнями.

Кількість допоміжного устаткування (слюсарних верстатів, шаф для інструментів і ін.) приймається відповідно до числа працюючих слюсарів.

2.8 Організація роботи та основне технологічне обладнання для виконання ТО та ПР

2.8.1 Загальні питання організації роботи ремонтних ділянок.

При спеціалізації в депо звичайно організуються наступні ремонтні ділянки: у депо з поточним ремонтом ПР-3 – ділянка поточного ремонту ПР-3; у депо з поточним ремонтом ПР-2 – ділянка поточного ремонту ПР-2; в експлуатаційних депо – загальна ділянка поточного ремонту ПР-1 і технічного обслуговування

ДО ЗМІСТУ

ТО-3. Якщо в депо виконуються як ПР-3 так і ПР-2, то для них залежно від програми організуються або одна загальна або окремі ремонтні ділянки [7].

Тепловоз подається в ремонт за кілька годин до початку зміни. Перед постановкою на ремонтне стійло майстри та бригадири оглядають тепловоз із метою визначення стану всіх його агрегатів і виявлення необхідного обсягу ремонтних робіт понад передбачених графіком з урахуванням записів у Журналі технічного стану локомотива. Справність дизеля, тягового генератора, привода вентилятора та інших агрегатів перевіряють також і при працюючих дизелях. Перед постановкою в ремонт стан дизеля визначається за результатами попереднього спектрального аналізу дизельного масла. Для прогнозування технічного стану вузлів тепловоза перед постановкою його в ремонт застосовують діагностуючі установки. Ці установки дозволяють проводити тепловий контроль дизеля, знімати його зовнішні параметри, оцінювати, технічний стан паливної апаратури, тягових електродвигунів, допоміжних машин, електричних кіл і т.п.

У процесі підготовки тепловоза до ремонту зливають паливо, масло й воду, виконують пропарювання головних повітряних резервуарів, паливних баків, обмивку кузова й екіпажної частини, всі агрегати ретельно очищають від бруду та пилу, електричні машини продувають стисненим повітрям.

У будівлю і з будівлі тепловози подають при непрацюючих дизелях іншим тепловозом або шляхом підключення тягових електродвигунів до спеціальної установки постійного струму. При постановці тепловоза в будівлю у зимовий період, ізоляцію тягових електродвигунів сушать пересувними електрокалориферами.

Робочим місцем ремонтних бригад є ремонтні стійла, які на ділянках ТО-3, ПР-1, ПР-2, ПР-3 мають оглядові канави. Якщо немає на ділянці високих платформ, то влаштовують металеві площадки зі сходами для ремонту секцій холодильників і для входу на тепловоз. Кожне стійло обладнане водопроводом, каналізацією, а також трубопроводом стисненого повітря для користування пневматичним інструментом і обпресування повітропроводів тепловоза. До стійл підведена електропроводка зі штепсельними розетками силової мережі для роботи електричним інструментом і мережі низької напруги – для освітлення. У стійлах ПР-3 і ПР-2 розміщають колонки для зливу забрудненого та набору чистого масла, колонки для зливу з тепловоза охолоджувальної води та заливання її в систему охолодження, а також колонки для подачі палива на тепловоз.

Для огляду та ремонту тепловозів на ділянках є різні стенди, прилади й пристрої, підйомно-транспортне та слюсарне устаткування. Для зварювальних робіт на ділянках установлені виносні пости із дротами від зварювальних агрегатів. Для заряду акумуляторних батарей без їхнього зняття з тепловоза до стійл підведена силова мережа й обладнана спеціальна вентиляція для відсмоктування газів, що утворяться під час заряду, через бічні жалюзі тепловоза.

Слюсарі ремонтних бригад забезпечені набором особистого інструменту; крім того, є загальнобригадний інструмент, пристрої, контрольно-вимірювальні прилади тощо.

2.8.2 Організація спеціалізованих і комплексних бригад з ремонту тепловозів у депо. На ділянках з ремонту тепловозів працюють бригади слюсарів, обов'язком яких при агрегатному методі ремонту є: демонтаж агрегатів і вузлів з тепловоза; передача їх для ремонту на агрегатно-заготівельну ділянку; монтаж на тепловозі відремонтованих або нових агрегатів і вузлів; ремонт, змащення й контроль устаткування, що знімається не з тепловоза. При цьому роботи з ремонту, заготовці та випробуванню агрегатів і вузлів, що демонтуються, сконцентровані у відповідних відділеннях заготівельної ділянки [7].

При впровадженні потокового методу ремонту в депо створюються так звані позиційні ремонтні бригади, закріплені за ремонтними позиціями (рис. 2.3) потокової ремонтної лінії.

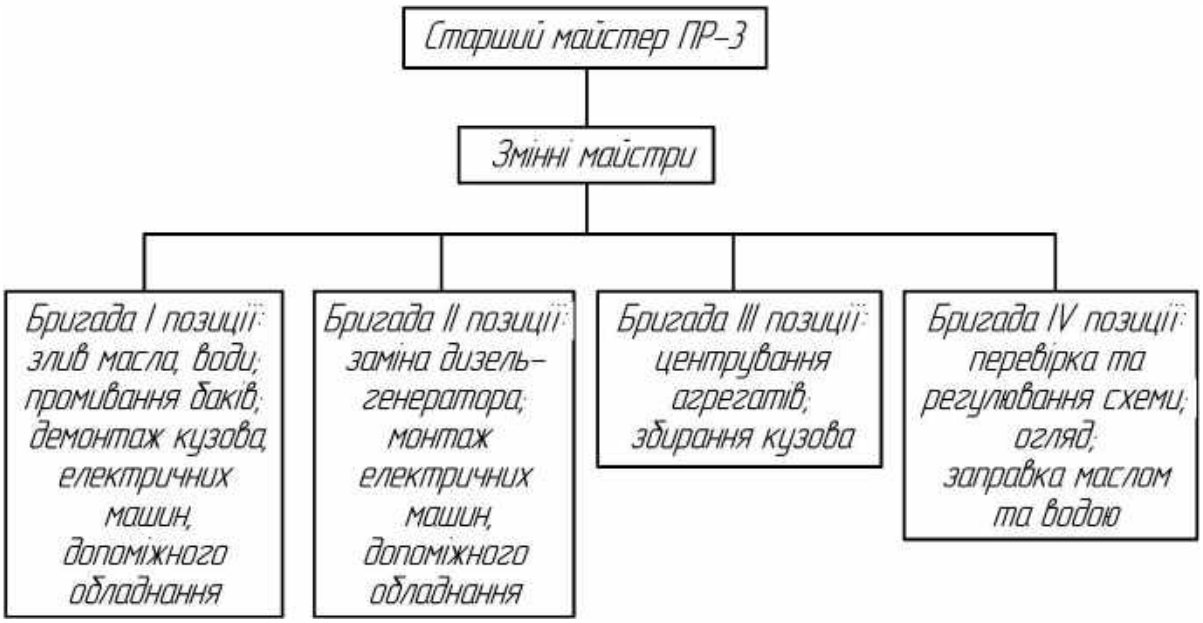

Рисунок 2.3 – Організаційна структура позиційних ремонтних бригад ділянки ПР-3 (зі спеціалізацією по позиціях потокової лінії).

При стаціонарному методі ремонту можуть організовуватися спеціалізовані по вузлах тепловоза ремонтні бригади: дизелістів, електриків, екіпажників і з ремонту допоміжних агрегатів з виконанням ремонтних робіт зі своїх вузлів широким фронтом на всіх тепловозах, що одночасно перебувають у ремонті. Вузька спеціалізація слюсарів дозволяє підвищити їхні професійні навички й відповідальність за якість роботи.

У ряді депо працюють комплексні бригади, у кожну з яких входять слюсарі з ремонту більшості агрегатів і вузлів (рис. 2.4). Кількість комплексних бригад визначається фронтом ремонту, чисельний склад їх може розбиватися по змінах. Практикується організація ПР-3 і ПР-2 позиційними або спеціалізованими бригадами, а ПР-1 і ТО-3 - комплексними.

На додаток до цих бригад у депо внаслідок специфічності та особистої відповідальності за окремі ремонтні роботи організуються спеціалізовані бригади

агрегатно-заготівельної ділянки, які поряд з ремонтом, заготовкою та випробуванням вузлів і деталей на своїй ділянці (відділенні) ведуть складально-розбірні роботи на всіх тепловозів, що ремонтуються.

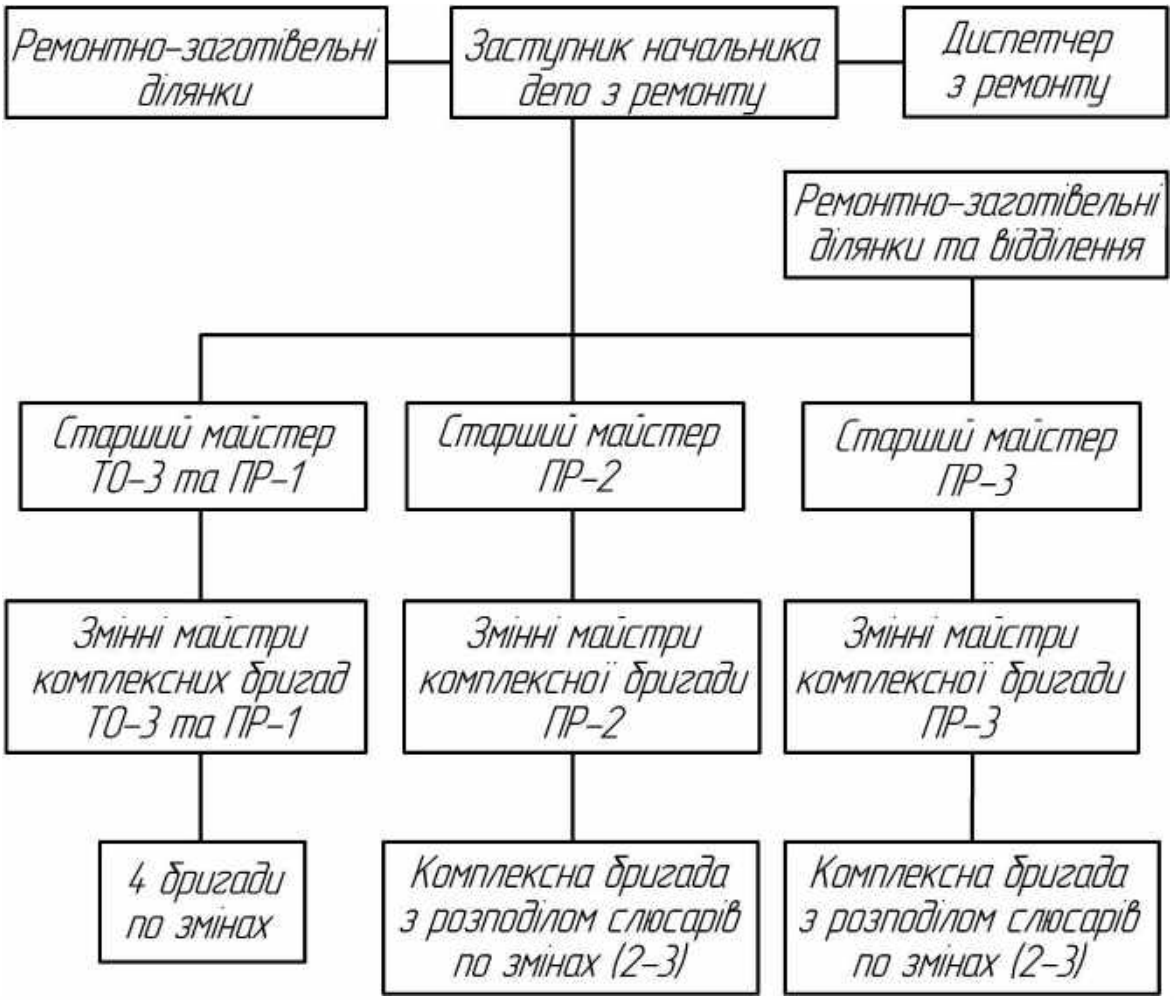

Рисунок 2.4 – Організаційна структура комплексних бригад ремонтно-експлуатаційного тепловозного депо при стаціонарному методі ремонту.

Ремонт і огляд тягових електродвигунів також виконується спеціалізованими групами слюсарів, які підпорядковуються майстрові (бригадирові) електромашинної ділянки (відділення). Чисельний склад бригад установлюється відповідно до графіків технологічних процесів, розроблених стосовно до умов роботи даного депо. Кожну із бригад очолює майстер, що відповідає за своєчасне та високоякісне виконання ремонтних робіт. Якщо на ділянці працює кілька бригад, призначається старший майстер, що планує роботу та здійснює підготовку виробництва.

2.8.3 Ділянка поточного ремонту ПР-3. Основними роботами, які характеризують ПР-3, є: перебирання дизеля зі зняттям (або без зняття) його з тепловоза, ремонт візків з викочуванням і повним розбиранням, огляд колісних

пар з обточуванням бандажів, ремонт тягових електродвигунів, тягового генератора, збудника та допоміжного генератора, а також допоміжних електромашин [5].

Схеми планування депо з потоковими лініями ПР-3 на програму ремонту 300 і 600 секцій за рік представлені на рис. 2.5 і 2.6, а графік технологічного процесу ПР-3 тепловоза 2ТЕ10М по позиціях потокової лінії – на рис. 2.7. У будівлі розглянутої ділянки ПР-3 довжиною 108 м розміщені 3 ремонтні позиції.

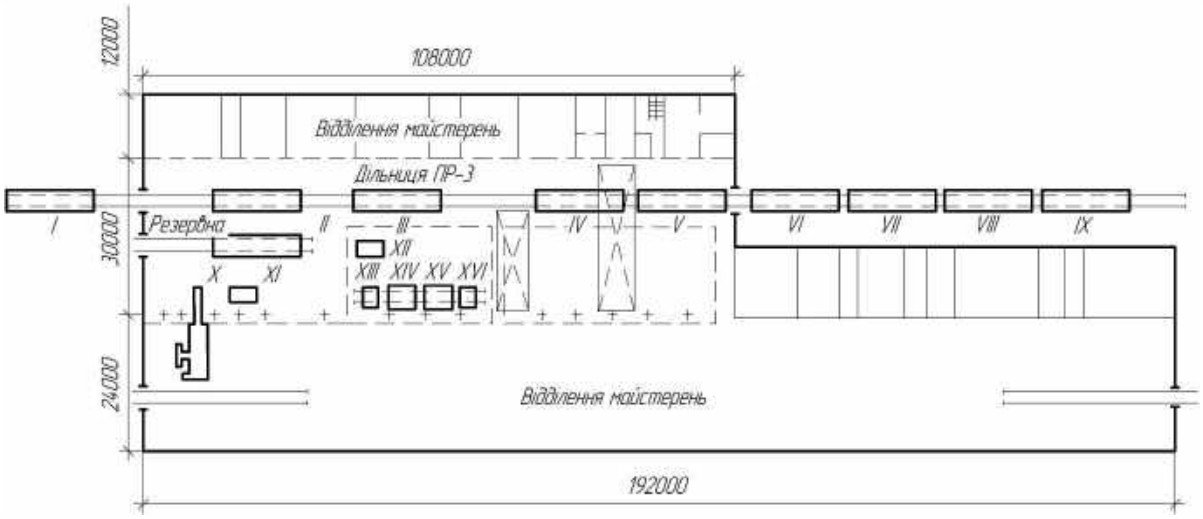

Рисунок 2.5 – Схема позицій потокової лінії при ПР-3 тепловозів 2ТЕ10М із програмою 300 секцій за рік:

I – обмивання тепловоза, його розчеплення, обдування, огляд, виміри (обмивальна позиція); II – злив палива, масла, води, промивання баків, зміна візків, зняття кузова, демонтаж агрегатів, підготовка до демонтажу дизель-генератора (ділянка ПР-3); III – зміна дизель-генератора, установка агрегатів (ділянка ПР-3); IV – центрування агрегатів, складання кузова, ремонт апаратури, перевірка схеми (ділянка ПР-3); V – перевірка схеми, огляд перед запуском, заправлення паливом, маслом і водою (ділянка ПР-3); VI – запуск і усунення несправностей (відкрита позиція); VII – реостатні випробування; VIII – обробка після реостатних випробувань, здача приймальникові локомотивів (вирівнювальна позиція); IX – фарбування (фарбувальна позиція). Стійла робочих місць I,VI, VII,VIII,IX – розташовані на тяговій території депо; на схемі вони умовно показані поруч із будівлею. Позиції ремонту візків: X – мийна машина; XI – розбірна площадка; XII – складальна площадка для візка; XIII – місце дефектування; XIV – ремонт рами; XV – камера фарбування та сушіння рами; XVI – місце для складання рами.

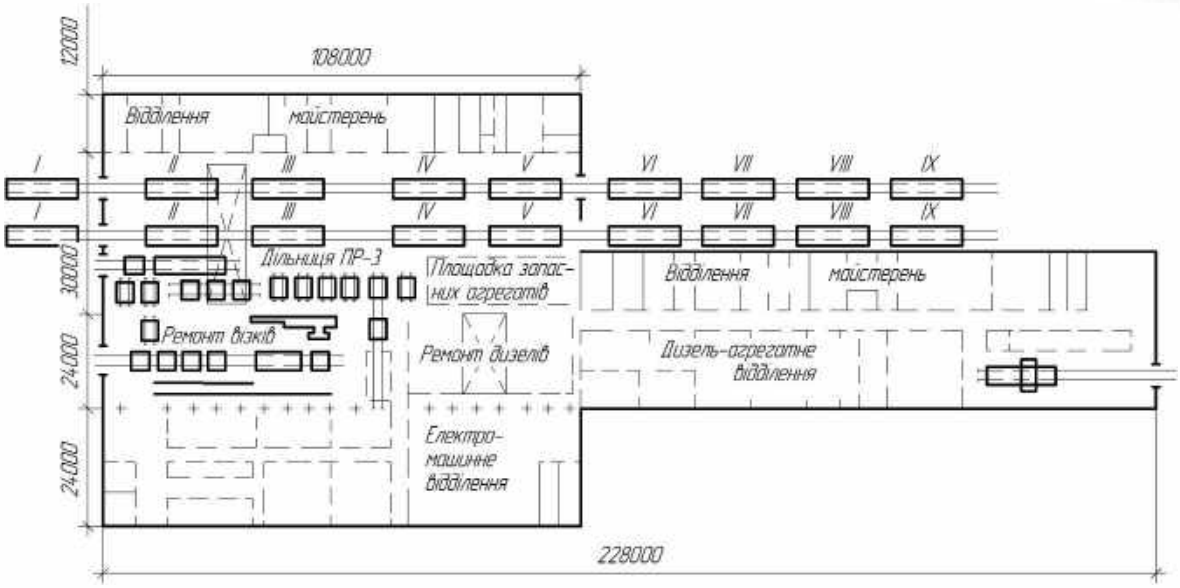

Рисунок 2.6 – Схема позицій потокової лінії при ПР-3 тепловозів 2ТЕ10М із програмою 600 секцій за рік:

I – XV – див. у підписах до рис. 2.5.

У нічну зміну на обмивальній позиції поза будівлею здійснюють підготовку тепловоза до розбирання – обмивання, продування, огляд. У першу зміну в будівлі на ремонтних позиціях із чотирма електрифікованими домкратами вантажопідйомністю 30 т кожний здійснюється піднімання кузова тепловоза, викочування візків для їхньої заміни. Потім знімають із рами кузов, допоміжні машини, акумуляторні батареї, зливають масло, воду. На наступних позиціях, куди тепловоз подається на нових візках, заміняють дизель-генераторну установку, монтують допоміжні машини, центрують агрегати, збирають кузов. На наступну ремонтну позицію тепловоз подається для настроювання електричної схеми, огляду перед пуском дизеля, постачання маслом і водою.

На позиції поза будівлею відбувається запуск дизеля та усунення несправностей. На позиції для випробувань, що має установку для навантаження дизель-генератора, проводять обкатні та здавальні випробування. Несправності після випробувань усувають на спеціальній вирівнювальній позиції. Там же встановлюють на тепловоз акумуляторні батареї, заміняють фільтри, масло. Фарбують тепловоз після ПР-3 на спеціальній позиції в електростатичному полі в нічний час перед здаванням відремонтованого тепловоза приймальникові. Тривалість потокового ремонту тепловоза складає дві робочі доби.

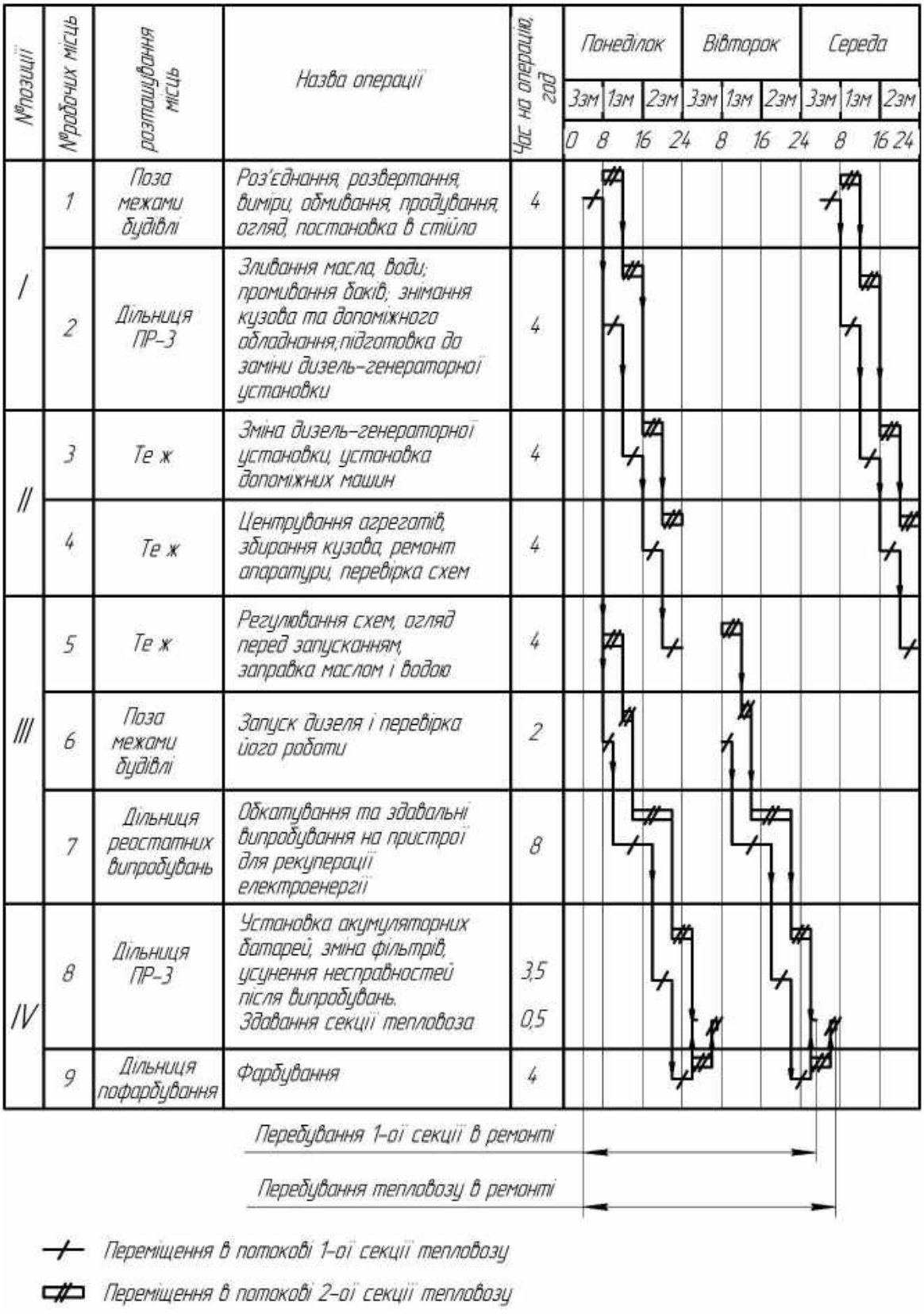

Рисунок 2.7 – Графік технологічного процесу ПР-3 тепловозів 2ТЕ10М по позиціях потокової лінії.

Як приклад на рис. 2.8 показана схема потокової лінії ПР-3 ремонту тепловозів 2ТЕ10М. Така лінія може бути розташована на наскрізній колії ділянки ПР-

3 довжиною 138 м і має 5 позицій. Роз'єднані секції тепловоза встановлюють на першу та другу позиції потокової лінії до 6 години ранку. Паливо, масло та охолоджуючу воду зливають із систем тепловоза. Паливні баки промивають паливом, що залишилося, з фільтрацією його в спеціальній установці. Пропарюють головні повітряні резервуари, обмивають кузов і екіпажну частину.

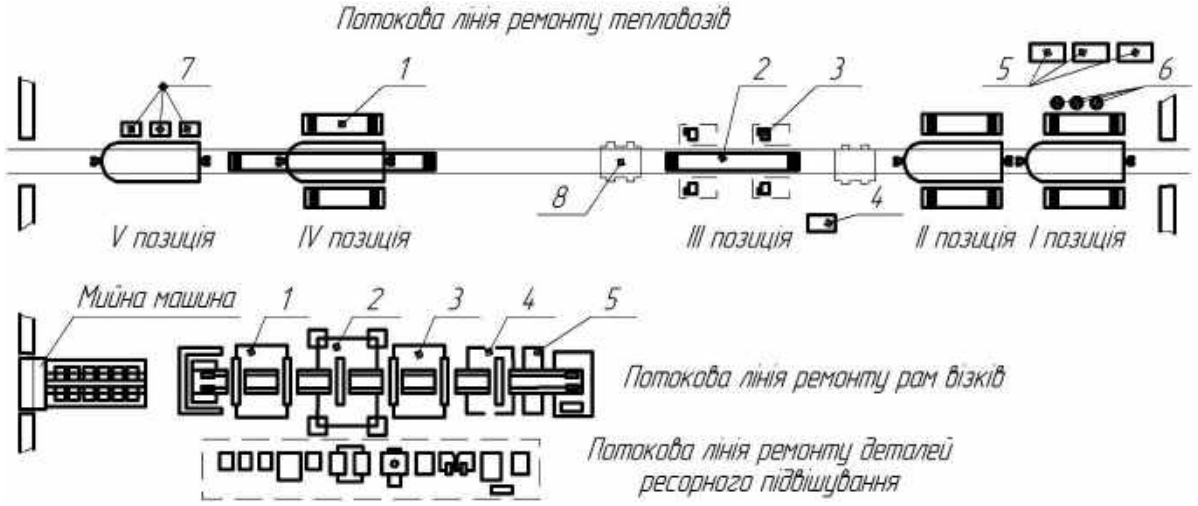

Рисунок 2.8 – Потокові лінії ремонту тепловозів, рам візків і ресорного підвішування.

Позиції потокової лінії ремонту тепловоза:
I – злив палива, масла та води; II – розбирання та складання, демонтажу й монтажу дизель-генератора; III – зміни візків; IV – складання екіпажної частини, центрування агрегатів; V – екіпірування тепловоза паливом, маслом й водою, приймання з ремонту.
Основні елементи потокової лінії ремонту тепловозів: 1 – площадка для ремонту тепловозів; 2 – оглядова канава; 3 – домкрати з електроприводом; 4 – пульт керування домкратами; 5 – шафа для інструмента; 6 – колонки для зливання палива, масла, води; 7 – колонки для заправлення паливом, маслом і водою; 8 – місце для візків.

Позиції потокової лінії ремонту рам візків:
1 – розбирання; 2 – ремонтні роботи, зварювання; 3 – складання; 4 – фарбування; 5 – накопичувальна.

Розбирання обох секцій тепловоза починається одночасно з 8 години ранку. Демонтують дах тепловоза, електричні машини й апарати, допоміжне устаткування. Дизель-генератори знімають і заміняють на заздалегідь відремонтовані. Потім секцію переміщають на третю ремонтну позицію, обладнану домкратами з електроприводом. Там кузов піднімають на домкратах і викочують візки. Заздалегідь відремонтовані візки за допомогою 30-тонного мостового крана встановлюють на рейки з однієї та іншої сторони секції тепловоза і підкочують під тепловоз; ведуться додаткові монтажні роботи. До 17 години кузов опускають на візки. Роботи усередині кузова (установка редукторів, електричних апаратів та

ін.) ведуться лише в період, коли тепловоз не піднятий на домкратах. Після опускання кузова на візки здійснюється центрування розподільних редукторів і секція передається на четверту позицію.

На наступну добу, з 8 до 15 години, остаточно збирають тепловоз, після чого секцію переміщають на п'яту позицію. Там тепловоз заправляють паливом, маслом і охолоджувальною водою. В 17 годин секцію виводять із будівлі й запускають дизель, перевіряють роботу всіх агрегатів. З 19 до 8 години наступної доби виконують реостатні випробування. Після реостатних випробувань секцію ставлять у будівлю, де усувають недоробки, виявлені при випробуванні, міняють масляні фільтри.

Аналогічно ведуть роботи на другий секцій, і до 8 години третьої доби обидві секції з'єднуються. До 18 години остаточно перевіряють роботу встаткування, запускають дизелі й передають тепловоз для експлуатаційної поїздки з поїздом. Таким, чином, загальна тривалість ПР-3 становить 2,5 доби.

2.8.4 Ділянка поточного ремонту ПР-2. При ПР-2 виконують огляд дизеля, допоміжного устаткування, ревізію букс, моторно-осьових підшипників, кожухів зубчастої передачі, рам візків і ресорного підвішування. При цьому візки ремонтують як без викочування їх з-під тепловоза, так і з викочуванням. Викочуванню підлягають візки пасажирських тепловозів, що експлуатуються із швидкістю більше 120 *км/год*, з метою перевірки стану деталей ресорного підвішування, опор кузова та повертаючих пристроїв.

При організації ПР-2 у спеціалізованому цеху ремонтного депо може бути також застосований потоковий метод. На ділянці ПР-2, крім виконання цього виду ремонту, звичайно передбачають устаткування для обточування бандажів колісних пар без їхнього викочування з-під тепловоза (колесо-фрезерний верстат). У цьому ж цеху може бути розташована позиція для індивідуального викочування колісних пар з тяговими електродвигунами, обладнана електропідйомником ($Q = 30$ *т*). Поруч обладнають ділянка для ревізії тягових електродвигунів.

Як піднімальні засоби в цеху використовують один або два мостових крани вантажопідйомністю 10 *т*, а також кілька консольних кранів вантажопідйомністю 0,5 *т*. Застосовують пересувні металеві площадки для зняття та установки секцій холодильника.

2.8.5 Ділянка поточного ремонту ПР-1 і технічного обслуговування ТО-3. ПР-1 і ТО-3, що виконуються в депо приписки локомотивів, в основному зводяться до ретельного огляду та контролю всіх агрегатів, і вузлів тепловоза, незначному ремонту: очищенню фільтрів, заміні фільтруючих елементів, а також змащенню деталей тертя екіпажної частини. При ПР-1 додатково контролюють стан підшипників колінчатого валу, циліндро-поршневої групи, вертикальної передачі, перевіряють роботу електричних машин і апаратів, а також відновлюють заряд акумуляторної батареї.

Потоковий метод ПР-1 доцільний при ремонті приблизно двох і більше тепловозів на добу, а ТО-3 – при обслуговуванні відразу шести та більше тепловозів, тобто при досить високій концентрації цих видів ремонту.

Як піднімальні засоби на ділянках ПР-1 і ТО-3 зазвичай використовують одну-дві електрифіковані кран-балки вантажопідйомністю 2 т, які служать для зняття при необхідності нагнітачів, турбокомпресорів, верхнього колінчатого вала, виїмки поршнів та ін.

На ділянках ПР-1 і ТО-3 застосовують широкі робочі платформи (рис. 2.9), розташовані на рівні рами тепловоза, у сполученні зі зниженою підлогою (на 0,6 *м*). Високі платформи полегшують процес ремонту та огляду вузлів і деталей, розташованих у кузові тепловоза, а також секцій холодильника, розширюють корисні виробничі площі для розміщення робочих місць слюсарів. Знижена підлога при освітленні лампами денного світла створює певні зручності для огляду та ремонту екіпажної частини тепловозів.

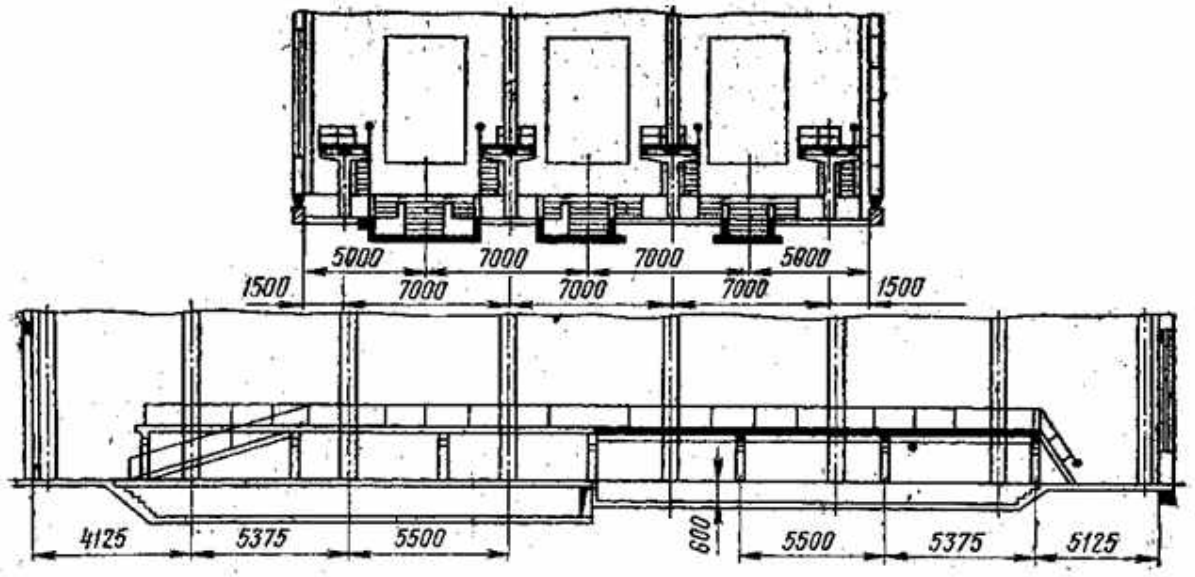

Рисунок 1.9 – Високі платформи на ділянці ПР-1 і ТО-3.

2.9 Організація роботи заготівельних дільниць

2.9.1 Призначення дільниць і їхня організаційна структура.

Призначенням заготівельних дільниць тепловозного депо є ремонт і випробування знятих з тепловозів агрегатів, вузлів і деталей для забезпечення ними ремонтних бригад, а також для підтримки встановленого оборотного фонду в коморі депо [5,7].

Створення розвинених заготівельних дільниць, оснащених сучасним устаткуванням, є неодмінною умовою впровадження агрегатного методу ремонту що приводить до значного скорочення простою тепловозів у ремонті, сприяє підвищенню якості ремонту у зв’язку з використанням стендів, пристосувань та спеціального інструмента. І нарешті, наявність заготівельних дільниць приводить до

ДО ЗМІСТУ

зниження вартості ремонту, тому що вдосконалюється процес ремонту демонтованих агрегатів, вузлів і деталей.

Організаційна, структура заготівельних дільниць залежить в основному від програми ремонту. При широкому впровадженні агрегатного методу ремонту в депо із ПР-3 єдина заготівельна дільниця є важко керованою тому її підрозділяють на декілька ділянок на чолі зі старшими майстрами. Одним з варіантів такого розділу є створення агрегатно-заготівельної та заготівельної ділянок (рис. 2.10).

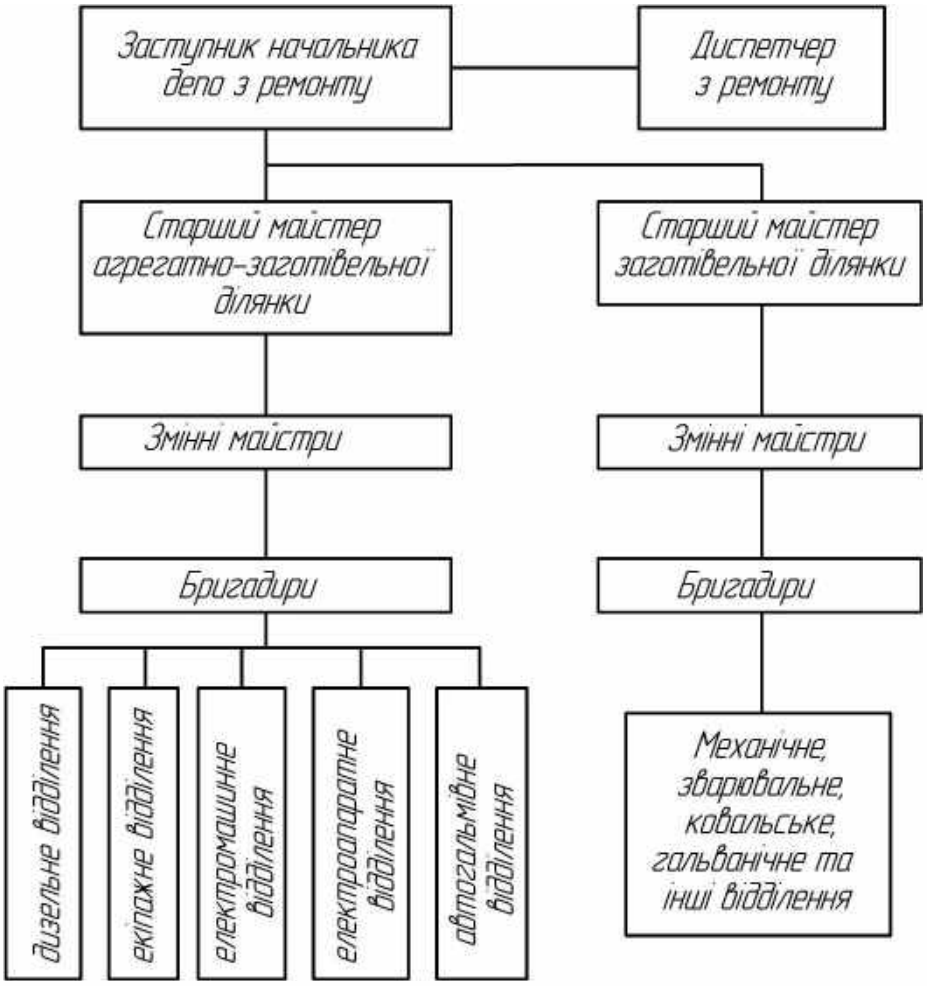

Рисунок 2.10 – Організаційна структура агрегатно-заготівельної та заготівельної ділянок у тепловозному депо із крупноагрегатним методом ПР-3.

Перша з них виконує основні роботи з ремонту перехідних агрегатів і вузлів тепловозів. Слюсарі деяких відділень цієї ділянки, утворюють спеціалізовані бригади і виконують роботи прямо на тепловозах. Друга (заготівельна) ділянка в основному виконує замовлення агрегатно-заготівельної ділянки і частково працює на ділянці поточного ремонту тепловозів.

В дуже великих депо агрегатно-заготівельні відділення можуть поєднуватися в самостійні агрегатно-заготівельні ділянки (рис. 2.11).

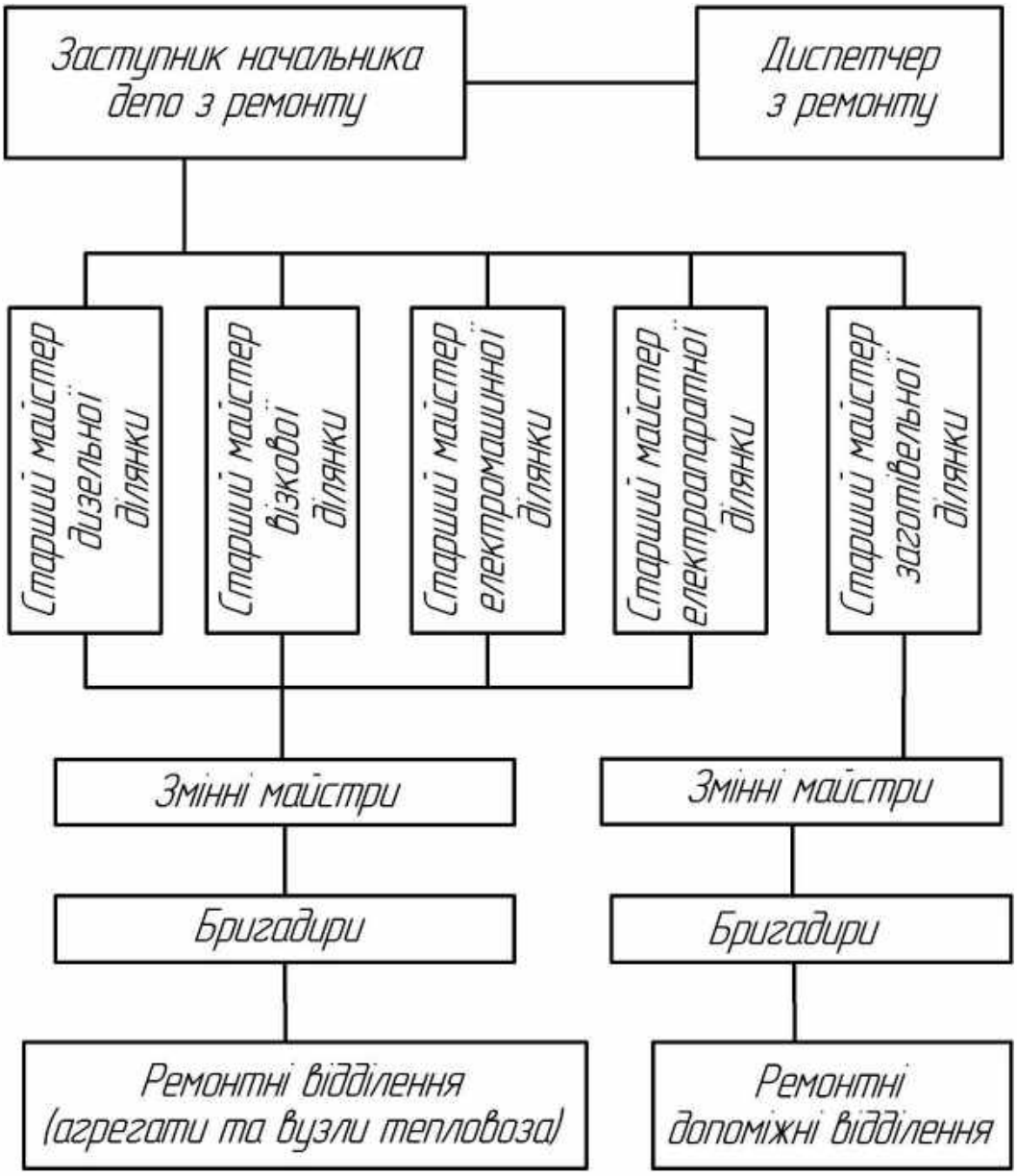

Рисунок 2.11 – Організаційна структура самостійних агрегатно-заготівельної та заготівельної ділянок у тепловозному депо із крупноагрегатним методом ПР-3

Старші майстри агрегатно-заготівельних ділянок безпосередньо підпорядковуються заступникові начальника депо з ремонту. Відділення очолюють звільнені або не звільнені бригадири (залежно від числа працюючих слюсарів).

В експлуатаційних депо, де виконують ПР-1 і ТО-3, у складі заготівельної ділянки є лише ті відділення, які забезпечують поточне утримання тепловозів: ремонту паливної апаратури, фільтрів, акумуляторне, автогальмове, електроапаратне, ремонту швидкостемірів і автостопа, мідницьке, столярно-малярське, а також невелике слюсарно-заготівельне з декількома верстатами та зварювальним агрегатом.

Для обслуговування заготівельних ділянок організується транспортна бригада, що виконує транспортування у відділення заготівельних ділянок агрегатів,

вузлів і деталей, демонтованих з тепловоза на ділянках поточного ремонту тепловозів, а також доставку агрегатів, вузлів, деталей і матеріалів зі складу.

2.9.2 Планування та організація роботи заготівельних ділянок. Для складання плану роботи заготівельних ділянок необхідно знати виробничу програму ремонту тепловозів у депо на планований період, а також докладну номенклатуру змінюваних і ремонтованих вузлів і деталей із вказівкою відсотка змінюваності та ремонту [5].

Місячна програма основних відділень агрегатно-заготівельної ділянки може бути розрахована за формулою

$$\begin{aligned} П = к[&\alpha_{\text{ПР-3}}\left(1-в_{\text{ПР-3}}\right)M_{\text{ПР-3}} + \alpha_{\text{ПР-2}}\left(1-в_{\text{ПР-2}}\right)M_{\text{ПР-2}} + \\ &+\alpha_{\text{ПР-1}}\left(1-в_{\text{ПР-1}}\right)M_{\text{ПР-1}} + \alpha_{\text{ТО-3}}\left(1-в_{\text{ТО-3}}\right)M_{\text{ТО-3}}, \end{aligned} \tag{2.31}$$

де $в_{\text{ПР-3}}; в_{\text{ПР-2}}; в_{\text{ПР-1}}; в_{\text{ТО-3}}$ – коефіцієнти, що враховують кількість агрегатів, що направляються для централізованого ремонту відповідно при ПР-3, ПР-2, ПР-1 і ТО-3;

$\alpha_{\text{ПР-3}}; \alpha_{\text{ПР-2}}; \alpha_{\text{ПР-1}}; \alpha_{\text{ТО-3}};$ – коефіцієнти змінюваності агрегатів відповідно при ПР-3, ПР-2, ПР-1 і ТО-3;

$M_{\text{ПР-3}}; M_{\text{ПР-2}}; M_{\text{ПР-1}}; M_{\text{ТО-3}};$ – програми ремонту відповідно ПР-3, ПР-2, ПР-1 і ТО-3;

$к$ – кількість однотипних агрегатів (вузлів, деталей) на локомотиві.

План роботи заготівельних відділень складають на місяць і уточнюють щодекадно. На підставі місячних планів майстри, ділянок і відділень розробляють декадні плани роботи з розбивкою по днях, змінах із вказівкою робочих місць, на яких будуть виконуватися відповідні роботи.

Перед початком чергової зміни майстер або бригадир відповідного відділення складає змінні завдання, які разом з відрядними завданнями доводять всім виконавцям. Після закінчення роботи майстер або бригадир разом із приймальником локомотивів приймає виготовлені або відремонтовані вузли й деталі, які передає в комору запасних частин. Для обліку відремонтованих вузлів та деталей доцільно використовувати сучасні автоматизовані системи на базі ЕОМ.

Деталі, які після розбирання на тепловозі та виконання ремонту в заготівельних відділеннях підлягають поверненню на тепловоз, що ремонтується, надходять у заготівельні відділення із зазначенням обсягу ремонту та строків повернення. На ці деталі майстри також виписують завдання (форми), а диспетчера стежать за своєчасним виконанням ремонту та поверненням деталей на тепловоз.

2.9.3 Організація матеріально-технічного постачання депо. У сучасних умовах організації ремонту локомотивів особливо важливе значення має добре налагоджене матеріально-технічне постачання депо [5].

Основні вузли оборотного фонду (дизель-генератори, турбокомпресори, тягові електродвигуни, візки, компресора й ін.) тепловозобудівні заводи поставляють, як модульні запасні частини до тепловозів.

Запасні частини (вузли, деталі) і матеріали, необхідні для ремонту тепловозів, поставляють у депо через систему матеріально-технічного забезпечення УЗ.

На залізницях при найбільш великих і передових депо створюються групи нормування. Вони розробляють із урахуванням передової технології норми витрат запасних частин і матеріалів по видах ремонту на 1 *млн тепловозо-км* пробігу. Ці норми, направляють у службу локомотивного господарства залізниці, де корегують і висилають в ЦТ УЗ. Там визначають середньомережеві та диференційовані по залізницях норми, погоджують їх з відділом нормування УЗ і після затвердження, направляють на залізниці. Кожна залізниця переробляє диференційовані норми по видах ремонту та депо. Після затвердження наказом начальника залізниці норми розсилають у локомотивні депо та у відділи матеріально-технічного забезпечення залізниць.

Використовуючи норми, знаючи програму ремонту з урахуванням можливого залишку, депо у встановлені строки складають заявки на майбутній рік, які направляють у відділи матеріально-технічного забезпечення, там їх корегують із залученням служби *Т* і після затвердження надсилають в управління залізниці. Всі заявки переглядає і корегує служба локомотивного господарства та після затвердження начальником залізниці надсилає в головне управління матеріально-технічного забезпечення УЗ.

Норми витрати запасних частин і матеріалів підлягають систематичному корегуванню в міру зміни міжремонтних пробігів, строків служби вузлів і деталей, удосконалювання технології ремонту, застосування сучасних зносостійких матеріалів.

2.9.4 Робота комори запасних частин і матеріалів. Матеріально-технічне постачання депо здійснюється через головний матеріальний склад залізниці, матеріальний склад дирекції залізниці і виробничу комору депо. Більшість запасних частин і матеріалів, постійно необхідних для ремонту тепловозів, зберігається у виробничих коморах депо. Створюють центральну комору, комору масел і обтирально-фільтрувальних матеріалів, комору лаків.

Комора депо організує: отримання запасних частин і матеріалів, що надходять через матеріальні склади дирекцій; підтримує незнижуваний запас агрегатів, вузлів, деталей і матеріалів; здійснює облік, зберігання та своєчасну видачу й доставку до робочих місць чорнових заготівок, а також виготовлених і відремонтованих вузлів і деталей. Як підйомно-транспортні засоби в коморі використовують крани-штабелери, електронавантажувачі, а іноді й мостовий кран вантажопідйомністю 2–10 т. Комора повинна бути зв’язана з усіма ділянками зручними транспортними коліями, а також внутрішнім деповським диспетчерським зв’язком.

У коморі запасні частини зберігають на стелажах у спеціально відведених відсіках. На відсіках прикріплені бірки з найменуванням деталі(ей) і її номенклатурним номером. Застосовують також зберігання та транспортування деталей на піддонах. Відповідно до встановлених диференційованих норм і програми ремонту по цехах розробляються лімітні карти, у яких фіксуються як норми, так і фактичні витрати. По лімітних картах судять про економію або перевитрату запасних частин і матеріалів. Цей процес може також бути автоматизованим.

2.10 Відділення агрегатно-заготівельної і заготівельної дільниць

2.10.1 Відділення ремонту дизеля. Відділення при крупноагрегатному потоковому методі ПР-3 здійснює ремонт дизелів із зняттям їх з тепловоза та повним розбиранням [5]. Агрегати, вузли та деталі ремонтують у відділенні ремонту деталей дизеля й допоміжних агрегатів (дизель-агрегатному). Відділення ремонту дизеля звичайно організують у прольоті ділянки ПР-3 або в суміжному з нею прольоті, обладнаному мостовим краном вантажопідйомністю 30 т (рис. 2.12).

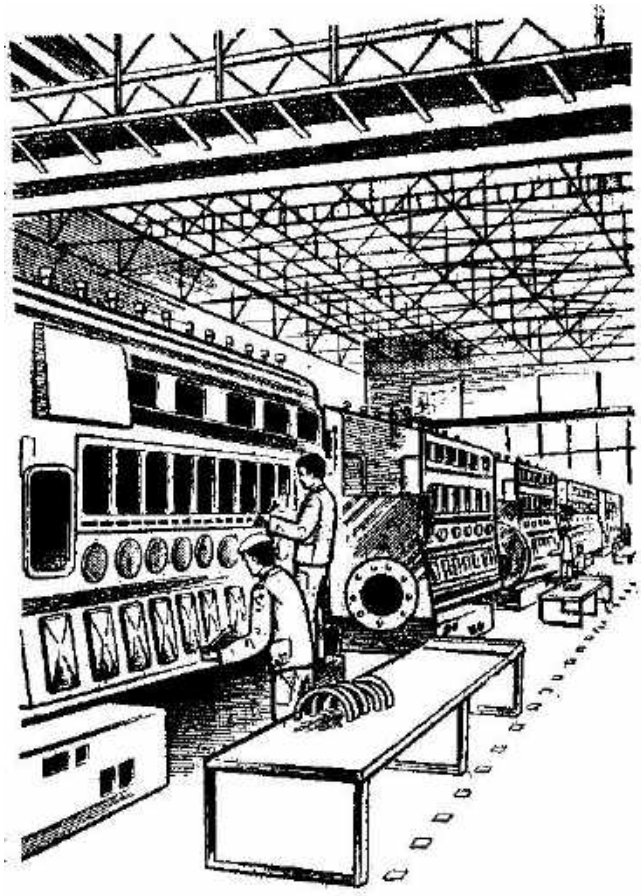

Рисунок 2.12 – Загальний вигляд потокової лінії ремонту дизелів.

ДО ЗМІСТУ

Ремонт дизелів у депо виконують методом позиційного потоку (рис. 2.13), при якому дизель установлений на робочому місці, а спеціалізовані групи слюсарів переміщаються по механізованих позиціях відповідно до заданого такту, що звичайно дорівнює двом змінам.

Роботи з паливної апаратури виконують слюсарі спеціалізованого відділення з ремонту паливної апаратури.

Платформи для ремонту дизелів, що розташовувані на позиції, можуть бути двосторонніми (на два дизелі) і однобічними (на один дизель). Застосування двосторонніх платформ дозволяє скоротити площу, необхідну для потокової лінії.

При програмі ремонту 300 дизелів на рік застосовують дві позиції із двосторонніми платформами й одну позицію з однобічною платформою для ремонту аварійних дизелів. Дизелі встановлюють на підставках висотою, 600 мм. Для зручності ремонту нижнього колінчатого валу між підставками влаштовують канаву шириною 1200 мм і глибиною 600 мм. На потоковій лінії, розміщаються установки для миття картерів, промивання та обпресування масляної системи дизелів після ремонту, установка для обпресування водяної системи, стелажі для колінчатих валів і верхніх кришок дизеля, касети для втулок, поворотні столи для поршнів із шатунами й ін.

Позиції обслуговуються консольними кран-балками з електроталлю вантажопідйомністю 0,25 т; установлюються балки для підвіски гайковертів. До робочих місць слюсарів підведений трубопровід стисненого повітря та низьковольтне освітлення.

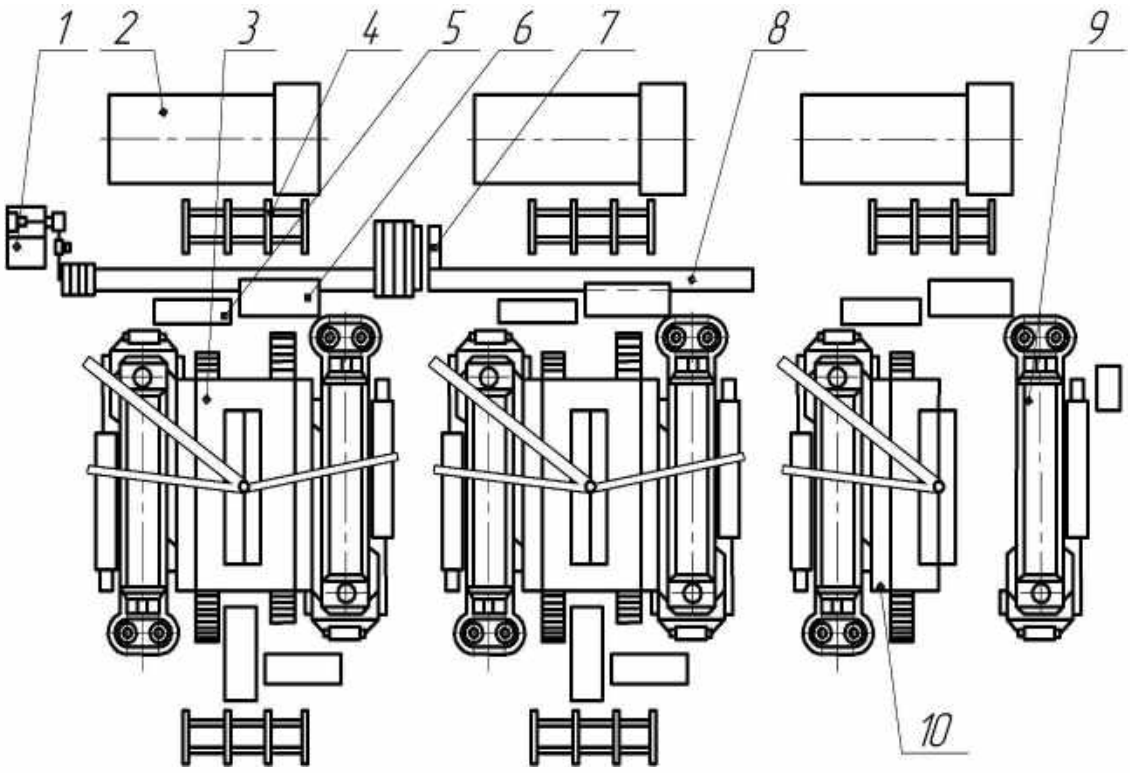

Рисунок 1.13 – Потокова лінія ремонту дизелів:

1 – стаціонарна установка для обпресування дизелів; 2 – підставка під дизель; 3 – двохстороння платформа; 4 – стелаж для колінчатого вала й верхньої кришки дизеля; 5 – касета для втулок; 6 – місце поворотних столів для поршнів із шатунами; 7 – установка для мийки картерів; 8 – колодязь із колонками для миття картерів і обпресування дизеля; 9 – установка для мийки масляної системи дизелів; 10 – однобічна платформа для ремонту аварійних деталей.

2.10.2 Відділення ремонту деталей дизеля й допоміжних агрегатів. У відділенні виконують ремонт шатунно-поршневої групи, циліндрових втулок, циліндрових кришок і робочих клапанів, вертикальної передачі, приводних нагнітачів і турбокомпресорів, масляних і водяних насосів, випускних колекторів, глушників, редукторів і вентиляторів. Тут організують ділянку випробувань нагнітачів, редукторів, вентиляторів, водяних і масляних насосів.

Для ремонту, деталей шатунно-поршневої групи за умови концентрації ремонту у великих депо застосовують механізовані потокові лінії. Така лінія включає (рис. 2.14) ряд стендів, пристрої для ремонту, столи та верстати для огляду й ремонту поршнів, вставок, вкладишів з необхідним обладнанням й ін. На позиціях потокової лінії ремонту циліндрових втулок розміщаються: установку для очищення втулок кісточковою крихтою; стенд для обпресування сорочок гільз ; прес для перепресування сорочок гільз; верстат для очищення сорочок; установка для електроіскрового наплавлення ребер втулок; верстат для перенарізання різьби та ін. Втулки, що надходять у ремонт і випущені з ремонту, транспортуються в касетах. Під час їх ремонту використовують індукційні нагрівачі, спеціальний вимірювальний і слюсарний інструмент.

На випробній дільниці встановлюють стенди для обкатування нагнітачів, редукторів, вентиляторів, масляних і водяних насосів.

2.10.3 Відділення ремонту електричних машин. У цьому відділенні ремонтують тягові електродвигуни та генератори, збудники та допоміжні генератори, тахогенератори та допоміжні електричні машини. У депо електричні машини ремонтують в обсязі деповського ремонту. У спеціально оснащених відділеннях, крім того, тяговим електродвигунам виконують КР-1 за потребою [5].

У депо де виконують ПР-3 просочують і сушать обмотки тягових електродвигунів; виконують заміну обмотки якоря; заміну бандажів і клинів; балансування якорів; пайку колекторів, ремонт полюсних котушок; заміну полюсних котушок; наплавлення підшипникових щитів, їхніх кришок і лабіринтових кілець; вібродугове наплавлення конусів валів; випробування під навантаженням. У цьому обсязі двигуни ремонтують після пробігу від останнього КР-2, КР-1 або поточного ремонту ПР-3 більше 200 *тис. км.*

При пробігові 150 – 200 *тис.км* виконують ревізію тягових електродвигунів з розбиранням, сушінням зволоженої ізоляції, діагностику якірних підшипників, заміну при необхідності підшипників, котушок полюсів, щіткотримачів і щіток, часткову пайку та шліфування, продорожування колекторів, перевірку мі-

жвиткового замикання, наплавлення підшипникових щитів, їхніх кришок і лабіринтових кілець, перевірку роботи двигунів на холостому ходу. У цьому обсязі роботи проводять у депо, де передбачені ПР-1 і ПР-2.

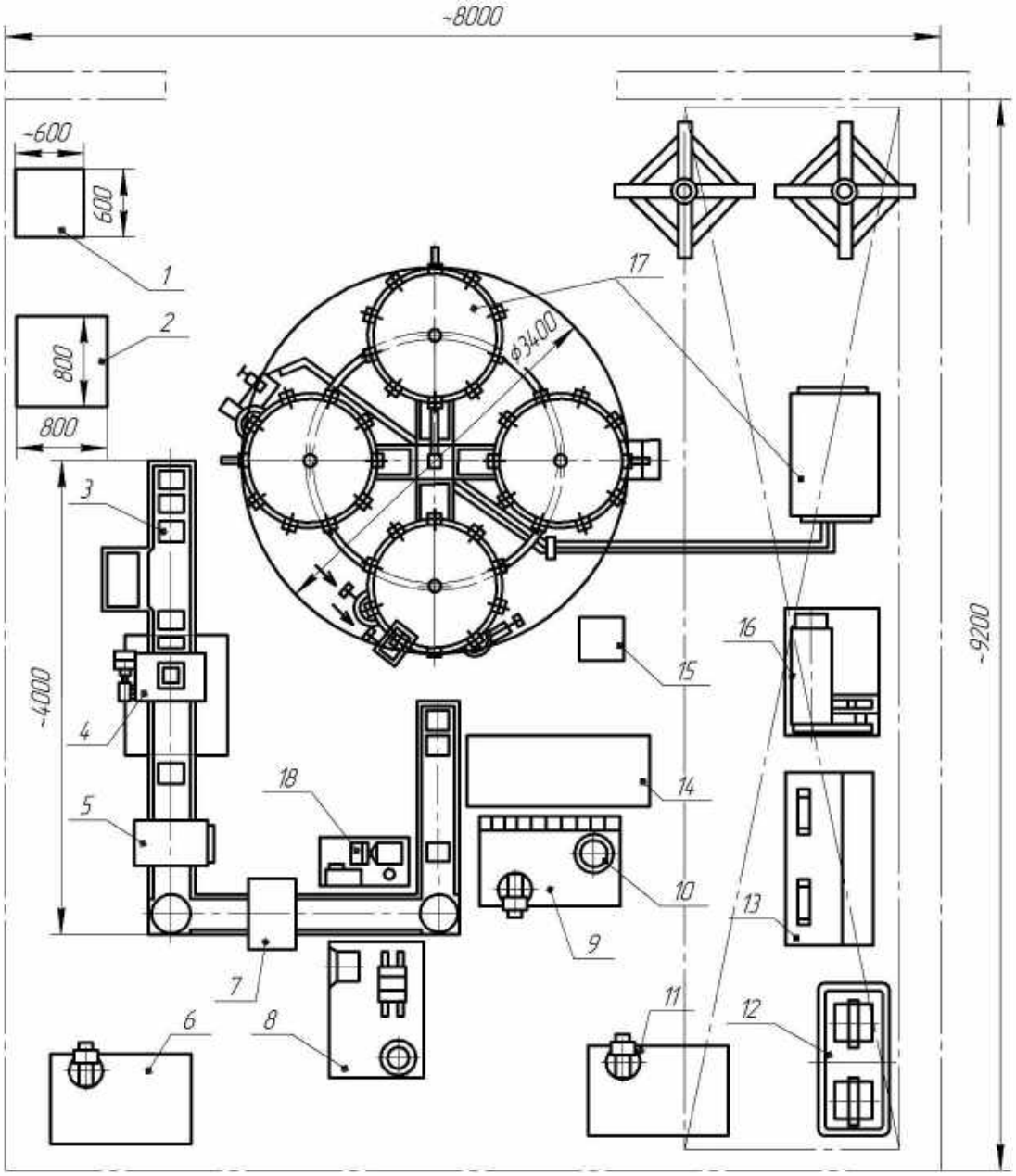

Рисунок 2.14 – Планування потокової лінії ремонту шатунно-поршневої групи дизелів 10Д100 :

1 – ванна для гасу; 2 – плита слюсарна розмічувальна; 3 *– потокова лінія для ремонту поршнів; 4 – мийна машина для поршнів; 5 – установка для очищення поршнів кісточковою крихтою; 6 – верстати; 7 – камера для обдування поршнів; 8 – стіл для дефектоскопії поршнів; 9 – стіл для огляду поршневих кілець; 10 – пристрій для виміру зазору в замку поршневих кілець; 12 – стенд для визначення натягу вкладишів; 13 – стіл для ремонту вкладишів; 14 –*

стелаж для вставок; 15 – електропіч; 16 – верстат для розточення вкладишів; 17 – поворотний стенд для ремонту шатунно-поршневої групи; 18 – пристрій для відновлення полуди на поршнях.

У відділенні для ремонту тягових електродвигунів створюються потокові лінії: розбирання, ремонту якорів, ремонту підшипникових щитів, складання тягових електродвигунів; ділянки обробки, колекторів і бандажування, ремонту щіткотримачів і щіток, кришок і польстерів моторно-осьових підшипників, а також котушок якорів і полюсів. Крім того, у відділенні створюються потокові лінії ремонту тягових генераторів, збудників і допоміжних генераторів, а також допоміжних електричних машин (рис. 2.15).

Двигуни після розбирання колісно-моторних блоків подаються для зовнішнього обмивання, у мийну машину (*I* позиція). На *II* позицій двигун підготовляється до розбирання, випробовується на холостому ходу, установлюється обсяг його ремонту. *III* позиція служить для розбирання двигунів. Із цієї позиції якір і підшипникові щити передаються на потокові лінії ремонту якорів і підшипникових щитів. Остов (кістяк) двигуна передається на IV позицію для продування та очищення. На V і VI позиціях виконується ремонт механічної та електричної частини кістяка.

Потім за допомогою передатного візка кістяк транспортують у просочувально-сушильне приміщення (позиція VII). Після просочення та сушіння остов передають на ділянку для випробування електричної міцності ізоляції (позиція $VIII$). Ця позиція є початком потокової лінії складання. На IX і X позиції подаються якорі та підшипникові щити. Тут виконують складання кістяка та тягового електродвигуна. На *XI* позиції двигун випробовують без навантаження при максимальній частоті обертання, притирають щітки. На XII (останній) позиції потокової лінії виконується остаточна перевірка відремонтованого двигуна.

Паралельно конвеєрним лініям розбирання та складання двигунів розміщені потокові лінії ремонту якорів: перша призначена для ремонту якорів до подачі в просочувально-сушильне приміщення, друга – для ремонту якорів після просочення. Перед ремонтом якір обдувається в обдувальній камері. Потім на позиції потокової лінії ремонтують механічну частину якоря, за допомогою індукційного нагрівача знімають кільця підшипників, магнітним дефектоскопом перевіряють шийки вала.

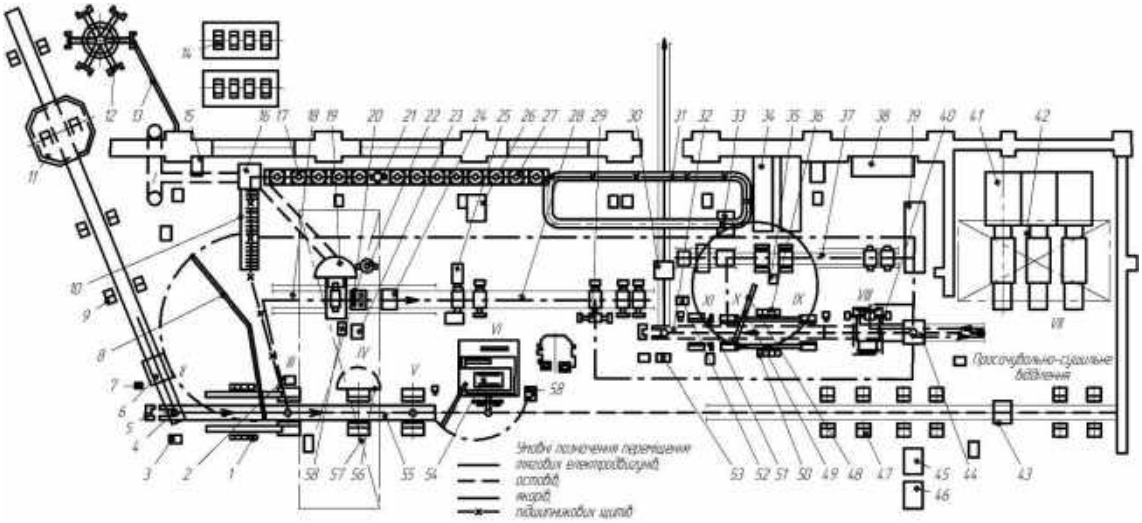

Рисунок 2.15 – План електромашинного відділення локомотивного депо:

1 – пристрій для випресування підшипникових щитів; 2 – індукційний нагрівач для нагрівання лабіринтових кілець; 3 – гідравлічний прес для зняття шестірень; 4 – домкрат; 5, 51 – клемні колонки; 6, 30 – передатній візок для тягових електродвигунів; 7, 49 – пневматичні гайковерти; 8, 13, 48 – кран-балки *вантажопідйомністю 250 кг; 9 – підставка; 10 – рольганг; 11 – мийна машина; 12 – пристрій для ремонту кришок моторно-осьових підшипників; 14 – місце для кришок моторно-осьових підшипників; 15 – насосна станція гідросистеми конвеєрів; 16 – мийна машина для мийки підшипникових щитів; 17 – конвеєр-кантувач для підшипникових щитів; 18 – лінія ремонту якорів; 19 – камера для продування якорів; 20 – робоче місце для ремонту якорів (механічної частини); 21 – прес для запресовування та випресування підшипників; 22 – індукційний нагрівач для зняття кілець підшипників; 23 – дефектоскоп для перевірки шийок; 24 – передатний візок для якорів; 25 – робоче місце для перевірки й ремонту електричної частини якорів; 26 – шафа для нагрівання кілець; 27 –* конвейер-*кантувач для восьми підшипникових щитів: 28 – підставка з обертовими роликами; 29 – кантувач якорів; 31 – підвісний конвеєр; 32 – конвеєр складання тягових двигунів; 33 – стіл для підшипникових щитів; 34 – стелаж для ремонту кронштейнів і щіткотримачів; 35 – високовольтна імпульсна установка; 36 – індукційний нагрівач для горловин кістяків (з боку шестірні); 37 – нагромаджувач якорів; 38 – шафа для зберігання інструмента; 39 – напівавтоматичний верстат для продорожування, обточування й шліфування колекторів; 40 – пробивний осередок; 41 – сушильна піч; 42, 57 – мостові крани; 43 – передатний візок для кістяків і якорів; 44 – передатний візок для кістяків; 45 – бандажувальний верстат; 46 – балансувальний верстат; 47 – підставка; 50 – індукційний нагрівач для нагрівання горловин кістяка (з боку колектора); 52 – індукційний нагрівач для нагрівання зубчастих коліс; 53 – установка для нагрівання компаундної маси; 54 – кантувач кістяків; 55 – конвеєрна лінія розбирання тягових двигунів; 56 – установка для обдування кістяків; 58 – пульти керування конвеєрними лініями*

На наступній позиції виконують і ремонтують електричну частину якоря.

Транспортним візком якір подають у просочувально-сушильне приміщення. Після просочення та сушіння якір надходить на ділянку для випробування електричної міцності ізоляції. Потім якір установлюють на напівавтоматичний верстат, на якому виконують обточування, шліфування та продорожування колектора. Імпульсною установкою обмотку якоря перевіряють на міжвиткові замикання. Якоря всіх двигунів підлягають динамічному балансуванню. На завершення якір, як вказувалося вище, подають на *IX* і *X* позиції потокової лінії складання двигунів.

Підшипникові щити ремонтують на потоково-конвеєрній лінії. Тут є рольганг, мийна машина, прес для зпресування підшипників, конвеєрна лінія для ремонту щитів, підвісний конвеєр для подачі їх до місця складання двигунів.

У відділенні передбачають механізацію всіх підйомно-транспортних операцій – застосовують електрифіковані конвеєри, візки, гідравлічні домкрати, консольні та поворотні крани з електричними талями та гайковертами.

Всі позиції обслуговуються мостовим краном вантажопідйомністю 10 т для піднімання генератора; окремі позиції обладнані витяжною вентиляцією.

Ремонт допоміжних електричних машин може бути також організований на потоково-конвеєрній лінії. При невеликій програмі ремонту доцільно таку лінію зробити загальною для ремонту як тягових електродвигунів, так і допоміжних електричних машин.

2.10.4 Просочувально-сушильне відділення. При кожному ПР-3 [5] просочують якоря тягових електродвигунів ЕД-107 магістральних тепловозів лаком ФЛ-98 з наступним покриттям їх вологостійкою емаллю ЕП-91 та гарячим сушінням. Якоря електродвигунів ЕД-107А, ЕД-118А и ЕД-108А при ПР-3, що мають кремнійорганічну ізоляцію, не просочують, а після сушіння покривають емаллю ЕП-91.

Якоря просочують у вакуумно-нагнітальній установці, що складається з автоклавів, вакуум-насосів, баків з лаками, вентиляторної установки, трубопроводів і ін. Перед просоченням і після просочення просушують ізоляцію в електричній сушильній печі з автоматичним регулюванням температури (у відділенні звичайно розміщається дві печі). Після сушіння обдувають і охолоджують якоря в спеціальній камері обдування.

При ремонті полюсних котушок заміняють покривну ізоляцію. При накладенні нової покривної ізоляції промащують шаром кремнійорганічного лаку. Компаундування полюсних котушок відбувається на установці з автоклавами.

Для покриття кістяка і якорів емаллю служить фарбувальна камера. У відділенні встановлюється мостовий кран вантажопідйомністю 5 т.

2.10.5 Випробувальна станція. У процесі ремонту електричних машин і після закінчення складання перевіряють: опір обмоток якоря та полюсних котушок, відсутність міжвиткового замикання, обриву секцій якірних обмоток і витків котушок полюсів, опір, електричну міцність і ступінь вологості ізоляції,

роботу машин на холостому ходу, правильність установки нейтралі (при необхідності) і зону безіскрової комутації методом підживлення додаткових полюсів (при необхідності).

Для цього на випробувальній станції обладнають стенди для випробування тягових двигунів і двохмашинних агрегатів із клемними колонками для підведення постійного струму.

2.10.6 Відділення ремонту візків. Для ремонту візків у депо створюються візкові відділення, у яких організуються лінії потокового ремонту візків, а також ділянки колісно-токарська, роликових букс і підшипників, слюсарно-заготівельна. Візкове відділення може бути розташоване як на площі ділянки ПР-3, так і в окремому прольоті.

На рис. 2.16 представлена схема потокової лінії ремонту візків, тепловозів серій 2ТЕ10М.

Візок після викочування з-під тепловоза мостовим краном передається на першу позицію потокової лінії ремонту візків для розбирання (рис. 2.17). Після розбирання рама візка з ресорним підвішуванням переміщається на другу позицію, де розташована мийна машина. На третій позиції виконують дефектування рами. Весь процес ремонту рами, включаючи зварювальні роботи, зосереджений на четвертій позиції. Потім на п'ятій позиції раму піддають фарбуванню та подають на шосту позицію для повного складання. Сюди надходять колісно-моторні блоки, деталі ресорного підвішування, гальмова важільна передача та ін. На позиції складання візків підлогу роблять на 0,4 м нижче рівні головки рейки.

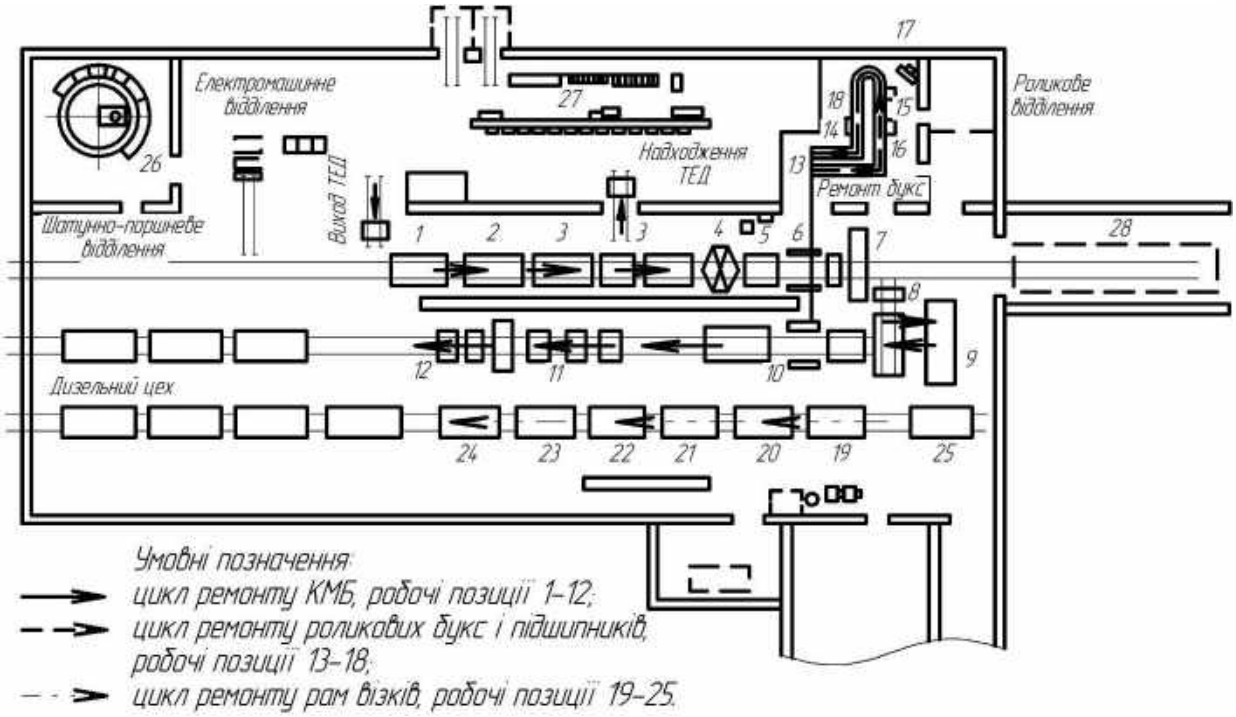

Рисунок 2.16 – Схема потокової лінії ремонту візків тепловозів серії: 2ТЕ10М:

1 – *механізоване робоче місце для розбирання візка; 2 – місце для зняття рами візка; 3 – позиція разукомплектування колісно-моторного блоку;* 4 – *автоматична обмивальна камера для колісних пар;* 5 – *місце розбирання букс;* 6 – *поворотний пристрій для колісних пар;* 7 – *позиція шліфування шийок колісної пари; 8 – позиція, дефектоскопії колісної пари;* 9 – *позиція обточування бандажів;* 10 – *позиція навішення букс і постановки кришок;* 11 – *позиція комплектування колісно-моторних блоків;* 12 — *стенд для обточування колісно-моторних блоків;* 13–18 – *потокові лінії для ремонту роликових букс і підшипників; 19 – позиція розбирання рами візка;* 20 – *позиція дефектування та оптичної перевірки рами візка;* 21, 22 – *ремонтні позиції для візків;* 23, 24 — позиції *фарбування рам візків в електростатичному полі;* 25 – *резервна позиція для ремонту надмірно зношених рам візків;* 26 – *потокова лінія для ремонту шатунно-поршневої групи;* 27 – *потокова лінія для ремонту тягових електродвигунів; 28 – мийна машина для візків.*

Потокова лінія ремонту візків обладнана ланцюговим конвеєром і обслуговується краном вантажопідйомністю 30 т, необхідним для транспортування візків у зборі.

Потокова лінія з ремонту ресорного підвішування (рис. 2.18) (ресор, ресорних підвісок, балансирів, валиків) має шість позицій і розміщається паралельно потоковій лінії ремонту візків.

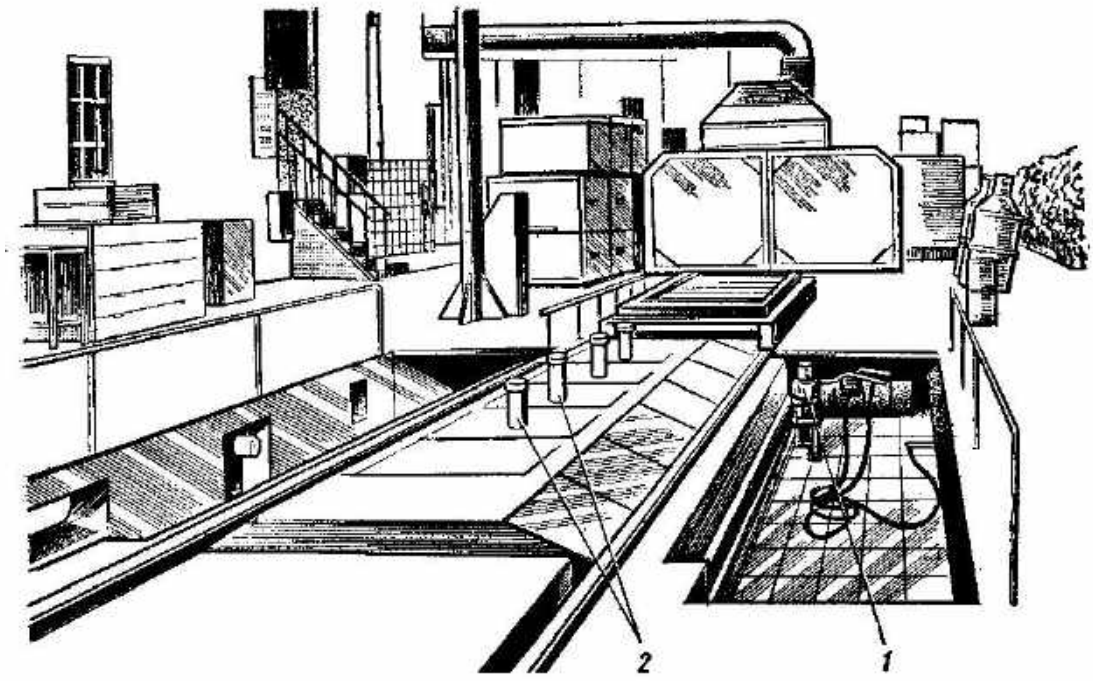

Рисунок 2.17 – Позиція розбирання візків тепловоза 2ТЕ10М:

1 – гайковерт; 2 – домкрати.

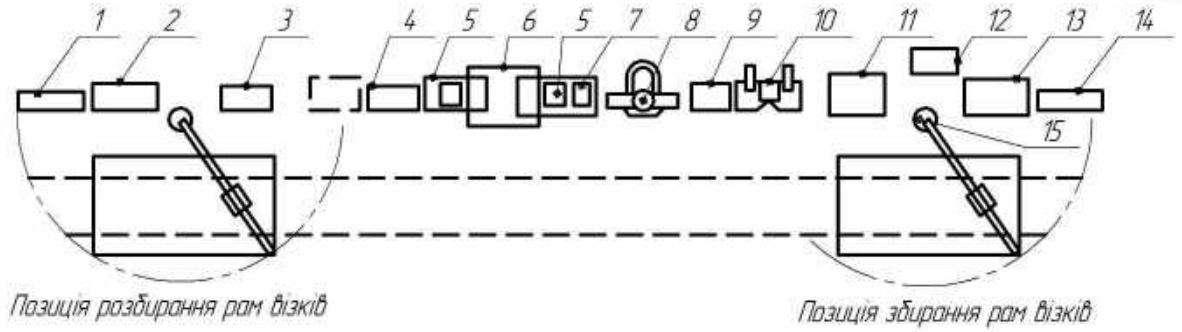

Рисунок 2.18 – Схема потокової лінії ремонту ресорного підвішування:

1 – стелаж; 2 – верстат; 3 – стенд для ремонту підвісок тягових двигунів; 4 – прес для випресовування втулок; 5 – касети подачі та видачі деталей зі зварювальної кабіни; 6 – зварювальна кабіна; 7 – пневматичний підйомник; 8 – вертикально-фрезерний верстат; 9 – стіл нагромадження балансирів перед запресовуванням втулок; 10 – прес для запресовування втулок; 11 – візок подачі готових деталей на позицію складання; 12 – стіл огляду балансирних валиків; 13 – стенд складання балансирів з ресорними підвісками; 14 – стелаж нагромадження готових вузлів; 15 – консольний кран.

Після розбирання візків колісно-моторні блоки подаються на: підставки для зняття тягових електродвигунів з колісних пар. Тягові електродвигуни транспортують в електромашинне відділення, а колісні пари з буксами – на колісно-токарську ділянку. У великих депо ремонт колісних пар і роликових букс може бути організований на напівавтоматичній потоковій лінії (рис. 2.19).

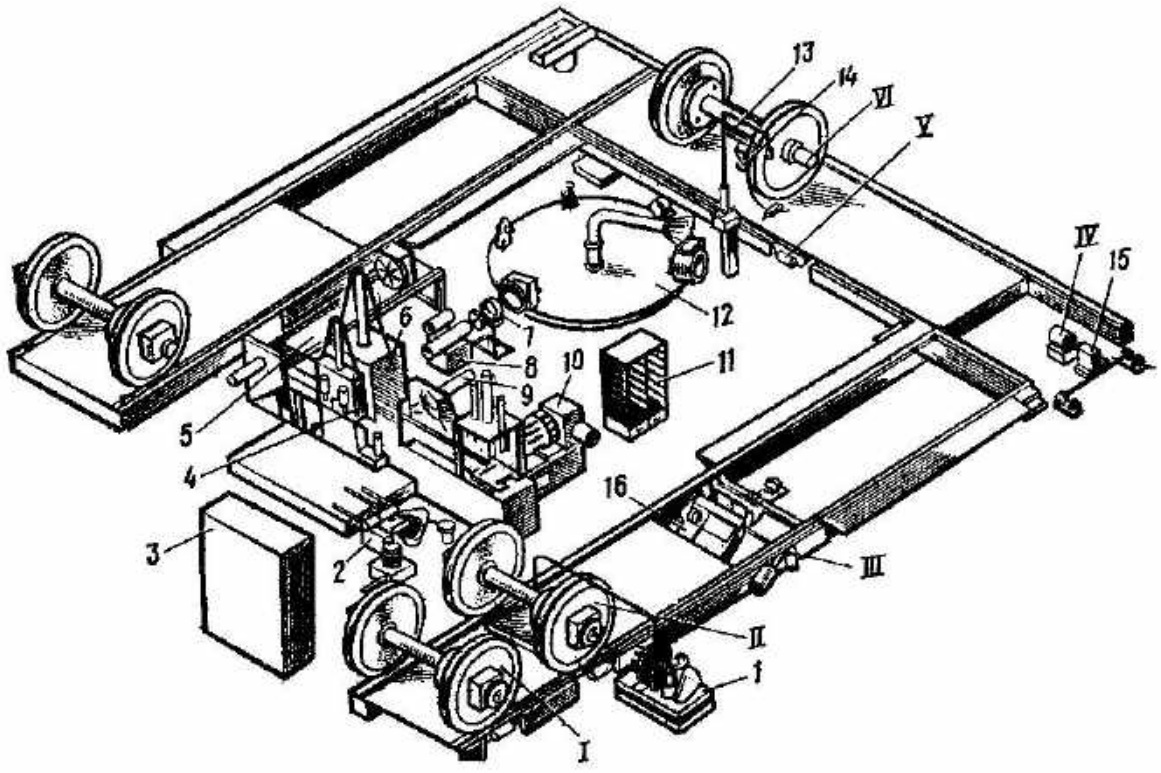

Рисунок 2.19 – Потоково - конвейєрна лінія ремонту колісних пар і букс:

I, V – позиції нагромадження; II – зняття та розбирання букс; III – позиція очищення середньої частини осі металевими щітками; IV – дефектоскопія осі; VI – монтаж букс на шийках осі.

Технологічне встаткування:

1 – багатошпиндельний електрогайковерт для відкручування болтів передніх кришок букс; 2 – знімач букс; 3 *– пульт керування потоковою лінією;* 4, 6 *– мийні машини для мийки корпусів букс і роликові підшипники;* 5 *– стелаж-нагромаджувач букс; 7 – підйомник;* 8 *– прес для запресовування підшипників і пульт керування поворотним столом, підйомником і пресом;* 9 *– прес для випресування підшипників з корпусів букс;* 10 *– електрогайковерт для відкручування болтів задніх кришок букс; 11 – стелаж для нагромаджень кришок букс;* 12 *– стіл поворотний з кантувачем для складання букс;* 13 *– консольний кран з гайковертом; 14 – пристрій для повороту колісної пари;* 15 *– стенд для дефектоскопії осі;* 16 *– пристрій для очищення середньої частини осі.*

Після обмивання в мийній машині колісна пара котиться по рейках з невеликим нахилом на першу позицію, де її закріплюють пневматичними упорами.

За допомогою електричного гайковерта відвертають болти кришки букси, а потім колісну пари повертають до гайковерта іншою стороною для відвернення болтів кришки другої букси. Букси знімають за допомогою буксо зйомника і встановлюють на візок, де за допомогою ще одного гайковерта послабляють болти й знімають задню кришку букси. На візку буксу подають до гідропреса для демонтажу підшипників. Далі букси й підшипники надходять у спеціалізовані мийні машини.

Позиції складання обладнані пристроями-гайковертами, які суттєво полегшують складання. Керування поворотними пристроями, гайковертами, мийними машинами й іншими пристроями здійснюють із головного пульта або додаткових пультів, наявних на всіх позиціях.

Після зняття букс колісна пара подається на стенд дефектоскопії з електромагнітними дефектоскопами для перевірки шийкової та середньої частини осі, а також бандажів і шестірень. Застосовують також ультразвукові дефектоскопи.

Бандажі колісних пар обточують на колісно-токарському верстаті. Букси ремонтують на окремій потоковій лінії, а роликові підшипники подають на ділянку ремонту підшипників. Ділянка ремонту роликових букс і підшипників має обмивальне контрольно-ремонтне та монтажне приміщення. В обмивальному приміщенні встановлюють мийну машину для промивання роликових підшипників, а також стелажі для їхнього зберігання. У контрольно-ремонтному приміщенні виконують огляд, комплектування, поточний ремонт і зберігання підшипників. Тут установлюють верстати, оббиті алюмінієвим листом або пластиком, для огляду й ремонту підшипників, стелажі для зберігання пристроїв з контрольно-вимірювальними приладами, а також стіл для магнітного контролю деталей підшипників (рис. 2.20).

У монтажному приміщенні монтують роликові букси на шийках колісних пар. Нагрівання корпусів букс, необхідне для монтажу в них зовнішніх

кілець роликових підшипників, виконують за допомогою переносних індукційних нагрівачів, які вставляють у розточку корпуса. Внутрішні кільця роликових підшипників і лабіринтові кільця для зняття з буксових шийок і монтажу на буксові шийки колісних пар також нагрівають індукційними нагрівачами. Застосовують також гідравлічні преси для монтажу обойм роликових підшипників букс.

Як підйомно-транспортні засоби використовують електрифіковані кранбалки вантажопідйомністю 1 *т*, консольні крани або монорейки з електроталями на 0,25 *т*, рольганги для подачі корпусів букс, а також передатний візок вантажопідйомністю 0,5 *т*. Розібрані колісні пари з буксами та тягові електродвигуни подають на складальні позиції візкового відділення для складання колісно-моторних блоків. Блоки після обкатних випробувань на стенді переміщають на потокову лінію складання візків.

Після остаточного складання візки надходять на колію для підкачування під тепловоз або у виробничу комору.

Візкове відділення сполучене з ділянкою ПР-3 рейковою колією для транспортування колісних пар. Звичайно поруч із відділенням з боку тягової території депо влаштовують парк колісних пар з козловим краном; сюди ж підводять рейкову колію для подачі колісних пар, що прибувають у ремонт із інших депо.

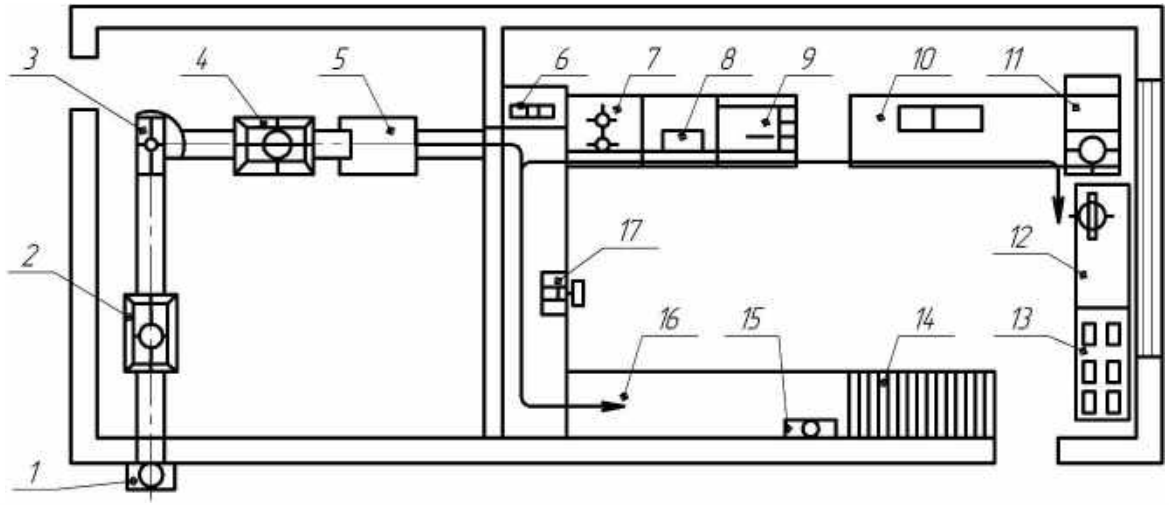

Рисунок 2.20 – Схема потокової лінії ремонту роликових підшипників:

1 – пневматичний підйомник; 2 – мийна машина; 3 – поворотне коло; 4 – мийна машина для обмивання уайт-спіритом; 5 – стіл; 6 – позиція дефектування; 7 – свердлильний верстат; 8 – демагнітозатор; 9 – верстат шліфування кілець підшипників; 10 – стіл для вимірювального інструменту та пристроїв; 11 – прес для запресовування заклепок сепараторів; 12 – стелажі перевірки та маркування відремонтованих підшипників; 13 – стелаж готової продукції; 14 - стелаж комплектування роликів; 15 – пневмоциліндр видачі підшипників; 16 – стелаж нагромадження відремонтованих підшипників; 17 – пристрій для перевірки зазорів.

2.10.7 Відділення ремонту паливної апаратури дизеля. Слюсарі відділення знімають паливну апаратуру з тепловоза, ремонтують і виконують її випробовування, монтують і регулюють на тепловозах паливні насоси і їх штовхачі, важільну систему керування дизелів, форсунки, регулятори, пускові сервомотори, паливопідкачуючі насоси, трубопроводи паливної системи та клапани [5].

Технологічний процес ремонту паливної апаратури зводиться до розбирання, ретельного обмивання, заміни зношених деталей, взаємному притиранню прецизійних пар і їх випробовувань на стендах. Очищають деталі паливної, апаратури мийними машинами. Як миючу рідину в машині можна використовувати освітлювальний гас, а також спеціальні водні емульсії. Застосовують також установки для ультразвукового очищення деталей паливної апаратури, використовують камери для обдування, спеціалізовані верстати та стелажі, універсальний верстат для притирання деталей, токарно-гвинторізний верстат і ін. Комплект устаткування для ремонту паливної апаратури представлений на плані відділення на рис 2.21.

Відділення з ремонту паливної апаратури належить до числа відділень із особливо точним характером виконуваних робіт і тому повинне розміщатися в закритих, просторих, добре освітлених і чистих приміщеннях з постійною температурою повітря. Відремонтовані паливні насоси, форсунки, деталі регуляторів зберігаються в засклених шафах. Стенди для випробування форсунок і обкатування паливних насосів створюють при роботі великий шум, тому їх установлюють в окремому приміщенні.

2.10.8 Відділення очищення та ремонту фільтрів. Ремонт паливних, масляних і повітряних фільтрів, заміна та очищення, фільтрувальних елементів, промаслення сіток, просочення вовняної пряжі моторно-осьових підшипників на всіх тепловозах і при всіх видах ремонту покладені на спеціально виділених слюсарів відділень очищення та ремонту фільтрів. Найбільш відомим способом очищення повстяних паливних і пластинчасто-щілинних масляних фільтрів є відцентровий з попередньою витримкою фільтрувального елемента у ванні з дизельним паливом.

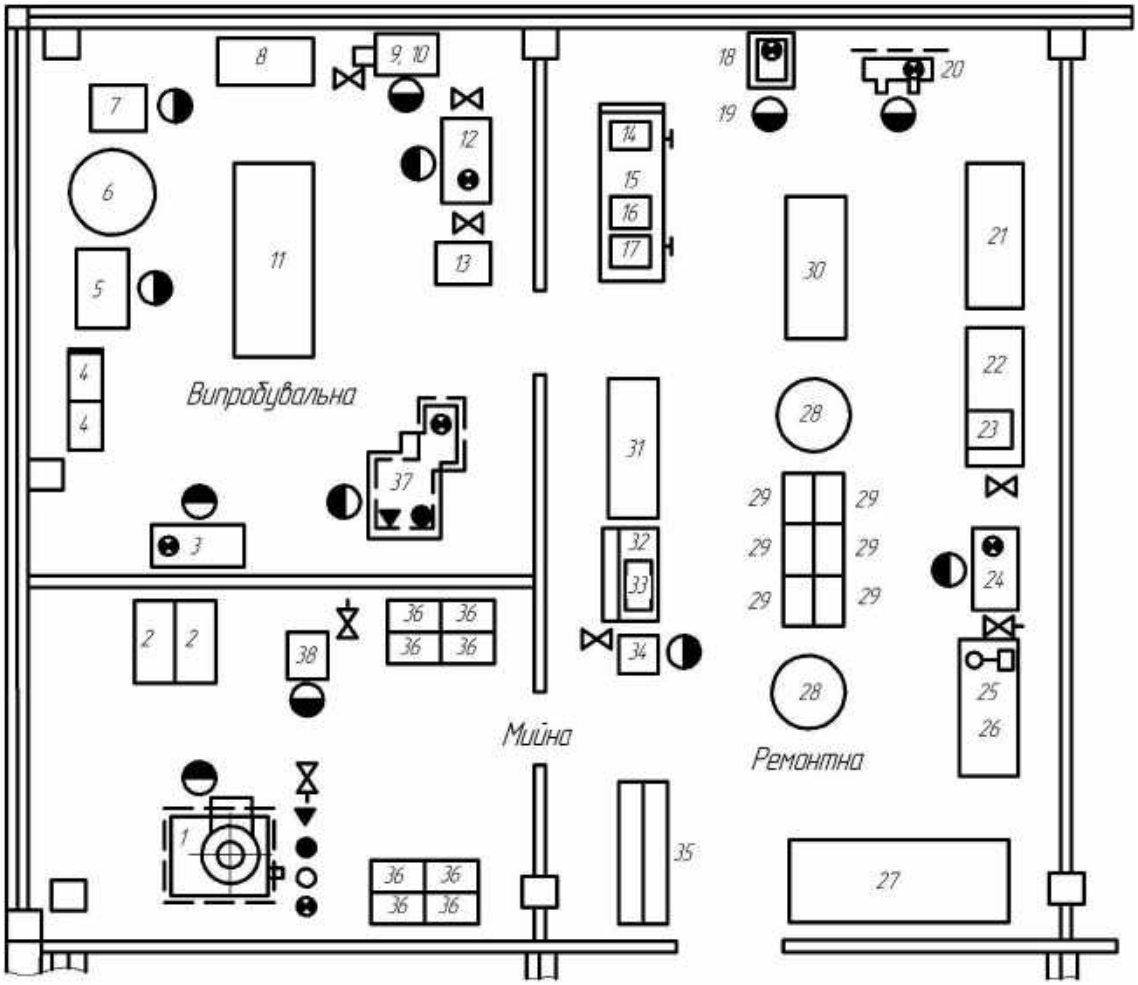

Рисунок 2.21 – Відділення для ремонту паливної апаратури:

1 – мийна машина; 2 – ванна для промивання деталей паливної апаратури в гасі; 3 *– стенд для випробування паливопідкачуючих насосів і запобіжних клапанів;* 4, 6, 28 *– стелажі;* 5, *7 – стенди випробування форсунок;* 8, 19 *– столи; 9 – стенд для регулювання граничної частоти обертання;* 10 *– стіл для стенда;* 11, 27 *– столи-стелажі;* 12, 13 *– стенди для випробування регулятора дизеля;* 14, 23 *– пристрої для регулювання пружини регулятора та для визначення неробочого ходу паливного насоса; 15 – верстат; 16 – пристрій для перевірки ходу плунжера та золотника регулятора; 17 – прилад для балансування важелів регуляторів; 18*, *20 – верстати настільно-свердлильний і токарно-гвинторізний; 27 – стіл для ремонту* паливних насосів; *22 – верстат із пристроєм для розбирання паливних насосів; 24 – верстат для притирання деталей паливної апаратури; 25 – пристрій для перевірки перерізу отворів розпилювачів форсунок, установлений на столі 26; 26 – стіл для ремонту форсунок:* 29, 36 *– стелажі універсальні секційні; 30 – стіл для розбирання та складання регуляторів; 31 – стіл для ремонту паливопідкачуючих насосів; 32 – верстат із чавунною стільницею; 33 – стелаж верстатний; 34 – прес для висадження конусів і труб високого тиску; 35 – шафа; 37 – стенд для обкатування та перевірки продуктивності паливних насосів; 38 – камера для обдування.*

Для промивання, промаслення та сушіння повітряних фільтрів використовують ванни з паровим підігрівом і сушильні шафи. У деяких депо для цієї мети застосовують спеціальні установки, в яких касети повітряних фільтрів усередині циліндричного резервуара встановлюють в рамках, що обертаються, при обертанні останніх їх обмивають розчином, потім гарячою водою, обдувають стисненим повітрям і промасленню сумішшю рідких і консистентних масел. Застосовують також автоматичні установки камерного типу.

2.10.9 Відділення ремонту гідравлічних передач. При експлуатації тепловозів з гідравлічною передачею організується відділення ремонту гідравлічних передач. Під час виконання ПР-1, ПР-2 тепловозів, заміняють масло в передачі, перевіряють болтові з'єднання карданних валів привода, гідротрансформатори та осьові редуктори, оглядають циліндри й поршні механізмів реверса та режимів. При ПР-2, крім того, розбирають та виконують ревізію фрикційних муфт карданних валів, насоса живлення гідропередачі.

При ПР-3 демонтують із тепловоза коробку зміни передач і гідротрансформатори, частково розбирають їх і виконують ревізію вузлів. Після ремонту на стенді з приводом від електродвигуна та з навантаженням на генератор перевіряють роботу гідроапаратів, коробки зміни передач, механізмів перемикання режимів і реверса, а також системи автоматики. З-під тепловоза викочують і розбирають візки, виконують ревізію осьових редукторів, букс, всіх карданних валів. На стенді із приводом від електродвигуна перевіряють якість збирання та припрацювання, колісної пари, осьових редукторів і букс.

Відділення ремонту гідравлічних передач розміщають поруч із ділянкою ПР-3 і з'єднують із ним рейковою колією.

2.10.10 Електроапаратне відділення. У цьому відділенні ремонтують і випробовують електричні апарати – реле, регулятори, контактори, контролери, реверсори, панелі резисторів і електропневматичні вентилі.

У депо з великим обсягом ремонту можуть бути організовані потокові лінії ремонту електричних апаратів (об'єднані з ремонтом допоміжних електричних машин, рис. 2.22). Приклад такої потокової лінії наведений на рис. 2.22.

Роботи на такій лінії організуються наступним чином: зняті з тепловоза електричні апарати через рольганг (позиція *I*) надходять на ланцюговий конвеєр і в продувну камеру (позиція *II*) для очищення від пилу. На ремонтному столі (позиції *III*) виконують дефектацію, а також знімають несправні деталі. Потім апарати надходять для фарбування та сушіння в камеру (позиція *IV*). На *V* позиції збирають апарати. На *VI* позиції ведуться випробування електричних апаратів, для чого використовують стенди 11, 12, 14, 16.

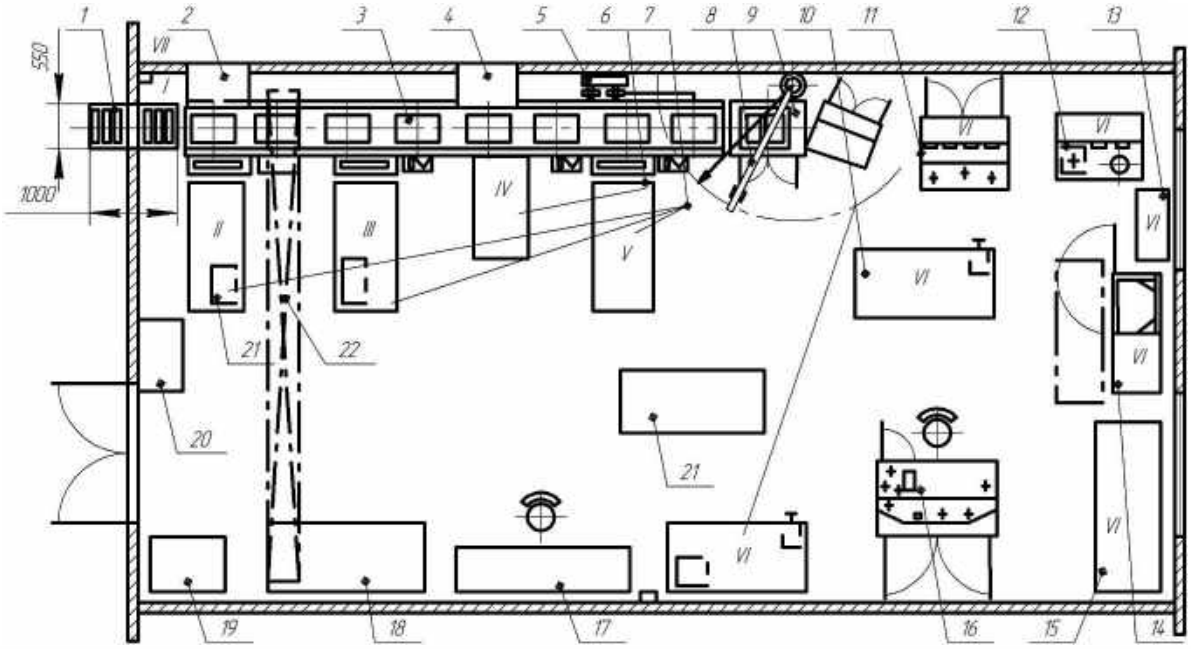

Рисунок 2.22 – Потокова лінія ремонту електричних апаратів:

1 – *рольганг;* 2 – *продувна камера;* 3 – *ланцюговий конвеєр;* 4 – *камера для сушіння;* 5 – *привод ланцюгового конвеєра;* 6, 10, 13, 15, 17 – *столи; 7 – верстат;* 8 – *поворотний кран вантажопідйомністю 150 кг;* 9 – *стенд для випробування допоміжних машин; 11 – стенд для випробування апаратів кола збудження;* 12 – *стенд для випробування електропневматичних апаратів і межсекційних з'єднань;* 14 – *стенд для випробування електричної міцності ізоляції;* 16 – *стенд для випробування електричних апаратів;* 18 – *стелаж;* 19, 20 – *шафи;* 21 – *стіл-підставка для ремонту реверсорів;* 22 – *кран-балка;* ПУ – *пульт керування;* I–VII – *ремонтні позиції.*

2.10.11 Відділення ремонту контрольно-вимірювальних приладів і швидкостемірів. Слюсарі відділення, що входять у спеціалізовану бригаду, виконують огляд на тепловозі, демонтаж з тепловоза, ремонт і регулювання у відділенні, монтаж на тепловозах швидкостемірів, тахометрів, амперметрів, вольтметрів, всіх типів манометрів і термометрів [5]. У відділенні встановлюють відповідне встаткування, до числа якого в першу чергу відносяться стенди для проведення випробувань.

2.10.12 Відділення ремонту й заряду акумуляторних батарей складається з наступних приміщень: ремонтного, електролітного, зарядного та генераторного. Ремонтне, електролітне та зарядне приміщення створюються окремо для кислотних і лужних батарей. Генераторна акумуляторного відділення обслуговує заряд як кислотних, так і лужних батарей. Для ремонту батарей використовується типове устаткування та інструмент. Як зарядні агрегати в депо застосовують автоматичні зарядно-розрядні станції А202 з автодином АЗ-140/72. Автодин являє собою одноякірний перетворювач змінного струму в постійний і назад з автоматичним регулюванням струму й напруги на стороні постійного

струму. Автодин, включається в трифазну мережу напругою 380 В. До сторони постійного струму одночасно приєднують одну або дві кислотні акумуляторні батареї 32ТН-450 або одну лужну батарею 46ТПЖН-550.

При заряді або розряді батареї забезпечується автоматична підтримка постійного зарядного або розрядного струмів незалежно від ступеня заряду батареї та своєчасне зниження величини зарядного струму при другому ступені заряду. По закінченні заряду або розряду батарея відключаються автоматично. При розряді акумуляторна батарея обертає автодин, і відбувається рекуперація електроенергії в мережу змінного струму. Для заряду батарей застосовують також і випрямні установки з напівпровідниковими керованими вентилями (тиристорами) ЗРУ-75-150.

У зарядному приміщенні встановлюють стелажі з рольгангами, причому на кожному стелажі розміщають повний комплект секційних ящиків акумуляторної батареї. Кількість стелажів для батарей 32ТН-450 приймають удвічі більшим числа зарядно-розрядних станцій. Крім того, передбачають 1–2 стелажі для підготовки батареї до заряду. Планування відділення представлене на рис 2.23.

По досвіду роботи ряду депо у відділенні створюють потокову лінію ремонту лужних батарей і організують регенерацію лужного електроліту.

2.10.13 Відділення ремонту автоматичної локомотивної сигналізації (АЛС), автостопів і поїзного радіозв'язку. Слюсарі відділення (працівники дистанцій сигналізації і зв'язку) ведуть роботи з ремонту та випробування приладів АЛС, автостопів і поїзного радіозв'язку для всіх тепловозах депо. У відділенні встановлюють: пульт для випробування підсилювачів і дешифраторів, віброустановку, випрямлячі, столи регулювання електроапаратури та ін.

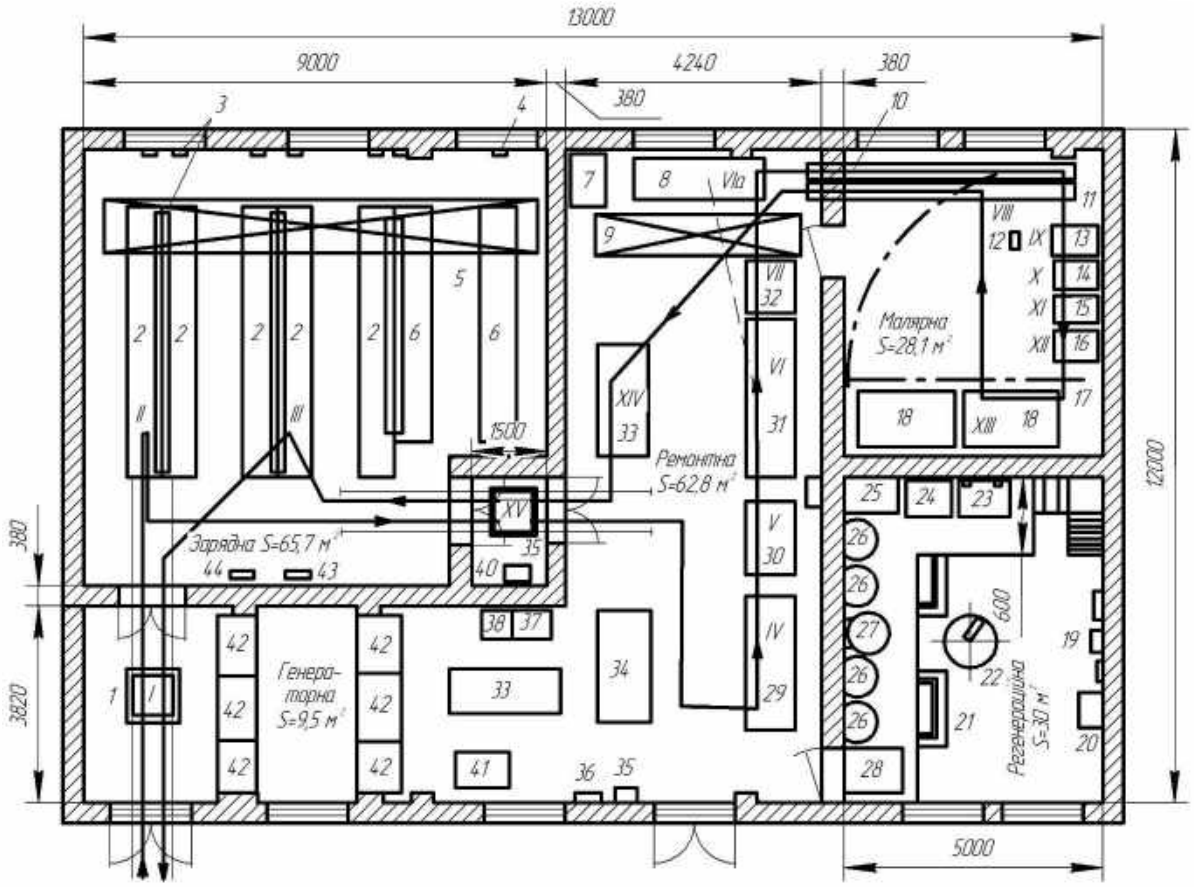

Рисунок 2.23 – План відділення для потокового ремонту акумуляторних батарей:

1 – візок; 2, 6 *– стелажі;* 3 *– устаткування поста для заряду батарей; 4 – щиток; 5,* 9 *– мостові крани вантажопідйомністю* 2 і *1 т; 7 – шафа для приладів і інструмента; 8 – верстат; 10 – швелер для підвіски акумуляторів; 11– підвіска; 12 – щітка пневматична;* 13 *– шафа для зовнішнього очищення;* 14, 15 *– ванни для обмивання та знежирення; 16*, 18 *– шафи для фарбування та сушіння;* 17 *– кран консольний із пневмопідйомником;* 19 *– аптечка;* 20 *– шафа керування;* 21, 23 *– ванна для розведенні й коректування електроліту;* 22 *– установка для регенерації електроліту;* 24 *– ванна для дистильованої води;* 25 *– установка для знесолення води;* 26 *– резервуари для зберігання електроліту;* 27 *– установка для розчинення окису барію;* 28 *– бак для води;* 29 *– стелаж для знімання гумових чохлів;* 30 *– установка для промивання акумуляторів;* 31, 32 *– стелажі для нанесення змивки й огляду;* 33, 34 *– стелажі для гумових чохлів і батарей електрокарів;* 35 *– раковина;* 36 *– бачки для розчину оцтової та борної кислот;* 37 *— шафи для заряду акумуляторних батарей електрокарів;* 38 *– селеновий випрямляч ВСА-111б;* 39 *– контейнер; 40 – кран для заливання електроліту;* 41 *– ванна для промивання гумових чохлів;* 42 – зарядно-розрядні *установки;* 43 *– бачок переносний для* заливання *акумуляторів;* 44 *– підвіска для акумуляторів;* I – XVI *– ремонтні позиції.*

2.10.14 Відділення ремонту секцій холодильника. У відділенні ремонтують і здійснюють випробування водяних та масляних секцій, колекторів

холодильника, а також паливо підігрівачів та калориферів кабіни машиніста. Ремонт секцій холодильника, виконується за допомогою типового устаткування, у депо з великими обсягами ремонт організується потоковим методом на двох лініях: поточно-конвеєрної для очищення секцій, обпресування їх, перевірки на протікання й фарбування; і потокової для ремонту секцій зі зрізанням колекторів і трубних решіток (рис. 2.24).

Як підйомно-транспортні засоби використовують електрифіковану кран-балку або консольний поворотний кран вантажопідйомністю 0,5 т, а також передатний візок.

2.10.15 Відділення ремонту автогальмового встаткування. Спеціалізована бригада відділення виконує поточний ремонт і технічне обслуговування всього автогальмового встаткування, компресора та системи подачі піску, як на тепловозах, так і зі знятими деталями у приміщенні відділення. Для виконання робіт у відділенні є наступне основне встаткування: типовий стенд для випробування локомотивних автогальм; стенд для перевірки та випробування гальмових кінцевих рукавів; стенд для випробування компресора КТ-7 на продуктивність і протитиск; установка для ультразвукового очищення деталей; стенд для випробування електропневматичних клапанів автостопа; верстат для притирання деталей; шафа електрична для сушіння, нагрівання та прожирювання деталей з камерою для сушіння; переносний гідравлічний прес для випробування резервуарів на тиск і ін. У відділенні встановлюють кран-балку вантажопідйомністю 1,0 т.

2.10.16 Механічне відділення призначене для обробки на верстатах деталей тепловоза та господарських потреб депо.

При виборі верстатного встаткування віддають перевагу універсальним верстатам. Число верстатів найбільш точно можна розрахувати по витратах станкогодин залежно від програми ремонту та фонду часу верстата при двозмінній роботі. Як підйомно-транспортні засоби у відділенні використовують електрифіковану кран-балку вантажопідйомністю 1 т з керуванням з підлоги.

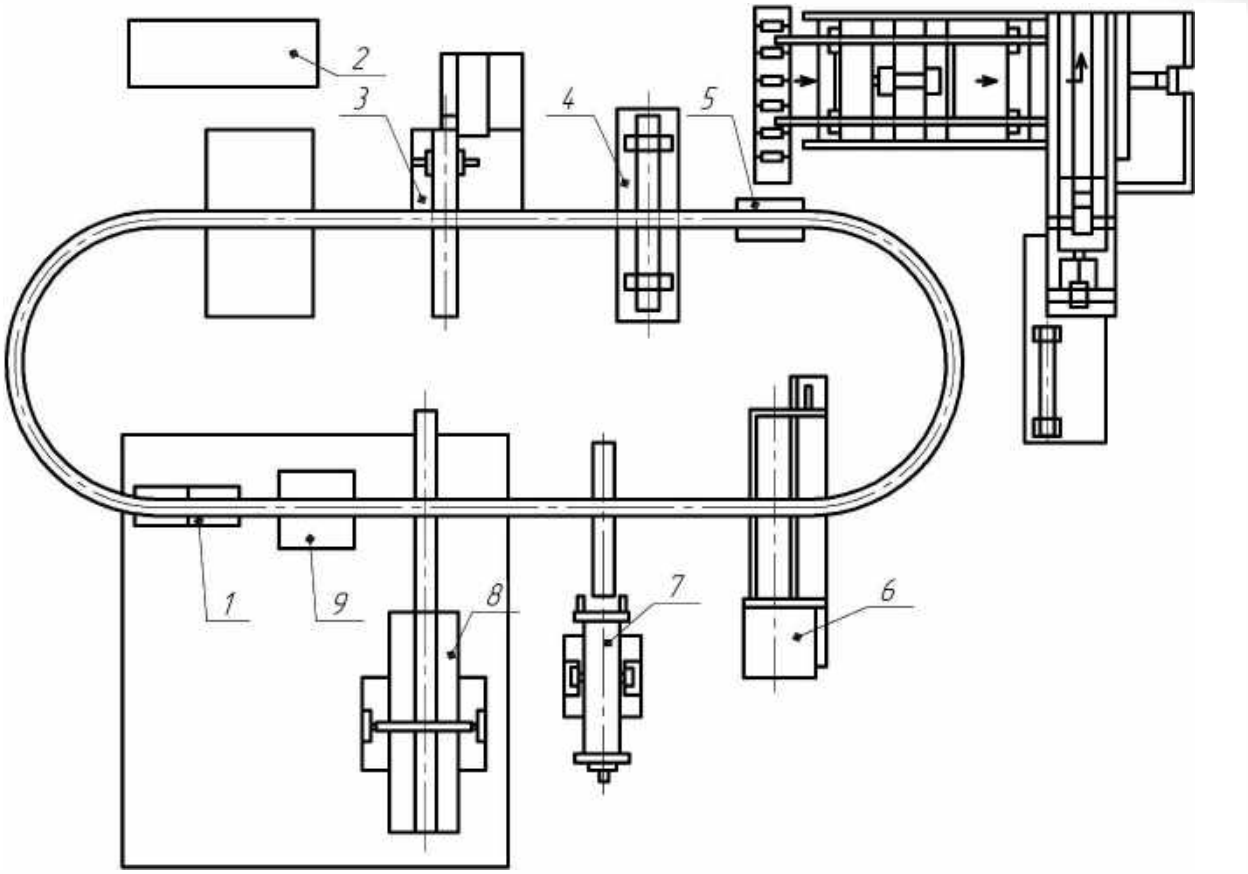

Рисунок 2.24 – Планування потокової лінії ремонту секцій холодильників зі зрізанням колекторів:

1 – ванна; 2 – стелаж для колекторів і трубних коробок; 3 – верстат для обрізки трубних коробок; 4 – стелаж для дефектування; 5 – пристрій для транспортування та окантовки секцій; 6 – стенд для обпресування та перевірки секцій на протікання; 7 – пристрій для обпресування секцій (з одним колектором); 8 – кантувач секцій для пайки колекторів; 9 – пристрій для пайки трубних коробок.

2.10.17 Ковальське відділення призначене для поковочних робіт (виправлення, витяжка, підсадження), пов'язаних з ремонтом тепловозів, а також для виготовлення деяких нескладних деталей для господарських потреб депо. Крім того, ковальське відділення виконує замовлення для ремонту устаткування тепловозного господарства [5].

У депо отримали поширення електропневматичні молоти з масою падаючих частин 150 *кг*. Деталі при куванні нагрівають у нагрівальній печі, а при ручному куванні – у горні. Як підйомно-транспортні засоби використовують кран з електроталлю вантажопідйомністю 500 кг.

2.10.18 Термічне відділення. У великих тепловозних депо обладнані термічні відділення, у яких виконують термічну обробку (цементацію, загарту-

вання, азотування, нормалізацію та відпуск) як тепловозних деталей, так і виробів для господарських потреб депо. Для термічної обробки найкращими є електричні шахтні печі Ц-35, що забезпечують рівномірне, легке та точне регульоване нагрівання деталей для всіх видів термічної обробки.

У тепловозних депо знайшло застосування індукційне нагрівання деталей для поверхневого загартування струмами високої частоти.

2.10.19 Зварювальне відділення. Зварювальні роботи виконують безпосередньо на ремонтних позиціях і в спеціально обладнаному зварювальному відділенні, де є зварювальні кабіни зі столами для зварювальних робіт та витяжними пристроями.

Застосовують одно постові пересувні електрозварювальні агрегати, а також багато постові агрегати для зварювальних робіт у кабінах відділення.

Кращі перспективи в депо має автоматичне та напівавтоматичне зварювання під флюсом і в захисному середовищі вуглекислого газу, а також вібродугове наплавлення під шаром флюсу. Приміщення для електричного та газового зварювання розташовують суміжно й кожне з них обладнують електроталлю вантажопідйомністю 0,5 т.

2.10.20 Гальванічне відділення служить для електролітичного хромування, осталювання, цинкування, нікелювання, оміднення деталей тепловозів, механічного устаткування депо, інструмента.

У відділенні може виконуватися відновлення полуди поршнів електролітичним способом без ванни. Електролітичне покриття служить головним чином для відновлення початкових розмірів зношених деталей, для підвищення стійкості їх проти стирання, а також як захисне покриття.

Гальванічне відділення складається із зали гальванічних покриттів, агрегатного та полірувального приміщень. У залі гальванічних покриттів установлені ванни для електролітичних покриттів з підведенням електроенергії та витяжною вентиляцією. В агрегатному приміщенні монтують випрямні (селенові) установки або мотор-генератори. У полірувальному розміщають полірувальний верстат зі шліфувальним колом. Крім того, при гальванічному відділенні є комори хімікатів, фарб і лаків.

2.10.21 Мідницько-заливальне відділення призначається для ремонту різних трубопроводів тепловозів. У відділенні встановлюють типове встаткування: горн мідницький круглий діаметром 1200 мм; верстат слюсарний з лещатами; плиту для згинання труб; переносний гідравлічний прес для випробування труб. У тих випадках, коли в деяких депо передбачається перезаливання вкладишів корінних і шатунних підшипників, у відділенні розміщають верстат для відцентрового заливання підшипників, пекти для плавки бабіту, стіл для ремонту та формування підшипників.

2.10.22 Полімерне відділення служить для виготовлення ряду деталей тепловоза з полімерних матеріалів. Найбільш часто використовується капрон для підшипників, різних втулок, фланців і ін. Поряд з виготовленням пластмасових деталей методом лиття й штампування застосовують напилювання полімерів з метою збільшення натягів і зміцнення з'єднань.

2.10.23 Столярно-малярське відділення. У відділенні ремонтують підлогу, дерев'яне обшивання кузова, сидіння в кабіні машиніста, господарський інвентар, виготовляють ящики для акумуляторних батарей, а також виконують роботи з поточного утримання будівель депо.

Малярські роботи при ремонті тепловозів ведуться безпосередньо на тепловозах, а у відділенні готовлять фарби. Найбільш ефективне фарбування тепловоза в електростатичному полі на спеціальній позиції.

2.11 Допоміжні відділення депо

2.11.1 Інструментальне відділення необхідне для зберігання, обліку та видачі ріжучого, вимірювального та іншого інструменту, а також ремонту інструменту та пристроїв [5, 7].

У депо із ПР-3 інструментальне відділення складається з наступних приміщень: заточувального, ремонтно-заготівельного, роздавального та для перевірки й ремонту контрольно-вимірювального інструменту. У депо без ПР-3 інструментальне відділення включає лише ремонтно-заготівельне та роздавальне приміщення.

У відділенні встановлюють верстати: токарно-гвинторізний підвищеної точності, алмазно-заточувальний з діаметром кола 200 мм, універсально-заточувальний з діаметром кола 160/175 мм, двосторонній точильний на два кола діаметром 300 мм, настільно-свердлильний верстат, випробувальний стенд для наждакових кіл, а також необхідна кількість слюсарних верстатів і столів для пристроїв.

Ходовий інструмент видають, ремонтним бригадам, окремим слюсарям і верстатникам у тривале користування. Інструмент, яким робітники користуються порівняно рідко, а також коштовний інструмент, що вимагає особливого зберігання, видають у короткочасне користування по інструментальних марках.

2.11.2 Відділення з ремонту механічного та енергетичне устаткування депо. Бригада відділення виконує обслуговування та ремонт стендів, верстатного, слюсарного, ковальського та кранового устаткування, водопровідних і повітропровідних комунікацій, компресорів, вентиляторів, устаткування котельні, екіпірувальних пристроїв, а також енергосилового та електроосвітлювального устаткування. Періодичність ремонту регламентована Положенням про систему планово-попереджувального ремонту устаткування підприємств залізничного транспорту.

Річний план-графік оглядів і ремонтів устаткування складається головним механіком або виробничо-технічним відділом депо. На підставі річного складаються місячні плани графіки. Відділення розміщають в окремому приміщенні або на площі механічного відділення депо.

2.11.3 Компресорна організується в кожному локомотивному депо. Стиснене повітря використовується в депо для роботи різного пневматичного інструменту та пристроїв, продування й очищення електричних машин і апаратів, перевірки роботи автогальмового устаткування, пневматичних і електропневматичних апаратів. Звичайно встановлюють не менш двох вертикальних стаціонарних компресорів продуктивністю до 10 $м^3$/хв при тиску $8 \cdot 10^5$ Па з приводом від електродвигуна. Широко застосовується автоматизація компресорних, яка дає можливість автоматично відмикати компресори та підтримувати тиск в резервуарах встановленої величини.

2.11.4 Вентиляторна. Для подачі наддувочного повітря до печей та горнів, у депо використовують відцентрові вентилятори середнього тиску (до 200 *мм вод. ст*.) із приводом від електродвигуна. Встановлюють не менш двох вентиляторів на випадок ремонту одного з них.

2.11.5 Агрегатна. В ізольованому приміщенні монтують випрямну установку для живлення тягових електродвигунів локомотивів з метою їх транспортування у будівлю у непрацюючому стані. Підведення напруги до тягових електродвигунів тепловоза здійснюється кабелем, що намотаний на кабельний барабан. У відділенні монтують також трансформатор, щит керування переміщення тепловоза, мотор-генератор із щитом керування.

2.12 Технічний контроль за якістю ПР та ТО

До технічних заходів щодо управління якістю ремонту локомотивів відносяться: оснащення цехів новітнім технологічним обладнанням, оснащенням і інструментом; перевірка точності існуючого інструмента; обов'язкові перед постановкою на тепловоз, випробування всіх агрегатів і вузлів в умовах, що наближаються до експлуатаційних; неухильне дотримання всіх елементів технологічної дисципліни, зокрема розробка технологічних карт (стандартів підприємства) на всі ремонтні процеси та операції [5]. В локомотивних депо, як правило, застосовується комплексна система управління якістю праці (*КСУЯП*). *КСУЯП* передбачає перехід від пасивних методів контролю до активного впливу на якість за допомогою планування управління цим показником із застосуванням стандартів підприємства. Комплексна система є подальшим розвитком системи бездефектної роботи та бездефектної здачі продукції з першого пред'явлення.

Організаційно-методичною основою *КСУЯП* є стандарти підприємства. На залізниці встановлюється єдиний, для локомотивних депо порядок розробки та застосування стандартів, їхнього обліку та зберігання. Основними підсистемами

КСУЯП є управління якістю ремонту та експлуатаційною надійністю локомотивів (*УЯРЕН*) і управління якістю експлуатаційної роботи (*УЯЕР*).

Коефіцієнт якості роботи в підсистемі *УЯРЕН*

$$K_{\text{р}} = \frac{M_{\text{б}}}{M_{\text{рем}}} H_1 H_2 \frac{\alpha_{\text{н}}}{\alpha_{\text{ф}}} E_{\text{р}}, \tag{2.32}$$

де $M_{\text{б}}$ – число локомотивів, прийнятих з ремонту за розглянутий період без дефектів (з першого пред'явлення);

$M_{\text{рем}}$ – загальна кількість локомотивів, відремонтованих за той же період;

H_1 – коефіцієнт, що враховує псування локомотивів;

H_2 – коефіцієнт, що враховує позапланові ремонти локомотивів;

$\alpha_{\text{н}}$, $\alpha_{\text{ф}}$ – нормативний і фактичний відсотки несправних локомотивів;

$E_{\text{р}}$ – коефіцієнт, що враховує зміну собівартості ремонту та продуктивності праці.

Коефіцієнт

$$E_{\text{р}} = \left(1 + \frac{\Delta n_1' - \Delta n_2'}{10}\right)\left(1 + \frac{\Delta c_1 - \Delta c_2}{10}\right), \tag{2.33}$$

де $\Delta n_1'$, $\Delta n_2'$ – виконане і планове зростання продуктивності праці в системі *УЯРЕН*;

Δc_1, Δc_2 – фактичне та плановане зниження собівартості одиниці ремонту.

Коефіцієнт якості праці окремого працівника

$$K_u = 1 - \sum \Phi_i Ч_i, \tag{2.34}$$

де Φ_i – коефіцієнт зниження якості роботи;

$Ч_i$ – число випадків зниження якості цієї роботи.

Коефіцієнт якості праці в підсистемі *УЯЕР* може бути визначений за формулою

$$K_{\text{е}} = \frac{П_{\text{б}}}{П_{\text{о}}} ГТЕ_{\text{Е}}, \tag{2.35}$$

де $П_б$ – число поїздок, виконаних без порушень (бездефектних) за розглянутий період;

$П_о$ – загальна кількість поїздок за той же період;

$Г$ – коефіцієнт, що відбиває дотримання графіка руху пасажирських поїздів і виконання технічної швидкості;

$Т$ – коефіцієнт, що характеризує організацію праці та відпочинку локомотивних бригад;

$E_е$ – коефіцієнт, що враховує економічну ефективність експлуатаційної роботи.

Коефіцієнт

$$E_e = \left(1 + \frac{\Delta n_1'' - \Delta n_2''}{10}\right)\frac{T_2}{T_1}, \tag{2.36}$$

де $\Delta n_1''$, $\Delta n_2''$ – виконаний і планований ріст продуктивності праці в системі *УЯЕР*;

T_1, T_2 – виконана й планована норми витрати палива на тягу поїздів.

Коефіцієнт якості праці в системі *КСУЯП* можна визначити в такий спосіб:

$$K = \frac{1}{2}\left(\frac{M_б}{M_{рем}} H_1 H_2 \frac{\alpha_н}{\alpha_ф} + \frac{П_б}{П_о} ГТ\right)E, \tag{2.37}$$

$$E = \left(1 + \frac{\Delta n_1 - \Delta n_2}{10}\right)\left(1 + \frac{\Delta c_1 - \Delta c_2}{10}\right)\frac{T_2}{T_1}. \tag{2.38}$$

Значення коефіцієнтів якості праці $К_р$, $К_е$, $К_и$, можна оцінити по п’ятибальній шкалі:

Коефіцієнт якості	Більше 0,90	0,90 - 0,76	0,75 - 0,60	0,59 і нижче
Оцінка якості	5	4	3	2

У депо створюються громадські ради з якості, які очолюються начальником депо та складаються із представників громадських організацій, і службовців, а також постійно діючий виконавчий орган управління якістю праці на базі виробничо-технічного відділу депо із залученням працівників лабораторії надійності, приймальників локомотивів і ін. Їхнім завданням є систематичний аналіз всіх питань, пов'язаних з вивченням причин порч і відмов тепловозів, удосконалюванням методів їхньої експлуатації та ремонту.

Якість ремонту тепловозів контролюють як при випуску тепловоза з ремонту, так і в процесі ремонту та складання всіх основних агрегатів. Знаходить застосування так званий триступінчастий контроль якості (старший слюсар, майстер або бригадир, приймальник локомотивів). Періодично здійснюють контроль начальник депо і його заступники, технологи, а також громадські організації.

Приймальники локомотивів приймають найбільш відповідальні вузли й деталі в процесі складання, випробування, а також після закінчення ремонту; здійснюють контроль за дотриманням чинних правил поточного ремонту й технічного обслуговування, наказів, інструкцій і вказівок УЗ та служби Т залізниць; приймають тепловози, що випускаються із всіх видів поточного ремонту.

У багатьох депо регулярно проводяться Дні якості (як на ремонтних дільницях, так і при експлуатації тепловозів), під час яких керівники депо, приймальники, технологи, майстри цехів і машиністи-інструктори всебічно аналізують виявлені після ремонту дефекти, недоліки в режимах ведення поїздів. За результатами проведення Дня якості розмір премії працівникам може бути збільшений або зменшений.

У боротьбі за підвищення якості ремонту локомотивів беруть участь і локомотивні бригади. Вони повинні ретельно заповнювати журнали технічного стану тепловозів, які потім аналізуються керівниками депо, приймальниками та майстрами. У деяких депо машиністам видаються для заповнення талони повідомлення про якість виконаного ремонту. Практикується видача гарантійної путівки на тепловоз, що виходить із ремонту, у якій машиніст записує зауваження, виявлені в рейсі.

2.13 Реостатні випробовування тепловозів

2.13.1 Загальна характеристика реостатних випробувань тепловозів.

Випробування тепловоза є завершальним етапом технологічного процесу ремонту [5]. Устаткування, що знаходиться в кузові тепловоза, випробовують на спеціальній випробувальній станції в стаціонарних умовах. Випробування екіпажної частини (після виконання ремонтів ПР-3 і КР) проводять обкаткою тепловоза. На випробувальній станції для створення навантаження на тяговий генератор використовується рідинний (водяний) реостат або електромашинний агрегат, що входить в комплект установки з рекуперацією електроенергії. Установка А802 для рекуперації електроенергії стаціонарного типа перетворює електричну енергію постійного струму, що виробляється дизель-генераторами тепловозів, в електроенергію змінного трифазного струму напругою 6 *кВ*, частотою 50 *Гц* з віддачею її в енергосистему. Якщо для навантаження використовується рідинний реостат, то такі випробування прийнято називати реостатними. Найбільшого поширення на мережі набули реостатні випробування, які проводять на реостатних випробувальних станціях.

Розрізняють реостатні випробування тепловозів двох видів – повні і неповні (контрольні). Повні випробування застосовують при поточних ремонтах ПР-

3 і ПР-2, а контрольні – при поточному ремонті ПР-1 і у разі заміни найбільш відповідальних деталей або агрегатів при неплановому ремонті. Повні випробування діляться на два етапи: обкатувальні тривалістю 4 *год* і здавальні –1 година.

Обкатувальний етап випробувань призначений для контролю якості виконання монтажно-складальних робіт, попереднього припрацювання поверхностей деталей, що труться, виконання налагоджувальних робіт по всьому устаткуванню тепловоза; здавальний етап – для здавання всього силового устаткування тепловозів, повністю укомплектованого, відрегульованого і перевіреного на всіх режимах. При здавальних випробуваннях не допускається додаткове регулювання дизеля і електроапаратури, а також зупинка і подальший пуск дизеля, за винятком аварійних випадків.

Контрольні випробування проводять при необхідності для перевірки теплових параметрів дизеля, зовнішньої характеристики тягового генератора і регулювання реле переходів.

Типові випробувальні реостатні станції складаються з реостата, навантаження, і пульта управління. Залежно від кількості і розташування позицій, станції виконуються в шести типових варіантах – на одну, дві і чотири позиції, на одній та двох коліях. Залежно від призначення розрізняють станції для тепловозів потужністю 2208 *кВт* (у одній секції) – з реостатом А-455; для тепловозів потужністю 1472 *кВт* (у одній секції) – з реостатом А-95; для випробування маневрових тепловозів потужністю 810 *кВт* – з реостатом А-158. У всіх варіантах випробувальні станції розміщені на відкритих майданчиках.

Пульти управління з необхідним комплектом приладів встановлюють в спеціальних кабінах, що мають звукоізоляцію, опалювання, освітлення. Реостат складається з металевого бака, в якому змонтована група нерухомих (звичайно негативних) пластин, а між ними – група рухомих пластин. Товщина сталевих пластин 6–10 *мм*.

2.13.2 Методи навантаження тепловозів на реостатній станції

Навантаження дизель-генераторної установки (ДГУ) на водяному реостаті. Застосування водяних реостатів для стаціонарних випробувань тепловозів викликано необхідністю регулювання і настроювання електричної схеми тепловоза при плавній зміні навантаження дизель-генератора. Основною робочою рідиною водяних реостатів є вода і регулювальні елементи омічного опору – рухомі сталльні пластини. При поступовому підніманні пластин із води та опусканнях їх у воду плавно міняється сила струму, що виробляється ДГУ. Водяні реостати являються простими по конструкції, їх виготовлення не викликає утруднень і ремонт їх в процесі експлуатації не складний.

Таблиця 2.5

Прилади для проведення реостатних випробовувань

Найменування вимірюваного параметра	Прилад	Шкала приладу	Клас точності
Напруга тягового генератора	Вольтметр	0-1000 В	0,2; 0,5
Струм тягового генератора	Амперметр	0-400 А	0,2;0,5
Струм збудження генератора	Амперметр	0-200 А	0,2; 0,5
Струм незалежного збудження збудника	Амперметр	0-3 А	1,0
Струм у рівнобіжній обмотці збудника	Амперметр	0-6 А	1,0
Струм у рівнобіжній обмотці збудника	Амперметр	0-6 А	1,0
Струм у диференціальній обмотці збудника	Амперметр	0-60 А	1,0
Напруга збудника	Вольтметр	0-150 В	0,2; 0,5
Напруга допоміжного генератора	Вольтметр	0-150 В	1,0
Тиск спалаху в циліндрах	Максиметр	0-10МПа	0,5
Тиск наддувочного повітря в колекторі дизеля	U-подібний манометр	0-0,2 МПа (0-2 кгс/см^2)	ціна поділки 0,1 кПа
Напір охолоджувального повітря тягових електродвигунів	U-подібний манометр (з водою)	0-7,85 кПа (8-80 мм вод.ст.)	ціна поділки 1 мм вод.ст
Частота обертання вала дизеля	Тахометр	0-15 с$^{-1}$ (0-8000 об/хв)	похибка не більше 1 %

Для випробувань тепловозів серії 2ТЕ10М застосовують водяні реостати.

Водяний бак реостату зварений із сталі товщиною 10 мм. Бак безперервно наповнюється водою через напірну трубу. Верхній шар води зливається через колектор в каналізаційну мережу.

Найбільш відповідальною частиною реостату є рухома система, що складається з траверси, ізоляційних брусів, пластин, противаг, роликів, стальних тросів і мідних шин, що з'єднують між собою пластини однієї полярності. Плюсові пластини (електроди) розміщені між мінусовими. Рухома система реостату переміщується за допомогою електролебідки. Підіймання і опускання рухомої системи реостату обмежується кінцевими вимикачами, що автоматично вимикають електродвигун лебідки.

Реостат з'єднаний з генератором тепловоза кабелями. Бак кожного реостату заземлений за допомогою шини.

Розмір баку для води, а також плюсових і мінусових пластин і їх кількість визначається в залежності від максимальної напруги генератора тепловоза, його максимального короткочасного струму при мінімальній напрузі, струму тривалого режиму роботи генератора і від питомого опору води. Кількість охолоджуючої води визначається виходячи з її витрати (0,5 *л/с*).

Питомий опір води залежить від її температури і від вмісту різних домішок, які змінюють питомий опір води в широких межах. Тому при розрахунках вихідними даними є не питома провідність води, а допустима густина (навантаження) струму на пластини (електроди).

Незважаючи на простоту конструкції водяний реостат має ряд недоліків. Це насамперед швидке зношення пластин, надмірна витрата води, утруднена експлуатація в зимових умовах.

Окрім водяних реостатів існують навантажувальні установки на «сухих» реостатах з системою утилізації теплової енергії. Як зазначалось вище навантажувальні пристрої в вигляді рідинних реостатів, мають ряд суттєвих недоліків, обумовлених втратами теплової енергії, витратою води, періодичною заміною стальних пластин (електродів), а також додатковими витратами, зв'язаними із утриманням реостату в холодний період року.

Методика проведення реостатних випробувань характеризується дискретністю і змінністю режимів навантажень ДГУ. З досвіду проведення реостатних випробувань в депо, відомо, що скидання номінального навантаження проходить в середньому 4–5 раз за одну годину роботи дизеля. Окрім цього дискретність пояснюється ще й тим, що налаштування ДГУ проводять не тільки на номінальному режимі, але і на проміжних позиціях контролера машиніста.

Сучасний рівень науки і техніки дозволяє провести заміну існуючих реостатів на більш ефективні навантажуючі пристрої. В якості останніх пропонується застосувати «сухі» реостати (СР) із системою утилізації теплової енергії [10].

З практики відомо, що для настроювання селективної характеристики достатньо проводити контроль тільки в двох точках, а при налаштуванні зовнішньої характеристики – в трьох точках і в двох її зонах. При цьому параметри СР будуть залежить від номінальних навантажень і навантажень у вищеназваних точках.

В якості резисторів, замість металоємних чавунних елементів, як варіант можна застосовувати охолоджувані резистори, наприклад блоки гальмівних резисторів типу БТС-098, що встановлюються на електровозах змінного струму. Такі блоки мають автономні електровентилятори для охолодження резисторів, що при інших рівних умовах з водяним реостатом різко знижує їх масо габаритні показники.

Необхідна витрата повітря для охолодження резисторів СР становить 17,6 $м^3/с$ на номінальній потужності. Величини активних опорів визначається по закону Ома, а витрата охолоджуючого повітря розраховується із умови балансу енергії.

Універсальна установка, яка дозволяє утилізувати теплову енергію, що виділяється резисторами СР складається із блоків активних опорів, вентилятора, повітророзподільника і утилізатора тепла виконаного по типу поширених теплообмінників.

Установка розраховується на використання тепла для нагріву води або обігрівання приміщення в холодну пору року. Для цього в ній передбачають відбір

тепла від активних опорів за допомогою повітряного потоку з подальшим пропусканням нагрітого повітря через повітророзподільник в утилізатор тепла або в виробниче приміщення.

Необхідно також відмітити, що застосування СР дає можливість утилізувати енергію практично на всіх режимах навантаження ДГУ. Однак найбільшу ефективність від СР можна отримати застосувавши їх при обкатувальних випробуваннях дизеля тепловоза.

2.13.3 Стаціонарна установка для рекуперації електроенергії при випробуваннях тепловозів

Значне поширення в локомотивних депо і тепловозоремонтних заводах знайшла електромашинна установка рекуперації електроенергії при реостатних випробуваннях тепловозів.

Стаціонарна установка для рекуперації електроенергії призначена для перетворення електроенергії постійного струму дизель-генераторів тепловозів, в електроенергію змінного трифазного струму напругою 6 *кВ*, частотою 50 *Гц* з віддачею її в енергосистему (рис. 2.25).

Обладнання рекуперативної установки розміщується в спеціальній будівлі, яка складається з трьох приміщень, тобто машинного відділення, розподільчого пристрою постійного струму і приміщення чергового електромеханіка.

Основне обладнання рекуперативної установки: силовий 4-машинний перетворюючий агрегат 18, допоміжний 4-машинний агрегат 22, шафа апаратів змінного струму 6, шафа апаратів постійного струму 7, вентилятор машинного приміщення, високовольтні розподільчі пристрої типу КСО-2УМ 15, 16, панель керування і захисту синхронного генератора 11, пульт керування 12, шафа регуляторів збудження 9 і панель електричних лічильників обліку активної і реактивної електроенергії, що спожита і рекуперована 10, а також силові автомати 14 і роз'єднувачі 13.

Силовий 4-машинний перетворюючий агрегат складається з двох навантажувальних двигунів 2, синхронного генератора 19 і його збуджувача 17.

На вільному кінці вала збуджувача синхронного генератора встановлений датчик електротахометра 21.

Для визначення швидкості обертання вала агрегату, а на вільному кінці вала навантажувального двигуна Д1 встановлюється реле обертів 20 для захисту агрегату від розносу.

Допоміжний 4-машинний агрегат складається з приводного асинхронного двигуна 3, двох збуджувачів навантажувальних двигунів 4 і допоміжного генератора 5 для живлення ланцюгів керування (напруга 220 В, струм постійний).

В шафі апаратів змінного струму 6 встановлений вмикач кіл 380 В, магнітні пускачі приводного асинхронного двигуна 4-машинного допоміжного агрегату і вентилятора машинного приміщення 8, а також запобіжники кіл змінного струму.Шафа апаратів постійного струму 7 вміщує контактори збудження навантажувальних двигунів, двохполюсний вмикач кіл керування, запобіжники та вимірюючі шунти.

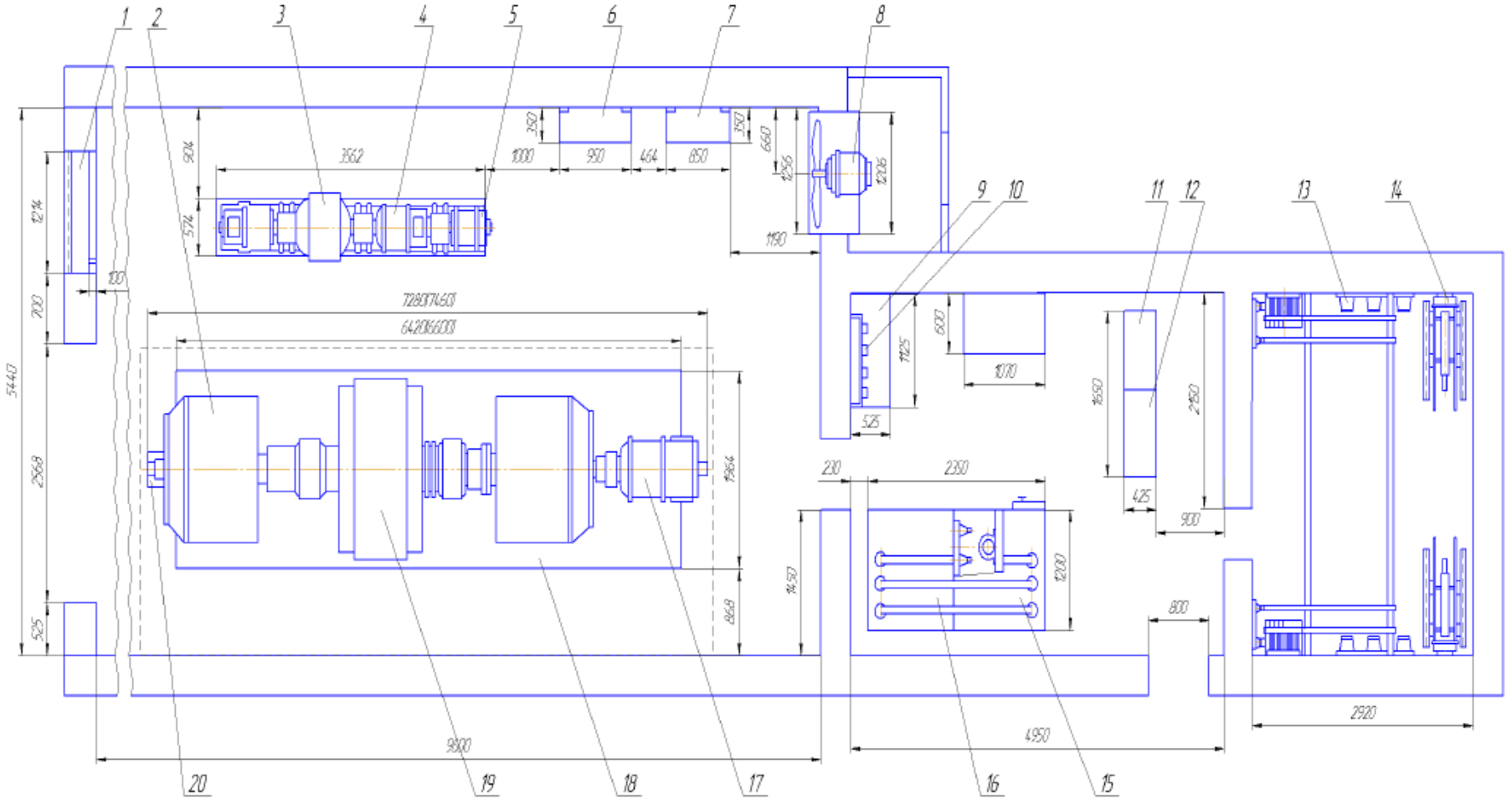

Рисунок 2.25 – Стаціонарна установка для рекуперації електроенергії при випробуваннях тепловозів

Тепловоз, що випробовується підключають до установки, потім включають допоміжний 4-машинний агрегат і встановлюють напругу кіл управління (220 *В*).

Встановлюють регулятор збудження збуджувача навантажувального двигуна в положенні, при якому струм збудження навантажувального двигуна буде 40–45 *А*. Вмикають кнопку КД, при цьому реле Р3, якщо воно було увімкнене, повинне вимкнутись.

Майстер випробувань вмикає силовий автомат АВ1 або АВ2 (в залежності від того, до якого навантажувального двигуна підключена секція тепловоза, що випробовується) і набирає позиції контролера машиніста по 3–4 включно. При цьому силовий 4-машиннй агрегат розкручується до 500–600 *об/хв*. Тоді електромеханік рекуперативної установки, зменшуючи збудження навантажувального двигуна, збільшує швидкість обертання агрегату до підсинхронної швидкості 980–990 *об/хв*, вимикає силовий автомат і вмикає масляний вимикач. Синхронний генератор СДС15-64-6 спеціального виконання вмикається в мережу в режимі асинхронного двигуна з послідуючим автоматичним ввімкненням контактора збудження КВ, після чого синхронний генератор входить в синхронний режим і працює як двигун і в режимі холостого ходу. Після вимкнення силового автомата майстер реостатних випробувань повинен перевести контролер машиніста на нульову позицію.

Перехід у режим навантаження (рекуперації) виконується наступним чином. При вимкнутому автоматі набирається перша або друга позиція контролера машиніста і за допомогою переносної кнопки управління автоматами і регуляторами збудження майстер випробувань, регулюючи збудження навантажувального двигуна, встановлює його напругу на 60–70 *В* менше напруги головного генератора тепловозу і вмикає силовий автомат. При цьому навантажувальний двигун приймає навантаження, достатнє для того, щоб синхронний генератор перейшов з режиму двигуна в генераторний режим з віддачею електроенергії в мережу.

Навантаження збільшується набором позицій контролера машиніста, а величина струму головного генератора тепловозу регулюється збудженням навантажувального двигуна, тобто при збільшенні збудження струм зменшується, а при зменшенні – збільшується. Таким же чином виконується регулювання величини струму головного генератора тепловозу і при пониженні позицій контролера.

Силовий автомат вимикається на першій позиції контролера машиніста і тільки після цього можна перевести його на нульову позицію. Повторне ввімкнення головного генератора тепловозу під навантаження виконується так, як вказано вище. При випробуванні двох секцій тепловозу одночасно друга секція вмикається під навантаження так само, як і перша, і випробуються незалежно одна від іншої.

Для ефективної рекуперації електроенергії при зміні навантаження електромеханіком рекуперативної установки підтримується постійний ємнісний cosφ синхронного генератора, який дорівнює 0,8–0,9. Регулювання cosφ виконується

регулятором збудження збуджувача синхронного генератора, а вимірювання – по фазометру, встановленому на пульті управління. Крім цього, на пульті управління розташовані амперметри для вимірювання струму синхронного збудження навантажувальних двигунів і вольтметри для вимірювання напруги допоміжного генератора і збуджувача синхронного генератора.

2.14 Система технічного діагностування при ремонті локомотивів

Досягнення науково-технічного прогресу в створенні інформаційно-вимірювальних систем контролю та діагностування висувають необхідність суттєвої перебудови технології та організації технічного обслуговування і поточного ремонту локомотивів. Головна задача її складається в створенні комплексної системи ремонту науково обгрунтованим регламентним впливом на устаткування, який враховує реальний технічний стан вузлів і агрегатів локомотива [3]. Необхідною умовою для одержання поточної інформації про технічний стан устаткування.

У технологічному процесі діагностування локомотива виконуються три основні функції: одержання інформації про технічний стан конкретного устаткування або деталі методом виміру обраного контрольного параметра [3], обробка та аналіз інформації на ЕОМ, оцінка стану діагностичних елементів [3], що підлягали діагностуванню та прогнозування їх залишкового ресурсу [3].

На визначеному етапі розвитку засобів технічної діагностики локомотивів [3] була висунута гіпотеза про можливість поступового «відмирання» основних взаємозалежних регламентів існуючої планової системи – норм періодичності, циклічності та перелік обов'язкових робіт для кожного виду ТО та ПР, витрат запасних частин і т.і. Всі ці норми, як передбачалося, втратять значення в умовах, коли депо буде мати у своєму розпорядженні засоби неруйнівної оцінки технічного стану кожного локомотива, коли терміни та об'єми контролю і ремонту локомотивів будуть чисто індивідуальними. Проте дослідження які проводяться зараз [3] дозволили більш обгрунтовано відповісти на запитання – діагностування замість плановості технічного утримування локомотивів або поряд із плановістю, але в якості лише чинника, який корегує планову систему та об'єми ремонтних робіт.

Аналіз Правил ремонту ТРС (накази Укрзалізниці №187 від 19.12.1995 р., №351-Ц від 14.12.1999 р., № 196-Ц від 4.04.2001 р., №30 – ЦЗ від 31.01.2005 р., №093-ЦЗ від 30.06.2010 р., №429-Ц від 15.10.2016 р.) показав, що необхідність ТО визначається потребою не тільки виявляти дефекти, але і проводити добавку мастила, заміняти елементи, які скоро зношуються, виконувати очищення, регулювання, профілактику гальм і приладів безпеки руху. Необхідність планових ремонтів визначається, головним чином, потребою в заміні або ремонті елементів локомотива, які досить повільно зношуються, старіють та деформують.

Багатьом відмовам передує поступовий розвиток дефекту, зміна фізичних властивостей, розмірів і форми деталей. Виявлення таких дефектів без розбирання вузла до їхнього переходу до відмовного стану дозволяє своєчасно усунути дефект, витративши на це значно менше коштів, чим на відновлення працездатності вузла після його відмови. При цьому попереджуються і втрати в експлуатації.

За останні десятиліття суттєво змінився погляд на роль і кінцеву мету технічного діагностування в локомотивному господарстві. Якщо в початковий період зверталися до технічного діагностування як до засобу підвищення надійності рухомого складу [3], то зараз намітилася тенденція розглядати технічну діагностику як великий резерв підвищення ефективності роботи рухомого складу [3] і удосконалення системи утримування ТРС [3].

Як показує практика, удосконалення системи ТО і ПР локомотивів в експлуатації на базі використання систем діагностування дозволяє знизити число непланових ремонтів у середньому на 25 %, зменшити експлуатаційні витрати палива на 5–8 %. Знизити деповський відсоток несправних локомотивів на 0,3 % при скороченні часу простою на непланових ремонтах близько 50 %.

Найбільш розповсюдженими в даний час є системи діагностування електроустаткування локомотивів. Це обумовлено простотою одержання інформаційного сигналу і пристроїв узгодження, а також можливістю застосування математичних методів технічного діагностування з використанням ЕОМ [3].

На створених в Україні магістральних електровозах ДС-3 встановлена бортова система діагностування, що призначена в основному для контролю електричних параметрів електровоза.

Створення і впровадження СТД у практику роботи локомотивних депо і локомотиворемонтних заводів у нашій країні та в країнах СНД зустрічає багато труднощів. Це обумовлено відсутністю завершеної та перевіреної науково обгрунтованої методології діагностування, недостатньою теоретичною розробкою систем діагностування локомотивів, неповнотою представленого статистичного матеріалу, що відбиває вплив діагностування на експлуатацію і ремонт локомотивів, відсутністю спеціалізованого устаткування.

Практика впровадження технічного діагностування тепловозів показує, що на приєднання і від'єднання діагностичних засобів затрачується до 70 % загального часу, необхідного для процесу діагностування (на встановлення режиму роботи агрегатів і вимір діагностичних параметрів 15–20 %, на аналіз і фіксацію результатів 10–15 %). Отже основний резерв скорочення часу на діагностування пов’язаний зі зменшенням витрат на установку та зняття діагностичних приладів. Найважливіший шлях зменшення цього часу – підвищення контролепридатності локомотивів.

Орієнтовні розрахунки показали, що ефективність технічних засобів діагностування може бути підвищена за рахунок поліпшення контролепридатності на 80 %, а в результаті удосконалювання систем діагностування – 20–30 % [3].

Тому для зменшення вартості перевірок з пошуком несправностей необхідно використовувати автоматизовані комплексні системи перевірок за допомогою об'єктивних методів і сучасних технічних засобів, що забезпечують зниження трудомісткості і часу простою локомотивів на технічному обслуговуванні та ремонті, а також підвищувати контролепридатність існуючих і знову створюваних локомотивів.

Впровадження процедури діагностування в традиційну планово-попереджувальну систему ремонту призводить до її індивідуалізації, адаптації до технічного стану кожного локомотива окремо за рахунок зміни раніше єдиних (по серіях) для усього парку норм періодичності та об'єму ремонту або ТО.

В результаті регулярного діагностування значної кількості локомотивів при веденні обліку (накопичення протоколів) результатів діагностичного контролю в депо накопичується значний масив інформації про технічний стан локомотивів. Для зменшення трудомісткості, підвищення оперативності обробки такої інформації необхідна організація автоматизованого діагностично – статистичного комплексу (АДСК) (рис. 2.26). За звичай дані про технічні параметри, одержані за допомогою діагностичних пристроїв, використовуються для оперативних рішень і для створення бази даних, на основі якої інколи з різною періодичністю вирішуються задачі неоперативного характеру. До числа оперативних відносять задачі – визначення наявності несправності локомотива, виявлення її місця для організації швидкого відновлення працездатності локомотива.

Оперативні рішення по відновленню працездатності локомотива в більшості випадків можуть прийматися і без використання АДСК оскільки діагностичні пристрої надають інформацію про технічний стан вузлів, які підлягають перевірці, у вигляді, який дозволяє співставити фактичне значення контрольованих параметрів із бракувальними значеннями. У цьому випадку роль АДСК зводиться тільки до роздруківки протоколів діагностування, і до поповнення бази даних із наступним збереженням і використанням у якості одного з елементів статистичного масиву, необхідного для рішення неоперативних задач, найважливішою з яких є оцінка залишкового ресурсу вузлів та локомотива в цілому.

Слід зазначити, що прогнозування термінів закінчення ресурсу здійснюється тільки для устаткування, відмови якого не є «раптовими», а відносяться до числа «поступових», які викликані зносом, старінням або зміною хімічних властивостей матеріалів, регулюванням апаратури і т.і.

Наявність оцінок залишкового ресурсу вузлів, відновлення яких визначає термін чергового планового ремонту локомотива (ПР та КР) дозволяє ревізувати цей термін для кожного конкретного локомотива, використовуючи спеціальні методики техніко-економічних розрахунків, які можливо реалізувати за допомогою АДСК.

На АДСК ведуться діагностичні паспорти (особова справа) кожного локомотива приписного парку депо. Це дозволяє не тільки прогнозувати залишковий ресурс його вузлів, але і перед кожним ТО-3, ПР-1 або ПР-2, ПР-3 одержувати за

допомогою АДСК довідки, які містять наступну інформацію: дати ТО, ПР і діагностувань за попередні періоди; наробіток локомотива до цієї дати; перелік усунутих на ТО і ПР несправностей; зміна значень параметрів, які підлягають контролю; прогнозування терміну закінчення ресурсу основних вузлів, що знаходяться під контролем; обсяги чергової діагностичної перевірки; експлуатаційні показники роботи даного локомотива за останній період часу і т.і

За допомогою АДСК з інтервалом в 1–2 роки можливе також вирішення задач оцінки економічної ефективності застосування того чи іншого діагностичного пристрою та запропонованої системи поточного ремонту і технічного обслуговування в цілому. Для цього використовується деповська інформація про надійність локомотивів, експлуатаційних і ремонтних показників. На рис. 2.26 подана схема, яка характеризує основні потоки інформації для функціонування АДСК. Як видно, при організації нової комплексної системи ТО і ПР на основі впровадження засобів технічного діагностування – в основу закладається принцип моніторингу технічного стану устаткування, тобто постійного за часом або періодичного контролю рівня параметрів, які знаходяться під контролем. Відповідно до цього задачі діагностування устаткування ТРС повинні вирішуватися за допомогою функціональних підсистем, які мають таке призначення :

- стаціонарна система діагностування для локального контролю, поглибленого діагостування (до рівня елементів), аналізу дефектів, а також прогнозування залишкового ресурсу та рівня безпеки основних вузлів і агрегатів устаткування локомотива (за результатами аналізу діагностичної інформації призначаються регламентні роботи з технічного обслуговування та поточного ремонту устаткування локомотива);
- бортова (вбудована) автоматизована система діагностування для оперативного контролю та діагностування основних вузлів устаткування, контролю готовності устаткування до роботи, вводу в оперативну пам’ять характеристик дефекту, який розвивається, індикації технічного стану вузлів і агрегатів, роботи в діалоговому режимі з експертною системою з метою запобігання відмови, яка може бути загрозливою з точки зору безпеки руху поїздів;
- автономна система діагностування (штатні датчики) для контролю обраних параметрів з метою оцінки працездатності вузла або апарата ТРС, порівняння їх із бракувальним значенням, архівація даних контролю в оперативному пристрої, який запам’ятовує інформацію, для наступної передачі її в ЕОМ [3].
- В загальному випадку, найближчим часом в локомотивних депо та локомотивах будуть одночасно використовуватися стаціонарна та автономна підсистеми і вже тільки після створення локомотивів нового покоління бортова система діагностики. Для цього необхідна розробка базового комплексу для всіх депо. А вже потім в залежності від рівня виходу з ладу вузлів локомотивів різних серій у різних депо базовий комплекс може доповнюватися іншими діагностичними пристроями з дозволу Укрзалізниці.

Для того щоб впровадити задумане необхідно відповідним структурним підрозділам депо подавати пропозиції відносно переліку локомотивного устаткування, яке повинно підлягати діагностуванню бортовими, яке переносними пристроями, а яке засобами стаціонарної діагностики.

Рисунок 2.26 – Схема основних потоків діагностичної інформації та прийняття рішень по технічному стану парку локомотивів

Інформація від цих пристроїв буде використовуватися локомотивними бригадами на шляху прямування, персоналом ПТОЛ при визначенні об'єму робіт на ТО-2 (бортові діагностичні пристрої архівують дані про нормальну роботу локомотивного устаткування за кожну поїздку і за запитом майстра ПТОЛ можуть видавати її на інформаційне табло, розташоване в кабіні машиніста), ремонтним персоналом депо при уточненні обсягу ТО-3 і ПР. Необхідно також звернути увагу і на те, що оснащення локомотивів бортовими діагностичними пристроями суттєво підвищує вартість одержання інформації (про стан вузлів локомотива) у порівнянні з пристроями наземними – переносними, автономними або стаціонарними. Це обумовлено тим, що сума цін бортових пристроїв, число яких дорівнює кількості локомотивів у депо, як правило, значно перевищує вартість незначної кількості переносних приладів або стаціонарної діагностичної установки. Тому й принято одержувати інформацію з локомотива від пристроїв, які виконують, головним чином, функцію автоматичного керування локомотивом (штатні датчики). У цьому випадку бортові пристрої об'єднують в собі функції керування та діагностування одночасно, що дає можливість значно скоротити термін їхньої окупності.

На рис. 2.27 в якості узагальнення всього викладеного вище матеріалу приведена, як варіант, структура методичного та технічного забезпечення можливої нової системи ремонту, та можливі наслідки її впровадження. При впровадженні варіанту такої системи поряд з основними необхідно вирішити і ряд прикладних але обов'язкових задач технологічного та організаційного характеру. Так, повинні бути цілком задокументовані процеси діагностування, розроблено типове положення про терміни та порядок проведення діагностичного контролю в депо, внесені доповнення в Правила ремонту по тим пунктам, по яких регламентуються роботи. За результатами регулярного техніко-економічного аналізу результатів застосування системи ремонту з регламентованим використанням діагностики в цю систему періодично повинні вноситися корективи, спрямовані на її удосконалення

Для цього і повинен бути організований збір, обробка та використання даних по надійності, значенням параметрів, які підлягають контролю та інших показників. А вже більш суттєві зміни планово-попереджувальної системи ремонту можуть бути внесені надалі: при зміні конструкції локомотивів (підвищенні їхньої контроле- і ремонтопридатності) та «омолодження» парку, при створенні єдиного ремонтно-технологічного комплексу на основі впровадження широкого спектру засобів технічної діагностики, а також концентрації та спеціалізації локомотиворемонтного виробництва [3].

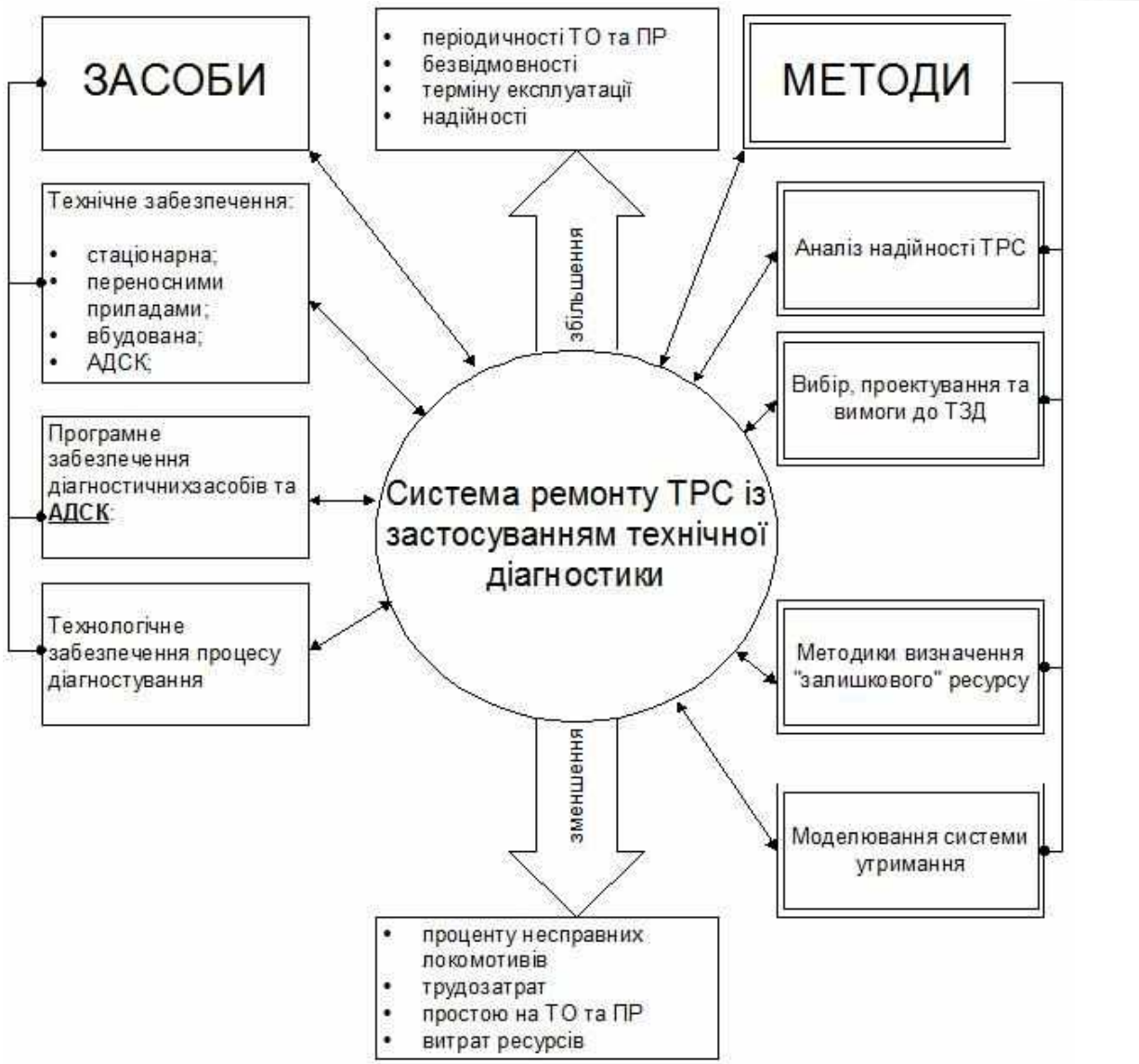

Рисунок 2.27 – Складові нової системи утримування та наслідки її впровадження

Запитання для самоконтролю

1. *Який нормативний документ визначає міжремонтний інтервал та час простоювання локомотивів в ремонті.*
2. *Дайте характеристику агрегатному методу ремонту.*
3. *Дайте характеристику крупноагрегатному методу ремонту.*
4. *Механізація та автоматизація ремонтного виробництва.*
5. *Планування постановки локомотивів у ремонт.*
6. *Система технічного діагностування при ремонті локомотивів.*
7. *Реостатні випробування тепловозів.*
8. *Характеристика допоміжних відділень депо.*
9. *Організація роботи ремонтних ділянок*

РОЗДІЛ 3 ЕКІПІРУВАННЯ ЛОКОМОТИВІВ ТА ЕКІПІРУВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ

3.1 Організація процесу екіпірування

Екіпіруванням називається комплекс операцій по підготовці локомотива до чергового рейсу та постачання його матеріалами, що забезпечують нормальне функціонування агрегатів [8]. До екіпірувальних операцій відносяться: постачання електровоза піском, мастильними та обтиральними матеріалами, а тепловоза та дизель-поїзда ще й паливом та водою; підготовка до рейсу – зовнішнє очищення та обмивання, обдування тягових електродвигунів і електричної апаратури. Більшість екіпірувальних операцій приурочується до моменту проведення чергового технічного обслуговування ТО-2 та ТО-3 і перебування локомотива в основному або оборотному депо. Лише такі операції, як постачання піском та паливом, при необхідності можуть виконуватися також на проміжних дільничних станціях.

На екіпірувальні операції витрачається до 15 % часу обороту локомотива, а скорочення цього часу збільшує корисну роботу локомотивів, підвищує ефективність їхнього використання. Середня тривалість екіпірувальних операцій для тепловозів і дизель-поїздів характеризується даними, що представлені нижче (без врахування часу на переміщення локомотива по екіпірувальних коліях):

Операції	Тривалість, *хв*
Постачання дизельним паливом тепловозів:	
ТЕП60, М62	13–15
2ТЕ10М, 2ТЕ116, 2М62	16–18
Забезпечення мастильними та обтиральними матеріалами тепловоза:	
односекційного	5
двосекційного	8
Заливання охолоджувальної води	10
Завантаження піску при ємності пісочниць, м^3*:*	
0,5	4–5
1,0	7–8
1,5	9–12
Очищення, обмивання	10–20

Для трисекційних тепловозів норми збільшуються на 15 – 20 %

Всі екіпірувальні операції можуть виконуватися послідовно – паралельно в часі, займаючи одну екіпірувальну позицію. Загальна тривалість екіпірувальних операцій залежно від організації робіт та серії локомотива коливається від 15 до 60 хв:

Екіпірування	Тривалість, *хв*
Повне, об'єднане з технічним обслуговуванням ТО-2 вантажних тепловозів	60*
Об'єднане без ТО-2 з однієї постановки	30
На станційних приймально-відправних колій	20

* Для пасажирських локомотивів цей час збільшується до 120 хв.

На рис. 3.1 представлена залежність витрат часу на постачання тепловозів паливом і піском від кількості одержуваних матеріалів і деяких показників пристроїв постачання. На рис. 3.2 і 3.3 наведені наближені графіки екіпірування тепловозів, не об'єднаного з ТО-2 у депо та на станційних коліях.

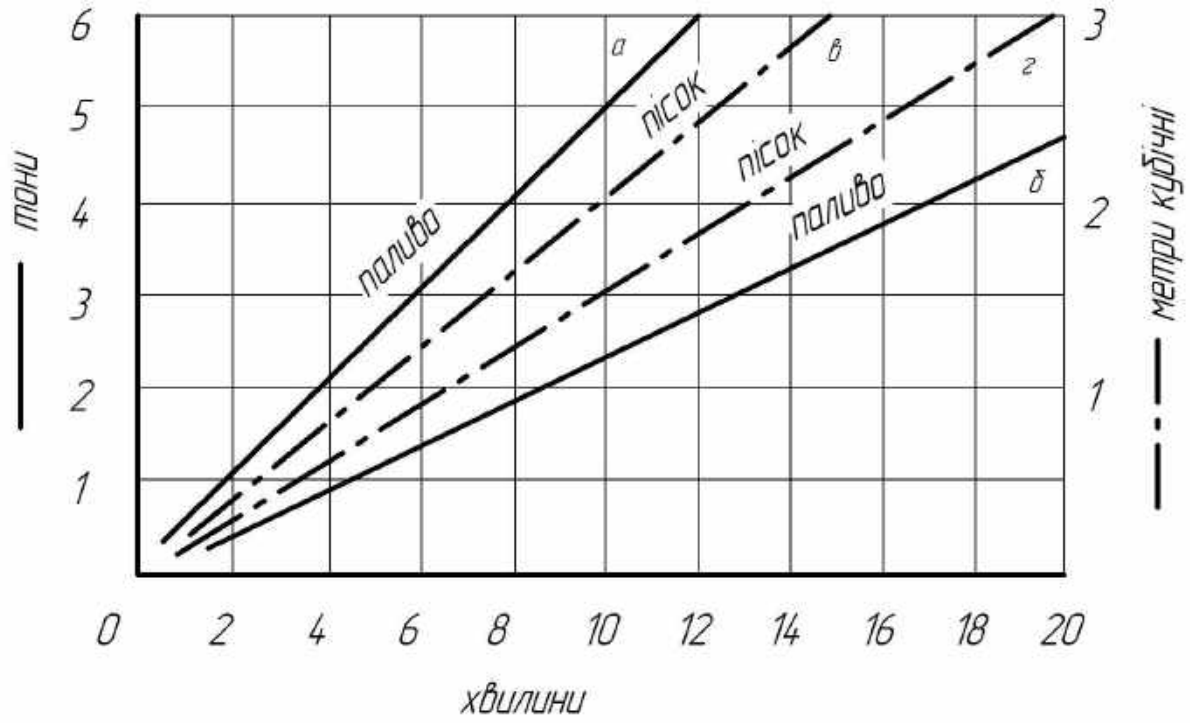

Рисунок 3.1 – Витрати часу на постачання тепловоза паливом при продуктивності лічильника:

а – 30 м^3/год; б – 14 м^3/год і піском при діаметрі трубопроводу; в – 75 мм; г – 65 мм.

Операції	Тривалість операцій, хв	Час, хв 5 10 15 20 25 30 35
Огляд, приймання та здавання тепловоза бригадами	30	
Набір мастильних матеріалів	5	
Набір дизельного палива	10	
Набір води	10	
Змащування тепловоза	15	
Набір піску	10	
Перевірка локомотивної сигналізації з автостопом	5	
Загальний час простоювання	35	

Рисунок 3.2 – Графік повного екіпірування та огляду тепловоза на території депо.

Операції	Тривалість операцій, хв	Час, хв 5 10 15 20 25 30
Огляд, приймання та здавання тепловоза бригадами	25	
Набір мастильних матеріалів	5	
Набір дизельного палива	10	
Набір води	5	
Змащування тепловоза	15	
Набір піску	10	
Загальний час простоювання	25	

Рисунок 3.3 – Графік повного екіпірування та огляду тепловоза на станційних коліях.

Екіпірувальне господарство депо включає склади, пристрої для підготовки екіпірувальних матеріалів, подачі їх на локомотиви, обліку витрати та контролю якості екіпірувальних матеріалів і виконання операцій.

Екіпірування дизельних поїздів та МВРС має деякі особливості. Крім технічного обслуговування та основних екіпірувальних робіт з постачання дизельним паливом, водою, піском, змащуванням, обтиральними матеріалами, а також обмиванням ходових частин і кузовів, на спеціалізованих коліях виконуються внутрішня дезинфекція та дезинсекція вагонів дизель-поїзда та МВРС шляхом обприскування відповідними розчинами. А через 1–2 *год* у вагонах виконують вологе прибирання.

Екіпірувальні пристрої для локомотивів діляться на стаціонарні та пересувні. Пересувні екіпірувальні пристрої у вигляді поїздів і заправників на базі вантажних автомашин застосовують для екіпірування одиничних локомотивів, що працюють на дільничних станціях; маневрових локомотивів та локомотивів, що експлуатуються на новобудовах (тимчасова експлуатація). Екіпірувальний поїзд, що складається із двох цистерн із рідким паливом, двох вагонів із піском, вагона

із запасом мастильних і обтиральних матеріалів, насосного та силового устаткування, заправляється необхідними матеріалами один раз на добу від стаціонарних екіпірувальних пристроїв основного депо й може за добу екіпірувати до 30 локомотивів з витратою часу на одне екіпірування 30–35 *хв*.

При електричній тязі маневрова робота найчастіше виконується тепловозами. Тому, крім пристроїв для екіпірування електровозів, необхідно мати додаткові пристрої для постачання маневрових тепловозів дизельним паливом, дизельним маслом, охолоджуючою водою та розташовувати їх на колії, що не має контактного дроту. Екіпірування виконують або локомотивні (машиніст та його помічник), або спеціальні бригади. При екіпіруванні тепловозів на приймально-відправних коліях станцій через обмежений час простоювання тепловоза з поїздом (за розкладом) роботи працюють обидві локомотивні бригади – та що прибула й та що відправляється в рейс, але набором дизельного палива і в цьому випадку, як правило, відає спеціальний екіпірувальник.

3.2 Розташування екіпірувальних пристроїв на лінії та в депо

Раціональний варіант розміщення комплексу екіпірувальних пристроїв вибирається на підставі техніко-економічних розрахунків [9]. Річні експлуатаційні витрати (у *грн*), що залежать від варіанту розміщення екіпірувальних пристроїв, можна визначити за формулою

$$E_{\text{річ}} = E_1 c_1 + E_2 + e_{\text{л}} \sum t, \tag{3.1}$$

де E_1 – капітальні вкладення в екіпірувальні пристрої, *грн*;

E_2 – річні витрати по утримуванню екіпірувальних пристроїв, *грн*;

$e_{\text{л}}$ – грошові витрати, пов'язані із простоєм локомотивів на екіпіруванні, з урахуванням часу на пересування, очікування екіпірування і т.п., *грн/год*;

c_1 – норма амортизаційних відрахувань;

$\sum t$ – загальний час перебування локомотивів на екіпіруванні за рік з урахуванням часу на пересування та очікування, *год*.

Раціональний варіант відповідає мінімальному значенню $E_{\text{річ}}$. У більшості випадків екіпірування тепловозів при роботі їх на ділянці обігу з розташуванням основного депо десь посередині ділянки, доцільно передбачати в пунктах обороту, а при необхідності й на приймально-відправних коліях станції основного депо (при обслуговуванні поїздів кільцевим способом). При роботі тепловозів на тяговому плечі (основне депо розміщається в кінцевому пункті залізничної ділянки) екіпірувальні пристрої доцільно розташувати в основному депо, по можливості ближче до приймально-відправних станційних колій.

Екіпірувальні пристрої на приймально-відправних коліях станції розташовують, як правило так, щоб тепловози могли забезпечуватися паливом і піском

ДО ЗМІСТУ

без відчеплення від поїзда, що дозволяє заощаджувати експлуатаційні витрати за рахунок скорочення пробігу локомотивів.

Відкриті площадки можна використовувати за умови, що зовнішня температура повітря не буде нижче – 25 °С. На тяговій території депо та районах станцій, на відкритих площадках екіпірувальні пристрої споруджують для маневрових тепловозів і тепловозів, що виходять із технічного обслуговування та поточного ремонту. В основних локомотивних депо обов'язково є комплекс екіпірувальних пристроїв незалежно від їхньої наявності на приймально-відправних коліях станції.

Комплекс екіпірувальних пристроїв повинен розташовуватися максимум на 3 позиціях (рис. 3.4). Очищення (обмивання) тепловоза та обдування тягових електродвигунів, допоміжних електричних машин і електроапаратури, а також видалення пилу з кабін і кузовів тепловозів виконуються на окремій позиції та лише в основному депо або пунктах обороту перед постановкою локомотивів на технічне обслуговування ТО-2, ТО-3 і планові види поточного ремонту. При розміщенні екіпірувальних пристроїв на лінії залізниці насамперед визначають найбільший можливий пробіг, що тепловоз може пропрацювати, не заправляючись мастильними матеріалами, водою, піском і паливом. При тепловозній тязі досить визначити пробіг між пунктами постачання паливом і піском, тому що запас мастильних матеріалів і води забезпечує їхній пробіг між технічними обслуговуваннями ТО-2. Тому споруджувати екіпірувальні пристрої для постачання мастильними матеріалами й водою поза пунктами технічного обслуговування не доцільно.

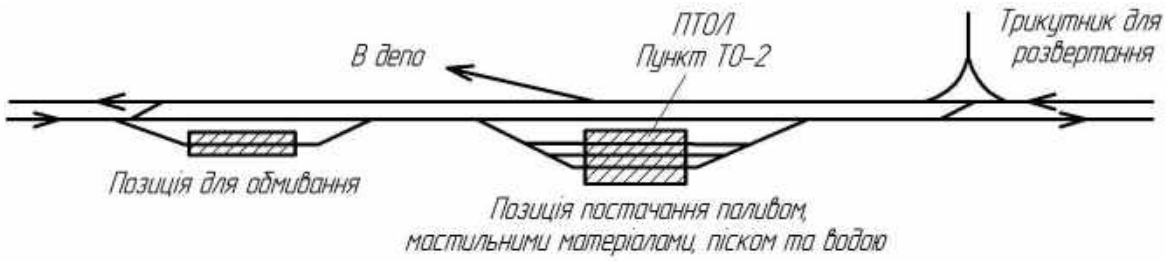

Рисунок 2.4 – Трипозиційний комплекс екіпірувальних пристроїв для тепловозів

Найбільший пробіг тепловозів і дизель-поїздів (у км) між пунктами постачання піском визначається за формулою

$$L_{\text{п}} = \frac{0,9E_{\text{п}}}{Q \cdot e_{\text{п}}} 10^6, \qquad (3.2)$$

де 0,9 – коефіцієнт, що враховує 10 %-вий залишок піску в бункерах тепловоза;

$E_{\text{п}}$ – розрахункова ємність бункерів тепловоза, $м^3$;

Q – маса складу брутто, $т$;

$e_{\text{п}}$ – максимальна норма витрати піску, $м^3$ на 10^6 *ткм брутто*.

Найбільший пробіг тепловозів і дизель-поїздів (у *км*) між пунктами постачання паливом

$$L_{т} = \frac{0,9E_{т}}{Q \cdot e_{т}} 10^{4}, \qquad (3.3)$$

де 0,9 – коефіцієнт, що враховує 10 %-вий залишок палива в паливних баках;

$E_{т}$ – розрахункова ємність паливних баків, *кг*;

$e_{т}$ – норма витрати палива на 10^4 ткм бр., *кг*.

Норми витрати $e_{п}$ піску та палива $e_{т}$ залежать від кліматичних умов, що оцінюються температурою навколишнього середовища (взимку); складності рельєфу колії, що оцінюється типом профілю (I, II, III і IV); маси складу та серії локомотива. Отже, ці фактори визначають розміщення пунктів екіпірування на лінії залізниці. Запаси піску та дизельного палива на тепловозах наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Запаси піску та палива на тепловозах

Розрахункові запаси екіпірувальних матеріалів	Серія тепловоза				
		2ТЕ10М	2ТЕ116	2ТЕП60	
Палива, *кг* Піску, *м³*		2х6300 1,31	2х6500 1,70	2х6500 1,19	

Максимальні норми витрати піску, що визначені для найгірших умов експлуатації локомотивів, коливаються, наприклад, для тепловозів 2ТЕ10М від 0,18 *м³* на 10^6 ткм брутто при масі складу 2000 *т* і I типу профілю колії і до 0,41 *м³* на 10^6 ткм брутто для маси складу 4000 *т* і IV типу профілю колії.

Норми витрати дизельного палива при проектуванні депо встановлюють також залежно від серії тепловоза, маси складу та типу профілю колії. Наприклад, для тепловозів серії 2ТЕ10М норма витрати натурального дизельного палива для III типу профілю колії коливається від 34,6 *кг* на 10^4 ткм брутто при масі складу 2500 *т* до 27,6 на 10^4 ткм брутто при масі складу 4500 *т* для I типу колії.

Розрахунки показують, що запас піску на тепловозі забезпечує його пробіг від 400 до 900 *км* залежно від типу профілю та маси складу. У цьому ж діапазоні перебувають, пробіги між постачанням дизельним паливом.

3.3 Визначення необхідної кількості екіпірувальних позицій

Кількість екіпірувальних місць n_i кожної екіпірувальної позиції [5]

ДО ЗМІСТУ

$$n_i = \frac{M_{\text{ек}_i}(t_{\text{ек}_i} + t_{\text{пос}_i})}{T_{\text{ек}_i}} \varphi_i, \qquad (3.4)$$

де $M_{\text{ек}_i}$ – кількість тепловозів, що проходять екіпірування за добу на і-ій позиції, од.;

$t_{\text{ек}_i}$ – тривалість і-ої екіпірувальної операції; *хв;*

$t_{\text{пос}_i}$ – час на постановку тепловоза на і-ту позицію;

$T_{\text{ек}_i}$ – добовий фонд робочого часу і-ої позиції, хв; $T_{\text{ек}_i} = 1440$ *хв*;

φ_i – коефіцієнт нерівномірності надходження тепловозів на екіпірування на і-ту позицію, що враховує одночасність прибування локомотивів на екіпірування.

Коефіцієнт φ визначається на підставі аналізу графіка руху поїздів, по якому і виявляється одночасність надходження поїздів. При довжині тягових плеч L, близьких до екіпірувального пробігу $L_{\text{ек}}$, локомотив буде екіпіруватися щоразу при заході на станцію депо обороту, де розташовуються екіпірувальні пристрої. У цьому випадку $M_{\text{ек}} = N$, тоді кількість екіпірувальних місць

$$n_i = \frac{N(t_{\text{ек}_i} + t_{\text{пос}_i})}{T_{\text{ек}_i}} \varphi_i, \qquad (3.5)$$

де N – число пар поїздів.

Коефіцієнт нерівномірності підходу локомотивів на екіпірування залежить від графіка руху поїздів і приймається в межах 1,25–1,5.

Розрахунок числа екіпірувальних місць за формулою (3.4) дає лише наближений результат, що не виключає утворення черги із локомотивів, які очікують екіпірування та технічного обслуговування і не є оптимальним, при якому витрати, пов'язані з очікуванням екіпірування, у сумі з відрахуваннями по капітальних витратах на побудову та утримування екіпірувальних пристроїв складуть мінімум.

Для знаходження оптимального рішення у визначенні необхідної кількості екіпірувальних позицій використовується теорія масового обслуговування з мінімізацією цільової функції

$$F = c_1 a(n) + c_2 n \to \min, \qquad (3.6)$$

де c_1 – середня вартість 1 *год* простою тепловоза на екіпіруванні та ТО-2;

$a(n)$ – сумарний час перебування тепловоза на екіпіруванні протягом року з урахуванням часу знаходження в черзі;

c_2 – середньорічні витрати на утримування однієї екіпірувальної позиції з урахуванням відрахувань на капіталовкладення;

n – число екіпірувальних позицій.

Критерієм ефективності при рішенні поставленого завдання може бути мінімальна кількість тепловозів, що очікують своєї черги екіпірування, яка в свою чергу залежить від величини середньої кількості надходжень локомотивів на екіпірування в одиницю часу T (інтенсивність вхідного потоку λ):

$$\lambda = \frac{M'_{\text{ек}}}{T},$$

де $M'_{\text{ек}}$ – число локомотивів, що проходять екіпірування в одиницю часу T.

Доцільність спорудження додаткової екіпірувальної позиції обумовлюється співвідношенням

$$\sum C < c_{втр}\,\bar{\tau},$$

де $\sum C$ – сумарні витрати на будівництво та експлуатацію за період окупності екіпірувальної позиції, *грн/добу;*

$c_{втр}$ – втрати із-за очікування локомотивами своєї черги, *грн/добу;*

$\bar{\tau}$ – середній простій всіх локомотивів у черзі в одиницю часу, *доба/добу:*

$$\bar{\tau} = \overline{t_{\text{оч}}}\ \lambda,$$

де $\overline{t_{\text{оч}}}$ – середній час очікування локомотивами обслуговування в черзі, *доба*.

У депо, де екіпірується за добу більше 60 тепловозів, число екіпірувальних місць на позиції об'єднаного екіпірування (постачання паливом, піском, мастильними матеріалами та водою) повинно бути не менше трьох, і найкраще розміщати їх на цій позиції паралельно. Обмивальних позицій у цьому випадку досить мати дві.

3.4 Паливне господарство

Комплекс пристроїв паливного господарства депо складається зі складу рідкого палива [5, 8]: наземних резервуарів, естакади для зливання та пристроїв, що забезпечують прогрівання палива в зимовий час; насосне устаткування із системою трубопроводів; роздавальних пристроїв для безпосереднього заправлення тепловозів дизельним паливом. Розміри та потужності пристроїв паливопостачання визначаються добовою витратою дизельного палива.

ДО ЗМІСТУ

Принципи нормування витрат палива. У локомотивному господарстві дизельне паливо споживається тепловозами та дизель-поїздами, дизельними кранами та стаціонарними установками. Точна витрата палива дизельними локомотивами підраховується під час виконання тягових розрахунків. Витрату на тягу поїздів можна підрахувати також і по укрупнених нормах витрати умовного або натурного палива на вимірник роботи, тобто на 10 000 *ткм брутто*, які встановлюються на підставі дослідних поїздок з поїздами відповідної маси та на визначених профілях.

Визначення запасу дизельного палива на складах. Загальна ємність складу дизельного палива (в т) визначається виходячи із заданих розмірів руху вантажних і пасажирських перевезень, а також по всіх видах не поїзної та маневрової роботи за формулою

$$E_{\text{ск}} = E_{\text{п}} T_{\text{з}} + E_{\text{з}}, \tag{3.7}$$

де $E_{\text{п}}$ – витрата дизельного палива всіма дизельними локомотивами за добу з урахуванням витрат палива на господарські та допоміжні види роботи, реостатні випробування та інші потреби, *т*;

$E_{\text{з}}$ – спеціальний запас палива тривалого зберігання, що встановлюється розпорядженням УЗ, *т*;

$T_{\text{з}}$ – кількість діб, на які створюється запас палива (приймається, як правило, рівним 30, а при дальності підвозу не більше 300 *км* — рівним 10—15 добам).

Витрата палива поїзними локомотивами підраховується по кожній ділянці обігу й для кожного виду руху окремо, потім підсумовується та розподіляється по складах палива (пунктам паливопостачання).

Витрата палива на одному складі за добу (у *кг*) для екіпірування дизельних локомотивів визначається за формулами:

$$E_{\text{п}} = \sum (\alpha_{\text{в}} E_{\text{в}} + \alpha_{\text{п}} E_{\text{п}} + \alpha_{\text{м}} E_{\text{м}} + \alpha_{\text{р}} E_{\text{р}} + E_{\text{рем}});$$

$$E_{\text{в}} = \frac{\sum 2 L_{\text{в}} Q_{\text{в}} N_{\text{в}}}{10^4} e_{\text{в}}; \qquad E_{\text{п}} = \frac{\sum 2 L_{\text{п}} Q_{\text{п}} N_{\text{п}}}{10^4} e_{\text{п}}; \tag{3.8}$$

$$E_{\text{м}} = M_{\text{м}} t e_{\text{м}}; \qquad E_{\text{р}} = \frac{L_{\text{р}}}{10^2} e_{\text{р}};$$

$$E_{\text{рем}} = \sum M_{\text{рем}_i} e_{\text{рем}_i},$$

де $E_{\text{в}}, E_{\text{п}}, E_{\text{м}}$ – добові витрати палива відповідно вантажними, пасажирськими та маневровими тепловозами, *кг;*

$E_{\text{р}}$ – те ж, на резервний пробіг тепловозів, *кг*;

$E_{\text{рем}}$ – теж, на реостатні випробування після ремонтів, *кг;*

$\alpha_в$, $\alpha_п$, $\alpha_м$, $\alpha_р$ – коефіцієнти, що враховують кількість палива, що отримують тепловози з даного складу відповідно по видах роботи;

$L_в$, $L_п$ – довжина ділянок обігу відповідно вантажних і пасажирських тепловозів, км;

$Q_в$, $Q_п$ – маси поїздів відповідно вантажного та пасажирського, *т*;

$N_в$, $N_п$ – число пар поїздів відповідно вантажного та пасажирського руху;

$L_р$ – добовий резервний пробіг тепловозів, *км*;

t – тривалості роботи локомотива протягом доби (для маневрового наприклад 23,5 *год)*;

$e_в$, $e_п$ – питома витрата дизельного палива відповідно для вантажних і пасажирських тепловозів, *кг*, на 10^4 ткм брутто;

$e_р$ – те ж, на 100 поїздо-км, *кг*;

$e_м$ – те ж, на 1 год роботи, *кг*;

$M_{рем_i}$ – добова кількість тепловозів, що перебувають в і-му виді ремонтів у депо, од.;

$e_{рем_i}$ – витрата палива на реостатні випробування після і-го ремонту залежно від серії тепловоза та виду ремонту, *кг*.

Пристрої для зливання, зберігання та подавання дизельного палива на локомотиви. Дизельне паливо, яке доставлене на склад у залізничних цистернах, відцентровими насосами через верхні зливальні пристрої цистерн перекачується в сховище. Зливання палива через нижні зливальні прилади цистерн не дозволяється. На складах для зливання дизельного палива та мастильних матеріалів із цистерн використовуються зливальні естакади, що мають пристрої для підігрівання. При екіпіруванні до 15 локомотивів на добу замість зливальних естакад застосовують спрощені пристрої – зливальні стояки. Довжина фронту зливу нафтопродуктів установлюється виходячи із необхідності забезпечення мінімального простою цистерн. Наприклад, довжина двоколійної естакади для одночасного зливу 12 цистерн складає 66 *м*.

Дизельне паливо зберігається в металевих (зварної конструкції) наземних резервуарах (рис. 3.5). До комплексу резервуарного парку входять резервуари для зливу сепарованого та забрудненого палива, а також вакуум-камери. Всі резервуари, трубопроводи та насоси ретельно заземлюють.

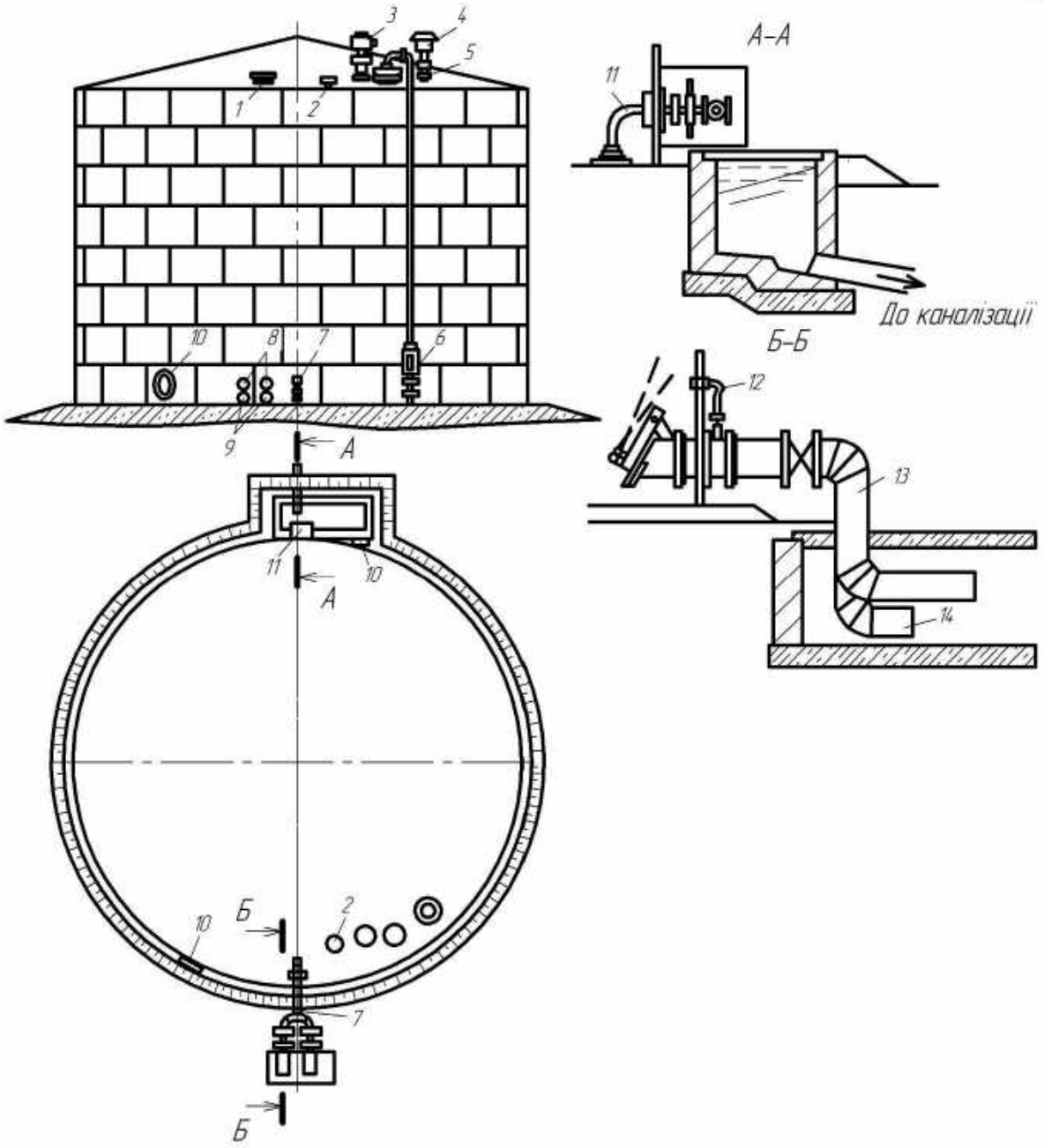

Рисунок 3.5 - Металевий (зварний) наземний резервуар для зберігання дизельного палива:

1 – світловий люк; 2 – замірний люк; 3 – клапан механічний дихальний; 4 – клапан запобіжний гідравлічний; 5 – клапан запобіжний вогневий; 6 – прилад для виміру рівня; 7 – патрубок приймально-роздавальний; 8 – патрубок уведення пари; 9 – патрубок виходу конденсату; 10 – люк; 11 – кран сифонний; 12 – перехідний пристрій; 13, 14 – усмоктувальні та нагніталь-ний трубопроводи.

До резервуарного устаткування, що забезпечує нормальну експлуатацію резервуарів, відносяться: дихальні та запобіжні клапани, вогневі запобіжники,

оглядові та замірні пристрої, драбини, обгороджуючі грати та ін. Резервуарний парк в обов'язковому порядку забезпечується комплектом вогнегасників.

Наземні резервуари встановлюють на піщаній подушці та за умовами пожежної безпеки обгороджують земляним валом висотою не менш 1 *м*. В нових типах резервуарів передбачається захист стінок від фільтрації дизельного палива. Для забезпечення періодичного очищення та ремонту паливних резервуарів без перерви на екіпірування тепловозів і дизель-поїздів кількість резервуарів на складі повинно бути не менше двох.

У табл. 3.2 приводиться технічна характеристика зварних вертикальних резервуарів, що застосовуються у локомотивному господарстві.

Таблиця 3.2

Характеристика зварних вертикальних наземних резервуарів

Тип резервуара (цифри – ємність бака, $м^3$)	Основні розміри, *м*		Діаметр подушки під днищем резервуара, *м*
	Діаметр	Висота циліндричної частини	
5000	23	12	25
3000	18,1	11,7	20
2000	15,3	11,7	16,7
1000	12,0	9,6	13,5
700	10,7	8,2	12,1
400	8	8,2	9,5

Напівпідземні та підземні резервуари для зберігання дизельного палива не знайшли застосування на мережі залізниць УЗ, тому що їхня конструкція не забезпечує схоронності палива (внаслідок його фільтрації через стінки).

Типовими проектами склади дизельного палива передбачені для обслуговування пунктів екіпірування із пропускною здатністю до 20, 40, 60, 80 і 120 тепловозів у добу. Комплекс основних споруд і пристроїв кожного типорозміру складу складається із зливальної естакади, насосної дизельного палива, парку резервуарів, допоміжних споруд в такому складі: будівлі для мотопомп, нафтоуловлювачі, резервуарів для води та огородження території складу. Ємності – сховища дизельного палива прийняті з розрахунку 30-добового запасу. Широко застосовується рулонний спосіб виготовлення та монтажу зварних вертикальних сталевих резервуарів.

Подачу дизельного палива на тепловози та дизель-поїзди найкраще виконувати відцентровим насосом з електричним приводом. Роздавальні паливні колонки (рис. 3.6) встановлюються, як правило, на між колійних участках екіпірувальних колій і забезпечуються насосами з дистанційним керуванням. Кількість дизельного палива, що видається на локомотиви визначається за показниками об'ємно-рідинних лічильників циферблатного типу. Якість дизельного палива необхідно регулярно контролювати деповською хіміко-технічною лабораторією, як до подачі його на локомотиви, так і в процесі експлуатації тепловозів і дизель-поїздів.

Дизельне паливо та дизельне масло, що відпрацювало, при необхідності зливають із тепловоза в спеціальні заземлені резервуари через зливальні колонки. Дизельне паливо, якщо воно придатне за результатами лабораторного аналізу, можна потім використовувати на інших локомотивах, а дизельне масло, що відпрацювало, направляється в пункти регенерації.

Перед випуском, тепловозів і дизель-поїздів з поточного ремонту постачання їх дизельним паливом, мастильними матеріалами і охолоджувальною водою доцільно робити безпосередньо на ремонтних стійлах за допомогою роздавальних колонок.

Дизельне масло з картерів дизелів зручно зливати безпосередньо в ремонтній секції депо спеціальними зливальними колонками. Це виключає подачу дизельних локомотивів на ремонтне стійло маневровим локомотивом. Оскільки дизельне паливо, як правило, зливається лише при постановці тепловоза на поточний ремонт ПР-3 і при несправності паливного баку, то зливати його доцільно безпосередньо в цеху поточного ремонту.

Потужність насосів (у *кВт*) для перекачування дизельного палива в сховища та подачі на локомотиви визначається по максимальній годинній витраті палива:

$$P = \frac{Vh\gamma}{102t\eta}, \qquad (3.9)$$

де V – кількість палива, що видається, *л*;
γ – щільність палива, *кг/л*;
h – напір, *м*;
t – час подачі палива, *с;*
η – *ккд* насоса.

Техніко-економічні показники по комплексах пристроїв складів дизельного палива для тепловозів наведені в табл. 3.3.

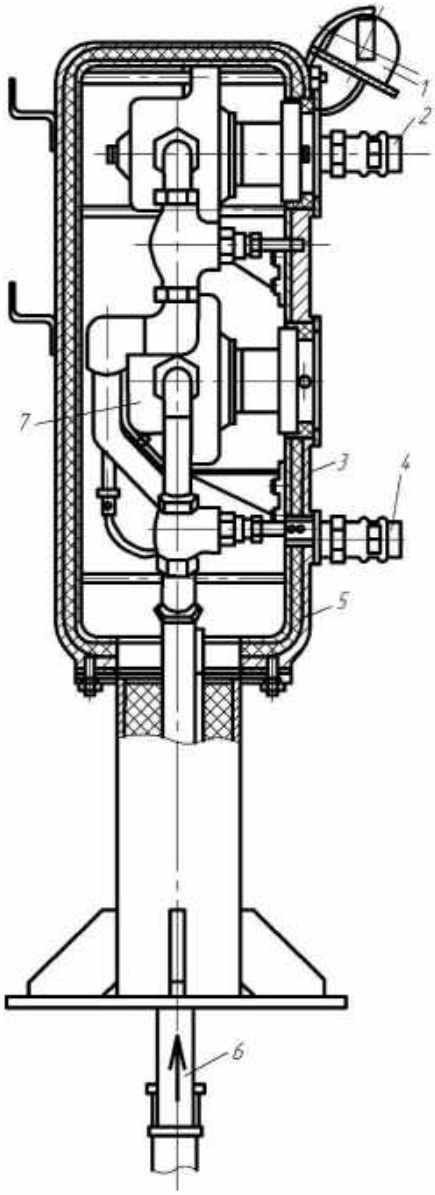

Рисунок 3.6 – Типова роздавальна колонка для дизельного палива :

1 – світильник; 2, 4 – трубопроводи для подачі дизельного палива на локомотив; 3 – корпус колонки; 5 – ізоляція; 6 – трубопровід для підведення дизельного палива; 7 – лічильник для виміру кількості дизельного палива, що подається на локомотив.

Таблиця 3.3

Техніко-економічні показники складів дизельного палива для тепловозів

Показники	Величина показника при пропускній здатності тепловозів у добу (кількість екіпірувань)				
	20	40	60	80	120
Середня витрата дизельного палива на екіпірування, *т/добу*	96	190	285	380	570
Запас палива на 30 діб, *т*	2880	5700	8550	11400	17100
Кількість цистерн, що зливаються одночасно, *шт*	3	6	8	12	17
Ємність сховищ дизельного палива (парк резервуарів), $м^3$	3х1000	3х2000	4х2000	4х3000	6х3000
Максимальна витрата пари, *кг/год:* з розігрівом палива при зливі	1090	2170	2900	4300	4300
без розігріву палива при зливі	840	900	950	1500	1610
Штат зміни, *люд*	3	3	3	3	3
Довжина залізничних колій у межах складу, *м*	120	135	250	300	320
Установлена потужність електродвигунів насосної, *кВт*	82	102	124	160	160

На складах дизельного палива повинні строго дотримуватися заходи протипожежної безпеки. Держстандартами і нормами протипожежної безпеки встановлені певні розриви між резервуарами, проїзди між окремими будівлями, спорудами та пристроями складу.

Сепарування дизельного палива. Дизельне паливо від механічних домішок і води можна очищати сепараторами (центрифугами) різних конструкцій. У локомотивному господарстві застосовують переважно сепаратори СМ-3000 і спеціальні фільтруючі установки ФГН-120, призначені для попереднього очищення дизельного палива до його подачі в бак тепловоза (рис. 3.7). Як фільтруючий елемент у цій установці застосовують синтетичний нетканий матеріал, що має високу пористість та незначний гідравлічний опір. Він забезпечує якісне очищення дизельного палива від механічних домішок, затримуючи тверді частки розміром до 10–15 *мкм*. Продуктивність фільтруючої установки становить 120 $м^3$*/год.* Для того щоб у зимовий час продуктивність не знижувалася, дизельне паливо варто підігрівати до температури не нижче +5 °*С*. Для промивання паливних баків тепловозів застосовують пересувну установку,схема якої показана на рис. 3.8. Ця установка працює

таким чином. Паливо, що залишилося в баку, приблизно на одну третину його обсягу, під тиском багаторазово прокачується насосом через фільтруючий пристрій ФГН-120.

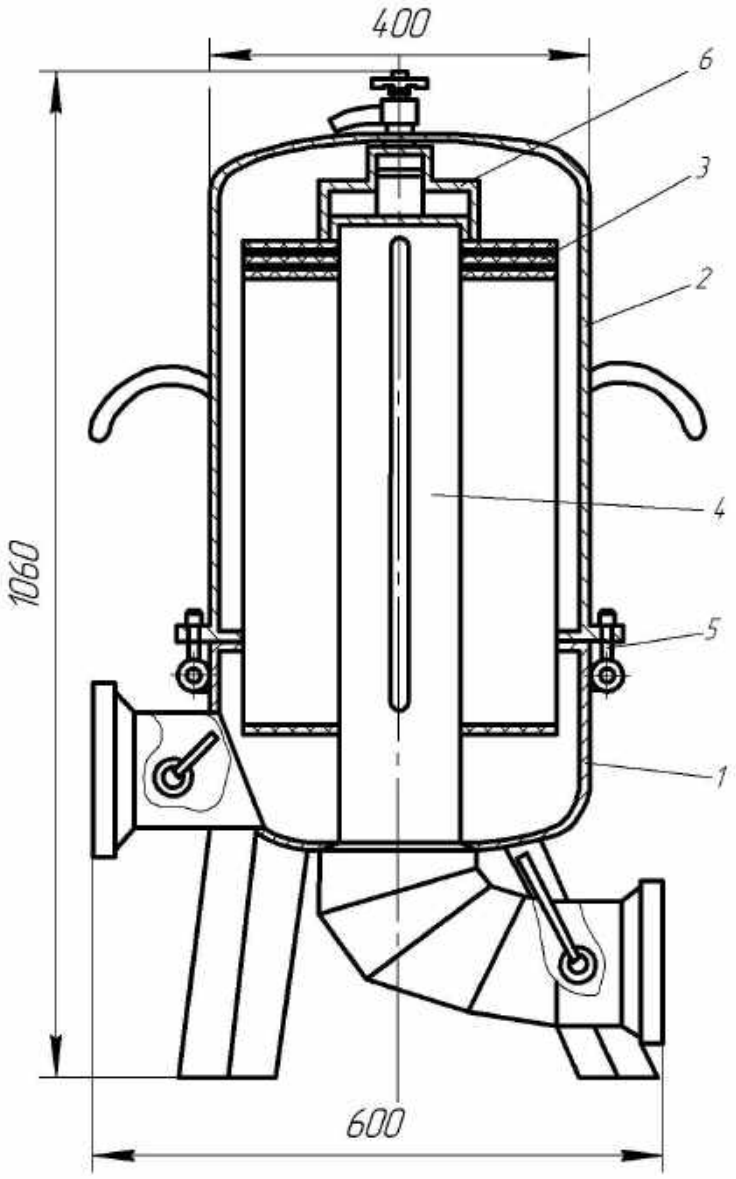

Рисунок 3.7 – Фільтруюча установка ФГН-120:

1 – забірна труба; 2 – клапан фільтрів; 3 – фільтруючий пакет; 4 – нагнітальна труба; 5 – корпус.

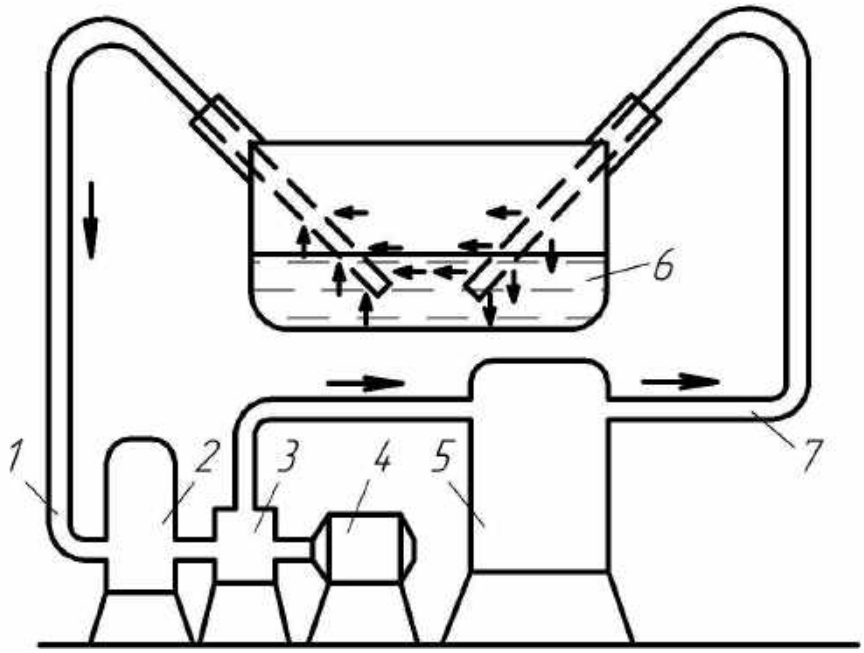

Рисунок 3.8 – Пересувна установка для промивання паливних баків дизельним паливом:

1 – забірна труба; 2 – фільтр грубого очищення; 3 – відцентровий насос; 4 – електродвигун насоса; 5 – фільтруюча установка ФГП-120; 6 – паливний бак; 7 – труба для зливання.

3.5 Господарство підготовки, зберігання та видачі мастильних матеріалів

Основним обладнанням мастильного господарства [5, 8] є пристрої для зливання мастил, резервуари для зберігання свіжих та відпрацьованих мастильних матеріалів із пристроями для прогрівання, фільтрування та вимірювання їхньої кількості, насосні установки, установки для регенерації та видачі мастил. Потужності та кількість пристроїв мастильного господарства визначаються витратою мастильних матеріалів для забезпечення експлуатації локомотивів.

Для нормальної роботи двигуна внутрішнього згоряння, екіпажної частини та інших агрегатів локомотивів необхідно близько 15 сортів різних мастильних матеріалів. У найбільших кількостях на тепловоз депо витрачає дизельне масло, осьове, компресорне, автотракторне, ЖРО, солідоли.

Нормування витрати та встановлення запасу мастильних матеріалів. Витрата дизельного мастила для експлуатації (доливання та освіження) тепловозів і дизель-поїздів установлюється у відсотках від витрати дизельного палива (табл. 2.4) Витрата інших мастильних матеріалів для експлуатації дизельних локомотивів нормується по сортах масел у кг на 1000 тепловозо-км пробігу секції тепловоза відповідної серії (табл. 3.4).

ДО ЗМІСТУ

Таблиця 3.4

Норми витрати масла на експлуатацію

Серія локомотива	Норма витрати масла	
	Дизельне масло у відсотках від палива	Компресорне масло, *кг* на 1000 *км*
	Вантажний рух	
2ТЕ10Л, В	1,9	0,15
3ТЕ10М	1,9	0,25
М62	1,9	0,08
2ТЕ116	1,7	0,15
2ТЕ121	1,8	0,15
ВЛ8, ВЛ10, ВЛ11	-	0,20
ВЛ60, ВЛ80, ВЛ85, ДЕ1	-	0,18
	Пасажирський рух	
ЧС7, ЧС8	-	0,15
ТЕП60, ТЕП70, ТЕП150	1,8	0,15
	Маневрова робота	
ТЕМ2, ЧМЕ3	1,5	0,15
ТГМ4	3,5	0,12
ТГМ6	2,0	0,14
ТЕМ7	2,0	0,15

Витрата мастильних матеріалів на маневрову роботу тепловозів нормується на одиницю технічного обслуговування ТО-2 (для потреб експлуатації однієї секції) по серіях тепловозів.

Для ремонту тепловозів мастильні матеріали нормуються на ремонт однієї секції локомотива відповідної серії (по видах ремонту та сортам мастил).

Запас мастильних матеріалів установлюється залежно від дальності їхнього підвезення й приймається звичайно в розмірі від одномісячної до двомісячної витрати. Основний запас обтиральних і фільтруючих матеріалів, як правило, утримується на основному складі залізниці або дільничному матеріальному складі. На екіпірувальному пункті господарства зберігається тільки запас на три доби. Фільтруючі матеріали зберігаються в коморі.

До системи мастильного господарства входить відділення з підготовки тари (спеціального посуду) для мастильних матеріалів, розфасовки мастил, комора обтиральних і фільтруючих матеріалів, відділення з підготовки нігролу.

Склад мастил локомотивного господарства залізниці є базовим. Тому при розрахунках необхідної кількості ємностей повинні враховуватися витрати мастил на утримування устаткування депо та потреби інших підприємств залізниці.

Запас мастильних матеріалів на одному складі підраховується таким чином

$$E_{\text{зм}} = (E_{\text{е}} + E_{\text{р}} + E_{\text{х}})t, \qquad (3.10)$$

де $E_{\text{е}}$ – добова витрата мастильних матеріалів для потреб експлуатації, *т*;

$E_{\text{р}}$ – те ж, на ремонт локомотивів, *т*;

$E_{\text{х}}$ – те ж, іншими споживачами, *т*;

t – кількість діб на яку запасені мастильні матеріали.

Добова витрата дизельного масла для експлуатаційних потреб тепловозів і дизель-поїздів (доливання та освіження) може бути визначена за формулою

$$E_{\text{диз}} = \sum E_{\text{т}} \frac{b_{\text{м}}}{100}, \tag{3.11}$$

де $\sum` E_{\text{т}}$ – добова витрата палива всіма локомотивами депо, *т*;

$b_{\text{м}}$ – норма витрати дизельного масла для експлуатаційних потреб в % від витрати натурного дизельного палива (табл. 2.4).

Витрата інших мастильних матеріалів для експлуатації тепловозів нормується у кг на 1000 тепловозо-км пробігу секції тепловоза й на одиницю ремонту:

$$E_{\text{см}} = \frac{\sum 2LNe'_{\text{см}}}{1000} + \sum f_{\text{р}_i} e'', \tag{3.12}$$

де $e'_{\text{см}}$ – норма витрати мастильних матеріалів, на 1000 км пробігу при експлуатації однієї секції тепловоза або одного дизель-поїзда, *кг*;

e'' – витрата мастила на одну секцію тепловоза, що доводиться на *і-ий* вид поточного ремонту або технічного обслуговування, *кг*;

$\sum` f_{\text{р}_i}$ – фронт *і-их* ремонтів тепловозів, секцій.

3.5.1 Пристрої для зливання, зберігання та видачі мастил.

Дизельне масло із цистерн у сховища зливають, як правило, через нижній зливальний прилад [5, 8]. Для того щоб виключити забруднення дизельного масла, зливання повинно здійснюватися по закритих трубах. Осьове масло, у зв'язку з тим, що має більшу в'язкість, зливається самопливом по зливальних колекторах.

Ємність резервуарів у $м^3$ визначається за формулою

$$V_i = E_{\text{см}_i} t_i \gamma_i, \tag{3.13}$$

де $E_{\text{см}_i}$ – добова витрата і-*го* сорту мастила, *кг*;

t_i – кількість діб запасу і-*го* сорту мастила;

γ_i – щільність і-*го* сорту мастила, *кг/м*^{3}.

Дизельне масло зберігається в наземних або підземних сталевих резервуарах ємністю 25 і 50 *м*^{3}.

Мастильні матеріали, що витрачаються в невеликих кількостях – до 50 *кг* на добу (масло для приладів, нігрол, компресорне масло й ін.), доставляються на склад у бочках. Тому вони зберігаються в роздавальних резервуарах або в бочках, що установлені у спеціальному приміщенні складу мастильних матеріалів. Приміщення обладнане стелажами для бочок, ваннами з паровими змійовиками для розігріву масел, кран-балкою *(Q* = 0,5 *т*) для піднімання бочок на стелажі та установки їх над ваннами. Для літнього та зимового сортів мастильних матеріалів передбачаються окремі ємності.

Роздавальні резервуари для масел розташовують в окремому роздавальному приміщенні, що перебуває поруч із приміщенням для зберігання масел у бочках. Тут розташовують також резервуари для машинного, компресорного масел і роздавальний резервуар для осьового масла. Приміщення роздавальної споруджують із вогнестійких матеріалів і воно повинно мати сховану електропроводку, хорошу вентиляцію та каналізацію, а також протипожежний інвентар.

Для зниження в'язкості масел при зливанні та перекачуванні застосовують парові підігрівники, за допомогою яких масла підігріваються до необхідних температур, що відповідають сорту. Найбільша температура, підігріву залежить від ступеня в'язкості масла. Пара подається, як правило, від центральної котельні депо (в окремих випадках при значній відстані від центральної котельні депо до екіпірувального господарства можуть споруджуватися спеціальні котельні) або із системи централізованого паропостачання. Пару пропускають по змійовиках, що прокладені у роздавальних резервуарах і сховищах. Нафтопродукти в цистернах, що подані під зливання, підігрівають стаціонарним устаткуванням зливальної естакади або переносним паровим змійовиком. Застосування вогневого або електричного способу розігріву нафтопродуктів *не допускається*.

Резервуари для зберігання дизельного масла конструктивно аналогічні паливним сховищам і, як правило, разом з резервуарами для осьового масла розміщаються на площі єдиного резервуарного парку. Відцентрові або інші насоси, що спеціалізуються для перекачування масел, установлюються звичайно на єдиній насосній станції.

Дизельне масло подається в картер дизеля тепловоза через роздавальну колонку, обладнану лічильником витрати та пристроєм дистанційного керування насосами. Всі інші мастильні матеріали видають по вазі в заздалегідь розфасованому виді або в спеціальному посуді в обмін на посуд, що здається локомотивною бригадою.

Відпрацьоване дизельне масло зливається з картера дизеля локомотива в спеціальний заземлений резервуар, з якого потім перекачується на регенерацію. Збір відпрацьованих масел окремо по сортах обов'язковий для всіх депо.

Для прискорення зливання мастильних матеріалів при їхній видачі мірні роздавальні баки роблять герметичними а саме зливання відбувається під тиском повітря $0{,}5 \cdot 10^5$ *Па*.

3.5.2 Регенерація мастильних матеріалів. Тепловозами за рік витрачаються сотні тон мастил. Їх регенерація (відновлення) у масштабі всієї мережі залізниць УЗ дозволяє щорічно заощаджувати значну кількість мастильних матеріалів. Відновлене дизельне масло використовується у вигляді добавки до свіжого в кількості 20–25 %, а компресорне та індустріальне – нарівні зі свіжим.

Мастильні матеріали, які потребують заміни, збирають по сортах і марках в окремі посудини, а потім зливають у чисту тару яка щільно закривається. Норми збору масел для регенерації: дизельне та компресорне масла – 25 % витраченої кількості; осьове – 3 %. Перед регенерацією масла відстоюють, що необхідно для відділення, води та механічних домішок. Більш ефективні пристрої для відстоювання масел з підігрівом їх до температури 70–80 °*С*, оскільки при цьому процес відстоювання прискорюється й підвищується його якість. Регенерація масла, що відпрацювало, здійснюється одним із двох способів – фізичним або хімічним. При першому способі – фільтрації та сепаруванні – з масла, що відпрацювало виділяється вода, горючі та механічні домішки. Другим способом з масла, що відпрацювало, крім перерахованих домішок, виділяють кислоти, асфальтосмолисті речовини та їх суміші. Відновлення масла, що відпрацювало, хімічним способом полягає у впливі на нього сірчаної кислоти, луги та відбілюючої землі.

Масла, в яких не відбувається у процесі роботи хімічних змін, очищають шляхом відстоювання та наступної фільтрації або сепарування.

Проведення регенерації масел у кожному локомотивному депо економічно недоцільно, тому їх відправляють на спеціалізовані заводи (депо).

Для набивання паливних і масляних фільтрів, а також для обтирання деталей у тепловозному господарстві у значній кількості споживають фільтруючі (набивочні) і обтиральні матеріали, які після первинного використання теж піддаються регенерації. Регенераційні установки можуть розміщатися як у вигляді стаціонарних пристроїв, так і в критих вагонах.

3.6 Пристрої для постачання локомотивів піском

3.6.1 Технічні вимоги, що встановлені до піску. З ростом швидкостей руху та маси поїздів значення піску для збільшення коефіцієнта зчеплення коліс із рейками на ділянках складного профілю та плану колії зростає. Технічними умовами на пісок для локомотивів передбачається кварцовий пісок двох категорій: нормальної та підвищеної якості [5,8].

Основні вимоги, яким повинен відповідати пісок, призначений для локомотивів, наведені в табл. 3.5.

Лабораторія депо систематично контролює кондицію зернового та мінералогічного складу піску. Хімічний аналіз піску виконують у місцях видобутку піску, а в деповських лабораторіях – лише у випадках виявлення неоднорідності

зерен кварцу по кольору та фізичній будові. Робочу масу піску, що надходить в бункера локомотивів після сушіння та просівання, становлять зерна розміром в перетині від 0,1 до 2 мм. Такі розміри відповідають умовам мінімального розсіювання піску в момент потрапляння його на головку рейки й сприяють збереженню високих зчіпних властивостей, при роздавлюванні його колесами локомотива.

Таблиця 3.5

Технічні умови на пісок для локомотивів

Склад піску	Показники	Вміст, %	
		Нормальна якість	Підвищена якість
Зерновий	Робоча маса, не менш	90	95
	Пилоподібні частки, не більше	10	5
	У тому числі глиниста складова, не більше	3	1
Мінералогічний	Зерна кварцу, не менше	75	90
	Пиловий шпат і інші гірські породи, не більше	25	10
Хімічний	Двоокис кремнію (кремнезем), не менше	85	93
	Окис алюмінію (глинозем), не більше	5	3
	Інші складові піску, не більше	9	4
	Втрати при прожарюванні, не більше	1	1

До пилоподібних часток відносяться зерна піску розміром у поперечному перерізі не менше 0,1 *мм*, ну а ті серед них, що мають, розмір менше 0,022 *мм* умовно називають глинистою складовою. Пилоподібні частки, поглинаючи вологу, перетворюються в пульпу, що різко знижує коефіцієнт зчеплення коліс локомотива з рейками, тому не можна допускати, збільшення максимальної норми їх вмісту у піску.

Вологість піску, що подається в пісочниці локомотивів, не повинна перевищувати 0,5 %, тому що більше зволожений пісок проявляє схильність до злежування, прилипає до стінок трубопроводів і може викликати, закупорку горловини корпуса форсунки пісочниці. Наведені умови вимагають спеціальної підготовки піску – сушіння та просівання. У зв'язку із цим комплекс пристроїв господарства для постачання локомотивів піском складається зі складів для зберігання сирого та просушеного піску, установки для сушіння піску, устаткування та комунікацій для транспортування піску до місця зберігання та подавання на локомотиви.

Кількість пристроїв і їхня потужність, визначаються добовою витратою піску (у $м^3$). При проектуванні комплексу пристроїв для постачання піску в першу чергу вирішується питання організації підготовки піску:

централізованої за схемою: кар'єр – склад сирого піску – сушило для піску – спеціальні вагони для транспортування сухого піску в депо — склад сухого піску в депо – роздавальні бункери – локомотив;

децентралізованої за схемою: кар'єр – вагони для перевезення сирого піску в депо – склад сирого піску – сушило для піску – склад сухого піску – роздавальні бункери – локомотив, (рис. 3.9).

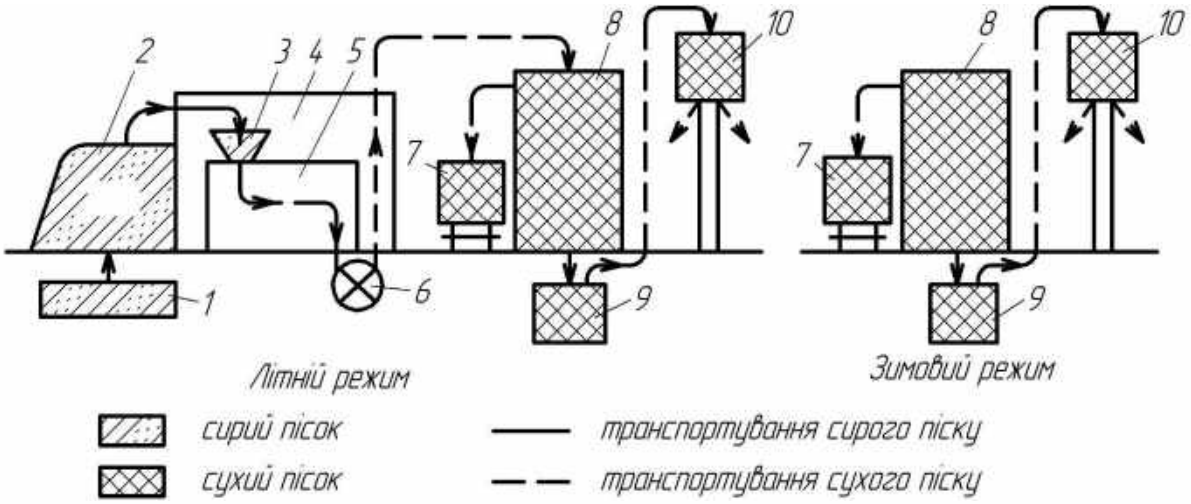

Рисунок 3.9 – Принципові технологічні схеми подачі піску на локомотив:

1 – рухомий склад із сирим піском; 2 – склад сирого піску; 3 – прийомний бункер сушильної печі; 4 – сушило; 5 – барабанна піч; 6 – вентилятор пневмотранспорту піску (або пневматичний витиск ний бак); 7 – вагон для перевезення сухого піску; 8 – баштовий склад сухого піску; 9 – ємність для піску; 10 – бункер для роздавання піску

Централізована система підготовки піску економічно більш доцільна, тому що скорочується на 10–20 % обсяг перевезень (перевозиться сухий просіяний пісок), а сушило та склади сирого піску в депо скасовуються. Укрупнення сушил, розташовуваних поблизу піщаних кар'єрів, підвищує продуктивність праці та ефективність локомотивного господарства.

Витрати на постачання піску при централізованій його обробці скорочуються на 10–15 %.

Практика та розрахунки показали економічну доцільність напівцентралізованого постачання піску, при якому висушений пісок у деповському сушилі, в вагонах-бункерах розвозиться до роздавальних пристроїв, які розташовані на приймально-відправних коліях станцій. Для зберігання запасу сухого піску в місць його використання встановлюються бетонні вежі – сховища.

Нормування витрати та установлення розмірів запасу піску на складах. Витрата піску (у $м^3$) нормується на вимірник перевізної роботи 10^6 ткм брутто залежно від типу та серії локомотива, маси поїзда та профілю колії. Для визначення необхідної потужності сушил і складів піску користуються середніми нормами витрати, величина яких може бути отримана з табл. 3.6 і 3.7.

Таблиця 3.6

Середні норми витрати піску вантажними тепловозами в $м^3$ на 10^6 *ткм* брутто

Серія тепловоза	Тип профілю колії	Маса поїзда, *т*								
		2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000 і вище
2ТЕ10В,М	I	0,12	0,13	0,15	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
	II	0,13	0,14	0,16	0,17	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
	III	0,18	0,20	0,21	0,23	0,25	0,25	0,25	0,25	-
	IV	0,27	0,28	0,30	0,31	0,33	0,33	-	-	-
2ТЕ10Л	I	0,10	0,11	0,12	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
	II	0,11	0,12	0,14	0,15	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
	III	0,15	0,16	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,22	-
	IV	0,22	0,23	0,25	0,26	0,27	0,28	-	-	-
М62	I	0,07	0,07	0,06	0,06	-	-	-	-	-
	II	0,08	0,08	0,07	0,07	-	-	-	-	-
	III	0,10	0,09	0,08	0,08	-	-	-	-	-
	IV	0,15	0,14	0,12	0,12	-	-	-	-	-
2ТЕ116	I	0,09	0,11	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15
	II	0,10	0,11	0,14	0,14	0,16	0,16	0,16	0,16	0,18
	III	0,14	0,15	0,19	0,19	0,20	0,21	0,21	0,21	-
	IV	0,21	0,22	0,25	0,25	0,27	0,28	-	-	-

Таблиця 3.7

Середні норми витрати піску пасажирськими тепловозами ТЕП60 у $м^3$ на 10^6 *ткм брутто*

Тип профілю колії	Маса поїзда, *т*						
	600	700	800	900	1000	1100	1200 і вище
I	0,15	0,12	0,10	0,09	0,08	0,08	0,08
II	0,16	0,13	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09
III	0,19	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14
IV	0,25	0,25	0,21	0,21	0,19	0,19	0,18

Загальна добова витрата піску (у $м^3$) для постачання поїзних локомотивів у даному пункті екіпірування

$$П_{п} = \frac{2\sum_{}^{m} L_i N_i Q_i e_{п}^{ср}}{10^6} \alpha_{п}, \qquad (3.14)$$

де L_i – довжина *і*-ої ділянки обігу локомотивів, *км*;

N_i – число пар поїздів, на *i*-ій ділянці обігу;

Q_i – розрахункова маса поїзда на *i*-ій ділянці обігу, *т*;

$e_{\text{п}}^{\text{ср}}$ – середня норма витрати піску тепловозами на 10^6 ткм брутто, $м^3$;

$\alpha_{\text{п}}$ – коефіцієнт, що враховує частку піску, що подається на локомотиви в даному пункті екіпірування;

m – число *i*-их ділянок обігу.

Для маневрових локомотивів користуються при розрахунках нормою витрати піску – у середньому 0,065–0,07 $м^3$ на один локомотив на добу.

Заготовка сирого та сухого піску на склади проводиться в літні місяці на весь зимовий період.

Розміри запасу піску визначають по нормах і технічних умовах проектування з урахуванням кліматичних умов залежно від середньої температури зовнішнього повітря найбільш холодного місяця (табл. 3.8).

Таблиця 3.8

Терміни зберігання піску

Вид піску	Терміни зберігання запасу піску (місяці) при температурі зовнішнього повітря найбільш холодного місяця, °С				
	до – 6	до – 8	до – 13	до – 17	нижче – 17
Сирий	2	3	3	4	5
Сухий	2	2	3	3	Не менше 5

3.6.2 Взаємне розташування об'єктів господарства постачання піску. На рис.3.10 представлений комплекс пристроїв постачання піску в основному депо. До комплексу входять: сушило, склад сухого піску, комунікації для транспортування піску та пристрої для роздавання піску. Вагони, із сирим піском подають на розвантажувальну колію 17, паралельно якій розташована кранова колія 11, призначена для переміщення грейферного крана 10, що завантажує склад сирим піском. У сушило пісок подається скрепером 8 по похилому пандусові 12 безпосередньо в приймальний бункер 9 печі. Уздовж складу сирого піску по осі пандуса розташований бетонний лоток глибиною 1 м. Сухий пісок компресорною установкою 20 по трубопроводах 2 подається до баштового складу сухого піску, а від нього по трубопроводах 3 – до роздавальних бункерів 5.
Вугілля для опалення печі подається електротельфером 16 по монорейці 14.

3.6.3 Склади для піску. Відповідно до норм технологічного проектування сирий пісок складується, як правило, на відкритій площадці біля будівлі сушила. Розвантаження сирого піску з рухомого складу та подача його на склад повинні бути механізовані.

Для транспортування сирого піску зі складу до сушильної печі та завантаження його в прийомний бункер сушильного пристрою застосовуються скреперні пристрої. Добре зарекомендували себе скіпові підйомники, стрічкові транспортери а для сушил малої продуктивності – електротельфери.

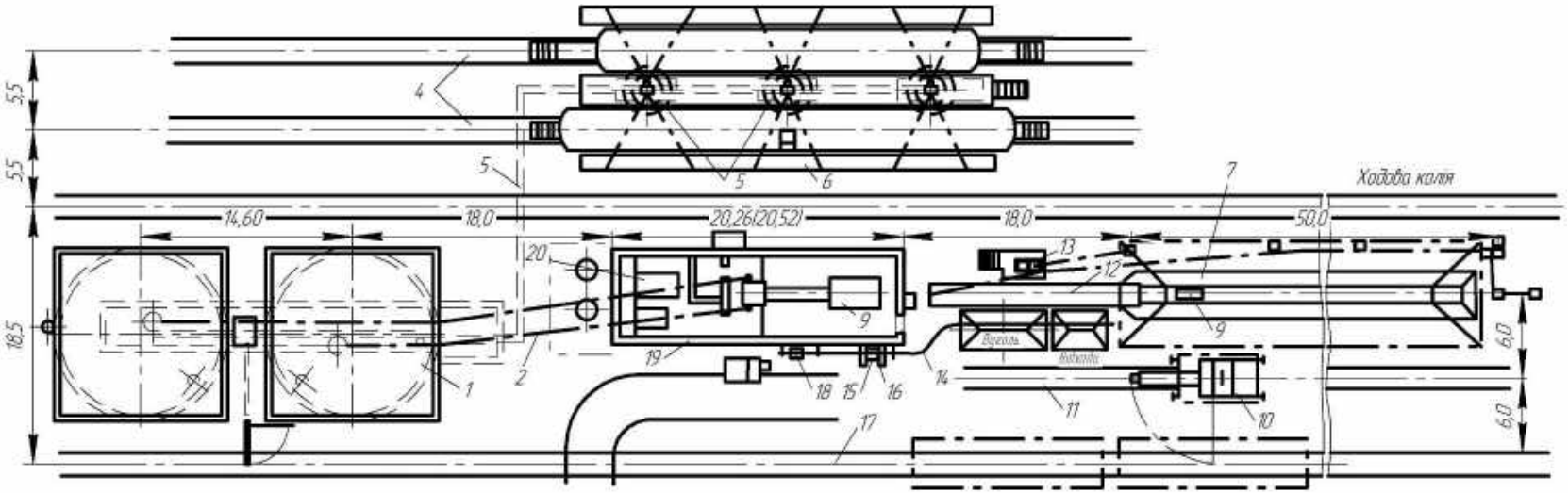

Рисунок 3.10 – Ситуаційний план господарства постачання локомотивів піском з сушилом продуктивністю 60 м^3/добу:

1 – баштові склади сухого піску; 2, 3 – трубопроводи для піску; 4 – екіпірувальні колії; 5 – бункера для роздавання піску; 6 – позиція для роздавання піску; 7 – відкритий склад сирого піску; 8 – скрепер; 9 – приймальний бункер піскосушильної печі; 10 – грейферний кран; 11 – кранова колія; 12 – похилий пандус; 13 – скреперна лебідка; 14 – монорейка; 15 – баддя для збирання шлаків; 16 – електротельфер; 17 – колія для розвантажування піску; 18 – баддя для подачі вугілля; 19 – сушило; 20 – компресорна установка.

Корисну ємність складу сирого піску визначають по створюваному на зимовий період запасу відповідно до добової витрати:

$$W = 30,4 П_о M \alpha h, \qquad (3.15)$$

де $П_о$ – загальна добова витрата піску в даному пункті екіпірування по середньорічному розрахунку, $м^3$;

M – кількість місяців запасу;

α– коефіцієнт, що враховує відходи сирого піску при його переробці та витрати на господарські потреби депо: α = 1,10–1,15;

h – коефіцієнт збільшення витрати піску локомотивами в зимовий період відносно середньорічного (залежно від кліматичних умов h = 1,1–1,13);

30,4 – розрахункове число діб в місяці.

Висоту штабеля піску приймають 3–4 *м*. При низькому заляганні ґрунтових вод дозволяється робити заглиблення основи складу до 1*м*.

Сучасні склади сухого піску споруджуються у вигляді закритих приміщень залізобетонної конструкції баштового типу (рис. 3.11) ємністю 3000 $м^3$. У порівнянні зі складами сухого піску шатрового типу, які будувалися в минулому, вони відрізняються компактністю, зручні для автоматизації та надійні в експлуатації. Завантаження їх сухим піском виконується елеватором або пневматичними пристроями. На рис. 3.12 представлений загальний вигляд складу сухого піску.

Важливою умовою надійного зберігання сухого піску є гідроізоляція та тверде покриття підлоги складського приміщення.

Пристрої для сушіння, транспортування та подавання піску. На залізницях бувшого СРСР для просушування піску отримали поширення барабанні сушила СОБУ-1, СОБУ-1ᴹ і СОБУ-2 (сушило вогневе, барабанне, вугільне). Вони розрізняються діаметром і довжиною барабана, частотою його обертання й відповідно продуктивністю.

Застосовують уніфіковані сушила з барабаном діаметром 1000 *мм* і довжиною 5000 *мм*, що мають продуктивність по сухому піску 3225 *кг/год* (рис. 3.13).

Процес сушіння піску на барабанних сушилах відбувається таким чином. Сирий пісок надходить в сталевий барабан, який обертається і нахилений під кутом 3–5° убік розвантажувальної камери, усередині якого проходять гарячі гази з топкової камери. Переміщаючись по гвинтовій лінії убік розвантажувальної камери, перемішуючись при цьому з гарячими газами в середині барабана, пісок поступово та рівномірно висушується, а продукти згоряння та волога, що випарувалася, виштовхуються через димар в атмосферу за допомогою спеціального пристрою. Просушений пісок просівається в розвантажувальній камері через сито з розміром отворів 2 *мм* і надходить у пневмотранспортну установку для подачі в баштовий склад, а потім за допомогою додаткових пневматичних витискних баків – до роздавальних бункерів. Барабанні сушила типових конструкцій

працюють по прямоточному принципові, при якому напрямок руху піску та гарячих газів збігається, чим досягається більш ефективне використання тепла продуктів згоряння

В поточний момент часу розглядається питання застосування для сушіння піску електропечей, досвід використання яких для подібних цілей у промисловості та у закордонній практиці вже є.

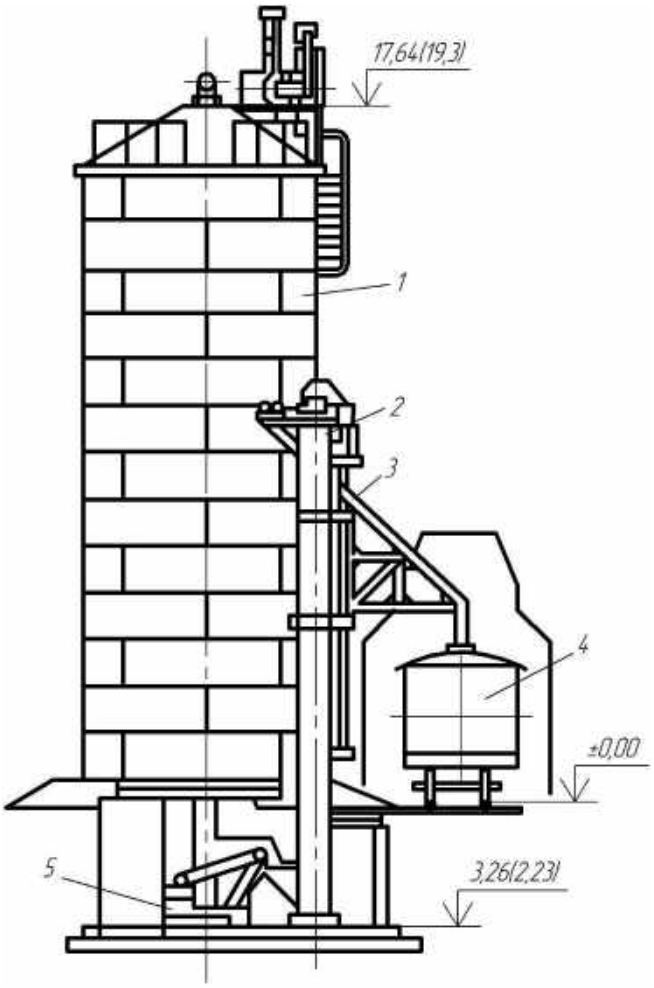

Рисунок 3.11 – Склад сухого піску баштового типу:

1 – вежа; 2 – елеватор; 3 – поворотна труба; 4 – вагон-бункер; 5 – конвеєр.

Рисунок 3.12 – Загальний вигляд баштового складу сухого піску.

Добова продуктивність по сухому піску сушила (у *м³/добу*)

$$C_{\text{п}} = \frac{R}{ДК_{\text{и}}}, \tag{3.16}$$

де R – річна витрата піску, *м³;*
$Д$ – число днів роботи сушила за рік;
$К_{\text{и}}$ – коефіцієнт продуктивного використання установки (приймають 0,85).

По отриманому результатові розраховують необхідне число печей для сушіння піску:

$$m_{\text{п}} = \frac{C_{\text{п}}\gamma_{\text{п}}}{t_{\text{п}} p_{\text{п}} К_{\text{и}}}, \tag{3.17}$$

де $\gamma_{\text{п}}$ – щільність сухого піску, *кг/м³*;
$t_{\text{п}}$ – число годин роботи печі за добу, *год;*
$p_{\text{п}}$ – продуктивність печі по сухому піску, *кг/год*.

Число днів роботи сушила в рік

$$Д = 365–30{,}4\,A,$$

де A – число місяців, на які робиться запас піску.

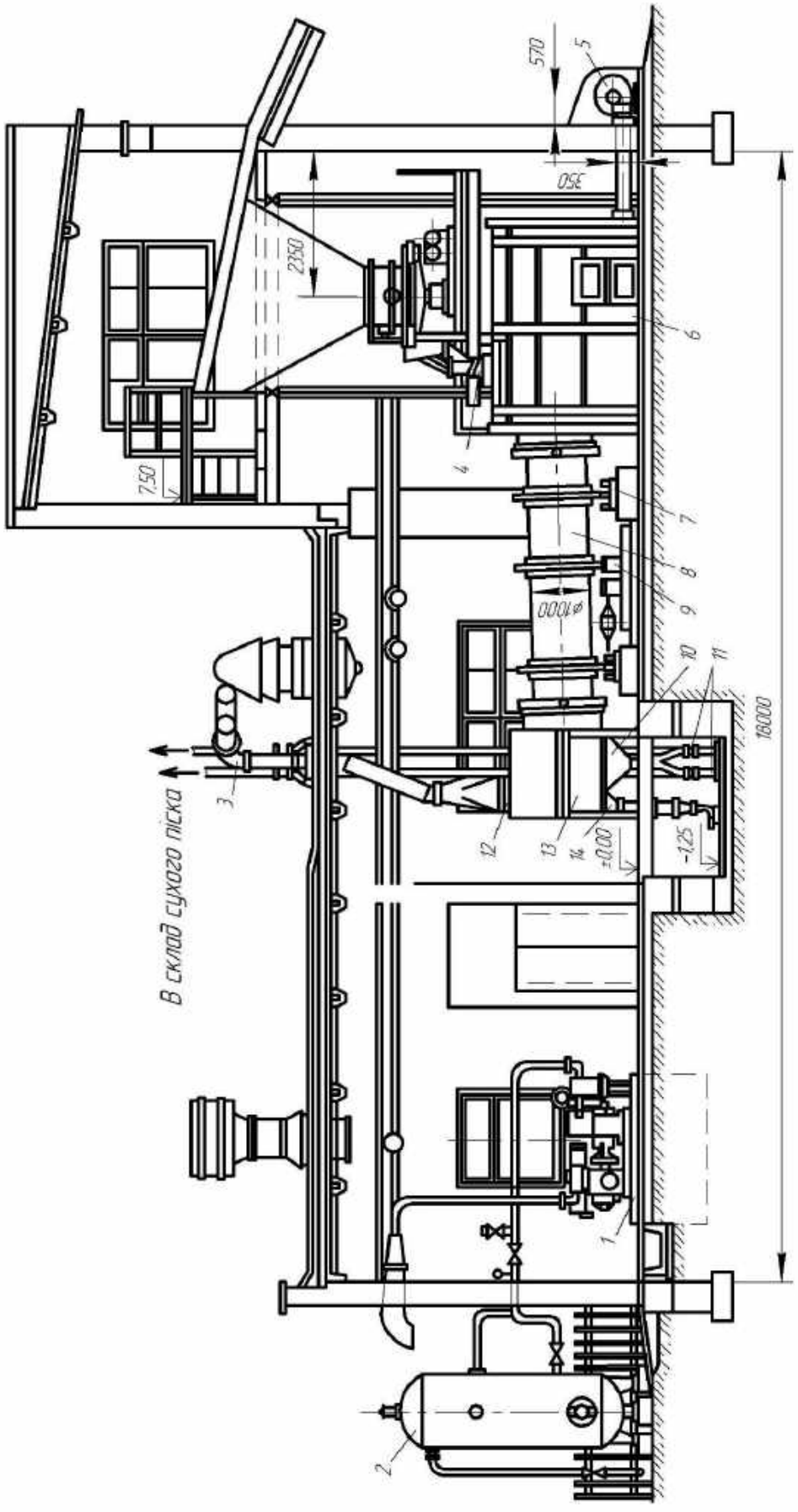

Рисунок 3.13 – Сушилка для піску з уніфікованим барабанним сушилом:

1 – компресорна установка; 2 – резервуар стисненого повітря; 3 – димовідводяща установка; 4 – патрубок для завантаження сирого піску; 5 – продувочне устаткування; 6 – опалення; 7 – опорний пристрій; 8 – сушильний барабан; 9 – приводний механізм; 10 – бункер сухого піску; 11 – приймні патрубки; 12 – патрубок димовитяжної системи; 13 – розвантажувальна камера; 14 – кишеня відсівання піску

Подача піску на локомотиви. Сухий пісок до роздавальних пристроїв транспортується пневматичним способом. У цьому випадку застосовують установки витискного типу, що працюють на стисненому повітрі від компресорів, і вентиляторні, діючі за принципом ежекції. У витискних установках пісок із сушила через систему сит надходить самопливом у витискний бак (рис. 3.14), звідки витісняється повітрям, що нагнітається компресором і подається по трубопроводах у склад сухого піску або безпосередньо до бункерів для роздавання піску.

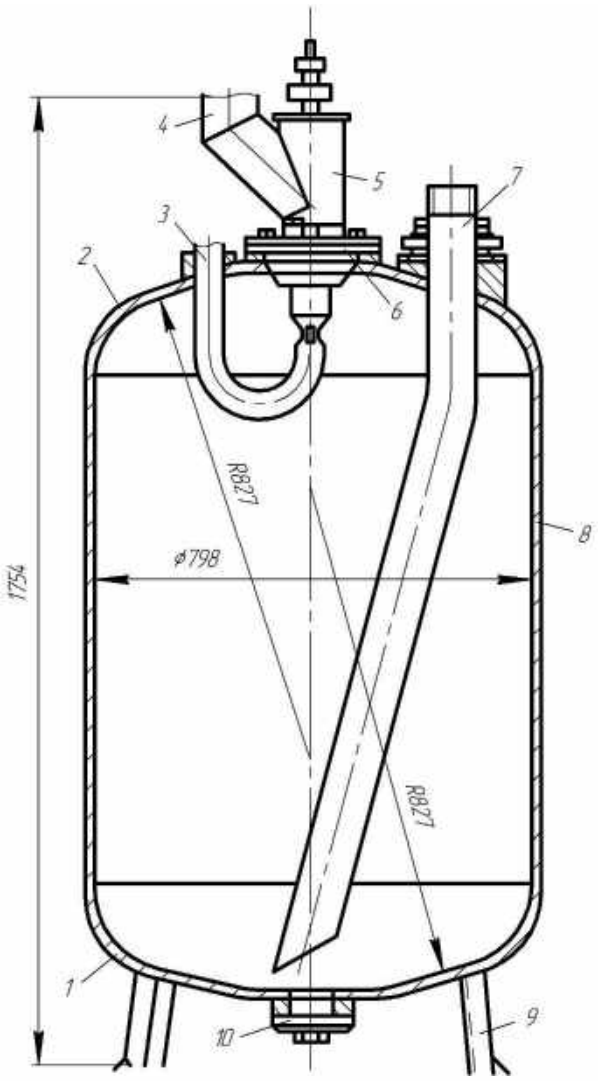

Рисунок 3.14 – Витискний бак:

1, 2 – верхні нижні днища; 3 – трубка стисненого повітря; 4 – патрубок для підведення піску; 5 – автоматичний клапан; 6 – люк; 7 – кінцевий елемент трубопроводу для піску; 8 – циліндрична обичайка; 9 – опора бака; 10 – заглушка.

Робота витискної установки заснована на використанні енергії стисненого повітря, що отримує необхідну швидкість за рахунок різниці тисків у витискному бакові $(6–7)\cdot10^5$ *Па* та у бункері для роздавання, який сполучений із зовнішнім середовищем. Витискні баки бувають ємністю 0,35; 0,6 і 1,5 $м^3$; прийнятий за

типовий бак ємністю 0,6 м^3. Пісок надходить у витискний бак по патрубку подачі піску 4 через відкритий автоматичний клапан 5 який закривається при транспортуванні піску до роздавального бункера й знову відкривається, коли бункер заповниться піском. З витискного баку пісок витісняється стисненим повітрям у трубопровід до роздавального бункера через відросток трубопроводу 7, що направлений до днища витискного бака.

При вентиляторній подачі піску (рис. 3.15) пісок із сушила надходить через навантажувач 2 у нагнітальний трубопровід 3, захоплюється повітрям, що подається від вентилятора 4 високого тиску з напором 350–400 *мм вод. ст*., і далі транспортується так само, як при витискній системі.

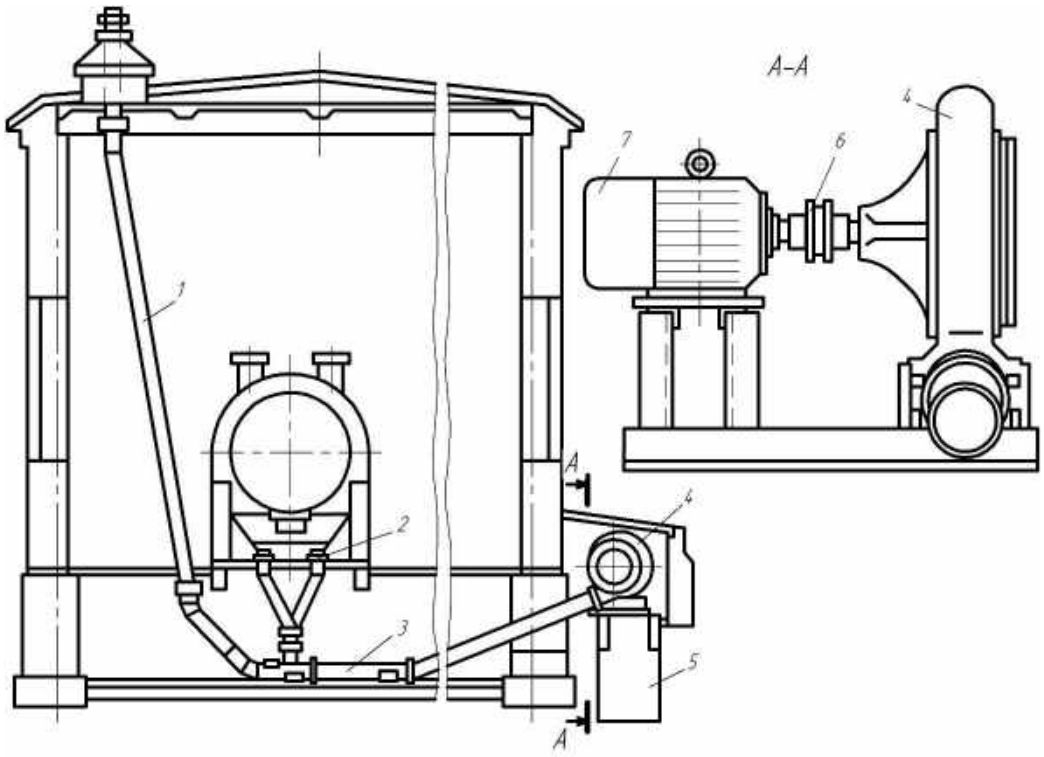

Рисунок 3.15 – Вентиляторна система подачі піску:

1 – трубопровід для піску; 2 – завантажувач; 3 – нагнітальний патрубок; 4 – вентилятор; 5 – фундамент; 6 – пружна муфта; 7 – електродвигун.

Найбільше поширення отримали пристрої для подачі піску витискного типу. До числа їх головних переваг відноситься можливість транспортування піску на значну відстань – до 200 *м* по трубах порівняно малого діаметру – 51–76 *мм*. Для забезпечення сталої роботи установки при втраті напору зі збільшенням довжини трубопроводу (у зв'язку з чим можуть утворитися піскові «пробки»), а також для підтримки продуктивності, подачі піску 2000 *кг/год* і більше рекомендується при довжині трубопроводу 100–150 *м* і вище застосовувати додаткове підведення повітря в магістраль (рис. 3.16).

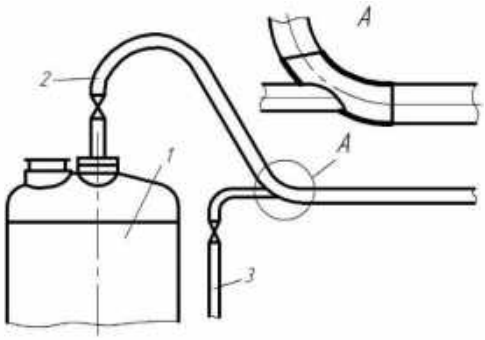

Рисунок 3.16 – Схема додаткового підведення повітря до трубопроводу з піском:

1 – витискний бак; 2 – трубопровід для піску; 3 – трубопровід для повітря; А – місце додаткового підведення повітря.

Вентиляторна система, відрізняється простотою в будові пристрою та в обслуговуванні, вимагає менших капітальних витрат на будівництво та споживає менше електроенергії, але забезпечує подачу піску на відстань усього лише 50–70 *м* по трубопроводу діаметром 125–150 *мм* із максимальною продуктивністю в межах 1300–1500 *кг/год*.

Пристрої для роздавання піску (рис. 3.17) установлюють між коліями екіпірувальних позицій на залізобетонних опорах, а також на порталах і естакадах, які перекривають колії, що призначені для екіпірування локомотивів. Ємність роздавальних бункерів повинна забезпечувати запас піску в розмірі не менше тригодинної витрати. Залежно від цього підбирається потрібна кількість бункерів типових розмірів ємністю 3 $м^3$.

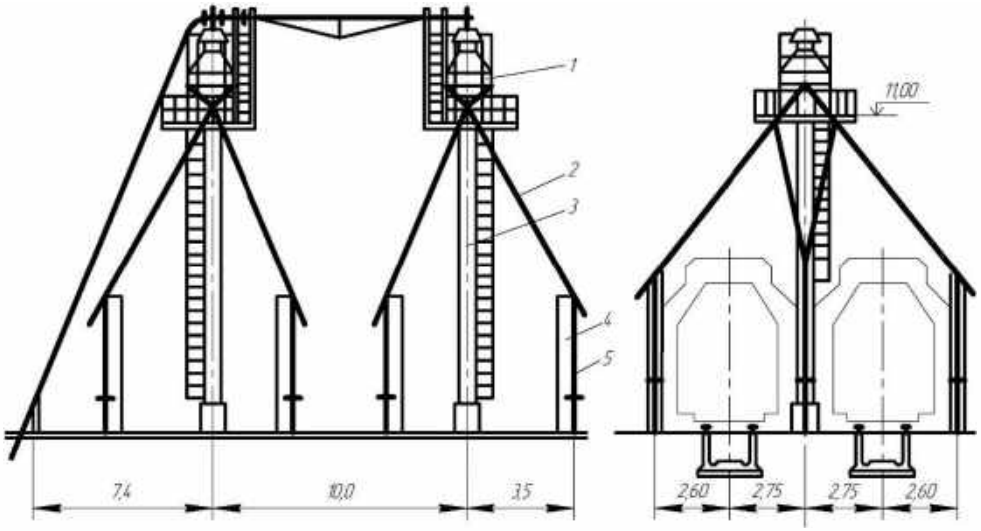

Рисунок 3.17 – Пристрої для роздавання піску:

1 – бункер; 2 – труба для роздавання піску; 3 – опора бункера; 4 – опора труб; 5 – роздавальний рукав.

Необхідна добова продуктивність пристроїв для роздавання піску

$$Q = (1440 - t)\delta N_{\text{п}}, \tag{3.18}$$

де 1440 – число хвилин у добі;

t – час огляду, ремонту та наступного заповнення бункера (до 60 *хв на добу*), *хв;*

δ – кількість піску, що подається на один локомотив за 1 *хв* (визначається хронометражем, а в орієнтовних розрахунках приймається 0,1–0,15 $м^3$), $м^3/хв$;

$N_{\text{п}}$ – кількість локомотивів, що одночасно постачається піском (приймається за статистичними даними підходу локомотивів на екіпірування)

Висока абразивність піску викликає інтенсивне зношування трубопроводів. Основними способами підвищення надійності та довговічності комунікацій піскопостачання є: укладка найкоротших трас із мінімальним числом поворотів і перемикачів, застосування зносостійких конструкцій елементів комунікацій, точний монтаж труб, використання буферних пристроїв і ін.

При обслуговуванні сушила та постачанні піском локомотивів необхідно строго дотримуватися вимог техніки безпеки та охорони праці. Топку барабанного сушила варто чистити при включеному вентиляторі продування повітря, у захисних окулярах і брезентових рукавицях. Вихідний отвір тарілчастого живильника сушила потрібно очищати тільки після зупинки живильника. Особливу увагу необхідно звертати на вентиляцію сушильного приміщення із застосуванням пристроїв фільтрації та зволоження, а також кондиціювання повітря.

На подачу 1 $м^3$ сухого піску витрачається близько 2 $м^3$ стисненого повітря тиском до $6 \cdot 10^5$ *Па*.

Годинна продуктивність (у $м^3/год$) установки подачі піску може бути визначена таким чином:

$$C = \frac{n_{\text{в}} V_{\text{ц}} \cdot 60}{t_{\text{ц}}}, \tag{3.19}$$

де $n_{\text{в}}$ – кількість витискних баків;

$V_{\text{ц}}$ – обсяг піску, що подається за цикл (корисна ємність бака), $м^3$;

$t_{\text{ц}}$ – тривалість циклу, *хв.*

Годинна продуктивність вентиляторної установки для подавання піску

$$C_{\text{в}} = \mu \frac{\pi d^2}{4} v_{\text{в}} \cdot 3600, \tag{3.20}$$

де μ – коефіцієнт завантаження, рівний 1,4–1,6;

d – діаметр трубопроводу, *м;*

$v_{\text{в}}$ – швидкість руху повітря, *м/с*.

ДО ЗМІСТУ

3.7 Підготовка та заправка локомотивів водою

Витрата води для охолодження дизелів тепловозів і дизель-поїздів незначна [5,8]: для двосекційних тепловозів 2ТЕ10Л вона становить 80 *л* на 1000 *локомотиво-км* пробігу; для 2ТЕ121, 2ТЕ116 – 80 *л*; для ТЕП60 – 20 *л*.

Воду для охолодження готують у спеціальному відділенні підготовки води, яке розташоване в районі екіпірувального господарства. На кожний 1 $м^3$ води додають каустичної соди 0,5–0,7 *кг*, тринатрійфосфату 0,16–0,2 *кг* і нітриту натрію 2–2,5 *кг*, а для дизелів з алюмінієвими блоками циліндрів додатково включають 1,5–2 *кг* хромпіку.

Добова потреба хімікатів, необхідних для підготовка води, визначається загальною добовою витратою на потреби експлуатації та ремонту дизельних локомотивів. Протикорозійні присадки додають у розчиненому стані, потім для одержання однорідного розчину воду нагрівають до температури 40–60 °*С* і в продовж 10–15 *хв* перемішують. За підготовкою води здійснюється систематичний контроль з боку деповської хіміко-технічної лабораторії. Якщо вміст хлоридів в охолоджувальній воді перевищує 50 *мг/л*, а жорсткість буде більше 0,3 *мг-екв/л,* вода в охолоджувальній системі дизеля підлягає заміні.

Після завершення ремонту дизельного локомотива, повністю зливають воду із охолоджувальної системи дизеля, яку потім знову заповнюють свіжою, належним чином приготовленою водою при температурі 40–60 °*С*. Злиту воду збирають, фільтрують і вдруге використовують. Запас води при екіпіруванні тепловоза поповнюється через нижню зливальну трубу. Додають воду вручну через горловину розширювального бака.

Поповнення водою системи охолодження дизеля виконується в пунктах екіпірування дизельних локомотивів відцентровим насосом і заправними водяними колонками, що мають конструкцію, аналогічну паливній та мастильній роздавальній колонкам. Насоси дистанційно управляються з екіпірувальних позицій. При необхідності в умовах експлуатації тепловоза воду зберігають у бідонах із кришками, запас води приймається з розрахунку 20 *л* на дизель.

Добова витрата охолоджувальної води в депо визначається наступним чином.

Витрата води на потреби експлуатації, *л*

$$B_э = \sum 2LNe_в\alpha_в \cdot 10^3, \qquad (3.21)$$

де $\sum 2LN$ – добовий пробіг всіх дизельних локомотивів, *км*;

$e_в$ – норма витрати води на вимірник 1000 локомотиво-км, *л;*

$\alpha_в$ – коефіцієнт, що враховує кількість води, яку отримує дизельний локомотив в даному пункті екіпірування.

Витрати води на ремонт, *л*

ДО ЗМІСТУ

$$B_{\text{р}} = \frac{(M_{\text{ПР-3}} + M_{\text{ПР-2}})}{T_{\text{рд}}} \cdot V_{\text{в}} \cdot \mu_{\text{в}}, \qquad (3.22)$$

де $M_{\text{ПР-3}}, M_{\text{ПР-2}}$ – річна програма ПР-3 і ПР-2 в односекційному обчисленні;

$T_{\text{рд}}$ – кількість робочих днів у році;

$\mu_{\text{в}}$ – коефіцієнт, що враховує позапланову зміну води в системі охолодження дизеля (орієнтовно 1,1–1,2);

$V_{\text{в}}$ – запас води в системі охолодження однієї секції дизеля, *л.*

3.8 Пристрої для обмивання та очищення

Для обмивання та очищення локомотивів застосовують пристрої відкритого стаціонарного та закритого рухомого типів [5,8]. Найбільше поширення на мережі залізниць УЗ отримали стаціонарні типові щітково-душові пристрої для зовнішнього обмивання локомотивів і моторвагонного рухомого складу на відкритих площадках у літню пору. Одночасно з обмиванням періодично натирають кузов захисною пастою КП.

Установка включає: мийну рамку, що має соплові наконечники для обприскування бічних сторін і даху локомотива спеціальною емульсією, що подається насосами під тиском (4–4,5) 10^5 *Па*; мийну установку барабанного типу з капроновими щітками для розтирання нанесеної на локомотив мийної емульсії; пристрій для натирання кузова захисною пастою; пристрій для обмивання бічних стін і даху локомотива (обмивальний душ); апарат для, сушіння локомотива гарячим повітрям.

Пристрій для обмивання включає також брудонафтоуловлювальну систему та пилососні агрегати для очищення електричних машин і апаратів у кузові та тягових електродвигунах. Обмивання виконують, за два–три проходи локомотива приблизно за 15 хв. При обмиванні локомотива тягові електродвигуни повинні працювати або їх надійно закривають захисними щитками.

Застосовують також установки для обмивання та обдування локомотивів, що знаходяться в критих стійлах. При цьому відбувається обігрів, обмивання зовнішніх стін (з наступним натиранням) і даху кузова, візків, тягових електродвигунів (із забезпеченням надійного захисту від проникнення вологи) і ходових частин локомотивів. Передбачене відсмоктування пилу при очищенні, продуванні та сушінні електричних машин у кузові, а також тягових електродвигунів. У стійлі розміщаються портальні, мийна та машина для натирання, а також мийний візок, що використовується для обмивання екіпажної частини знизу та миття підлоги оглядової канави.

Нижче наведені техніко-економічні показники типового проекту закритого обмивально - продувльного стійла, а його планування – на рис. 3.18.

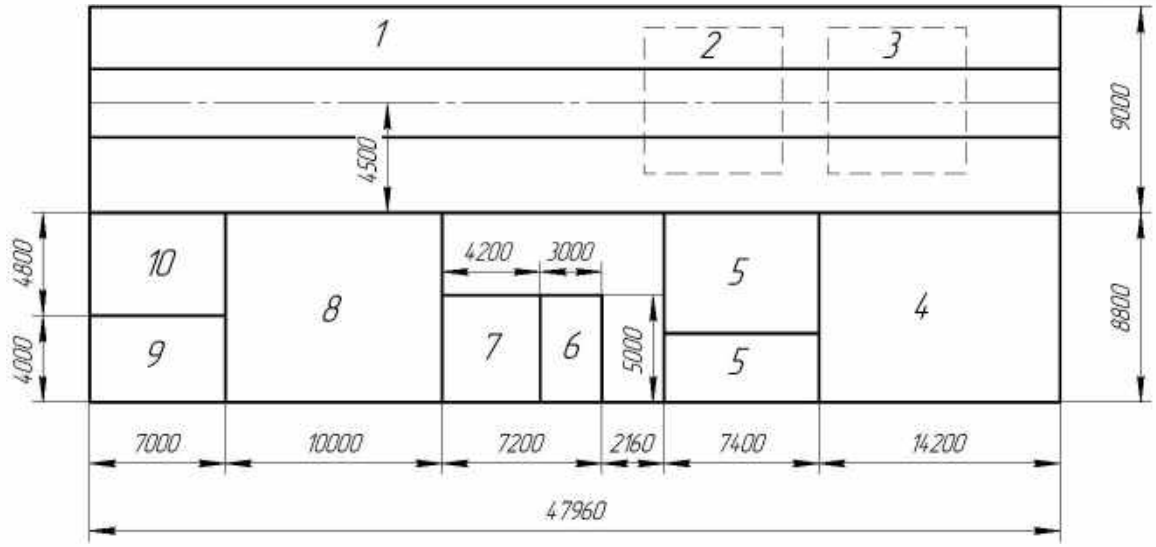

Рисунок 3.18 – Обмивально-продувальне стійло (план):

1 – стійло обмивання та продування; 2, 3 – портальні машини; 4 – вентиляційна; 5 – гардероб і душова (М та Ж); 6 – електроапаратна; 7 – кімната обслуговуючого персоналу; 8 – насосна; 9 – комора; 10 – трансформаторна.

Закриті обмивально-продувальні стійла при всіх їхніх позитивних якостях не одержали широкого поширення через їх високу будівельну вартість і рекомендуються тільки для депо в районах із суворими кліматичними умовами.

На рис. 3.19 показане розташування на тяговій території депо стаціонарної обмивальної установки відкритого типу, що забезпечує потоковість при екіпіруванні локомотивів. В окремих депо використовують самохідні обмивальні установки, змонтовані на автонавантажувачах або обмивальні установки, що працюють за принципом вагономийних, машин (рис. 3.20). Такі пристрої призначаються тільки для зовнішнього обмивання кузовів локомотивів та моторвагонного рухомого складу.

Для обмивання застосовують поверхнево-активні мийні засоби. При значному забрудненні хороші результати дає емульсія, що складається з наступних компонентів: щебекинська паста – 4 %; гексаметафосфат – 4 % і сульфазол – 4 % по вазі. Використовують також нагрітий (до 70–80 °С) водяний миючий розчин, що містить 1 % кальцинованої соди та 1 % мила. Розчин подається під тиском $(3–4)\cdot10^5$ Па.

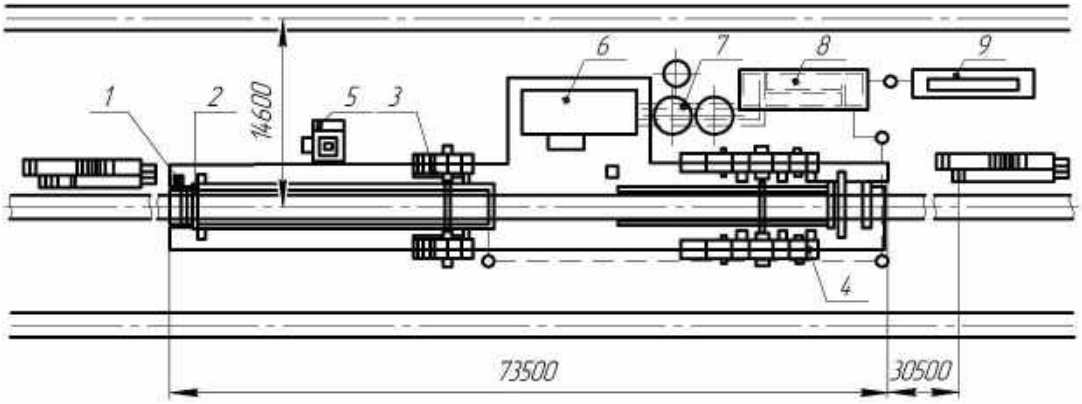

Рисунок 3.19 – Стаціонарна обмивальна установка відкритого типу:

1 – колонка для обмивки торців; 2 – змочувальні пристрої; 3 – нанесення та розтирання емульсії; 4 – мийна установка; 5 – резервуар для гасового контакту; 6 – насосна станція; 7 – баки для гарячої води; 8 – брудонафтоуловлювач; 9 – плащадка для зневоднювання пульпи.

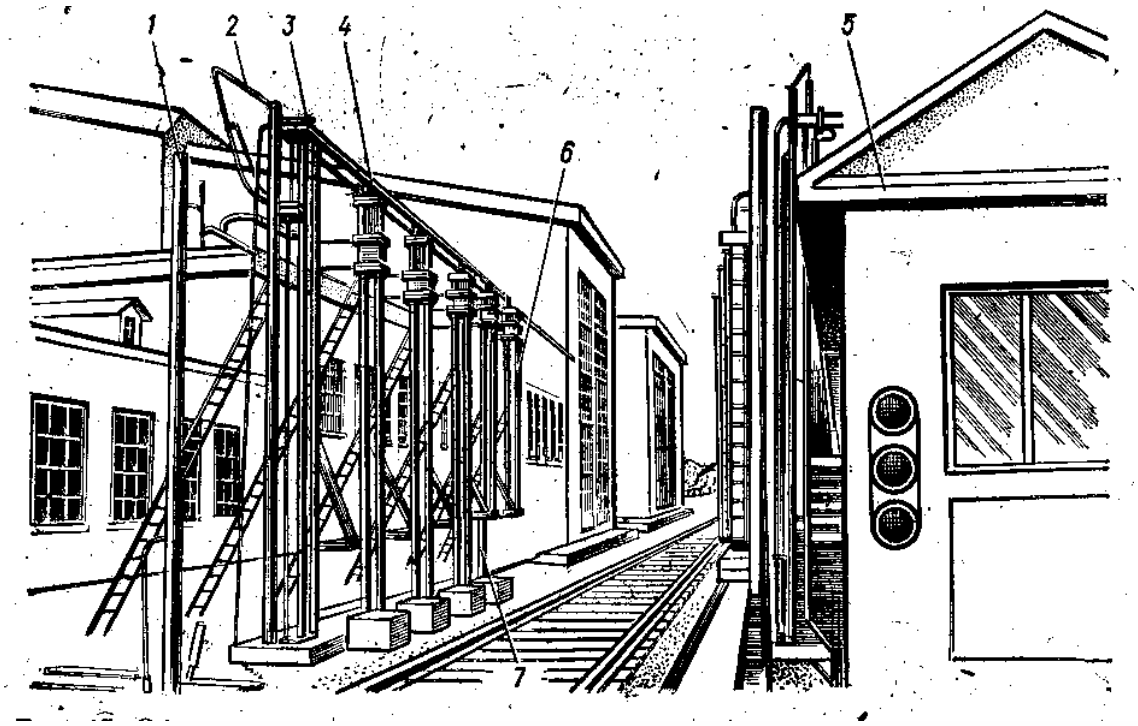

Рисунок 3.20 – Обмивальна установка відкритого типу, що працює за принципом вагономийних машин:

1 – обприскувачі; 2 – поворотні консольні установки для миття даху; 3 – стійки поворотних пристроїв; 4 – каркас; 5 – пост керування; 6 – мийні щітки, що обертаються; 7 – стійка для кріплення мийних щіток.

Експлуатація обмивальних пристроїв показала, що з метою підвищення якості обмивання локомотивів необхідно використовувати гарячу воду з підігрівом її до температури +60 °С при температурі зовнішнього повітря вище +16 °С і до +80 °С при більш низьких температурах. Тиск води під час обмивання кузова локомотива доводять до$(5–6)\cdot10^5$ Па, що необхідно для прискорення процесу та покращення якості обмивання. При обмиванні ходових частин тиск води може бути збільшений до $(8–9)\cdot10^5$ Па.

Кількість миючих установок визначається з врахуванням їхньої пропускної здатності $m_о$

$$m_о = \frac{1440}{\varphi(t_о + t_{ус})}, \tag{3.23}$$

де $t_о$ – час обмивання одного локомотива, хв;

$t_{ус}$ – час установки одного локомотива, хв $(t_о + t_{ус} = 25$ хв);

φ – коефіцієнт нерівномірності підходу локомотивів на обмивку (φ = 1,2).

При зазначених умовах $m_о$ = 48 локомотивів **за** добу з однієї мийної установки.

3.9 Пристрої для розвертання локомотивів

Всі двосекційні та сучасні односекційні тепловози під час експлуатації повертати на 180° (в депо обороту) не має потреби, тому що вони мають дві кабіни керування [5, 8].

Тому в сучасних депо поворотні пристрої, як правило, потрібні тільки для періодичного повороту локомотивів з метою попередження однобічного підрізу гребенів; при експлуатації деяких серій локомотивів постійно однією секцією замість двох і для фіксованої постановки тепловозів на ремонтну позицію.

Для повороту локомотивів можуть застосовуватися трикутники, поворотні кола та поворотні петлі. У депо першого розряду наявність одного з поворотних засобів обов’язково. Найбільш простими та зручними з точки зору експлуатації, пристроями є трикутники, оскільки вони на відміну від поворотних кіл не вимагають спеціального устаткування, коштують дешевше, а витрати на їхнє обслуговування незначні. Основним недоліком трикутників є порівняно велика площа, яка необхідна для їх укладання, а поворот локомотива з їхньою допомогою займає всього 6–10 *хв*. Мінімальний радіус кривої поворотного трикутника повинен бути 180–200 *м*. Ухил колій не повинен перевищувати 10–15 ‰. Якщо поворотний трикутник має тупік, його довжина приймається з розрахунку установки на ньому двох двосекційних локомотивів з додаванням 5 *м*. Найбільш доцільні дві основні схеми поворотного трикутника (рис 2.21).

ДО ЗМІСТУ

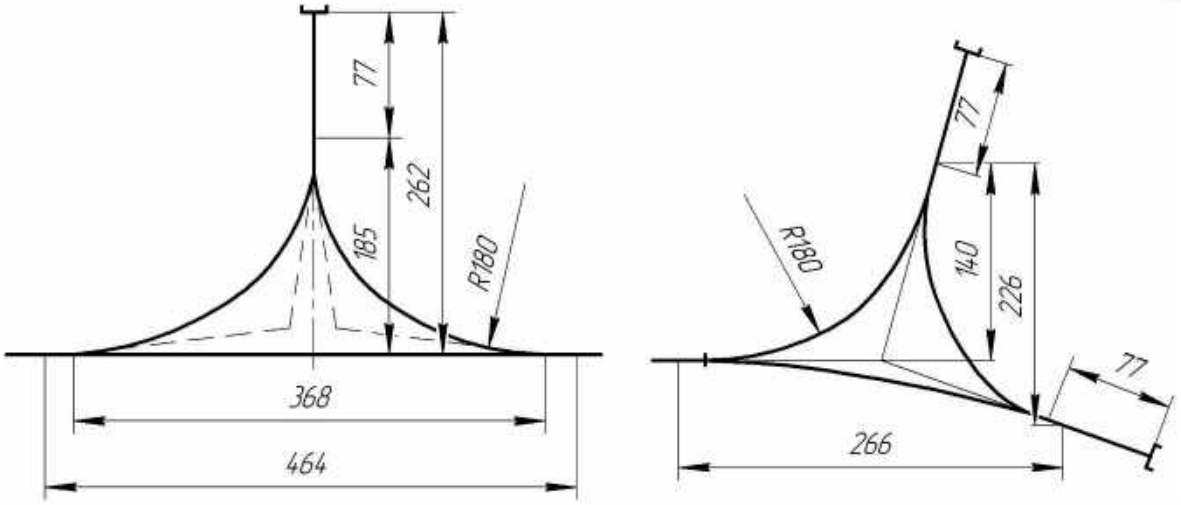

Рисунок 2.21 – Схема трикутників для повороту локомотивів.

Поворотні кола бувають урівноваженого типу (діаметром до 25 *м*) і неврівноваженого (діаметром 25–30 *м*). Найбільш зручні неврівноважені кола діаметром 30 *м*, оскільки на них при повороті не потрібно точної установки локомотива, тобто співпадання центра ваги локомотива з віссю обертання ферми кола. У результаті досягається суттєва економія часу. Проти кожної вхідної (або вихідної) колії на коло укладається тупік довжиною не менше 12,5 *м*.

Поворотні кола можуть бути також фундаментні (із котлованом під фундамент) і безфундаментні (без котловану), але із земляним насипом для заходу локомотивів на коло та виходу з нього. Механізмом повороту для кола є електродвигун потужністю 11,5 *кВт*, що передає обертаючий момент на крайні опорні візки ферми через редуктор з передаточним числом 1:30,8. Поворотне коло –дорогий пристрій, в 5–6 разів дорожчий поворотного трикутника, але час повороту локомотива становить лише 2–3 *хв*.

В окремих випадках допускається застосування поворотних петель різноманітної конфігурації, характер яких визначається місцевими топографічними та експлуатаційними умовами. Мінімальний радіус петлі 300 *м*. Укладання поворотних петель доцільно, коли не потрібне будівництво шляхопроводів.

Поворотні засоби розміщають так, щоб при користуванні ними не було зустрічного переміщення локомотивів по тяговій території (по тих самих коліях).

3.10 Пристрої для сумісного екіпірування та ТО

Один із можливих варіантів компонування пристроїв для сумісного екіпірування тепловозів на відкритій площадці на двох екіпірувальних коліях [5, 8] представлений на рис. 3.22. Між коліями оглядових канав *5* екіпірувальної території (рис. 3.22, а) розташовані пристрої для подавання піску *7*, колонки *6* для роздавання дизельного палива, масла та води. Із сушили для піску *13,* що розташована на складі піску *16* та складі вугілля *15* для опалення барабанних сушил, просушений пісок подається по трубопроводах *9* у склад сухого піску *10* башто-

ДО ЗМІСТУ

вого типу ємністю 3000 м^3. Сухий пісок до роздавальних бункерів транспортується по трубопроводу *8.* Відходи з піску вивантажуються з розвантажувальних камер сушил у штабель *11*, відходи з бункера циклона видаляються в приймач *12,* що герметично закривається, зола із зольників топок сушил вивозиться за допомогою тельферного устаткування в штабель *14.* Склад дизельного масла *2*, резервуар для забрудненого дизельного палива *1* і резервуар для зберігання каустичної соди *3* розташовані поблизу службово-технічної будівлі *4.*

У службово-технічній будівлі розташовані: відділення для підготовки води, комора мастильних матеріалів, комора обтиральних матеріалів, майстерня, комора запасних частин, хімічна лабораторія, приміщення для обслуговуючого персоналу, локомотивних бригад та ін.

На площі резервуарного парку (рис. 3.22, б) розміщена зливальна естакада *21,* насосна станція *20,* резервуари чистого *18,* забрудненого та сепарованого *19* дизельного палива, а також резервуар нафтопродуктів *17,* резервуар осьового масла *23,* резервуар інших мастильних матеріалів *24.* Вхід на площадку резервуарного парку здійснюється через контрольної пункт *22.* Необхідні протипожежні засоби знаходяться на екіпірувальній території резервуарного парку.

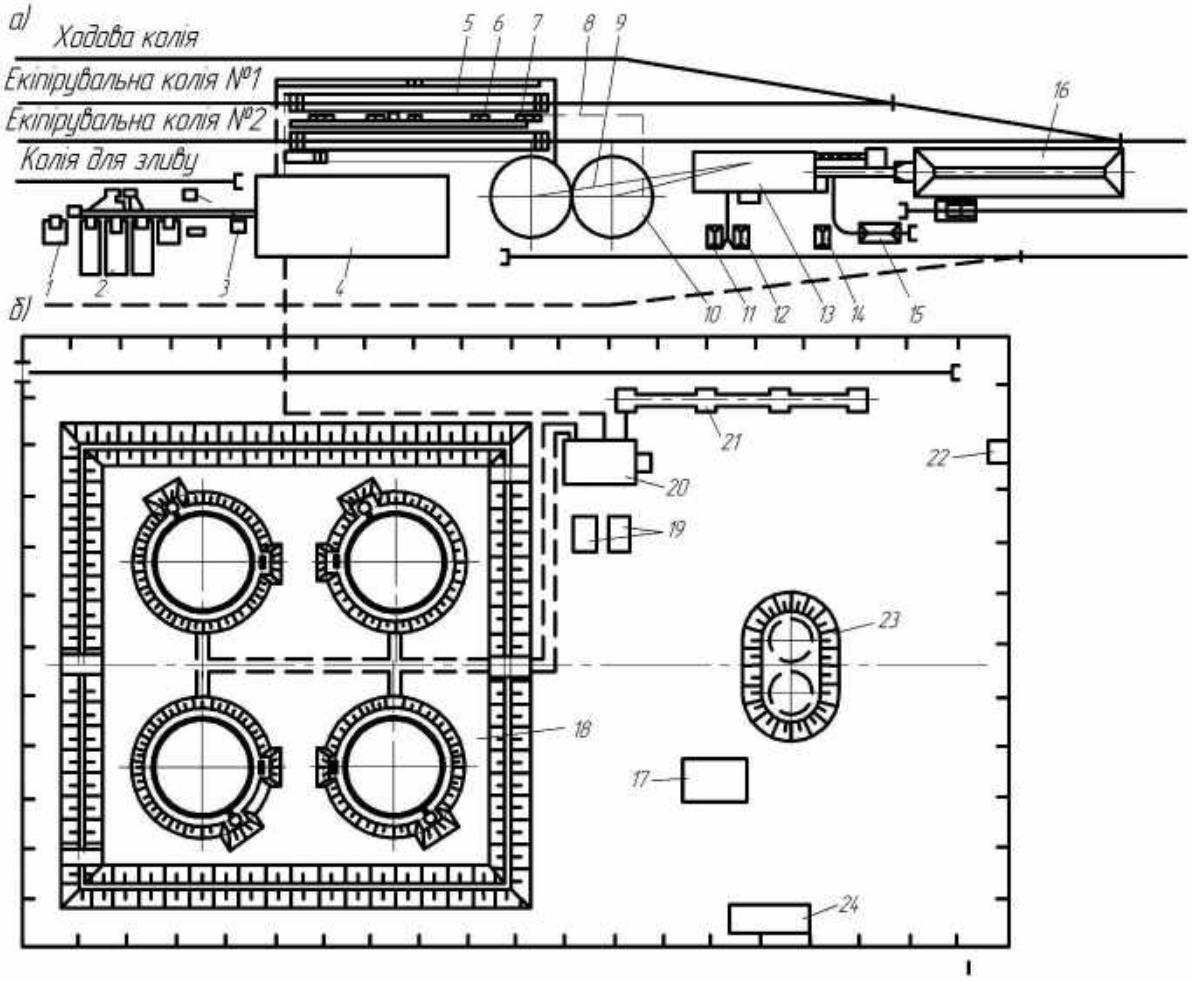

Рисунок 3.22 – Ситуаційний план для сумісного екіпірування та технічного обслуговування тепловозів на відкритій площадці.

Оглядові канави, що споруджуються зі збірних залізобетонних блоків або монолітного залізобетону (рис. 3.23), повинні мати габаритні розміри, що забезпечують можливість огляду ходових частин і передач тепловозів. Довжина канави визначається відстанню між крайніми автозчепами тепловозів з додаванням 2,4 *м* на розташування з обох кінців сходинок драбин для спускання в канаву. Глибина оглядової канави 1,2 *м* від підошви рейок, ширина 1,4 *м*. Днище канави робиться з поздовжнім уклоном 0,004–0,005 убік збірного колектора з метою забезпечення стікання води в систему каналізації. Для освітлення екіпажної частини локомотивів у спеціальних нішах бічних стінок, канави встановлюють електросвітильники на напругу 36 *В*. У цих же нішах розміщають колонки для відбору стисненого повітря.

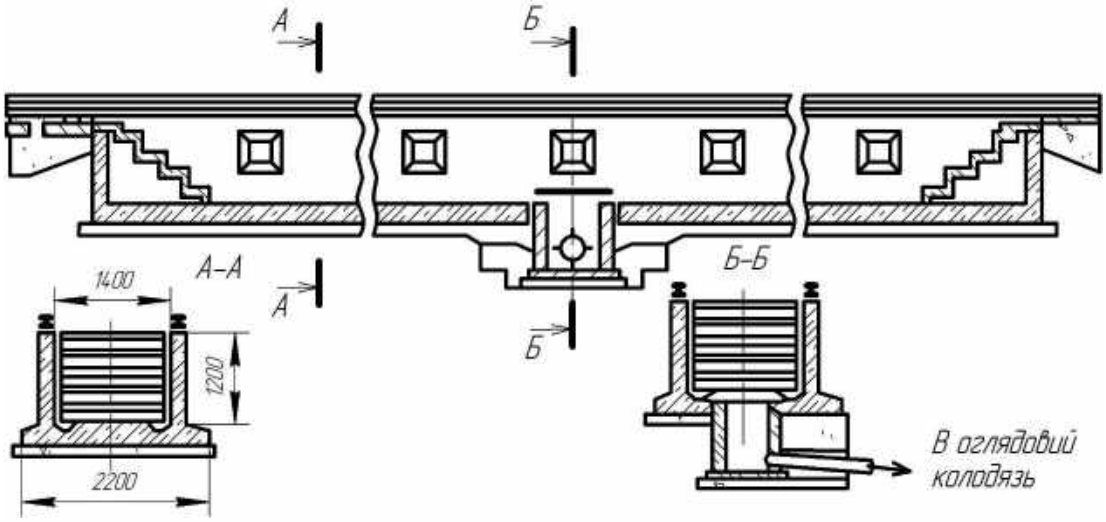

Рисунок 3.23 – Оглядова канава з монолітного залізобетону

Комплекс пристроїв для сумісного екіпірування, як вказувалося раніше, може бути розміщений у будівлі ПТОЛ, тобто в закритому приміщенні. Варіант таких пристроїв для сумісного екіпірування двосекційних тепловозів показаний на рис. 3.24.

У стійловій частині 1 на між коліями по всій довжині локомотива влаштовуються площадки висотою 1,9 *м* від головки рейки, підлогу між коліями рекомендується знижувати по відношенню до головки рейки на 0,5–0,65 *м*. Чотири бункери для роздавання піску ємністю 3 м^3, установлені на залізобетонних опорах, що піднімаються над дахом будівлі, у середину якої введені трубопроводи із гнучкими рукавами для подавання піску в бункери локомотивів. Між коліями оглядових канав розміщені чотири колонки для набирання палива , десять колонок для набирання масла і чотири колонки для набирання води.

Службово-технічні та побутові приміщення зосереджені у двоповерховій прибудові. Сушка для піску зі складами сирого та сухого піску, а також паливне господарство з резервуарами для зберігання дизельного палива, естакадою для зливання, насосною станцією та іншим устаткуванням розташовуються в безпо-

середній близькості від будівлі; трубопровід піску від складу сухого піску до будівлі прокладається під землею; паливні та масляні комунікації – у спеціальному підземному каналі.

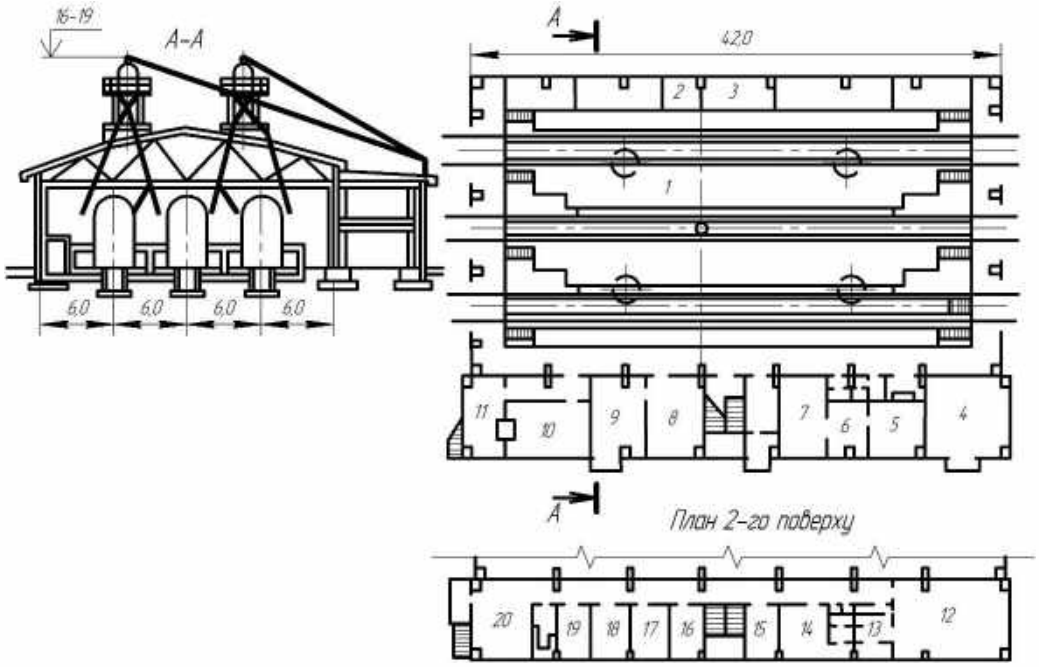

Рисунок 3.24 – Депо екіпірування та технічного обслуговування двосекційних тепловозів

1 – стійлова частина; 2 – зарядна акумуляторних батарей; 3 – генераторна; 4 – комора масел; 5 – роздавальна масел; 6 – комора обтиральних матеріалів; 7 – водопідготовче відділення; 8 – майстерня; 9 – комора запчастин; 10 – кімната локомотивних бригад; 11 – кімната чергового по депо; 12 – чоловічий гардероб; 13 – санвузол; 14 – жіночий гардероб; 15 – фотарій; 16 – лабораторія; 17 – кімната розшифровувача стрічок швидкостемірів; 18 – кімната слюсарів і та екіпірувальників; 19 – кабінет начальника; 20 – буфет.

Особливості екіпірування електрорухомого складу. Екіпірування електровозів і електропоїздів включає: постачання піском, мастильними та обтиральними матеріалами, зовнішнє очищення та обмивку кузова, обдування тягових електродвигунів і апаратури. У деяких випадках до процедури екіпірування входить поворот електровоза на 180°. На екіпірувальні операції електровозів витрачається близько 10 % часу обороту.

Пробіги електровозів між екіпіруванням лімітуються пробігом між двома наборами піску та становлять 300–600 *км.*

Заправні горловини бункерів для піску електровозів розташовані на даху локомотива, тому для заправки електровоза піском на коліях станції необхідно враховувати наявність контактної електромережі високої напруги; доступ з екіпірувальної площадки до даху електровоза для заправлення піском можливий лише при знятті напруги з контактної мережі. У деяких випадках екіпірувальні пристрої розташовані на коліях, не обладнаних контактним дротом і електровоз

на екіпірування піском подається за допомогою спеціального тепловоза. На обмивання електровоз транспортується також маневровим тепловозом або під низькою напругою, що подається на тягові електродвигуни; швидкість пересування 1,5 *км/год.*

Моторвагонні секції електропоїздів так само, як дизель-поїзда, забезпечуються піском і підлягають обмиванню, очищенню, дезинфекції та дезинсекції.

3.11 Автоматизація процесу екіпірування

Застосування автоматики в системі екіпірування локомотивів займає важливе місце. В основу автоматизації екіпірувальних пристроїв покладені уніфіковані принципові електричні схеми, стандартні електронні елементи (модулі); для вимірювання рівня піску та палива застосовують ємнісні, фотоелектричні, механічні, електроконтактні та радіоактивні датчики, командні електропневматичні та електромагнітні прилади (вентилі) [5, 8].

При економічному порівнянні вартості різних типів автоматизації екіпірувальних пристроїв (у *грн*) визначають вартість подачі 1 $м^3$ сухого піску в бункер локомотива або 1 *т* рідкого палива в бак тепловоза:

$$A = \frac{\frac{C_{\text{п}}}{\tau} + E_{\text{м}} + C_{\text{р}} + C_{\text{о}}}{365 П'_{\text{о}}}, \qquad (3.23)$$

де $C_{\text{п}}$ – капіталовкладення в спорудження екіпірувального пристрою з урахуванням автоматизації, *грн*;

τ – строк окупності, років;

$E_{\text{м}}$ – вартість енергії, що витрачається за рік, обумовленої потужністю встановлених електродвигунів, *грн*;

$C_{\text{р}}$ – витрати на ремонт, змащування екіпірувальних пристроїв у рік, *грн*;

$C_{\text{о}}$ – витрати на обслуговуючий персонал в рік, *грн*;

$П'_{\text{о}}$ – середньодобова витрата екіпірувальних матеріалів, $м^3$.

3.11.1 Установка автоматизації підготовки та подачі піску автоматизує наступні процеси:

- увімкнення електродвигунів, що обертають барабанні сушила тільки після прогріву сушила до температури 120 °*С* і їх вимикання при зниженні температури нижче 120 °*С* або переповненні «кишень» сушила піском;
- відключення двигуна подачі сирого піску при переповненні лотка;
- відключення продувочного вентилятора при підвищенні температури продуктів згоряння сушила вище розрахунково – допустимої 45 °*С*, що обмежує температуру нагрівання піску в робочій зоні печі до 350 °*С*;

ДО ЗМІСТУ

- припинення транспортування сухого піску від сушил до проміжних ємностей й від них у роздавальні бункери при тиску повітря в магістралі нижче мінімально припустимого;
- припинення сушіння піску при заповненні роздавальних бункерів, і запасних ємностей (складів);
- роботу витискних баків: увімкнення та вимикання залежно від заповнення піском складів сухого піску та роздавальних бункерів;
- керування компресорами: увімкнення та вимикання залежно від тиску повітря в повітрозбірниках і магістралі, тиску в системі змащення компресора.

3.11.2 У паливопостачанні автоматизують наступні операції:

- злив палива й заповнення резервуарів складу, відкриття та закриття вентилів, пуск, зупинка насосів;
- подача палива на тепловоз, відкривання та закриття вентилів, пуск і зупинка насосів;
- облік витрати палива.

Для автоматизації використовують різні рівнеміри: фотоелектронні, ємнісні, контактні; електромагнітні та електромеханічні вентилі та ін. При зливанні та подаванні на тепловози дизельного палива застосовують пристрої дистанційного пуску та зупинки паливопостачаючих насосів, устаткування автоматичного заповнення зливальних стояків за допомогою вакуум-насосів, установки вакуумкамер, повітряних вантузів, системи контрольної та попереджувальної сигналізації в насосних станціях, і в типових напівавтоматичних роздавальних колонках. При повній автоматизації процесу паливопостачання дії особи, що екіпірує тепловоз, зводяться до введення паливо роздавального пістолету в горловину паливного бака тепловоза та натисканню пускової кнопки вмикання насоса. Після наповнення бака до граничного рівня спрацьовує датчик рівнеміра й насос автоматично вимикається. На вкладиші маршруту машиніста, попередньо вставленому в проріз спеціального апарату (типу «компостер») паливо роздавального пістолета, відмічається кількість виданого палива. Зафіксовані відомості передаються потім в депо.

Маслом і водою локомотиви забезпечуються також за допомогою типових напівавтоматичних роздавальних колонок з дистанційним управлінням живильними насосами. Автоматизується робота обмивальних установок. Розробляються автоматичні пристрої для оперативного контролю якості екіпірувальних матеріалів, що подаються на локомотиви.

3.12 Обслуговування акумуляторних батарей

3.12.1 Акумуляторні батареї тепловозів

Акумуляторні батареї призначені для живлення енергією генераторів, що працюють в режимі електродвигунів або стартер-генераторів при пуску дизелів,

ДО ЗМІСТУ

живлення кіл керування та освітлення, а також деяких допоміжних кіл при працюючому дизелі. На тепловозах застосовують два типи акумуляторних батарей: кислотні та лужні. Основні типи і технічні дані акумуляторних батарей [5], що застосовуються на тепловозах, наведені в таблиці 3.9

Акумуляторна батарея під час пуску дизеля підключається до тягового генератора або стартер-генератора без будь-яких пускових опорів. Оскільки пускове електричне коло має малий опір, у момент включення пускових контакторів струм стрибкоподібно зростає до максимальної величини, але потім швидко зменшується в міру збільшення частоти обертання вала дизеля. Частота обертання вала якоря тягового генератора або стартер-генератора в режимі електродвигуна прямо пропорційна підведеній напрузі. Тому основна вимога до тепловозної акумуляторної батареї – це підтримка досить високої напруги під час прокручування, для досягнення валом дизеля пускової частоти обертання. У електричну схему тепловоза акумуляторна батарея включається таким чином, щоб розряд її відбувався тільки під час пуску дизеля і живленні обмеженого ряду споживачів при непрацюючому двигуні. Під час роботи дизеля батарея знаходиться в автоматичному режимі постійного підзаряду. При цьому повинна підтримуватися в допустимих межах температура електроліту, інакше ємність батареї різко знижується. Від перевантажень і коротких замикань в зовнішньому колі батарея захищена запобіжниками та автоматами.

Таблиця 3.9

Типи та технічні дані тепловозних акумуляторних батарей

Марка	Тип батареї	Число акумуляторів	Маса з електролітом, *кг*	Серія тепловозу
32ТН-450	Кислотна	32	1272	ТЕМ2, 2ТЕП60, М62, 2ТЕ116
48ТН-450	Кислотна	48	1926	2ТЕ116
48ТН-35	Кислотна	48	1472	ТЕП70, 2ТЕ121
46ТПЖН-550	Лужна	46	2100	2ТЕ10В, 2ТЕ10Л, 2ТЕ10М

На тепловозах ТЕМ1, ТЕМ2, ТЕП60 та інших широке застосування отримали кислотні свинцеві акумуляторні батареї типу 32ТН-450. Ця батарея складається з 32 акумуляторів. Літери Т і Н означують, що вона призначена для тепловозів, а активна маса пластин нанесена шляхом намазування. Ємність батареї 450 *А-год.*

3.12.2 Характерні несправності акумуляторних батарей та методи їх усунення

Причинами виникнення несправностей акумуляторної батареї та виходу її з ладу, або зниження її характеристик, можуть бути дефекти, які виникли при виготовленні її на заводі (збої устаткування при виготовленні комплектуючих деталей і збиранні батареї), так і дефекти виникають при порушенні правил експлуатації, обслуговування і просто «недоліку уваги» до акумуляторної батареї з боку користувача (порушення термінів проведення регламентного обслуговування, експлуатація і зберігання з низьким рівнем електроліту і низькою густиною, неправильне кріплення, удари, вібрації і тому подібне). Щоб продовжити термін служби акумуляторної батареї потрібно запобігати і оперативно усувати виниклі несправності.

До найбільш типових несправностей акумуляторів відносяться: підвищений саморозряд, окислення контактів, витікання електроліту крізь пошкодження в корпусі, коротке внутрішнє замикання пластин, сульфатація, зміна полюсів.

Сульфатація

Це явище полягає в утворенні крупних важкорозчинних кристалів сірчанокислого свинцю (сульфату) на поверхні електродів і на стінках пор активної речовини. Кристали сульфату забивають пори активної речовини плюсових і мінусових електродів, що перешкоджає проникненню електроліту в глиб активної речовини. В результаті не вся активна речовина братиме участь в роботі, що понижує ємкість акумулятора.

На думку фахівців сервісних служб виробників сульфатація є одною з головних причин скорочення терміну служби АБ і виходу її із ладу. Сульфатація батареї відбувається в результаті її зберігання в розрядженому стані, а так само із-за неповного і надмірного заряду, занадто високої густини електроліту, або недостатньої його кількості.

Основним ознакам сульфатації є швидке зростання напруги на електродах батареї при низькій густині електроліту, а так самоперегрів елементів батареї під час заряду. В цьому випадку активна маса стає рихлою і швидко обсипається, при цьому робоча поверхня пластин електродів зменшується. В результаті батарея швидко втрачає ємність, і її пластинам наносяться необоротні пошкодження.

При заряді батареї, що піддається сульфатації, швидко підвищується напруга і температура електроліту і починається бурхливе газовиділення, тоді як густина електроліту підвищується трохи, оскільки частина сірчаної кислоти залишається зв’язаною в сульфаті. Сульфатацію електродів визначають порівнян-

ням *ерс*, визначеною по густині, з напругою, виміряною вольтметром без навантаження. Якщо заміряна напруга буде більша *ерс*, визначеної по густині, електроди акумулятора сульфатовані.

Сульфатацію усувають кількома циклами розряду-заряду при малій густині електроліту (1,11–1,12 *г/см*^{3}). Заряджання відбувається силою струму не більше 0,05C_n (C_n – номінальна ємність батареї в ампер-годинах). Доводять густину електроліту до норми. Після проводиться контрольний розряд батареї силою струму 0,1C_n. Силу струму в колі регулюють реостатом. Розряд закінчують, коли на затискачах одного з найгірших акумуляторів напруга знизиться до 1,7 *В* (або 10,2 *В* на батареї). Батарея вважається справною, якщо час розряду буде не менше: 7,5 *год* для батарей з густиною 1,29 *г/см*^{3}; 6,5 *год* – для 1,27 *г/см*^{3}; 5,5 *год* – для 1,25 *г/см*^{3} . Якщо час розряду батареї буде менше вказаних значень, то таку батарею піддають декільком циклам заряду-розряду, контролюючи час розряду. Якщо при повторних розрядах не збільшується час розряду, то така батарея вимагає ремонту. Придатні батареї заряджають у звичайному порядку і направляють для експлуатації або на склад зберігання. Контрольний розряд також виконують з метою визначення придатності батарей до подальшої експлуатації і перед постановкою батарей на тривале зберігання.

Ознаки сульфатації:

- швидке підвищення напруги, при цьому густина електроліту залишається низькою;
- посилене розігрівання елементів при заряді.

Причини сульфатації:

- недостатній заряд;
- глибокі розряди;
- зберігання без підзарядки;
- висока густина електроліту;
- недостатній рівень електроліту.

Наслідки впливу сульфатації на акумуляторну батарею:

- втрата щільного з'єднання активної маси з пластиною;
- рихла активна маса;
- активна маса на негативній пластині обсипається;
- прогресуюча втрата ємності не може бути усунена, якщо процес дуже затягнувся;
- пошкодження пластин і батареї.

Усунення сульфітації можливе в тому випадку, якщо вона існує не тривалий час.

Способи усунення:

- багатократний вирівнюючий заряд струмом менше 5*А/100Агод* з паузами для «відпочинку» батареї;
- при прогресуючій формі сульфатації, повинен застосовуватися заряд незначним струмом до тих пір, поки густина електроліту не почне підвищуватися. Температура електроліту не повинна перевищувати 55 °С;

- заряд постійною напругою до встановлення струму нормального значення (після закінчення необхідно відкоригувати густину електроліту);
- при дуже сильній сульфатації з високою густиною, видалити електроліт і залити дистильовану воду, і заряджати малим струмом не більш *5А/100Агод.*

Після десульфатаційного заряду необхідно вирівняти густину електроліту, а потім бажано провести глибокий розряд малим струмом з подальшим якісним зарядом.

Необхідно зазначити, що доливати кислоту в елементи для підвищення густини електроліту категорично недопустимо. Це, не дасть ніякого позитивного ефекту, а лише ускладнить ситуацію .

Проміжний заряд

Це питання актуальне для багатьох користувачів. З одного боку, проміжний заряд подовжує час робочої зміни батареї, а з іншою в процесі підзарядки температура батареї підвищується. Це приводить до скорочення терміну служби батареї. Так само може з'явитися так званий ефект «пам'яті».

Причиною появи ефекту пам'яті є укрупнення кристалічних утворень активної речовини акумулятора і, як наслідок, зменшення площі активної поверхні його робочої речовини. Чим дрібніші кристалічні утворення активної речовини акумулятора, тим більша площа поверхні кристалічних утворень, а, отже, і максимальна кількість енергії, що запасає акумулятор. І навпаки при укрупненні кристалічних утворень у процесі експлуатації – площа їх поверхні зменшується, і зменшується реальна ємність.

При прийнятті рішення про здійснення проміжного заряду батареї рекомендується керуватися наступним принципом: якщо потужності (ємності) батареї вистачає, що б відпрацювати повну зміну без підзаряду, то виконувати його не слід. Коли потужності недостатньо, заряджати батарею слід лише в тому випадку, якщо вона розряджена не менше чим на 20 %.

Глибокий розряд

Глибокий розряд – це розряд акумуляторів більш ніж на 80% заявленої ємності або до напруги 1,7 *В* на елемент, а густина електроліту при цьому має бути не менше 1,13$г/см^3$. Розряд акумуляторів нижче цих величин призводить до суттєвого скорочення терміну служби акумулятора. Чим більший розряд батареї, тим менша кількість сірчаної кислоти залишається в електроліті. В результаті в акумуляторі залишається вода і сульфат свинцю.

Якщо розряджати батареї тривалий час, не даючи їм підживлення, то падіння густини нижче критичного значення неминуче призведе до руйнування активної маси пластин і відповідно зниженню ємкості, до механічного пошкодження пластин, і інколи навіть до зміни полярності елементів.

Перезаряд

Перезаряд викликає корозію решіток позитивних пластин і надмірне газоутворення, що руйнує активний матеріал пластин. Сповзаючи вниз в проміжках між сепараторами і пластинами, цей матеріал осідає на дні банки у вигляді тонкого коричневого осаду. Перезаряд підвищує також температуру батареї, яка може вирости до такої міри, що вона стає руйнівною як для пластин, так і для сепараторів.

Перезаряд, що супроводжується надмірним виділенням газів, викликає даремну втрату води, вимагаючи постійного спостереження потім, щоб електроліт підтримувався в елементі на належному рівні. Періодичний перезаряд діє сприятливо, але коли він стає постійним, він зменшує термін служби батареї.

Саморозряд акумулятора

Саморозрядом називають зниження ємності акумуляторів при розімкненому зовнішньому колі, тобто при бездіяльності. Це явище викликане окислювально-відновними процесами, що мимоволі протікають як на негативному, так і на позитивному електродах. До саморозряду особливо схильний негативний електрод унаслідок мимовільного розчинення свинцю (негативної активної маси) в розчині сірчаної кислоти.

Саморозряд негативного електроду супроводжується виділенням газоподібного водню. Швидкість мимовільного розчинення свинцю істотно зростає з підвищенням концентрації електроліту. Підвищення густини електроліту з 1,27 до 1,32 $г/см^3$ приводить до зростання швидкості саморозряду негативного електроду на 40 %. Наявність домішок різних металів на поверхні негативного електроду робить значний вплив на збільшення швидкості саморозчинення свинцю (унаслідок зниження перенапруження виділення водню).

Практично всі метали, що зустрічаються у вигляді домішок в акумуляторній сировині, електроліті і сепараторах, або що вводяться у вигляді спеціальних добавок, сприяють підвищенню саморозряду. Потрапляючи на поверхню негативного електроду, вони полегшують умови виділення водню. Частина домішок (солі металів із змінною валентністю) діють як носії зарядів з одного електроду на інший. В цьому випадку іони металів відновлюються на негативному електроді і окислюються на позитивному (такий механізм саморозряду приписують іонам заліза).

Швидкість даної реакції також зростає із зростанням концентрації електроліту. Оскільки реакція протікає з виділенням кисню, то швидкість її в значній мірі визначається кисневим перенапруженням. Тому добавки, що знижують потенціал виділення кисню (наприклад, сурма, кобальт, срібло), сприятимуть зростанню швидкості реакції саморозчинення двоокису свинцю. Швидкість саморозряду позитивного активної речовини у декілька разів нижче за швидкість саморозряду негативного активного речовини.

Іншою причиною саморозряду позитивного електроду є різниця потенціалів матеріалу струмовідводу і активної маси цього електроду. Гальванічний мікроелемент, що виникає унаслідок цієї різниці потенціалів, перетворює свинець струмовідводу і двоокис свинцю позитивної активної маси в сульфат свинцю.

Саморозряд може виникати, коли акумулятор зовні забруднений або залитий будь якою рідиною, яка створює можливість розряду через електропровідну плівку, що знаходиться між полюсними виводами акумулятора або його перемичками. Цей вид саморозряду не відрізняється від звичайного розряду дуже малими струмами при замкнутому зовнішньому колі і легко усувається. Для цього необхідно підтримувати поверхню батареї в чистоті.

Саморозряд батарей значною мірою залежить від температури електроліту. З пониженням температури саморозряд зменшується. При температурі нижче 0 °С в нових батареях він практично припиняється. Тому зберігання батарей рекомендується в зарядженому стані при низьких температурах (до -30 °С). В процесі експлуатації саморозряд не залишається постійним і різко посилюється при кінці терміну служби.

Зниження саморозряду можливе за рахунок підвищення перенапруження виділень кисню і водню на акумуляторних електродах. Для цього необхідно, по-перше, використовувати можливо чистіші матеріали для виробництва акумуляторів, зменшувати кількісний вміст легуючих елементів в акумуляторних сплавах, використовувати лише чисту сірчану кислоту і дистильовану воду (або близьку до неї по чистоті при інших методах очищення), для приготування всіх електролітів, як при виробництві, так і при експлуатації. Наприклад, завдяки зниженню вмісту сурми в сплаві струмовідводів з 5 % до 2 % і використанню дистильованої води, для всіх технологічних електролітів, середньодобовий саморозряд знижується в 4 рази. Заміна сурми на кальцій дозволяє ще більше понизити швидкість саморозряду.

Зниженню саморозряду можуть також сприяти добавки органічних речовин – інгібіторів саморозряду. Вживання загальної кришки і прихованих міжелементних з’єднань в значній мірі знижує швидкість саморозряду від струмів витоку, оскільки значно знижується вірогідність гальванічного зв'язку між далеко віддаленими полюсними виводами.

Інколи саморозрядом називають швидку втрату ємності унаслідок короткого замикання усередині акумулятора. Таке явище пояснюється прямим розрядом через струмопровідні містки, що утворилися між різнойменними електродами. Застосування сепараторів-конвертів в акумуляторах, що не обслуговуються, робить майже не можливим утворення коротких замикань між різнойменними електродами в процесі експлуатації. Проте така вірогідність залишається унаслідок можливих збоїв в роботі устаткування при масовому виробництві. Зазвичай такий дефект виявляється в перші місяці експлуатації. Міру саморозряду виражають у відсотках втрати ємності за встановлений період часу.

Зміна полюсів

Зміна полюсів акумулятора полягає в тому, що полярність його пластин змінюється на зворотню. Зазвичай це відбувається, коли акумулятор через недогляд піддається заряду струмом зворотного напрямку. У результаті цього позитивні пластини заряджаються, як негативні, а негативні пластини – як позитивні.

Зміна полюсів окремих акумуляторів, що входять до складу даної батареї, можлива в тому випадку, коли ці акумулятори мають значно меншу ємністю, ніж всі інші. Це так звані «відстаючі» акумулятори, не доведені до норми (наприклад, частково засульфатовані акумулятори, акумулятори з більш холодним розчином сірчаної кислоти).

У процесі розряду напруга у таких акумуляторів знижується швидше і може досягти нуля. При триваючому розряді батареї розрядний струм, що проходить через ці акумулятори, вже стає для них зарядним струмом, але він заряджає їх у зворотному напрямку. Позитивні пластини стають негативними, а негативні пластини – позитивними. Зворотна напруга на кожному акумуляторі в якому сталася зміна полюсів, досягнувши 2 *В*, знижує загальну напругу батареї на 4 *В*.

У процесі такої зміни полюсів в активній масі пластин обох полярностей створюються короткозамкнені елементи. Вони виникають за рахунок того, що в активній масі кожної з пластин виникає суміш двоокису свинцю і губчастого свинцю, просочених розчином сірчаної кислоти. Обсяг активних мас сильно збільшується. У негативних пластин внаслідок цього осередок сильно набухає. Це може призвести до розриву тонкої свинцевої сітки, яка формується, втрачає міцність і здобуває коричневе забарвлення. Позитивні пластини помітно світлішають. У них контакт активної маси зі свинцевим остовом послаблюється. Якщо зниження ємності окремих акумуляторів замітити вчасно, то можна не допустити зміну полюсів.

Зміна полюсів виникає тільки тоді, коли обслуговуючий персонал не помічає надмірного зниження (нижче, наприклад, 1,75 *В*) напруги на окремих акумуляторах під час розряду на навантаження. Якщо вчасно припинити проходження струму через такі акумулятори, то зміна полюсів не настане. Якщо зміна полюсів вже відбулася, то акумулятор треба ретельно обстежити, щоб усунути помічені несправності і визначити стан пластин обох полярностей. Потім акумуляторну батарею зі зміненою полярністю (попередньо відключеному від батареї) піддають декільком тренувальних зарядно - розряджувальним циклам відновлення його нормальної ємності. Виправлений акумулятор включають знову в батарею перед її зарядом.

Практика показала, що спеціально проведена неглибока зміна полюсів всієї акумуляторної батареї може справити позитивний вплив на акумулятори – підвищити їх ємність, яка почала знижуватися у зв’язку з усадкою негативної активної маси. Зміна полюсів призводить до деякого розм’якшенню губчастого свинцю мінусових пластин і робить більш щільний двоокис на позитивних пластинах.

Виконуючи примусову зміну полюсів, при цьому помилковість включення помічають зазвичай після закінчення багатьох годин заряду, коли свинцева сітка негативних пластин вже придбала коричневе забарвлення двоокису свинцю, а позитивні пластини помітно посвітлішали. Шкідливі наслідки такої зміни полюсів тим сильніше, чим довше вона відбувалася.

Найбільшої небезпеки піддаються негативні пластини. Якщо зовнішня сітка позитивних пластин глибоко проформувалась, то вона може передчасно втратити свою механічну міцність, а це може викликати випадання негативної активної маси з усіма наслідками, що випливають звідси: короткі замикання, зниження ємності пластин і т.п.

Перед включенням нової батареї на формувальний заряд попередньо треба перевірити полярність на зарядних шинах (до підключення батареї), до яких підключено зарядний випрямний пристрій і полярність шин.

3.12.3 Існуючий стан ремонту та обслуговування акумуляторних батарей

Під час виконання ТО-3 тепловозним акумуляторним батареям перевіряється рівень, густина електроліту та напруга на кожному елементові. Рівень електроліту в кожній банці повинен бути на 15 *мм* вище захисного щитка. При зниженні рівня додається в окремі банки чиста дистильована вода. Банки, які мають витік електроліту, замінюються .

Прочищаються вентиляційні отвори в пробках елементів, перевіряється кріплення контактних затискачів батареї і вони очищаються від окису. Поверхні кришок елементів, заливна мастика, міжелементні з’єднання протираються насухо чистою серветкою, змоченою в 10 % лужному розчині. Різьбові поверхні змащуються тонким шаром мастила. Дані вимірювання по батареї вносяться в журнал акумуляторщика. Густина електроліту заряджених акумуляторних батарей повинна бути сталою і дорівнювати 1,24–1,25.

Під час виконання ПР-1 акумуляторній батареї проводять роботи відповідно до вимог ТО-3 і, крім того, вимірюють опір ізоляції всієї батареї, який повинен бути не менше 15000 *Ом*. У випадку меншого опору усуваються причини витоку струму (наявність пролитого електроліту або води, дотик міжелементних з’єднань до стінок дерев’яних ящиків і т.д.). При обов'язковому дотриманні умов правил та задовільному стані акумуляторної батареї при поточному ремонті ПР-1 відновлюваний заряд дозволяється не проводити. Забороняється випуск тепловоза з поточного ремонту ПР-1 з відключеним хоча б одним елементом акумуляторної батареї. Блоки акумуляторних батарей з несправними елементами замінюються

Виконання ПР-2 включає для акумуляторної батареї виконання роботи в обсязі поточного ремонту ПР-1. Крім того, проводиться лікувально-тренувальний цикл заряду батареї згідно з вимогами заводської інструкції по догляду. При випуску тепловоза з поточного ремонту ПР-2 ємність акумуляторної батареї повинна бути не менше 50 % номінальної (при температурі 30 °*С*) і опір ізоляції

батареї не менше 15000 *Ом*. Забороняється випуск тепловоза з поточного ремонту ПР-2 з вимкненим хоча б одним елементом акумуляторної батареї.

При виконанні ПР-3 акумуляторна батарея знімається. Вимірюється густина електроліту, температура і напруга кожного елемента. Елементи, що показали ознаки несправності (збільшену в порівнянні з іншими температуру електроліту, знижені напруги під навантаженням і т.п.), розбираються з вийманням блоку пластин з цих елементів для ревізії і ремонту. Пошкоджені банки і дерев'яні ящики замінюються. Ящики акумуляторної батареї фарбуються кислототривким лаком N411. Батарея заряджається згідно заводської Інструкції по догляду за акумуляторними батареями відповідно до кожного типу батарей які знаходяться у використанні. Ємність акумуляторної батареї під час випуску з поточного ремонту ПР-3 повинна бути не менше 65 % номінальної та опір ізоляції не менше ніж 22000 *Ом*. Заміна акумуляторної батареї проводиться в депо приписки. Забороняється випуск тепловозів з поточного ремонту ПР-3 хоча б з одним відключеним елементом акумуляторної батареї.

3.12.4 Сучасні технології для відновлення працездатності акумуляторних батарей.

Акумуляторні батареї, що застосовуються на залізничному транспорті є дорогими виробами (вартість акумуляторної батареї типу 48ТН-450 близько 58000 *грн*), що вимагає ретельного контролю за їх станом. Крім того, деякі типи батарей мають свої терміни постачання, що призводить до необхідності створювати складські запаси, щоб уникнути простоїв і затримок рухомого складу, що призведе до великих фінансових втрат. На строк служби впливає безліч факторів, основними з яких являються:

- якість акумуляторних батарей;
- умови експлуатації;
- якість обслуговування.

Заводська якість, визначається виробником акумуляторних батарей. Умови експлуатації визначаються станом зарядного устаткування, а так само ступенем кваліфікації персоналу, який не повинен допускати експлуатацію акумуляторних батарей в позаштатних режимах. Але основним і вирішальним чинником є якість обслуговування. При періодичному обслуговуванні виконуються роботи з усунення несправностей, які з'являються внаслідок природного старіння акумуляторної батареї під час експлуатації, а також проводиться перевірка на відповідність реальних умов експлуатації з нормативними. Наприклад, якщо акумуляторна батарея поступила на обслуговування в розрядженому стані, то можливо проблема не в самій батареї, а в стані зарядного обладнання локомотива, або персонал погано навчений і не проводить відповідні заходи з контролю за станом акумулятора. Рівень сучасних технологічних систем дозволяє суттєво підвищити ефективність експлуатації та обслуговування акумуляторних батарей, а оснащення зарядного стенду комп'ютером і наявність потужного програмного забез-

печення дозволить для кожної з використовуваних і нових акумуляторних батареї створити банк даних («електронний паспорт»), в який буде вноситися вся необхідна інформація про стан батареї. Використання даної зарядної установки дозволить:

- визначати з високою точністю реальні терміни служби акумуляторної батареї;
- виконувати регламентні зарядно-розрядні тренувальні цикли без участі персоналу з отриманням в кінці програми розгорнутої інформації про стан батареї;
- з високим ступенем імовірності прогнозувати відмову акумуляторної батареї в найближчій перспективі, що дозволить своєчасно зробити замовлення нової батареї або підготувати до експлуатації батарею з складських запасів;
- побічно контролювати якість експлуатації акумуляторних батарей.

Для здійснення діагностики та прогнозування відмов використовують той фактор, що тягові акумуляторні батареї як лужні, так і кислотні мають наступну діаграму циклування.

На рис. 3.25 зображено діаграму виконання програми циклування тепловозних тягових акумуляторних батарей.

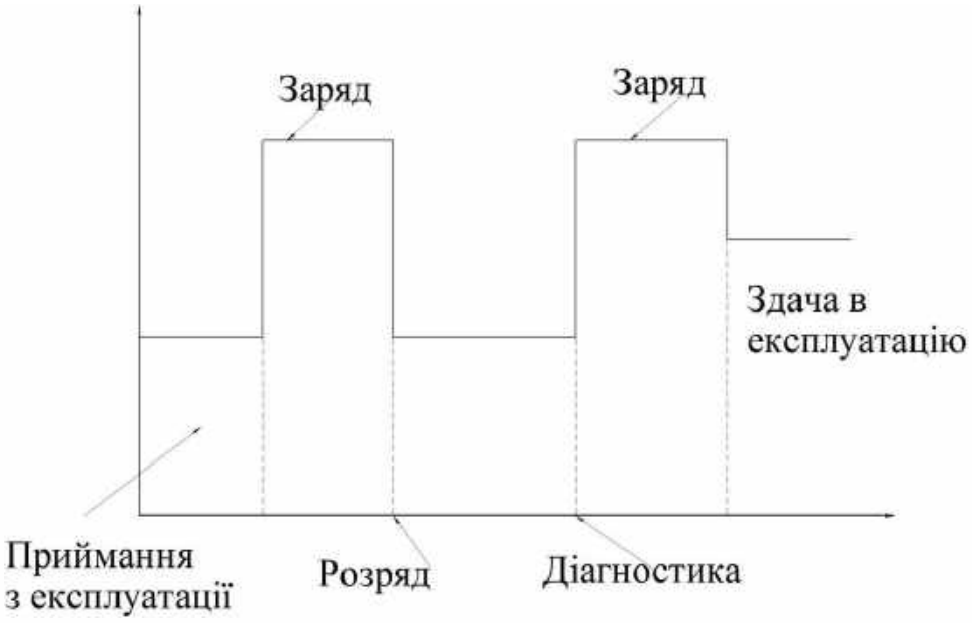

Рисунок 3.25 – Схема програми тестового циклування батареї

3.13 Хіміко-технологічна лабораторія депо

Працездатний стан тепловозів і дизель-поїздів, їхніх окремих агрегатів, вузлів і деталей в процесі експлуатації багато в чому залежить від якості дизельного палива, дизельного масла та інших сортів мастил, піску, води що охолоджує дизель, а також запасних частин і матеріалів, що застосовуються при експлуатації,

ДО ЗМІСТУ

технічному обслуговуванні та ремонті дизельних локомотивів. Проведення регулярного контролю їхньої якості як при надходженні у депо, так і в процесі використання покладається на деповську хіміко-технічну лабораторію. Для перевірки дизельного масла перед постановкою тепловозів на технічне обслуговування ТО-3 або поточний ремонт ПР-1 працівник лабораторії відбирає з дизелів пробу масла для визначення в'язкості, температури спалаху, величини водневого показника, загального забруднення та наявності води [5,8].

Деповські лабораторії беруть безпосередню участь у впровадженні в депо системи безрозбірної діагностики тобто визначення поточного стану та прогнозування залишкового ресурсу тепловозних дизелів за результатами спектрального аналізу масла. Залежно від зміни концентрації певних домішок у дизельному маслі прогнозується кінцевий термін експлуатації тієї або іншої деталі.

До числа прогресивних методів аналізів, що застосовуються у деповських лабораторіях, варто також віднести новий спосіб прискореного визначення наявності води в маслах і інших нафтопродуктах за допомогою індикаторів. При відсутності води у пробі нафтопродукту індикаторний папір не змінить кольору і залишиться голубим, а при наявності води папір стане рожевим. Індикаторний папір після просушування може застосовуватися для випробувань неодноразово.

Значну увагу деповські лабораторії приділяють контролю якості піску, що використовується на локомотивах. Для цього від кожної партії піску, що прибула з кар'єру в локомотивне депо, відбирається контрольна проба для випробування на зерновий і мінералогічний склад. З піскосушки не менш 2 (двох) разів на місяць відбирають контрольну пробу для випробування на вологість і зерновий склад. З пісочниць локомотивів проби для випробування піску на вологість беруть при несправній роботі пісочниць (через забивання піскових труб) а потім ще вибірково не менш ніж від трьох локомотивів щомісяця.

У лабораторії виконуються також аналізи й інших матеріалів.

Приміщення лабораторії обладнуються вентиляцією, опаленням, водопроводом, каналізацією, освітлювальною й силовою електромережами, приладами й установками для аналізу дизельного палива, мастильних матеріалів, піску, води.

3.14 Обслуговування та ремонт екіпірувальних пристроїв

Служба Т залізниці та локомотивне депо (ТЧ) яким підпорядковані об'єкти екіпірувального господарства, організовують раціональне використання, обслуговування та ремонт екіпірувальних пристроїв, а також контроль за їх технічним станом. Персонал, що обслуговує екіпірувальні пристрої, включається до складу єдиних змін чергових по депо [5]. Чисельний склад працівників пункту екіпірування визначається обсягом роботи тепловозного депо та ступенем механізації і автоматизації екіпірувального процесу з врахуванням бальності відповідного депо.

Для підтримування екіпірувальних пристроїв у справному стані встановлена система планово-попереджувальних ремонтів, що перебуває в повній відповідності із загальною системою планового ремонту устаткування залізничного транспорту.

Плановий ремонт виконується на основі попередньо складених дефектних описів, а відремонтовані пристрої приймаються в експлуатацію по акту. До числа найважливіших організаційно-технічних заходів, що здійснюються при підготовці об'єктів екіпірувального господарства до роботи в зимових умовах, варто віднести:

проведення в передзимовий період комісійної перевірки стану та готовності до роботи в зимових умовах усього екіпірувального господарства, включаючи й протипожежні заходи; завчасне закінчення ремонту та утеплення будівель депо екіпірування та технічного обслуговування а також будівель екіпірувальних пристроїв; своєчасний ремонт та випробування опалювальних мереж, казанів і нагрівальних приладів; ремонт і огляд поворотних пристроїв;

ремонт і огляд насосів, фільтрів, паливних, масляних і водяних резервуарів, пристроїв для нагрівання екіпірувальних матеріалів;

формування запасу сирого та сухого піску, огляд і ремонт піскосушильних і піскоподаючих пристроїв; створення запасу зимових сортів палива та мастил; підготовка персоналу до обслуговування об'єктів екіпірувального господарства в зимових умовах .

Під час експлуатації піскопроводи обов'язково продути стисненим повітрям, що необхідно для попередження конденсування вологи, яка перебуває в трубах, і змерзання піску. Систематично 3–4 рази за зміну необхідно також продувати повітрозбірники та спускати конденсат з масловодозбірників. Якщо стиснене повітря, яке необхідне для пневматичного подавання піску, забирається від тепловоза, то перед приєднанням повітряного рукава до гальмової магістралі локомотива необхідно обов'язково продути рукав і тільки після цього приєднати його.

З метою зменшення в'язкості дизельного палива та масел при низьких температурах узимку перед зливом і подачею на локомотиви їх потрібно підігрівати. Для прогріву паливо-мастильних матеріалів застосовують поверхневі теплообмінники (змійовики), що нагріваються парою або гарячою водою. Дизельне паливо підігрівається при температурі зовнішнього повітря -25 °*С* і нижче. При підігріві, палива та масел необхідно приділяти особливу увагу перевірці надійності приєднання та справності підігрівальних приладів, тому що просочування пари та конденсату в дизельне паливо та мастило неприпустимо. Нагрівання нафтопродуктів вище 90 °*С* теж неприпустимо. Тому потрібно систематично 1 раз за 4 *год* перевіряти температуру нагрівання нафтопродуктів у резервуарах. Якщо арматура резервуарів для нафтопродуктів замерзне, то її відігрівати потрібно лише парою або гарячою водою, але не відкритим вогнем або електричним способом. Дизельне масло попередньо підігрівається до 60 °*С*, а система охолодження дизеля заповнюється тільки гарячою водою (40–60 °*С*).

Запитання для самоконтролю

1. *Характеристика процесу екіпірування.*
2. *Умови розташування екіпірувальних пристроїв на залізничних напрямках.*
3. *Визначення необхідної кількості екіпірувальних пристроїв в пункті ПТОЛ.*
4. *Паливне господарство.*
5. *Господарство мастильних матеріалів.*
6. *Підготовка та зберігання піску.*
7. *Підготовка води для заправки локомотивів.*
8. *Пристрої для розвертання локомотивів.*
9. *Обслуговування акумуляторних батарей.*
10. *Призначення хіміко-технічної лабораторії депо.*

РОЗДІЛ 4 ДЕПОВСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО ТА ЙОГО СПОРУДИ

4.1 Типи деповських будівель та їх порівняльна характеристика

По конфігурації та взаємному розташуванні стійл і майстерень розрізняють наступні основні типи будівель [11] (рис. 4.1): павільйонні (*а*), східчасті (*б*), віялові з поворотним колом (*в*), комбіновані (*д*).

Перші два типи будівель прямокутні. Залежно від кількості стійл будівлі такого типу можуть складатися з декількох секцій. Кожна секція зазвичай має або дві або три колії.

Найбільш дешеві за вартістю будівлі павільйонного типу. Вони застосовуються як для тепловозів (електровозів), так і для дизель-поїздів (електропоїздів). Для них необхідні найменші розміри забудованої площі, що в свою чергу забезпечує зручне та близьке взаємне розташування ремонтних стійл і виробничих відділень, скорочуються витрати на утримування будівель за рахунок меншого периметра зовнішніх стін і віконних прорізів.

Досить поширеним типом є східчасті будівлі, при яких окремі секції зміщені одна відносно іншої в поздовжньому напрямку та побудовані з невеликим заходом одна за іншу, що значно покращує внутрішнє сполучення. Східчасті будівлі можна розташувати на вузькій площадці. У цих будівлях хороше природне освітлення цехів, однак великий периметр зовнішніх стін і наявність воріт у протилежних торцевих стінах приводять до збільшення витрат на опалення.

Нові віялові будівлі на поточний момент часу не будують. Незручність їх полягає в труднощах установки мостових кранів для обслуговування всієї площі стійлової частини цеху, а також у наявності міжколійних проміжків, що звужуються, ускладнюючи таким чином організацію ремонтних робіт.

На поточний момент локомотивні депо і їхні ремонтні дільниці споруджують (або здійснюють реконструкцію) із урахуванням уніфікації основних будівель для тепловозів, дизель-поїздів і електровозів.

Для виконання ПР-3 тепловозів був розроблений проект ремонтного депо із програмою 300 і 600 секцій тепловозів у рік з організацією агрегатного методу ремонту й потокового виробництва при ремонті як самого тепловоза, так окремих його вузлів. Існує чотири типи ремонтно-експлуатаційних та експлуатаційні депо для поточного ремонту й технічного обслуговування. Схеми планування таких депо представлені на рис. 4.2.

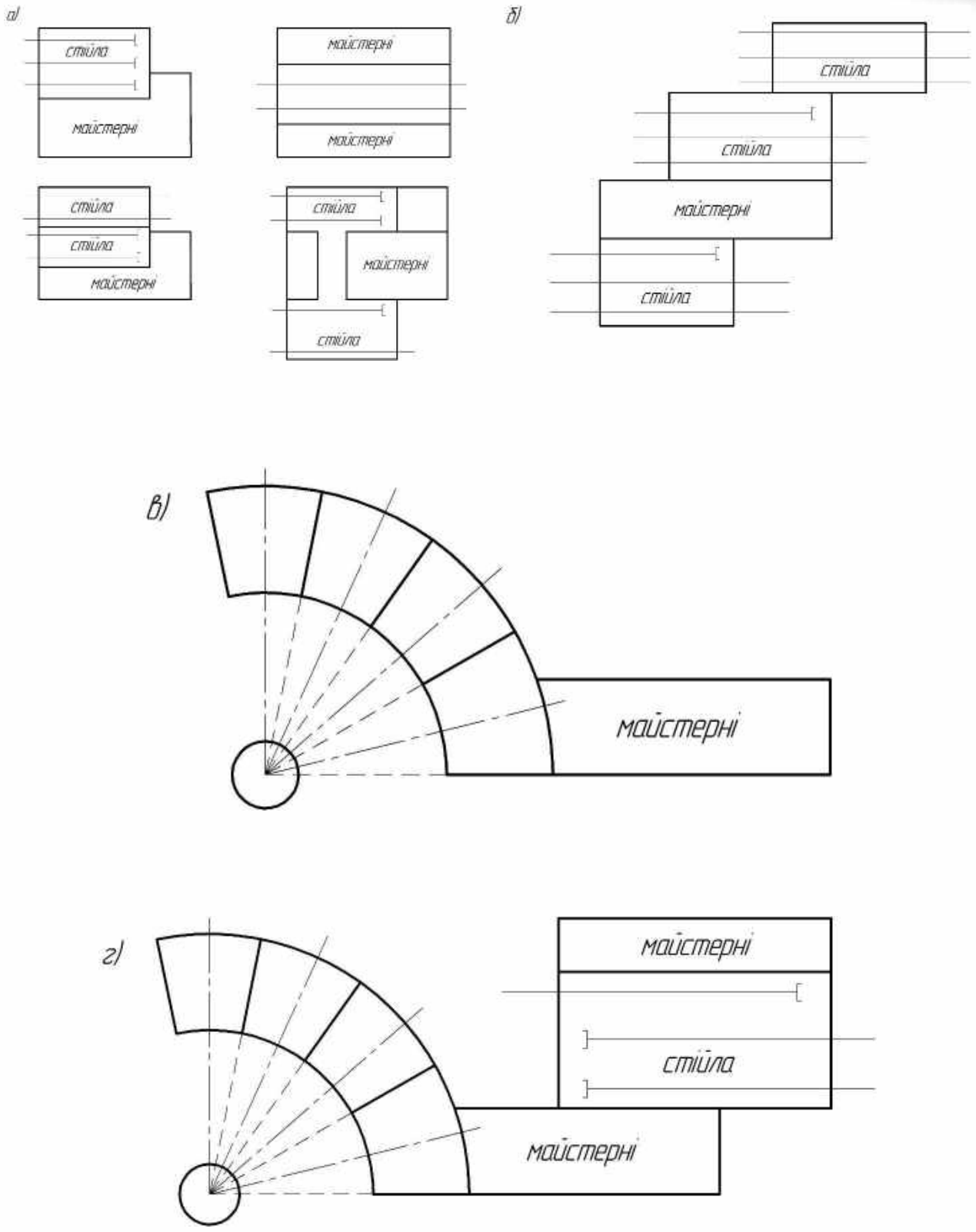

Рисунок 4.1 – Типи деповських будівель:

а – павільйонні; б – східчасті; в – віялові з поворотним колом; г – комбіновані.

ДО ЗМІСТУ

4.2 Спеціалізація ремонтних позицій та визначення необхідної їх кількості

В основному депо відповідно до обсягу робіт з ремонту та обслуговування тепловозів і дизель-поїздів передбачають наступні позиції [11, 12] (стійла): технічного обслуговуванні ТО-2, ТО-3, ТО-5, ТО-6 поточного ремонту ПР-1, ПР-2, ПР-3; випробувань під навантаженням; індивідуального викочування колісних пар і колісно-моторних блоків; обточування бандажів колісних пар без викочування з-під тепловоза (ТО-4); обдування й обмивання тепловозів перед постановкою на обслуговування або ремонт, фарбування тепловозів і дизель-поїздів після ремонту; для підготовки тепловозів і дизель-поїздів, що направляються в ремонт; для відстоювання тепловозів і дизель-поїздів, що очікують роботу. Залежно від спеціалізації та обсягу роботи в депо окремих позицій може не бути.

При потоковому методі ремонту тепловозів кількість позицій (стійл) відповідає кількості позицій на потоковій лінії. При стаціонарному методі ремонту необхідне число ремонтних позицій (стійл) у депо визначають залежно від річної програми ремонту та часу перебування локомотива на позиції (стійлі):

позиції ТО-3

$$A_{\text{ТО-3}} = \sum \frac{M_{\text{ТО-3}}}{Д} \frac{t'_{\text{ТО-3}}}{4} \psi; \tag{4.1}$$

позиції ПР-1

$$A_{\text{ПР-1}} = \sum \frac{M_{\text{ПР-1}}}{Д} \frac{t'_{\text{ПР-1}}}{24} \psi; \tag{4.2}$$

позиції ПР-2

$$A_{\text{ПР-2}} = \sum \frac{МП_{\text{ПР-2}}}{Д} t'_{\text{ПР-2}}; \tag{4.3}$$

позиції ПР-3 (кожне стійло на секцію тепловоза або один дизель-поїзд)

$$A_{\text{ПР-3}} = \sum \frac{M_{\text{ПР-3}}}{Д} t'_{\text{ПР-3}} c. \tag{4.4}$$

Кількість позицій для випробування тепловоза під навантаженням з реостатною або інверторною установкою (кожне стійло для однієї секції) визначають залежно від річної програми ремонтів, після якої проводять випробування під навантаженням:

ДО ЗМІСТУ

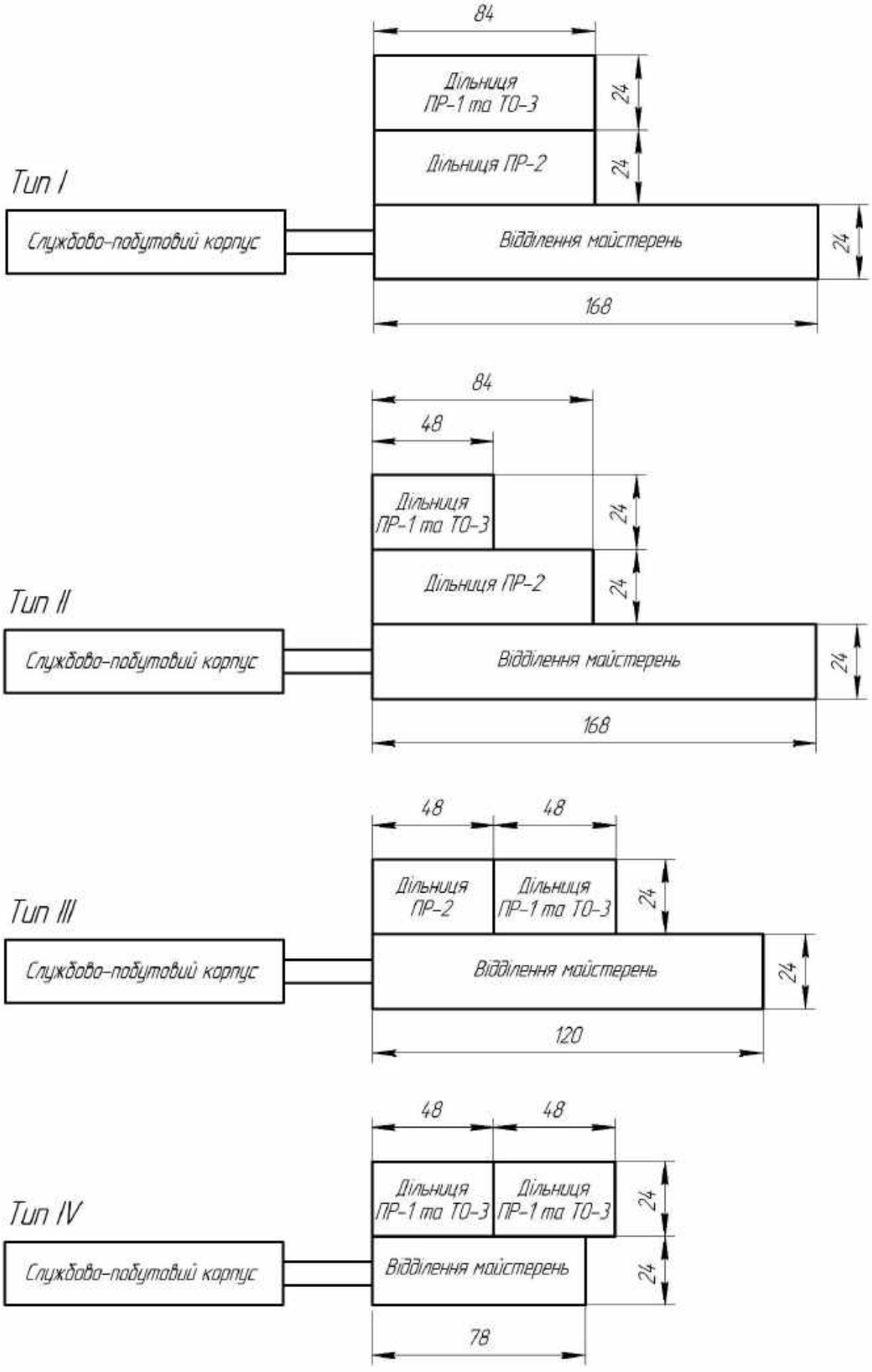

Рисунок 4.2 – Схематичні плани тепловозних депо I, II,III, IV типів.

$$A_{\text{в}} = \sum \left(M_{\text{ПР-2}} t^{\text{в}}_{\text{ПР-2}} + M_{\text{ПР-3}} t^{\text{в}}_{\text{ПР-3}} \right) \frac{\psi c}{24 Д}. \qquad (4.5)$$

У формулах:

$M_{\text{ТО-3}}, M_{\text{ПР-1}}, M_{\text{ПР-2}}, M_{\text{ПР-3}}$ – річні програми технічних обслуговувань та поточних ремонтів;

$t'_{\text{ТО-3}}, t'_{\text{ПР-1}}, t'_{\text{ПР-2}}, t'_{\text{ПР-3}}$ – час заняття ремонтної позиції (стійла), що може бути менше часу простою в ремонті на час перебування тепловоза на стійлах для екіпірування, випробування та фарбування, діб;

$Д$ – кількість робочих днів у році, прийняте для дільниць ПР-2, ПР-3 та ПР-1 рівним 260,4, а для дільниць ТО-3 і позиції випробувань із урахуванням роботи в чотири зміни без вихідних днів рівним 365;

ψ – коефіцієнт, що враховує нерівномірність постановки тепловозів на ремонтну позицію (стійло), приймати в межах 1,1–1,2;

c – кількість секцій тепловоза;

$t^{\text{в}}_{\text{ПР-2}}, t^{\text{в}}_{\text{ПР-3}}$ – час випробувань тепловоза, що враховує час на підключення та відключення кабелів і приладів установки, год.

Знак $\sum$ показує, що при виконанні розрахунків підсумовують дані для тепловозів різних серій.

На стійлах для випробовування під навантаженням відбувається щорічний комісійний огляд тепловозів. Позицію (стійло) для індивідуального викочування колісних пар, обладнану спеціальним підйомником вантажопідйомністю 30 *т*, будують на одну або дві колії з викочуванням колісної пари з тяговим електродвигуном на міжколійний простір. Розміщають цю позицію або в окремому приміщенні, або на дільниці ТО-3 і ПР-1. Для обточування бандажів колісних пар без викочування досить мати в депо одну позицію; розміщати її треба на дільниці ПР-1 або ПР-2.

У депо повинна бути позиція в окремому приміщенні для фарбування локомотивів і дизель-поїздів після ремонту ПР-3.

4.3 Основні розміри будівель ремонтних дільниць

При проектуванні нових тепловозних депо та реконструкції існуючих, розміри будівель для розміщення ремонтних дільниць і позицій (стійл) встановлюють по розмірах локомотива що має найбільші габарити [12].

Розміри нових (реконструйованих) будівель локомотивних депо уніфікуються: довжина повинна бути кратна кроку колон 6 або 12 *м*; прольот будівель, обладнаних мостовими кранами, приймається кратним 6 *м* (12, 18, 24, 30 *м* і більше); висоту приміщень (від відмітки чистої підлоги до низу несучих конструкцій перекриття) для будівель з мостовими кранами приймають 8,4; 9,6; 10,8; 12,6 і 14,4 *м*, а для інших – кратною 1,2 до висоти 10,8 і кратною 1,8 *м* при більшій висоті.

Довжина будівлі $L_б$ (*м*) для розміщення:

$$L_{\text{б}}^{\text{ПР-3}} = l_{\text{лок}} + 2m + 2(a + b + d); \quad (4.6)$$

дільниці ремонту ПР-2, ПР-1 і ТО-3 при установці одного локомотива

$$L_{\text{б}}^{\text{ПР, ПО}} = l_{\text{лок}} + 2(a + b) + c_{\text{к}}; \quad (4.7)$$

при установці двох локомотивів

$$L_{\text{б}}^{\text{ПР, ПО}} = 2l_{\text{лок}} + 2(a + b) + c_{\text{к}} + e; \quad (4.8)$$

дільниці позиції (стійла) з верстатом для обточування бандажів колісних пар або з підйомником для опускання одиночної колісної пари

$$L_{\text{б}}^{\text{ПО}} = 2A + 2(a + b), \quad (4.9)$$

де $l_{\text{лок}}$ – довжина локомотива по осях автозчепів;

m – довжина візка локомотива;

a – відстань від осі автозчепу до краю канави (≈ 1,2 *м*);

b – відстань від краю канави до торцевої стіни (приймають 2,3 *м* або 3 *м* з урахуванням розвороту електрокара); відстань від візка до осі автозчепу локомотива (приймають 1 *м)*;

d – відстань від візка до осі автозчепу локомотива (приймають 1 *м*);

$c_{\text{к}}$ – половина окружності колеса локомотива (при діаметрі колеса 1,05 *м* приймають $c_{\text{к}} = 1,65$ *м,* при діаметрі колеса 1,25 *м* $c_{\text{к}} = 2,0$ *м*);

e – відстань між локомотивами, установленими на одній колії (приймають 2 *м*);

A – відстань від осі автозчепу до осі останньої колісної пари.

Будівлі дільниць цеху ПР-3 для агрегатно-потокового методу ремонту будують на одну або дві наскрізних та одну тупикову колію; на кожній з наскрізних колій розміщають чотири ремонтні позиції потокової лінії ремонту; на тупиковій колії – резервну позицію. На площі дільниці можна розміщати дизельне та візкове відділення.

Необхідну висоту будівлі цеху ПР-3 беруть із умови зняття кузова тепловоза (при його несучій конструкції), а при установці мостового крана вантажопідйомністю 30/5 *т* – із умови зняття та постановки дизеля. При цьому вважають, що зняття та постановку кузова або дизеля виконують на тепловозі, не піднятому на домкратах.

Найбільша висота будівлі знадобиться для тепловозів з несучим кузовом (тепловози серій ТЕ10, 2ТЕ116, ТЕП60 та ін..), у яких знімають і ставлять дизель через верхній люк кузова.

Уніфіковані розміри будівель для розміщення ремонтних дільниць цехів ПР-3, ПР-2, ПР-1 і ін. наведені в табл. 4.1.

Висота до низу конструкції перекриття секцій, де розміщають стійло ТО-2 та екіпірування, а також стійло для обточування бандажів колісних пар без викочування, встановлена 7,2 *м*.

Для дизель-поїздів висоту секції дільниці ПР-2 до низу конструкції перекриття приймають 10,8 *м*, а до головки підкранової рейки 8,15 м. У секціях дільниць ПР-1 і ПР-3, а також зі стійлом для обточування бандажів колісних пар без викочування висота до низу конструкції перекриття повинна бути 7,2 *м*, а при розміщенні стійл із скатоопускною канавою з використанням мостового крана вантажопідйомністю 5 *т* – не менше ніж 9,6 *м*.

4.4 Площа та висота виробничих приміщень депо

Площі виробничих приміщень депо визначають, виходячи з умов розміщення основного та допоміжного устаткування, забезпечення зручних робочих місць, площадок для зберігання деталей, а також необхідних проходів і проїздів.

Таблиця 4.1

Уніфіковані розміри будівель дільниць

Ремонтна дільниця	Число колій	Довжина тепловоза, *м*				Ширина будівлі, *м*	Висота до перекриття, *м*	Відстань між осями колій, *м*
		Односекційні ТЕП75, ТЕП60		Двосекційні 2ТЕ116, 2ТЕ10В, 2ТЕ10М				
		при установці на колії локомотивів						
		одного	двох	одного	двох			
ПР-3 на 600 секцій у рік	2	108,180*	108,180*	108,180*	108,180*	30	12,6	9,0
ПР-3 на 300 секцій у рік	2	108**	108**	108**	108**	30	12,6	7,5
ПР-3 на 300 секцій у рік	3	66***	84***	84***	-	30	12,6	9,0
ПР-2	3	48	72	72	84, 96	24	10,8	7,0
ПР-1, ТО-3	3	30, 54	66***	48	84,96	24	10,8	7,0
Одиночного викочування та обточування колісних пар без викочування	3	48	72	72	84	24	10,8	7,0
Технічного обслуговування та екіпірування	3	30	48****	48	84	24	7,2	6,0
Виробничі приміщення: склади							6,0	
інші виробничі приміщення							3,2	

* При одній потокової ліній – 180 м (постановка двох секцій локомотивів одночасно).

** Відділення з ремонту дизелів і візків розташовують на площі дільниці ПР-3.

*** При стаціонарному методі ремонту; відділення з ремонту візків розміщається на площі дільниці ПР-3.

ДО ЗМІСТУ

**** Для односекційних локомотивів довжиною понад – 18 м при установці на колії двох локомотивів довжину дільниці ПР-1, ТО-3 і ТО-2 приймають 66 м замість 48 м.

При проектуванні депо попередньо визначають площі виробничих приміщень відповідно до розроблених норм [7]. У табл. 4.2 наведені норми площ для тепловозних депо, що обслуговують тепловози з електричною передачею.

Таблиця 4.2

Площі відділень і приміщень, $м^2$

Відділення та приміщення	Депо із ПР-3 на 300 секцій у рік	Депо без ПР-3, що виконують	
		ПР-2 і ПР-1 на річний пробіг 40–50 млн. секціє-км	ПР-1, ТО-3 на річний пробіг 20–30 млн. секція-км
1	2	3	4
Ремонту дизеля та допоміжних агрегатів	630	250	200
Ремонту електричних машин	500	-	-
Просочувально-сушильне	110	-	-
Випробувальна станція електромашин	70	-	-
Візкове	500	-	-
Колісно-токарське	280	-	-
Ремонту букс і роликових підшипників, у тому числі:			
монтажне	60	-	-
комплектування роликів і обмивальне	80	-	-
Ремонту паливної апаратури	145	110	80
Очищення та ремонту фільтрів	70	60	40
Ремонту електричних апаратів	85	70	70
Ремонту контрольно-вимірювальних приладів і швидкостемірів	70	35	35
Ремонту кислотних акумуляторних батарей	180	180	140
Ремонту лужних акумуляторних батарей	100	80	8
Ремонту АЛС, автостопа та поїзного радіозв'язку	35	35	35
Ремонту секцій холодильників	145	80	80
Ремонту автогальм	100	65	40

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4
Механічне	250	150	130
Ковальське	110	90	90
Термічне	70		
Зварювальне	70	60	60
Газогенераторне	12	12	12
Мідницько-бляхарське	70	50	50
Гальванічне	140	80	-
Полімерне	146–230	146	-
Столярне	50	30	30
Малярське	20		
Виварювальне	35	35	-
Приміщення мийної машини для колісних пар, візків і деталей	140	48	-
Інструментальне	140	80	70
Ремонтно-господарське	80	50	50
Компресорне	70	50	50
Комора запасних частин і матеріалів	720	550	400
Слюсарно-заготівельне	100	90	60
Апаратна внутрішньо деповського диспетчерського зв'язку	48	36	24

Висоту виробничих приміщень приймають 6 *м* виходячи з технологічних і санітарних вимог з урахуванням кранового устаткування. Відповідно до санітарних вимог мінімальна висота виробничих приміщень до низу перекриття повинна бути не менш 3,2 *м*, а приміщень енергетичного, транспортного та складського господарства – не менш 3 *м*, при цьому висота до низу виступаючих конструкцій повинна бути не менше 2,6 *м*.

Для нових депо висоту групи відділень, технологічно зв'язаних між собою та розташованих в одній будівлі, приймають однаковою. При плануванні приміщень враховують архітектурні вимоги та рекомендації виробничої естетики.

4.5 Принципи раціонального розташування ремонтних дільниць та відділень і розташування обладнання на них

Взаємне розміщення дільниць і відділень майстерень при проектуванні нових депо та реконструкції існуючих відбувається виходячи з наступних основних вимог [7, 11]: забезпечення технологічних процесів ремонту тепловозів і їхніх

ДО ЗМІСТУ

агрегатів; скорочення шляхів транспортування деталей; дотримання правил пожежної безпеки, техніки безпеки та охорони праці; можливість реконструкції приміщень при збільшенні обсягів роботи депо; найменша довжина комунікацій стисненого повітря та пари; максимальне використання типових проектів, місцевих будівельних матеріалів; спрощення будівельних конструкцій та здешевлення вартості будівництва.

Розміщення й характер приміщень багато в чому залежать від роду виконуваних у відділеннях робіт. Наприклад, відділення з ремонту паливної апаратури, електроапаратури контрольно-вимірювальних приладів, АЛС, автостопів і поїзного радіозв'язку, у яких виконують точні роботи зі збирання та регулювання, повинні розміщатися, в окремих ізольованих приміщеннях, досить просторих з хорошим природним освітлення.

Для скорочення шляхів транспортування деталей, що підлягають ремонтові, прагнуть відділення з ремонту великих вузлів і деталей, а також комору запасних частин і інструментальну наблизити до дільниці ПР-3. У випадку значної відстані між основними ремонтними дільницями, виправдане дублювання роздавальноного інструмента та комори запасних частин біля дільниць ПР-3 і ПР-2.

Відділення з ремонту секцій холодильника розташовують звичайно поруч із газозварювальним відділенням, тому що при основних ремонтних роботах у ньому використовують газове зварювання.

Відділення з ремонту дизеля та допоміжних агрегатів, електричних машин з випробувальною станцією та візкове розташовують на площі дільниці ПР-3 або в суміжному з ним прольоті, чим полегшується транспортування важких деталей і з'являється можливість використання мостового крана. Для цієї ж мети в підкрановому полі дільниці ПР-3 у ряді випадків поміщають колісно-токарний верстат. При розміщенні цих відділень у суміжному прольоті застосовують транспортувальні візки.

Для дотримання правил пожежної безпеки ковальське, термічне, зварювальне, мідницьке й інше відділення, небезпечні в пожежному відношенні, поєднують у загальний блок, відділений від інших приміщень депо капітальними протипожежними стінами. Якщо застосовують загальну вентиляційну установку на всі відділення (крім акумуляторного), то ці приміщення розташовують поруч.

При проектуванні нового депо повинні бути передбачені перспективи подальшого розвитку приміщень у випадку збільшення обсягів роботи депо.

При розміщенні верстатів у механічному відділенні прагнуть забезпечити потоковість оброблюваних деталей, виключити зустрічне їхнє переміщення. Проходи між окремими верстатами або іншим устаткуванням з урахуванням огородження деталей, що рухаються, улаштовують не менш ніж 1 *м*. У тих випадках, коли між устаткуванням і стіною проходу не потрібно, шафи, стелажі, верстати, можна встановлювати впритул до стіни. Неробочі сторони верстатів для можливості ремонту їх повинні розміщати від стіни на 0,5–1,0 *м*. Інші відстані, які необхідно дотримувати при розміщенні устаткування в механічних відділеннях, представлені на пропонованих схемах (рис 4.3).

4.6 Допоміжні та побутові приміщення депо

До складу допоміжних приміщень основного депо входять приміщення: побутові, громадського харчування, оздоровчі пункти, заклади культурного обслуговування, конторсько-адміністративні та громадських організацій [7, 12]. Ці приміщення розміщають звичайно в окремому корпусі, розташованому на тяговій території депо. Висоту допоміжних приміщень в окремих корпусах приймають рівною 3,3 *м,* а у виробничих будівлях – не менше 3,0 *м* (або до низу виступаючих конструкцій – 2,5 *м*).

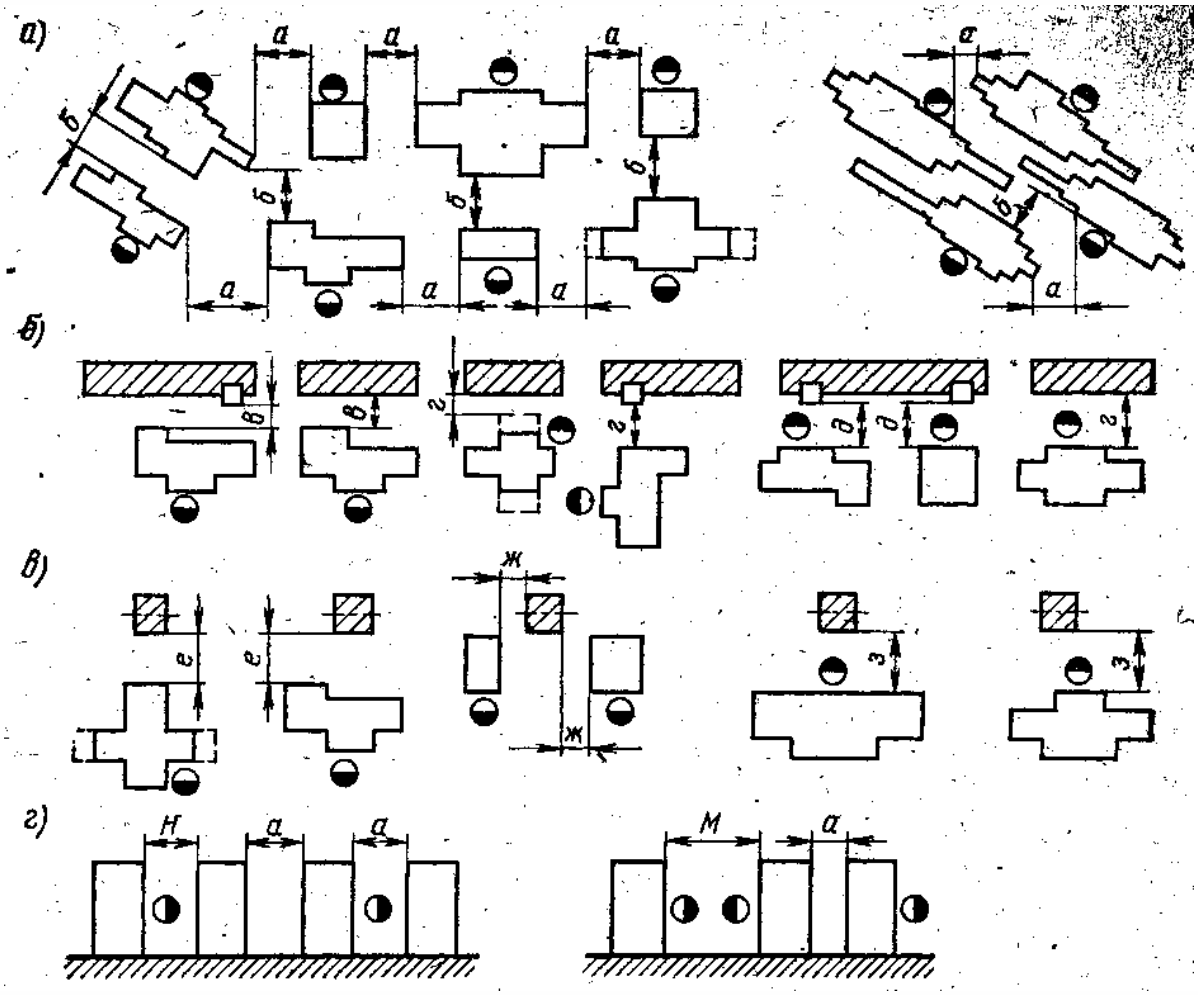

Рисунок 4.3 – Відстані при розміщення устаткування в механічному відділенні:

а – між верстатами; б – від стіни до верстатів; в – від колони до верстатів; г – між верстатами при поперечному розташуванні до проїзду.

Розміри, *мм*	Для малих верстатів	Для середніх верстатів

Планування та визначення площ допоміжних приміщень виконують у відповідності з Будівельними нормами та правилами залежно від кількості працюючих і від групи виробничих процесів (по санітарній характеристиці).

ДО ЗМІСТУ

До побутових приміщень відносять: гардеробні чоловічі та жіночі для зберігання вуличного та домашнього одягу, гардеробні для зберігання робочого одягу, душові, умивальні, убиральні, кімнати для особистої гігієни жінок, для сушіння робочого одягу та ін. Розташовують побутові приміщення з урахуванням максимального наближення їх до робочих місць. До числа приміщень громадського харчування в депо входять їдальні, буфети й кімнати з приймання їжі. У депо влаштовують лікарський оздоровчий пункт, обладнають кімнати відпочинку, залу зборів, кімнату для роботи гуртків, комору для інвентарю.

Площі побутових приміщень розраховують по питомих нормах (1 $м^2$ на 1 працюючого за обліковим списком). При розрахунку побутових приміщень рекомендується приймати 20–25 % жінок від загальної кількість робітників та службовців. Орієнтовно на одного облікового працюючого доводиться 1,25–1,5 $м^2$ загальної площі всіх побутових приміщень.

Адміністративно-конторські приміщення та приміщення громадських організацій влаштовують відповідно до Технічних вимог по проектуванню тепловозних і електровозних депо та екіпірувальних пристроїв.

4.7 Тягова територія депо та розташування на ній пристроїв деповського господарства

На тяговій території локомотивного депо передбачають споруди для поточного ремонту, технічного обслуговування та екіпірування локомотивів, склади, службово-побутові приміщення, трансформаторні кіоски, котельню [11, 12, 13]. У санітарній захисній зоні навколо тягової території розміщають пожежне депо, гараж, службові будинки, магазин, їдальню й ін. Площадку для тягової території депо вибирають відповідно до схеми станції та топографічних особливостей місцевості (рис.4.4 та рис. 4.5).

Колії тягової території спеціалізуються для переміщення локомотивів від контрольного поста станції в депо та назад; технічного обслуговування ТО-2, екіпірування та стоянки локомотивів, що очікують роботи; подачі та розвантаження палива, мастильних і матеріалів для обтирання, піску, запасних частин; реостатних випробувань тепловозів після ремонту; стоянки резерву та запасу локомотивів (якщо розміщення запасу передбачене в депо); поворотних пристроїв і інших цілей

Тягова територія депо повинна забезпечувати: необхідну пропускну здатність із урахуванням перспективи розвитку, потоковий рух по території без зустрічних і зворотних рухів, вимоги цивільної оборони. Повинні бути дотримані також будівельні, санітарні, протипожежні й інші норми й правила.

Деповські колії повинні задовольнити наступним вимогам:

- радіус кривих як мінімум 200 *м*, а у виняткових випадках (у стиснутих умовах) його зменшують до 180 *м*;
- колії в стійлах депо, на екіпірувальних площадках і оглядових канавах прямі й горизонтальні з корисною довжиною, що дорівнює довжині трьох тепловозів плюс 5 *м*;

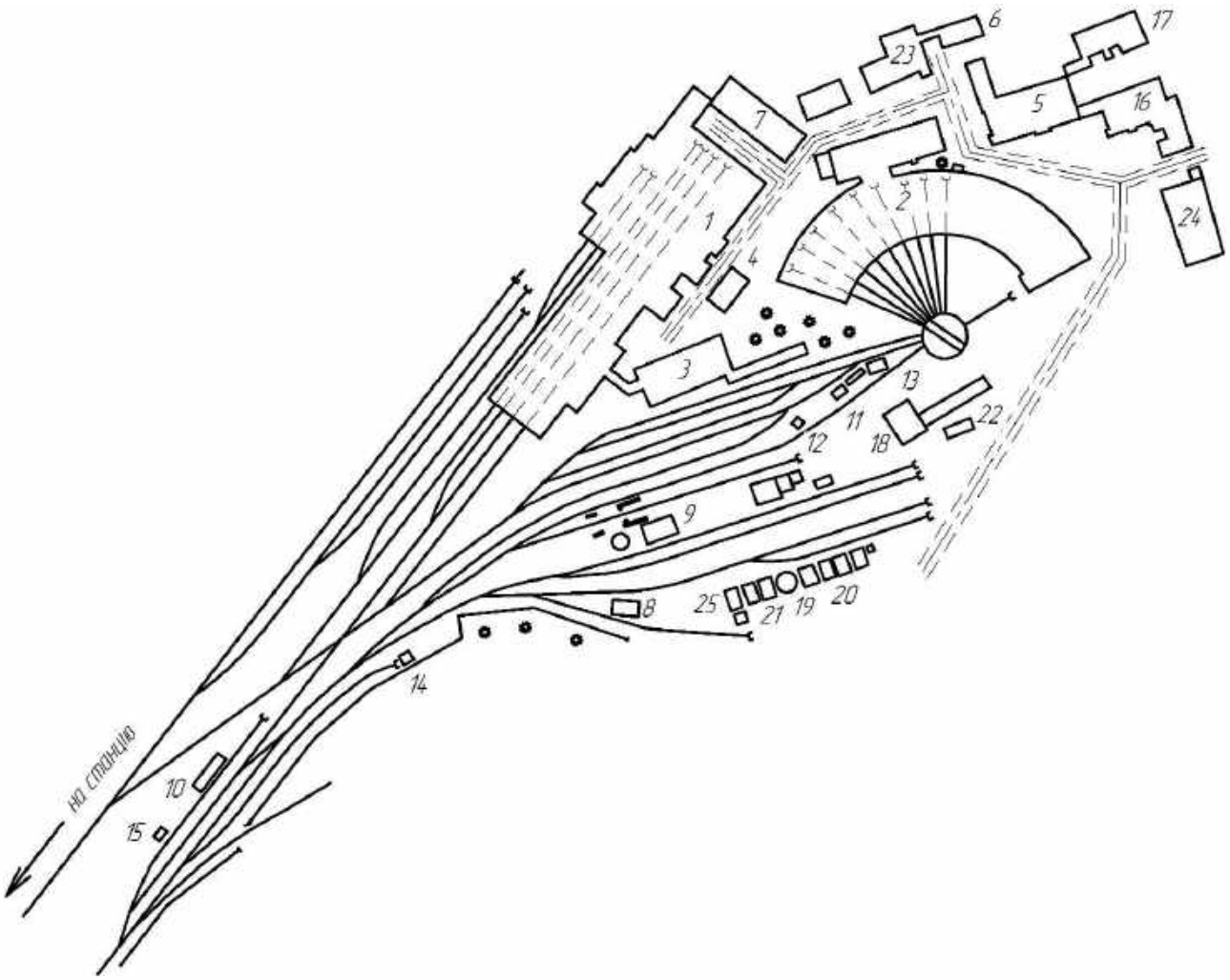

Рисунок 4.4 – Тягова територія локомотивного депо з віяловою будівлею та поворотним колом

1 – цех з ремонту ЕРС; 2 – цех з ремонту тепловозів; 3 – адміністративно-побутовий корпус; 4 – народний музей; 5 – будинок відпочинку локомотивних бригад; 6 – компресорна; 7 – зварювальне відділення; 8 – флотаційна; 9 – пункт зовнішнього обмивання локомотивів; 10 – пункт забезпечення піском; 11 – пункт реостатних випробувань тепловозів; 12 – антинакіпна; 13, 14, 15 – стрілочний пост; 16 – їдальня; 17 – погріб; 18 – ПРУ; 19 – ємність топкового мазуту; 20, 21 – ємність дизельного палива; 22 – вагова ТНТС; 23 – мережевий район ЕЧ-5; 24 – санепідемстанція; 25 – пункт заправки тепловозів дизельним паливом.

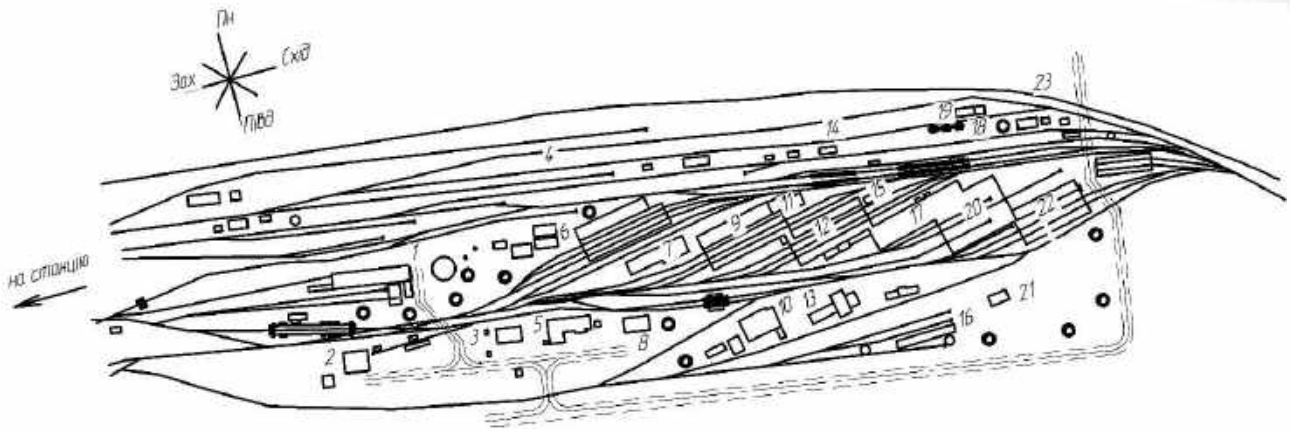

Рисунок 4.5 – Тягова територія локомотивного депо із східчастою будівлею

1 – колісний цех; 2 – гараж; 3 – їдальня; 4 – вугільний склад; 5 – контора депо; 6 – 6-а секція; 7 – цех експлуатації; 8 – комора; 9 – 1-а секція; 10 – котельня; 11 – цех точних приладів; 12 – 2-а секція; 13 – санітарно-побутовий корпус; 14 – ПТО тепловозів; 15 – хімічна лабораторія; 16 – сушило для піску; 17 – 3-я секція; 18 – естакада; 19 – змащувальна; 20 – 4-а секція; 21 – теслярна; 22 – 5-а секція; 23 – насосна.

- перед воротами стійл локомотивного депо прямі вставки довжиною не менше 12 *м*, а перед ремонтними стійлами – не менше довжини локомотива, при цьому корисна довжина колій перед ворогами повинна бути не менше довжини локомотива плюс 5 *м*;
- колії для відстоювання локомотивів, що очікують роботи та перебувають у запасі, для розвантаження палива, піску, мастила, обтиральних і інших матеріалів, а також запасних частин розміщають на площадці;
- відстань між осями колій на екіпірувальній площадці 5,5–6 *м*; для колій ходових, відстоювання локомотивів, що очікують роботи – 4,9–5,3 *м*; для стоянки локомотивів резерву – 4,5–4,9 *м*;
- марка хрестовин стрілочних переводів не крутіше 1/9, а для симетричних стрілочних переводів – 1/6 або 1/9.

Позиція для обмивання та обдування тепловозів повинна бути перед екіпірувальними позиціями й мати об’їзну колію.

На поворотних трикутниках і інших коліях тягової території з постійним напрямком руху локомотивів (наприклад, на коліях екіпірування) повинні застосовувати віджимні стрілки, які не вимагають обслуговування. По досвіду ряду депо, може застосовуватися централізоване керування стрілками. На стаціонарній колоні на рівні вікна кабіни машиніста монтується пульт керування стрілками. Машиніст безпосередньо з кабіни локомотива може сам підготувати маршрут проходження.

Розміщення тягової території на станції погоджується зі станційним колійним розвитком так, щоб забезпечити безпечну, зручну й швидку подачу локомотивів і зворотний їхній прохід зі станцій у депо. Між станцією та тяговою територією повинне бути не менш двох колій, спеціалізованих по напрямках.

ДО ЗМІСТУ

4.8 Загальні питання деповського господарства

4.8.1 Енергопостачання цехів і відділень тепловозних депо.

Широка механізація та автоматизація виробничих процесів у тепловозних депо можлива тільки при достатньому постачанні їх електричною енергією, стисненим повітрям, гарячими водою та парою [5]. Так, електрична енергія використовується для приводу до руху різних механізмів, для електрозварювальних робіт, гальванізації, зарядки акумуляторних батарей, різних випробувань (наприклад магнітного контролю), перевірки діелектричної міцності ізоляції, нагрівання різних деталей, а також для освітлення. Електричну енергію напругою 380/220 *В* у депо одержують від понижуючої підстанції, розташованої в будівлі депо або спеціальному трансформаторному кіоску.

Потужність підстанції визначають по фактично встановленій потужності та так званому коефіцієнту попиту $K_{\text{п}}$, при цьому користуються формулою

$$P = K_{\text{п}} \sum P_{\text{спож}}, \text{ кВт}, \tag{4.10}$$

Де $K_{\text{п}}$ – коефіцієнт попиту, приймається для кожного агрегату окремо;

$\sum P_{\text{спож}}$ – сумарна потужність всіх електричних споживачів у *кВт;*

P – активне навантаження на шинах низької напруги трансформаторної підстанції.

Добову витрату електроенергії на виробничі потреби та освітлення депо для кожного конкретного випадку визначають за формулою

$$\text{Р}_{\text{дв}} = \text{Р}_{\text{встан}} \text{К}_{\text{п}} t, \text{ кВт-год}, \tag{4.11}$$

де $P_{\text{встан}}$ – встановлена потужність у *кВт*;

$K_{\text{п}}$ – коефіцієнт попиту;

t – час роботи устаткування протягом доби, *год*.

Величина коефіцієнта попиту $K_{\text{п}}$ звичайно приймається по розрахункових таблицях для кожної групи споживачів.

Коефіцієнт попиту для тепловозних депо може бути прийнятий для:

індивідуальних приводів верстатів 0,2;

насосів, двигунів, генераторів 0,7;

кранів і інших піднімальних механізмів 0,3;

печей і інших нагрівальних пристроїв 0,75;

зварювальних машин і механізмів 0,35.

Витрату електроенергії на внутрішнє освітлення депо визначають за формулою

ДО ЗМІСТУ

$$P_{\text{річ}}^{\text{осв}} = P_{\text{пит}} S K_{\text{п}} t, \quad \text{кВт-год} \qquad (4.12)$$

де $P_{\text{річ}}^{\text{осв}}$ – річна витрата електроенергії у *кВт·год*;

$P_{\text{пит}}$ – питома потужність у *Вт/м²* для стійлової частини 12, майстерень 10,5 і службово-побутових приміщень 13,6;

S – площа цеху в *м²*;

$K_{\text{п}}$ – коефіцієнт попиту, рівний 0,8.

Велике значення в енергозабезпеченні ремонтних робіт у депо має також застосування стисненого повітря.

У тепловозних депо стиснене повітря застосовується для продування (очищення) електричних машин і апаратури, перевірки їхньої роботи, ремонту приладів автогальма, для різного пневматичного інструмента та пристроїв. Стиснене повітря виробляють компресори.

Пара та гаряча вода в депо використовуються не тільки для опалення, але й для виробничих і санітарно-гігієнічних цілей; пара, наприклад, застосовується в сушильних печах, мийних машинах, калориферах і т.п.; гаряча вода, яка нагрівається в бойлерах, відцентровими насосами подається до мийних машин, душових, умивальників і т.п.; холодна вода подається в депо звичайно по двох окремих (різних) трубопроводах.

Для пожежного водопроводу споруджується окрема лінія, підключати до якої будь-які споживачі забороняється.

4.8.2 Опалення та вентиляція депо.

Приміщення тепловозних депо обігріваються паровими та повітряними установками [5, 8, 13]. У стійловій частині депо звичайно застосовується повітряна система опалення, яка об'єднана із приточною вентиляцією. При такій системі нагріте повітря від опалювальних агрегатів по повітропроводах подається до розподільних тумбочок, які встановлюють по периметру цеху для обігріву нижньої зони будівлі. Нагріте приточне повітря подається також і в оглядові канави через ґрати, установлені над вхідними щаблями сходів, що ведуть у ці канави. Температура нагрітого повітря звичайно залежить від клімату району та призначення стійл і коливається від 40 до 65 °С. Агрегати, через які надходить свіже повітря, встановлюються на спеціальних площадках, розташованих на висоті не менше 4,5 м від підлоги цеху.

Пара до калориферів від котельні депо надходить через пароросподільну гребінку, яка встановлена в опалювальному цеху. За останні роки в тепловозних депо велике поширення одержали повітряні завіси, які встановлюють у воротах стійлової частини деповської будівлі. Тумбочки-завіси мають щілинні отвори, через які під кутами 35 і 55° до поверхні деповських воріт подається нагріте повітря. Для повітряних завіс повітря, що забирається безпосередньо з будівлі депо, підігрівається до 40–60 *°С* у пароповітряних пластинчастих калориферах.

Депо, де для реостатних випробувань виділені спеціальні криті стійла, повинні бути обладнані так само, як і ремонтні стійла: агрегатами опалення нижньої зони та приточно-витяжною вентиляцією, агрегатом повітряної завіси, аварійними агрегатами, а також димовитяжними трубами із гнучкої тканини, що надягаються безпосередньо на випускні труби тепловозів. Така складна система опалення та приточно-витяжної вентиляції пояснюється виділенням у цих стійлах великої кількості шкідливих газів.

Майстерні депо обігріваються центральним паровим опаленням. Як нагрівальні прилади центрального опалення застосовують ребристі труби довжиною 1–1,5 *м* з поверхнею нагрівання 2–3 $м^2$. Для підтримування нормальної температури в службово-побутових приміщеннях (контора, кімната для приймання їжі, роздягальні, душові, убиральні, коридори й т.п.) користуються паровим опаленням низького тиску. У цих приміщеннях як нагрівальні прилади використовуються гладкі радіатори, що установлені під вікнами приміщень.

В котельнях локомотивних депо як джерело пари в багатьох випадках застосовуються паровозні казани, виключені з інвентарю. Будова та принцип дії таких казанів дає можливість спалювати в котельнях депо будь-які паливні відходи. Котельню депо варто розташувати в окремому приміщенні поблизу основної будівлі депо; для подачі палива та збирання шлаків до котельні підводиться залізнична колія.

Розрахунок опалювальної системи відбувається з урахуванням втрат тепла в навколишнє середовище та виділення тепла в приміщення при виконанні робіт.

Основні теплові втрати підраховуються за формулою

$$Q = \sum KF(t_{\text{прим}} - t_{\text{зов}}),\ \ ккал\ год \qquad (4.13)$$

де K – коефіцієнт теплопередачі, *ккал/м²·год·град;*

F – площа поверхні приміщення, що охолоджується: вікон, воріт, освітлювального ліхтаря, стін, перекриття, $м^2$*;*

$t_{\text{зов}}$ – розрахункова зимова температура зовнішнього повітря, ^oC*;*

$t_{\text{прим}}$ – розрахункова температура усередині приміщення, ^oC; приймається залежно від призначення цеху або відділення депо та характеру робіт, що виконуються в них; так, наприклад, для цеху ПР-3 та ПР-2 вона береться +16 ^oC.

Для визначення повної величини теплових втрат до основних втрат треба додати втрати, що пов’язані:

а) з орієнтацією деповської будівлі щодо сторін світу (звичайно 7–8 %);

б) з обдуванням вітром вертикальних стін (звичайно 9–10 %);

в) із впливом висоти будівлі (понад 4 *м* на кожний метр висоти додається 2 %);

г) з охолодженням підлоги.

Втрати тепла на охолодження підлоги підраховуються за формулою

$$Q = \sum KF(t_{\text{прим}} - t_{\text{зов}}) \sum K_{\text{ум}} F, \text{ккал год} \qquad (4.14)$$

де $K_{\text{ум}}$ – умовний коефіцієнт теплопередачі відповідної зони підлоги в *ккал/м²·год·град*. Якщо ця зона знаходиться на відстані до 2 *м* від зовнішньої стіни, то $K_{\text{ум}} = 0,4$; якщо від 2 до 4 *м*, то $K_{\text{ум}} = 0,2$; якщо від 4 до 6 *м*, то $K_{\text{ум}} = 0,1$; для решти площі підлоги $K_{\text{ум}} = 0,06$.

Втрати тепла через вікна, двері, ліхтарі визначаються за формулою

$$Q = 0,24V\gamma(t_{\text{прим}} - t_{\text{зов}}), \qquad \text{ккал год} \qquad (4.15)$$

де γ – об'ємна вага повітря при зовнішній температурі в *кг/м³*;

V – об'єм повітря, що надійшло в приміщення за годину, підрахований за умови, що через подвійне скло на довжині 1 *пог. м* у приміщення проникає до 5 *м³/год,* а через ворота до 20 *м³/год* повітря.

Втрати тепла через відкриті ворота визначаються з розрахунку, що при кожному відкритті в приміщення вривається до 4 000 *м³* повітря.

Правильність зроблених теплових розрахунків контролюється за допомогою питомої теплової характеристики q_0. Її визначають за формулою

$$q_0 = \frac{Q}{V(t_{\text{прим}} - t_{\text{зов}})}, \text{ ккал/м}^3 \cdot \text{год} \cdot \text{град} \qquad (4.16)$$

де Q – загальна витрата тепла, *ккал;*

V – об'єм приміщення, *м³*;

$(t_{\text{прим}} - t_{\text{зов}})$ – перепад температури, *°С.*

Поверхня нагрівальних приладів, що встановлюються у приміщеннях, визначається за формулою

$$F = \frac{Q}{K_{\text{п}}(t_{\text{ср}} - t_{\text{пом}})}, \qquad (4.17)$$

де $K_{\text{п}}$ – коефіцієнт теплопередачі між теплоносієм і навколишнім повітрям;

$t_{\text{ср}}$ – середня температура пари в приладі, *°С.*

У ряді випадків при укрупнених підрахунках витрата тепла на опалення та вентиляцію може бути визначена за формулою

$$Q = \left[q_0 \left(t_{\text{прим}} - t_{\text{зов}} \right) + q_V \left(t_{\text{прим}} - t_{\text{зим}} \right) \right] V, \qquad (4.18)$$

де q_0 – питома теплова характеристика будівлі, *ккал/кг*;

q_V – витрата тепла на вентиляцію 1 $м^3$ об'єму цеху при різниці внутрішньої та зовнішньої температури в 1 *°С*;

$t_{\text{прим}}$ – внутрішня температура в *°С;*

$t_{\text{зов}}$ – зовнішня розрахункова температура в *°С*;

$t_{\text{зим}}$ – зимова вентиляційна температура в *° С;*

V – об'єм цеху по зовнішньому периметру в $м^3$.

Витрата тепла на виробничі та побутові потреби приймається рівною 15 % від основної витрати. Загальну поверхню нагрівання казанів для котельні визначають за формулою

$$H = \frac{Q_0 + Q_{\text{п}}}{i z_{\text{к}}} \beta, \text{ м}^2, \qquad (4.19)$$

де $Q_0 + Q_{\text{п}}$ – загальна годинна витрата тепла, *ккал/год*;

i – тепломісткість пари;

β – коефіцієнт, що враховує втрати тепла в опалювальній системі;

$z_{к}$ – форсування казана, *кг/м²·год.*

Знаючи загальну поверхню нагрівання казанів H, визначають число казанів котельні з урахуванням необхідного резерву. Кількість палива, необхідного для опалення та вентиляції депо, визначають за формулою

$$B = 1{,}15 \frac{Q_{\max} (t_{\text{прим}} - t_{\text{ср.зов}}) T_{\text{оп}}}{(t_{\text{прим}} - t_{\text{зов}}) Q_{\text{п}}^{\text{р}} \eta \cdot 100}, \qquad (4.20)$$

де $t_{\text{ср.зов}}$ –середня зовнішня температура за опалювальний сезон, *°С;*

$t_{\text{зов}}$ – зовнішня розрахункова температура, *°С*;

$Q_{\text{п}}^{\text{р}}$ – теплотворна здатність палива в *ккал/кг;*

η – *ккд* котельні;

$T_{\text{оп}}$ – число годин в опалювальному сезоні.

Залежно від характеру виробничих процесів вентиляція в локомотивних депо може бути природною та штучною. Природна вентиляція передбачається в цехах ПР-3, ПР-2, ПР-1 та ТО-3. Штучна вентиляція застосовується в тих відді-

леннях депо, де при роботі виділяються шкідливі гази: ковальському, хромувальному й ін. При визначенні необхідної кількості вентиляційних установок місцевого відсмоктування їх розрахунок виконують за наступними даними про витрату повітря на одне робоче місце: для зварювального відділення 1500 *м³/год*; для ванн хромувального відділення 50000 *м³/год*; для травлення та знежирювання 250 *м³/год*; для шліфувальних кіл 1,5–2,5 *м³/год*.

Свіже повітря в приміщення до повітряних і опалювальних приладів надходить через централізовані установки та розводящу мережу повітропроводу за допомогою вентиляторів серії М.

Вентиляторну розташовують поблизу відділень, обладнаних притоково-витяжною вентиляцією. Залежно від конкретних умов розміщення деповських майстерень притоково-витяжна вентиляція може бути розбита й на ряд місцевих систем, що витягають повітря через місцеві відсмоктувачі безпосередньо від технологічного устаткування.

Для очищення повітря в службово-побутових приміщеннях з успіхом може бути застосована притоково-витяжна вентиляція. Витягування забрудненого повітря відбувається через жалюзі, що встановлені в каналах і об'єднані в окремі витяжні системи. У приміщенні вбиралень передбачаються самостійні витяжні вентилятори.

4.8.3 Освітлення приміщень локомотивних депо

Всі виробничі приміщення в локомотивних депо, як правило, повинні мати безпосереднє природне освітлення [5, 11]. Для цього в деповських будівлях влаштовують ліхтарі (верхнє освітлення) і вікна в зовнішніх вертикальних стінах (бічне освітлення). Якщо денне світло при ремонті локомотивів по технологічних особливостях деповського виробництва не забезпечує необхідний ступінь освітленості робочих місць, застосовують електричне освітлення. У виробничих приміщеннях локомотивних депо використовують загальне, чергове, місцеве, аварійне та зовнішнє освітлення.

Ту або іншу систему освітлення, як і освітлювальну апаратуру, варто застосовувати з урахуванням особливостей робочих місць та виробничих процесів, що відбуваються на них.

Живлення електричних ламп загального освітлення, підвішених на фермах або стелях виробничих приміщень депо, звичайно здійснюється від освітлювальної мережі напругою 127–220 *В*. Освітлення ремонтних і оглядових канав може бути двох видів: стаціонарне напругою 127–220 *В* і переносними лампами напругою не більше 12 *В*.

У переважній більшості випадків систему місцевого освітлення необхідно доповнювати загальним освітленням. Правильно обрана система освітлення повинна забезпечувати необхідний світловий потік на поверхнях, що розташовані на різних рівнях.

У табл. 4.3 наведені дані про робоче та аварійне освітлення локомотивних депо.

Таблиця 4.3

Робоче та аварійне освітлення локомотивних депо

Депо	Поверхня, що освітлюється, $м^2$	Встановлена потужність, *кВт*	
		Робоче освітлення	Аварійне освітлення
З річним пробігом 15 *млн. км;* цех ПР-3 на 100 тепловозів у рік	12000	148	12
З річним пробігом 10 *млн. км*; цех ПР-3 на 100 тепловозів у рік	10000	135	11
Те ж без цеху ПР-3	6150	68	5
З річним пробігом 5 *млн. км* без цеху ПР-3	5700	61	5

4.8.4 Організація техніки безпеки

Державний нагляд за виконанням вимог з охорони праці та техніки безпеки в локомотивних депо здійснюється технічними інспекторами Держтехнадзору, дорожніх комітетів профспілки та Головного лікарсько-санітарного управління УЗ, які мають право перевіряти умови виконання робіт, стан робочих місць, механізмів і огороджень, освітленість, вентиляцію, забезпеченість робітників спецодягом, правильність монтажу різних пристроїв і механізмів (мостових кранів, парових казанів, енергоустановок, газогенераторних установок і т.п.). У необхідних випадках технічний інспектор втручається в дії адміністрації. Йому надається право накладати на адміністрацію депо штрафи та давати приписання по усуненню наявних порушень охорони праці та техніки безпеки.

Обслуговуючому персоналу депо доводиться мати справа не тільки з ремонтом локомотивів, але й з їхньою експлуатацією. Робітники та технічний персонал повинні добре знати технологічні процеси ремонту, правила роботи з механізмами, пристроями та інструментом. Для попередження нещасних випадків при роботі машин, знаряддя та приводи до них, що переміщаються або обертаються, забезпечуються захисними пристроями; вибухонебезпечне устаткування встановлюється в спеціально пристосовані для цього виробничі приміщення, а устаткування та механізми в цехах розміщаються з урахуванням забезпечення необхідних проходів і транспортних проїздів. У небезпечних зонах встановлюються світлова сигналізація та спеціальні плакати, і, крім того, при необхідності робітники забезпечуються спецодягом.

Піднімальні крани, візки, домкрати, гумові рукавички, калоші, килимові доріжки, а також резервуари, що працюють під тиском, піддаються комісійному

огляду та випробуванням у встановлений термін. Своєчасність проведення оглядів механізмів, захисних засобів і їхнє випробування контролюється інспекторами з охорони праці. У процесі експлуатації та екіпірування тепловозів тепловозним бригадам і персоналу екіпірувальних установок доводиться мати справу з роботою тепловозів під час їхнього руху, що накладає додаткові вимоги з техніки безпеки, особливо при роботі на електрифікованих дільницях. Будь-які роботи на даху локомотива під контактним дротом заборонені.

Кожний працівник, що вперше приймається на роботу на залізничний транспорт, інструктується з техніки безпеки на виробництві, на якому він буде працювати, здає екзамен і тільки після здачі екзамену допускається до роботи. На робочому місці він одержує також інструктажі від майстра. Особи, пов'язані з рухом поїздів, перевіряються також в знанні Правил технічної експлуатації, інструкцій із сигналізації, руху поїздів і маневровій роботі, а також у знанні службових інструкцій.

У тепловозних депо питаннями техніки безпеки керує головний інженер, що організує спостереження та контроль за виконанням правил техніки безпеки на робочих місцях і норм охорони праці. Головний інженер депо організує вивчення правил техніки безпеки обслуговуючим персоналом, розробляє заходи щодо поліпшення умов праці та забезпечує пропаганду безпечних методів роботи.

Відповідальність за стан охорони праці та техніки безпеки несе начальник депо. Всі випадки порушення охорони праці та техніки безпеки, виробничого травматизму розглядаються протягом 24 год при особистій участі начальника депо. Двічі в рік спеціальна постійно діюча комісія при начальнику депо детально перевіряє виконання заходів щодо техніки безпеки та охороні праці.

4.8.5 Утримування депо та підготовка локомотивного господарства до роботи в зимових умовах

Безперебійна робота локомотивного парку в значній мірі залежить від своєчасного виконання планового ремонту тепловозів і від якісного утримування будівель, пристроїв, устаткування та комунікацій локомотивних депо [5]. Тому необхідно: забезпечувати нормальну роботу санітарно-технічних, електротехнічних і інших установок; не допускати різкої зміни температури та вологості усередині приміщення; систематично стежити за станом даху, ринв; вчасно та якісно ремонтувати будівлі та пристрої.

Стан будівель і пристроїв деповського господарства та їх окремих конструктивних елементів, частин і устаткування, розташованих на тяговій території, визначається комісійним оглядом з обов'язковою участю представників депо, що експлуатують ці будівлі та пристрої.

Відповідно до існуючих на залізничному транспорті положень періодичний огляд будівель і пристроїв, що знаходяться в експлуатації, повинен відбуватися не рідше одного разу на рік (навесні), а новоспоруджених або капітально відремонтованих безперервно протягом перших двох років, але не рідше двох

разів на рік (навесні та восени). Весняний огляд є основним і повинен проводитися не пізніше травня місяця.

Робота тепловозів в зимових умовах значно ускладнюється. Тому всі навіть самі на перший погляд незначні особливості роботи тепловозів узимку варто вчасно передбачити. У заздалегідь розроблених і затверджених планах підготовки до роботи в зимовий час необхідно передбачити всі основні об'єкти, а також підготовчі роботи в депо із вказівкою їхнього обсягу та строків виконання.

УЗ видана інструкція, у якій дані рекомендації із установлення обсягів, виконавців і строків виконання робіт, по підготовці до зими всього комплексу локомотивного господарства.

До встановлених строків опалювальна система, водогінна мережа, каналізація, повітропроводи, електросилове устаткування, освітлювальна мережа, вентиляція, верстатне устаткування та інструмент, підйомно-транспортне устаткування приводяться в справний стан. До цього ж часу створюється запас піску, масла та палива. При підготовці тепловозного парку до роботи в зимових умовах проводяться заходи щодо його утеплення, захисту електричних машин від проникнення снігу, оглядаються ходові частини, пневматичні прилади та гальмова магістраль. Секції холодильників утеплюються, перевіряється щільність з'єднань всіх вентиляційних каналів і патрубків. Літнє масло в підшипниках і кожухах заміняється на зимове.

4.9 Вимоги безпеки до споруд локомотивного господарства та локомотиворемонтних заводів

4.9.1 Вимоги до територій локомотивного депо та локомотиворемонтних заводів

На території локомотивного депо і локомотиворемонтного заводу (ЛРЗ) відбувається постійне пересування локомотивів [5]. Ці об'єкти є джерелом небезпечних виробничих факторів. Територію депо озеленюють, однак зелені насадження не повинні порушувати видимість сигналів під час руху по деповських і заводських коліях, а також не потрібно затемнювати віконні прорізи виробничих і допоміжних будівель. Навколо території депо влаштовують санітарно-захисну зону розміром 1000 *м* до границі житлової забудови. У санітарно-захисній зоні допускається розташовувати тільки будівлі допоміжного і побутового призначення: їдальні, лазні, пральні, торгівельні заклади, гаражі, пожежні депо і т.і.

При розташуванні на території депо (заводу) площадки для реостатних випробувань, відкритих позицій для технічного обслуговування та екіпірування локомотивів, розміри санітарно-захисної зони збільшують так, щоб на найближчій території житлової забудови рівень шуму не перевищував параметрів, установлених санітарними нормами шуму, що допускається, у житлових приміщеннях та громадських будівлях.

Після капітального і поточного ремонтів тепловозів при реостатних випробуваннях дизель-генераторних установок тепловозів з електропередачею, а також при випробуваннях дизелів тепловозів з гідропередачею з навантаженням їх

іншими способами на відкритих площадках (позиціях), останні повинні бути обладнані пристроями для захисту від шуму, спеціальними глушниками, шумозахисними екранами. Навколо цих установок повинні, крім цього, висаджуватися зелені насадження. Реостати обгороджують заборами або ґратами, установлюють плакати з написом «Увага! Небезпечне місце».

Для проїзду візків, авто- і електрокарів, автомашин, а також для проходу людей на території локомотивного депо і ЛРЗ влаштовують дороги і доріжки з твердим покриттям. Ширина проходів і проїздів повинна бути не менше 1,5 *м* для проходу людей і не менше 3,5 *м* для проїзду транспортних засобів.

У місцях проїздів і переходів через колії влаштовують настили в рівень з голівками рейок. Крім того, установлюють попереджувальні знаки «Бережись потягу». Оглядові канави, розташовані на відкритих площадках, повинні мати прямі колії без ухилів.

На території локомотивного депо організовують потоковий рух локомотивів без зустрічних і зворотних переміщень, для чого повинен бути передбачений відповідний колійний розвиток на території депо.

4.9.2 Вимоги безпеки до будівель і приміщень депо та локомотиворемонтних заводів

За ступенем вогненебезпечності матеріалів, що використовуються на об'єктах народного господарства усі види робіт поділені по пожежній небезпеці на п'ять категорій – А, Б, В, Г і Д. У локомотивному господарстві найбільше пожежонебезпечними є склади дизельного палива, що відносяться до категорії Б, а склади мастильних матеріалів – до категорії В. З врахуванням цього здійснюється проектування цих об'єктів.

Розміри будинків депо і пунктів технічного обслуговування локомотивів (ПТОЛ) передбачаються такими, щоб після установки в них тягового рухомого складу і розміщення технологічного устаткування забезпечувалися вимоги охорони праці.

За умовами безпеки необхідно забезпечити наступні мінімальні розміри будівель:

1) по довжині – відстань від осі автозчепу локомотива до краю канави 1,2 *м*; від краю канави до торцевої стіни 2,3 *м*; між двома локомотивами, що знаходяться на одній канаві (колії) 2 *м*; від викоченого візка до осі автозчепу локомотива 1 *м*;

2) по ширині – відстань між осями колій в будинках прямокутного типу, без колон у цехах поточного ремонту ПР-3 – 7,5 *м*; ПР-2, ПР-3 і технічного обслуговування ТО-3 – 7 *м*; ТО-2 і екіпірування – 6 *м*; від осі крайньої колії до повздовжньої стіни в цехах ПР-3 – 6,5 *м*; технічного обслуговування ТО-2, ТО-3 та екіпірування – 6 *м*; поточного ремонту ПР-2 і ПР-1 зі скато опускною канавою – 5 *м*;

3) по висоті – відстань від нижньої габаритної точки мостового крану до підлоги робочого місця (у тому числі і на даху локомотива) – не менш 2 *м*, а

до устаткування, що обслуговується – не менш 0,4 *м*; відстань від нижньої габаритної точки деталі при її горизонтальних переміщеннях краном до предметів, що зустрічаються на шляху – не менш 0,5 *м*; відстань від нижнього краю переміщуваної мостовим краном деталі (вузла) до локомотива чи агрегату при розбиранні і збиранні – не менш 0,2 *м*.

Для створення зручних і безпечних умов праці в будівлях ЛРЗ, депо і ПТОЛ установлюють підвищені технологічні платформи. Верхні площадки технологічних платформ для виходу на дах ТРС установлюють на висоті 4,2 *м* від головки рейки, а нижні для входу в кузов (вагон МВРС) на висоті 1,9 (1,4) *м* від головки рейки. На цьому ж рівні повинні бути відкидні торцеві площадки. По зовнішніх краях площадки встановлюють поручні висотою не менш 0,9 *м*, нижня частина поручня на висоті 140 *мм* повинна виконуватися суцільною. У стійлах, що мають контактний дріт, верхні площадки бічних платформ повинні мати хвіртки для виходу на дах електрорухомого складу, запори яких заблоковані із секційним роз'єднувачем.

Проходи усередині ділянок і відділень цехів повинні мати ширину не менш 1,0 *м*. Ширина проїздів для авто-і електрокарів уздовж виробничої ділянки повинна бути 1,8 *м*, а уздовж торцевих стін – 3 *м*.

Розташовують цехи і відділення ЛРЗ, депо і ПТОЛ з урахуванням умов, необхідних для забезпечення безпечних і здорових умов праці. З цією метою виробничі приміщення, ділянки, позиції і робочі місця розташовують по технологічному потоці ремонту чи технічного обслуговування ТРС так, щоб напрямки шляхів переміщення рухомого складу, його вузлів і агрегатів, транспортних засобів усередині виробничих приміщень і шляху пересування працівників були найменшими і перехрещувалися як можна рідше. Секції стійлової частини депо, приміщення ремонтно-комплектувальних і заготівельних відділень і службово-побутові приміщення з'єднують між собою теплими переходами.

Позиції для малярських робіт з фарбування ТРС, як правило, розташовують в окремих ізольованих стійлах. Установку для фарбування кузовів ТРС в електростатичному полі розміщають у закритому ізольованому приміщенні. Позицію для фарбування кузова обладнають загальною приточно-витяжною і місцевою витяжною вентиляцією, протипожежною автоматикою і первинними засобами пожежегасіння.

Закрите стійло для реостатних випробувань дизель-генераторної установки тепловозів відокремлюють від інших виробничих ділянок і відділень звуконепроникними стінами. Стійло для реостатних випробувань, як правило, має наскрізну колію, що допускає в'їзд і виїзд тепловозів з кожної із сторін.

Відділення випробувальної станції електричних машин розташовують у прольоті електромашинної ділянки і оточують металевою сіткою висотою не менш 1,8 *м*. Стенди для випробуваних електричних машин розташовують у підкрановому полі електромашинної виробничої ділянки.

Просочувально-сушильне відділення розташовують в окремому приміщенні, ізольованому від сусідніх відділень і ділянок суцільними вогнестійкими перегородками.

Акумуляторне відділення розташовують у приміщеннях, ізольованих від інших виробничих ділянок. В акумуляторному відділенні повинні бути окремі приміщення для підготовки електроліту, ремонту і заливання акумуляторів, а також для зарядки. Ремонт, підготовка електроліту і зарядка кислотних і лужних батарей виконуються у різних приміщеннях.

Відділення з ремонту та випробуванням паливної апаратури дизелів повинно розташовуватися в двох приміщеннях; одне – де розташовані стенди для випробування форсунок і плунжерних пар, інше – для ремонту паливної апаратури. Приміщення для випробування апаратури відокремлюють від інших приміщень звуконепроникними стінами.

Експлуатація споруд і пристроїв для екіпірування ТРС пов'язана з небезпекою виникнення пожежі, враженням електричним струмом, падінням з висоти, вдиханням кварцового пилу, забрудненням шкірного покриву та одягу працюючих. Для захисту від зазначених шкідливих і небезпечних виробничих факторів екіпірувальні споруди оснащують спеціальними пристроями.

Резервуари, у яких зберігається дизельне паливо і мастильні матеріали, обладнають спеціальними засобами охорони праці і протипожежними засобами. Резервуарний парк як правило оснащується стаціонарною повітряно-пінною установкою пожежогасіння. Промисловістю випускаються типові повітряно-пінні вогнегасні установки типу ОВПУ-250, призначені для гасіння легкозаймистих рідин і різних паливних твердих матеріалів. Для захисту резервуарів, естакад для зливу нафтопродуктів, трубопроводів, роздавальних колонок і інших пристроїв, призначених для зливання, збереження і видачі нафтопродуктів від впливу статичної електрики і від ударів блискавки ці пристрої поєднують в єдине електричне коло і заземлюють. Пристрої, що підлягають заземленню, доцільно поєднувати зі спеціальним блискавко захисним (грозо захисним) заземленням, яке розраховується для кожного складу паливо-мастильних матеріалів (ПММ) у залежності від габаритів споруди, місця розташування об'єкта та числа резервуарів. Парк резервуарів для збереження дизельного палива оточують земляною обваловкою через яку прокладають сходи для проходу обслуговуючого персоналу.

Неавтоматизовані сушильні установки для піску (барабанного чи іншого типу) повинні оснащуватися пристроями для механізації процесів завантаження, сушіння і просівання піску. Площадки стаціонарні чи поворотні, з яких провадиться набирання піску на ТРС, обладнають сходами і поручнями висотою 0,9–1,2 *м*. На відкритих пунктах екіпірування і ТО-2 локомотивів для виходу зі сходів на стаціонарну площадку, призначену для набору піску в бункери електровоза, а також для виходу на дах локомотива, влаштовують спеціальні проходи, що закриваються хвіртками і блокувальними запорами. Стаціонарні площадки, призначені для екіпірування електровоза на суміжних коліях, повинні мати подовжню розділову перегородку висотою не менш одного метра по всій довжині площадки.

Поворотні площадки і площадки іншого типу, установлювані на приймально-відправних коліях, не повинні входити в габарит рухомого складу. У неробочому положенні площадки і сходи знаходяться в межах габаритів наближення будівель.

Очищення та обмивання тягового рухомого складу від бруду, пилу, снігу і льоду до постановки його на технічне обслуговування і ремонт повинні, як правило, відбуватися на стаціонарних механізованих позиціях для миття та очищення ТРС, для будівництва яких розроблені типові проектні рішення.

Вимоги до розміщення устаткування в ремонтних цехах депо і заводів викладені в спеціальних нормативно-технічних джерелах.

4.9.3 Вимоги до допоміжних та службово-побутових приміщень

Певні вимоги з погляду безпеки та охорони праці пред'являються до проектів допоміжних і службово-побутових приміщень депо і ЛРЗ [5, 11].

До допоміжних приміщень основного локомотивного депо відносяться: приміщення суспільного харчування (їдальні, буфети, кімнати приймання їжі), медпункти, приміщення для проведення культурно-масової роботи, адміністративно-конторські, а також приміщення для громадських організацій.

Допоміжні приміщення доцільно розміщати в окремому корпусі, що примикає до локомотивного будинку. При цьому висота таких приміщень приймається 3,3 *м,* а висота приміщень, розташованих у виробничих будинках, повинна бути не менш 3 *м.*

До складу побутових приміщень входять (табл. 4.4): гардеробні, душові, умивальні, убиральні, приміщення особистої гігієни жінок, приміщення для сушіння, для видалення пилу, знешкодження, прання та хімічної обробки робочого одягу. Площі побутових приміщень розраховуються по нормах на одного робітника по обліковому штату чи на одного працюючого у найбільшу зміну. Орієнтовно на одного облікового працюючого передбачається в середньому 1,25–1,50 $м^2$ загальної площі побутових приміщень. Кожне виробниче і службово-побутове приміщення повинно мати природне освітлення. При розрахунку побутових приміщень рекомендується приймати 20–25 % жінок від загальної кількості працюючих і службовців депо.

Приміщення для адміністративно-конторських працівників і громадських організацій улаштовуються відповідно до технічних вказівок по проектуванню тепловозних і електровозних депо та екіпірувальних пристроїв.

Таблиця 4.4

Площі побутових приміщень

Найменування приміщення	Вимірник	Норма площі, $м^2$	Примітка
Гардероб	1 виробничий робітник	0,5	–
Душові	Кабіна	1,7	Одна душова сітка на 7 чоловіків та 6 жінок
Роздягальня чоловіча, жіноча	1 душова сітка	0,64	–
Умивальник: чоловічий жіночий	 1 кран 1 кран	 1,0 0,9	 Один на 10 люд. Те ж
Туалет: чоловічий жіночий	 1 санітарний прилад 1 санітарний прилад	2,8 2,16	Один санітарний прилад на 15 люд. Те ж
Кімната гігієни	Кімната	4,5–6,0	При кількості працюючих жінок до 100
Кімната прийому їжі	1 відвідувач	1,0	–
Медпункт	Кімната	80–100	При обліковій кількості працюючих 300 і більше
Зала зборів	1 відвідувач	0,9	На 30 % найбільш чисельної зміни

Запитання для самоконтролю

1. *Порівняльна характеристика типів деповських будівель.*
2. *Спеціалізація ремонтних позицій.*
3. *Визначення основних розмірів ремонтних позицій.*
4. *Загальні принципи розташування ремонтного обладнання.*
5. *Характеристика побутових приміщень депо.*
6. *Тягова територія локомотивного депо.*
7. *Енергопостачання локомотивного депо.*
8. *Опалення та вентиляція депо.*
9. *Освітлення приміщень депо.*
10. *Функціонування локомотивного господарства в зимових умовах.*
11. *Безпечна експлуатація пристроїв локомотивного господарства.*

ДО ЗМІСТУ

РОЗДІЛ 5 ВПЛИВ СИСТЕМИ РЕМОНТУ ТА ДІАГНОСТУВАННЯ НА НАДІЙНІСТЬ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

5.1 Задачі теорії надійності технічних об'єктів та принципи класифікації відмов технічного об'єкту

Основні задачі теорії надійності – установлення закономірностей виникнення відмов, вивчення впливу зовнішніх і внутрішніх чинників на надійність, установлення кількісних характеристик і методів оцінки та розрахунку надійності, розробка методів випробувань на надійність, визначення методів забезпечення надійності при проектуванні та виготовленні, а також підтримання встановленого рівня надійності під час експлуатації – принципово можуть вирішуватися двома шляхами [14]

Перший шлях заснований на вивченні фізико-хімічних властивостей і параметрів елементів технічних об'єктів, фізико-хімічних процесів, що відбуваються в них, фізичної природи та механізму відмов; при цьому поточний стан елементів і систем об'єкта описуються рівняннями, які відображають фізичні закономірності [15, 16].

Другий шлях заснований на вивченні статистичних, ймовірнісних закономірностей появи відмов множини однотипних об'єктів; при цьому відмови розглядаються як деякі випадкові події, а різноманітні фізичні стани елементів і систем зводяться в основному до двох станів – справності та несправності (повної або часткової), які описуються функціями надійності [17].

В даний час частіше всього зустрічається статистична, ймовірнісна теорія надійності. Це обумовлено більшою доступністю досліджень сумарного впливу різноманітних факторів (структури і властивостей матеріалів, конструкції елементів і пристроїв, технологічних процесів, зовнішніх впливів і режимів роботи) на стан елементів та об'єкта в цілому. Відомі значні успіхи математичної, ймовірнісної теорії надійності, головним чином, у створенні методів оцінки надійності систем при експлуатації, та методів забезпечення і розрахунку надійності складних систем, які складаються з малонадійних елементів (теорії резервування).

Проте особливості розроблених ймовірнісних методів оцінки надійності, обумовлені тим, що показники надійності не зв'язуються безпосередньо з фізичними характеристиками елементів і пристроїв та факторами, що впливають на них, обмежують застосування цих методів при проектуванні об'єктів, особливо тоді, коли використання резервування елементів є неможливим або викликає певні труднощі, то в такому випадку основним засобом створення надійних об'єктів є забезпечення високої надійності їх елементів.

Рішення перерахованих задач теорії надійності, які є сугубо фізичними, інженерними задачами, за допомогою розроблених ймовірнісних методів, зокрема розрахунок надійності пристроїв, віддаляється звичайно від інженерного

розрахунку схем і конструкцій, від інженерних, конструктивно-технологічних методів забезпечення надійності.

Єдино вірний напрямок подальшого розвитку теорії і техніки надійності – це об'єднання статистичних, ймовірнісних методів із «глибоким проникненням у фізичну (або фізико-хімічну) сутність процесів, що протікають у виробі» [16]. Для цього необхідно встановлення безпосередньої залежності основних показників надійності, по-перше, від фізичних властивостей і параметрів матеріалів і елементів, від фізико-хімічних процесів зміни цих властивостей і параметрів, і, по-друге, від інтенсивності експлуатаційних впливів з урахуванням випадкового характеру величин і процесів. Вивчення фізичних закономірностей зміни властивостей і параметрів елементів, кінетики процесів, які викликають ці зміни, стає особливо важливим, якщо мати на увазі, що суть проблеми надійності полягає, у зміні властивостей матеріалів і елементів протягом часу при заданих умовах експлуатації.

Оцінка надійності пристроїв, яка базується на даних про фізичні властивості матеріалів, про характеристики елементів та впливаючих на них факторів, не тільки не виключає, але й передбачає використання ймовірнісних, статистичних методів, оскільки ці характеристики являють собою звичайно випадкові функції часу або випадкові величини. Статистичні методи широко застосовуються при дослідженні фізико-хімічних процесів у матеріалах і пристроях; значне число фізичних явищ і процесів на молекулярному, атомному, електронному рівні може бути точно описано тільки за допомогою теорії ймовірностей та математичної статистики, наприклад методами статистичної фізики, статистичної термодинаміки і т. і. Детерміністичні залежності, що характеризують закони протікання фізико-хімічних процесів, описують усереднені явища і включають усереднені величини; при складанні емпіричних залежностей використовуються середні значення з ряду спостережень.

При розгляді фізичних явищ і процесів, що обумовлюють виникнення відмов елементів і пристроїв, необхідно визначити оптимальний ступінь деталізації фізичного аналізу, враховуючи те що, як кінцевий результат, нас цікавлять макроскопічні характеристики стану матеріалів, елементів, технічних об'єктів. Скоріше всього, доцільний ступінь деталізації повинен визначатися не стільки можливістю безпосереднього використання фізичних закономірностей для інженерних розрахунків надійності, скільки необхідністю глибокого фізичного аналізу процесів для ефективного рішення багатьох задач дослідження і забезпечення надійності конкретних об'єктів.

Але, необхідно мати на увазі, що в сучасній технічній фізиці, зокрема фізиці твердого тіла, значна кількість складних процесів, що цікавить нас, у тому числі процеси тривалої руйнації та старіння матеріалів, ще не цілком вивчені; щодо механізму деяких процесів і впливу на них тих або інших факторів висловлюються різноманітні гіпотези. Крім того, у зв'язку зі складністю фізико-хімічних процесів зміни властивостей елементів, число параметрів, що необхідно враховувати при побудові моделей цих процесів і фізичних моделей відмов, як правило дуже велике.

Все це і викликає необхідність у кожному окремому випадку вдаватись до обмежень і припущень.

Водночас вивчення фізико-хімічних процесів, які можуть призвести до відмов, що передують появі відмов елементів об'єкта, створює можливості науково обгрунтованого вибору найбільше ефективних конструктивно-технологічних шляхів підвищення надійності елементів і пристроїв; априорної оцінки надійності елементів, яка відповідає дійсній природі явищ; розробки науково обгрунтованих методів прискорених випробувань на надійність, скорочення обсягу необхідних випробувань; прогнозування надійності кожного окремо взятого елемента або пристрою на підставі дослідження його визначених фізичних властивостей.

Якщо проаналізувати вище сказане, і врахувати сучасні умови експлуатації технічних об'єктів то можна прийти до такого висновку. Що найбільш зручним, з точки зору вивчення надійності технічних об'єктів в умовах експлуатації, є шлях, який заснований на вивченні статистичних, ймовірнісних закономірностей появи відмов множини однотипних об'єктів.

5.2 Елементи класичної теорії відновлення технічних об'єктів

Найпростіша модель ремонтного впливу полягає в тому, що елемент, який відмовив, замінявся на новий, або відновлювався таким чином, що мав властивості як новий. Дана модель і лежить в основі класичної теорії відновлення.

Найбільш повний виклад класичної теорії відновлення дано в роботі [18].

Визначення. Послідовність позитивних випадкових величин ξ_1, ξ_2, ξ_3,…, які мають одну і ту ж саму функцію розподілу $F(t)$ називають класичним процесом відновлення.

Дане визначення пояснимо таким прикладом (рис. 5.1). Початок відліку по наробітку, коли починає працювати технічний об'єкт (локомотив), приймаємо за нуль, а ξ_1 наробіток, коли він відмовить. Після першої відмови локомотив замінюється на новий, а до другої відмови вже замінений локомотив пропрацював ξ_2 і т.і.

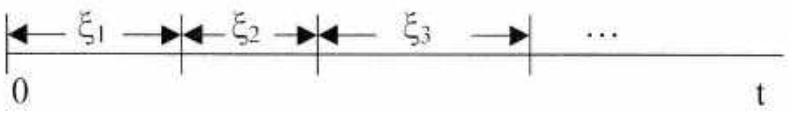

Рисунок 5.1

Позначимо через N_t кількість відновлень (відмов), за наробіток t, а через $H(t)$ середнє число відновлень, тоді між $H(t)$ і $F(t)$ є певний зв'язок, який може бути поданий у вигляді інтегрального рівняння Вольтерра [18].

ДО ЗМІСТУ

$$H(t) = F(t) + \int_0^t H(t-x)dF(x),$$

і для

$$h(t) = \frac{dH}{dt};\ f(t) = \frac{dF}{dt},$$

$$h(t) = f(t) + \int_0^t h(t-x)\, f(x)dx. \qquad (5.1)$$

Якщо скористатися перетворенням Лапласа

$$h^*(s) = \int_0^\infty e^{-st} h(t)dt;$$

$$f^*(\overline{=}s) = \int_0^\infty e^{-st} f(t)dt,$$

то твердження (5.1) для зображень по Лапласу буде наступним

$$h^*(\overline{=}s) = f^*(\overline{=}s) + h^*(\overline{=}s) \cdot f^*(\overline{=}s),$$

звідкіля маємо

$$h^*(\overline{=}s) = \frac{f^*(\overline{=}s)}{1 - f^*(\overline{=}s)}. \qquad (5.2)$$

Для випадку, коли наробіток між відмовами описується по експоненціальному закону тобто

$$f(t) = \begin{cases} 0, & t < 0; \\ \lambda e^{-\lambda t}, & t \geq 0. \end{cases}$$

Тоді зображення по Лапласу функції $f(t)$ буде мати вигляд

$$f^*(\overline{=}s) = \int_0^\infty e^{-\overline{=}st}\, \lambda e^{-\lambda t} dt = \frac{\lambda}{\overline{=}s + \lambda}.$$

Підставивши в (5.2) отримаємо

$$h^*(\overline{s}) = \frac{\lambda}{\overline{s}}.$$

Скориставшись оберненим перетворенням Лапласа [19] отримаємо

$$h(t) = \lambda,$$

тоді

$$H(t) = \lambda t. \qquad (5.3)$$

Викладений метод перетворення Лапласа зводить інтегральне рівняння (5.1), до співвідношення (5.2), яке на перший погляд простіше рівняння (4.1). Але простота (5.2) умовна, тому що не завжди легко обчислити $f^*(\overline{s})$, а якщо і вдасться, то нелегкою є задача по $h^*(\overline{s})$ знайти $h(t)$.

Розглянемо ситуацію, коли після відмови проводиться відновлення локомотива, але це відновлення таке, що інтенсивність відмов буде іншою ніж була раніше, тоді і граф можливих станів та переходів буде таким (рис. 5.2)

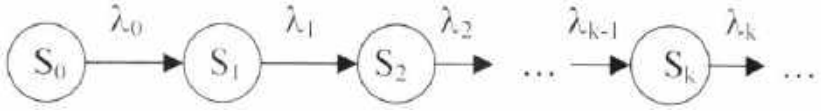

Рисунок 5.2

Позначимо через $P_k(t)$, k=0, 1, 2,… ймовірність того що локомотив знаходиться в стані S_k, тобто він уже k разів відновлювався, після чого інтенсивність його відмов складе $\lambda_k(t)$.

Дані ймовірності будуть задовольняти системі диференціальних рівнянь типу

$$\begin{cases} \dfrac{dP_0}{dt} = -\lambda_0 P_0; \\ \dfrac{dP_1}{dt} = -\lambda_1 P_1 + \lambda_0 P_0; \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \dfrac{dP_k}{dt} = -\lambda_k P_k + \lambda_{k-1} P_{k-1}; \\ \dfrac{dP_n}{dt} = -\lambda_{n-1} P_{n-1}. \end{cases} \qquad (5.4)$$

У роботі [20] систему (5.4) називають системою «розмноження», розуміючи під S_k стан популяції, яка складається із k осіб.

Якщо кожне рівняння із системи (5.4) помножити на відповідний номер, і просумувати справа та зліва, то отримаємо

$$\sum_{k=0}^{\infty} k \frac{dP_k}{dt} = \sum_{k=0}^{\infty} k(-\lambda_k P_k + \lambda_{k-1} P_{k-1}),$$

або після формальних перетворень приходимо до рівняння

$$\frac{dH}{dt} = \sum_{k=0}^{\infty} \lambda_k(t) P_k(t), \qquad (5.5)$$

де

$$H(t) = \sum_{k=0}^{\infty} k P_k(t)$$

являє собою середнє число відновлень за наробіток t.

Рівняння (5.5) необхідно розуміти як рівняння що зв'язує H-характеристику локомотива (середнє число відмов при експлуатації) з λ-характеристикою і ремонтними впливами. Ремонтні впливи відображені неявно в $\lambda_k(t)$. Задавши в явному виді $\lambda_k(t)$ ми тим самим, задаємо математичну модель ремонтного впливу на інтенсивність відмов локомотива.

Розглянемо феноменологічну модель ремонтного впливу запропоновану в роботі [21].

У цій роботі в якості $\lambda_k(t)$ запропонована залежність

$$\lambda_k(t) = a + bt + kc;\ k = 0,\ 1,\ 2,\ \ldots \qquad (5.6)$$

де a – параметр, що характеризує технологію виготовлення елементів локомотива;

b – визначає «старіння» локомотива;

c – параметр, що характеризує ремонтний вплив на локомотив.

Підставивши (5.6) у (5.5) отримаємо диференціальне рівняння

$$\frac{dH}{dt} = a + bt + cH,$$

при початковій умові $H(0)=0$ отримаємо

$$N(t) = \left(\frac{a}{c} + \frac{b}{c^2} \right)\left(e^{ct} - 1\right) - \frac{b}{c}t. \tag{5.7}$$

Якщо $H_e(t)$ – залежність від середнього числа відмов (отриманого дослідним шляхом) за наробіток t, то параметри моделі (5.6) визначаємо із умови

$$\int_0^T \left(H_e(t) - H(t)\right)^2 dt \to \min. \tag{5.8}$$

Отримавши оцінки a, b, c, з рішення задачі (5.8) одержуємо оцінку ремонтного впливу c та оцінки a, b, які характеризують властивості локомотива.

Зауважимо, що якщо $b = 0$ і $c = 0$, то даний підхід дозволяє одержати співвідношення (5.3). У випадку, коли $\lambda_k(t) = \lambda(t)$, то зв'язок між H-характеристикою і λ-характеристикою з рівняння (5.5) буде наступним

$$H(t) = \int_0^t \lambda(x)dx.$$

Пояснимо, коли в інженерній практиці можна користуватися даним співвідношенням (5.9).

Нехай локомотив складається з M елементів і його інтенсивність відмов, через інтенсивності відмов його елементів описується залежністю

$$\lambda(t) = \sum_{i=1}^{M} \lambda_i(t). \tag{5.9}$$

Відмова локомотива наступає тоді, коли відмовив будь-який із його елементів. Відновлення елемента в цьому випадку здійснюється через заміну його на новий. Тоді якщо $\lambda_i(t)$ такі, що

$$\frac{\lambda_i(t)}{\lambda(t)} << 1,$$

при $0 \le t \le T$, тоді замінивши будь-який елемент на новий отримаємо інтенсивність відмов, що «майже» не відрізняється від інтенсивності до відмови.

Проте якщо буде виконана заміна значної групи елементів одночасно, то локомотив таке відновлення «відчує» і його інтенсивність буде відрізнятися від інтенсивності до відновлення (ремонту).

5.3 Аксіоматична побудова моделі ремонтного впливу на тяговий рухомий склад

За основу побудови аксіоматичної математичної моделі візьмемо роботи [22, 23, 27]. Побудову моделі ремонтного впливу виконаємо в припущенні, що локомотив складається з *M* елементів, перелік яких являє собою

$$\Omega = \{\omega_1,\ \omega_2,\ ...,\ \omega_M\},$$

де ω_i – назва *i*-того елемента, $i = \overline{1, M}$.

Визначення. Підмножину *V* множини Ω будемо називати обсягом ремонту.

Нехай після наробітку x виконується ремонт в обсязі *V*, тоді, якщо до ремонту інтенсивність відмов була $\lambda(t)$, то після ремонту вона буде дещо іншою, яку і позначимо через $\lambda(t / x, V)$, де врахований наробіток, на якому виконувався ремонт встановленого обсягу.

З математичної точки зору відбулося відображення функції $\lambda(t)$ у функцію $\lambda(t / x, V)$, такі відображення в математиці відомі, як оператори. Даний оператор будемо позначати у вигляді символу R_x^V – ремонт в обсязі *V* після наробітку *x*. Використовуючи дане позначення отримаємо

$$\lambda(t/x, V) \triangleq R_x^V \lambda(t). \qquad (5.10)$$

Наробіток *x* і обсяг ремонту *V* є параметрами оператора ремонту R_x^V, що діє на функцію $\lambda(t)$, після чого утворюється інша функція $\lambda(t / x, V)$.

За фізичним змістом $x > 0,\ V \subseteq \Omega,$ а $\lambda(t) \ge 0.$

Введемо в розгляд деякий клас $A(\Omega)$ підмножин множини Ω, тобто $A(\Omega)$ – набір обсягів ремонту.

Аксіома А1. Клас $A(\Omega)$ є алгеброю, тобто складається з усіляких підмножин множини Ω, а також містить в собі порожню множину $\varnothing$ і саму Ω.

Так як Ω містить M елементів, то $A(\Omega)$ містить 2^M обсягів ремонту.

Для прикладу розглянемо електровоз, який складається із електричної частини ω_1, механічної частини ω_2 та пневматичної частини ω_3. Тобто $\Omega = \{\omega_1,\ \omega_2,\ \omega_3\}$, тоді

$$A(\Omega) = \{\varnothing, \{\omega_1\}, \{\omega_2\}, \{\omega_3\}, \{\omega_1, \omega_2\}, \{\omega_1, \omega_3\}, \{\omega_2, \omega_3\}, \{\omega_1, \omega_2, \omega_3\}\},$$

де $V_0 = \varnothing$ – ремонт не виконується;

$V_1 = \{\omega_1\}$ – відновлюється тільки електрична частина ω_1;

$V_5 = \{\omega_1, \omega_3\}$ – відновлюються тільки електрична ω_1 і пневматична частини ω_3;

$V_7 = \{\omega_1, \omega_2, \omega_3\}$ – відновлюються всі частини електровоза, такий обсяг ремонту в інженерному тлумаченні відповідає поняттю «капітальний ремонт» локомотива.

Надалі вважаємо, що $V \in A(\Omega)$.

Аксіома А2.

$$R_x^{\Omega}\lambda(t) = \lambda(t - x),\ t \geq x.$$

Інженерний зміст даної аксіоми полягає в тому, що коли ремонтуємо всі елементи, то локомотив стає як «новий». І він дійсно стане «новим», тільки тоді коли всі його елементи будуть замінені на нові.

Наступна аксіома постулірує ситуацію, коли після наробітку x виконується ремонт локомотива в обсязі V_1, а потім в обсязі V_2. Якщо подивитись на це з точки зору впливу на інтенсивність відмов, то даний захід еквівалентний ремонтові в обсязі $V = V_1 \bigcup V_2$, тобто V є об'єднанням обсягів V_1 і V_2, тоді оформимо даний факт у вигляді.

Аксіома А3.

$$R_x^{V_2} R_x^{V_1}\lambda(t) = R_x^{V_1 \cup V_2}\lambda(t),\ t \geq x.$$

Тепер розглянемо ситуацію, коли після наробітку x_1 виконується ремонт в обсязі V_1, а при наробітку $x_1 \geq x_2$ виконується ремонт в обсязі V_2.

Математичне тлумачення такого заходу оформимо як

Аксіома А4.

$$R_{x_2}^{V_2} R_{x_1}^{V_1} \lambda(t) = \begin{cases} \lambda(t), & t < x_1; \\ R_{x_1}^{V_1} \lambda(t), & x_1 \le t < x_2; \\ R_{x_2}^{V_2} R_{x_1}^{V_1 \setminus V_2} \lambda(t), & t \ge x_2. \end{cases}$$

В інженерному плані зміст даної аксіоми полягає в наступному:

1) поки наробіток локомотива $t < x_1$ інтенсивність його відмов не змінюється;
2) при наробітку локомотива $t \in [x_1, x_2)$ інтенсивність його відмов визначається ремонтом в обсязі V_1;
3) якщо наробіток локомотива $t \ge x_2$, то інтенсивність його відмов визначається як ремонтний вплив на інтенсивність, що дорівнює $R_{x_1}^{V_1 \setminus V_2} \lambda(t)$, тобто це можна записати як

$$R_{x_2}^{V_2} \left(\lambda(t \mid x_1, V_1 \setminus V_2) \right),$$

останнє означає, що в ремонт не попадуть елементи із V_1, які не входять в обсяг V_2.

Іншими словами при наробітку $t > x_2$ локомотив «пам'ятає» що робили з елементами $V_1 \setminus V_2$ і «забуває» про ремонт елементів $V_1 \bigcap V_2$ при наробітку x_1, але «пам'ятає», що вони ремонтувалися при наробітку $x_2 \ge x_1$.

Таким чином, оператор ремонту являє собою оператор із пам'яттю.

Не торкаючись питання несуперечності, незалежності та повноти даних аксіом, розглянемо як працюють запропоновані аксіоми.

5.4 Оцінка впливу стаціонарного діагностування на надійність тягового рухомого складу

У якості наробітку локомотива приймаємо його пробіг, облік якого розпочнемо від моменту побудови і позначимо символом τ [25, 27].

Вважаємо, що локомотив, який знаходиться в працездатному стані (S_1) в поточний момент часу виконує свої функції і при деякому наробітку може перейти в непрацездатний стан (S_2), де проходить відновлювальні роботи. У класичній теорії відновлення [18] передбачається, що відновлення є повним і тоді середнє число відмов $H_o(\tau)$ і середнє число відновлень $H_b(\tau)$ за наробіток τ рівні між собою, і визначаються з рівняння

$$H(\tau) = F(\tau) + \int_0^{\tau} H(\tau - x) dF(x), \qquad (5.11)$$

ДО ЗМІСТУ

де $H(\tau) = H_o(\tau) = H_b(\tau)$; $F(\tau)$ – функція розподілу ймовірностей для наробітку ξ.

Якщо з періодом по наробітку τ_o проводимо планові відновлення, то в цій ситуації $H_o(\tau, \tau_o) \neq H_b(\tau, \tau_o)$ і має місце

$$H_b(\tau, \tau_o) = H_o(\tau, \tau_o) + \left\lfloor \frac{\tau}{\tau_o} \right\rfloor, \qquad (5.12)$$

де $H_o(\tau)$ – рішення рівняння типу (4.11), коли замість $F(\tau)$ береться функція $F(\tau, \tau_o)$ – функція розподілу ймовірностей для наробітку ξ за умови, що з періодом τ_o виконуються планові повні відновлення.

Розглянемо ситуацію, коли з періодом по наробітку z проводимо стаціонарне діагностування (стан S_3).

Після діагностування локомотив може бути відправлений у стан S_1 або в стан S_2 (рис. 5.3). Позначим через $H_o(\tau, z)$ – число відмов при наявності діагностування, а через $H_d(\tau, z)$ – середнє число відправлень у ремонт після діагностування, – середнє число відновлень, тоді отримаємо

$$H_b(\tau, z) = H_o(\tau, z) + H_d(\tau, z). \qquad (5.13)$$

Не зупиняючись на аналізі переваг (4.11), (4.12) або (5.13) відзначимо, що має місце

$$H_o(\tau, \tau_o) \leq H(\tau) \leq H_b(\tau, \tau_o);$$
$$H_o(\tau, z) \leq H(\tau) \leq H_b(\tau, z).$$

Метою даного дослідження є оцінка $H_o(\tau, z)$ і $H_d(\tau, z)$ через параметри стаціонарного діагностування.

Позначимо через x_t – вектор параметрів, по яких можна характеризувати стан локомотива, а через X_d – множина параметрів, коли відправляємо в ремонт, X_o – множину параметрів, коли має місце відмова. Завжди $X_o \subset X_d$. Якщо $x_t \subset X_d$, то локомотив необхідно буте відправити у ремонт, хоча $x_t \notin X_o$, а якщо $x_t \in X_o$, то локомотив тим більш повинний бути відправлений у ремонт.

Щодо діагностування припускаємо, що ситуації, коли $x_t \in X_d$ або $x_t \notin X_d$ і $x_t \notin X_o$ визначаються достовірно, а потік відмов $H(\tau)$ стає дещо меншим і

$$H_o(\tau, z) = q_d(z) \cdot H(\tau); \qquad (5.14)$$
$$H_d(\tau, z) = p_d(z) \cdot H(\tau). \qquad (5.15)$$

де $0 \le p_d(z);\ q_d(z) \le 1,$ причому

$$p_d(z) + q_d(z) \ge 1, \tag{5.16}$$

тоді середнє число відновлень буде

$$H_b(\tau, z) = \left(p_d(z) + q_d(z) \right) H(\tau).$$

Таким чином, залежності $p_d(z)$ і $q_d(z)$ являють собою математичну модель стаціонарного діагностування. Проте, відзначимо, що середнє число відволікання локомотивів із стану S_1 через відмови і діагностування складуть

$$H_{изв}(\tau, z) = \left(p_d(z) + q_d(z) \right) H(\tau) + \left\lfloor \frac{\tau}{z} \right\rfloor,$$

де $\left\lfloor \frac{\tau}{z} \right\rfloor$ – ціла частина відношеня $\frac{\tau}{z}$.

Якщо $\bar{\tau}$ – середній наробіток на відмову в класичному процесі відновлення, а $\bar{\tau}(z)$ – аналогічно при наявності діагностування, то в якості $q_d(z)$ можна прийняти

$$q_d(z) = \frac{\bar{\tau}}{\bar{\tau}(z)}. \tag{5.17}$$

Це уявлення випливає з теореми Блекуелла [18] при $\tau \to \infty$, тобто при сталому режимі роботи.

Зауважимо, що як планові відновлення так і діагностування дозволяють зменшити потік відмов, але при цьому локомотиви в ремонті будуть перебувати довше, ніж у класичному процесі відновлення. Все це спричинить за собою збільшення інвентарного парку локомотивів для виконання одного і того ж обсягу роботи.

Переходячи від пробігів до календарного часу *t* для системи зі стаціонарним діагностуванням, можливі стани локомотивів і їх переходів показані на рис. 5.3.

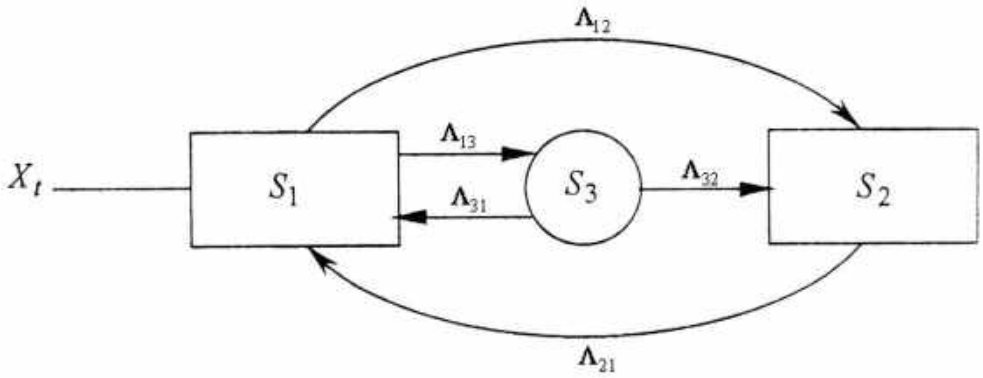

Рисунок 5.3 – Графік можливих станів локомотивів і їх переходів

X_t являє собою необхідне число працездатних локомотивів в момент часу t, тоді якщо $y_i(t),\ i=1,2,3$ середні чисельності відповідних станів, то отримаємо наступну систему диференційних рівнянь:

$$\begin{aligned}
\frac{dy_1}{dt} &= -\Lambda_{12} - \Lambda_{13} + \Lambda_{31};\\
\frac{dy_2}{dt} &= -\Lambda_{21} + \Lambda_{12} + \Lambda_{32};\\
\frac{dy_3}{dt} &= -\Lambda_{31} - \Lambda_{32} + \Lambda_{13}.
\end{aligned} \tag{5.18}$$

де Λ_{ij} – середній потік із стану S_i в стан S_j.

Потоки Λ_{ij} визначаються через $H_o(\tau,z),\ H_d(\tau,z)$ потужності ремонтної бази і стаціонарного діагностування.

Не зупиняючись на детальному доведенні, приведемо в явному виді представлення потоків Λ_{ij}.

$$\begin{aligned}
\Lambda_{12} &= q_d(z)\Lambda_{\text{відм}};\\
\Lambda_{32} &= p_d(z)\Lambda_{\text{відм}};\\
\Lambda_{21} &= \mu_2 \min(y_2, m_2);\\
\Lambda_{13} &= \frac{1}{z}\min(y_1, X) = \frac{\bar{t}}{z}\Lambda_{\text{відм}};\\
\Lambda_{13} &= \mu_3 \min(y_3, m_3).
\end{aligned} \tag{5.19}$$

де m_2 – число ремонтних місць;
m_3 – число місць для проведення діагностування локомотивів;
z – період діагностування в календарному обліку;

$\Lambda_{\text{відм}} = \frac{\bar{t}}{z}\min(y_1, X)$; $\bar{t}$ – середній наробіток до відмови в календарному обліку.

Якщо N – чисельність інвентарного парку, то можна скористатись співвідношенням

$$y_1(t) + y_2(t) + y_3(t) = N,$$

і в системі (5.18) залишити тільки два рівняння.

Що ж стосується необхідного числа працездатних локомотивів X_t, то обмежимось ситуацією, яка приводить до неоднозначності $\Lambda_{\text{відм}}$, що представлена на рис. 5.4.

Остання обставина приводить до того, що система диференційних рівнянь (5.18) переходить в диференційні включення [24, 25, 26]

$$\begin{aligned} \frac{dy_2}{dt} &\in -\Lambda_{21} + \Lambda_{12} + \Lambda_{32}; \\ \frac{dy_1}{dt} &\in -\Lambda_{21} + \Lambda_{12} + \Lambda_{32}. \end{aligned} \tag{5.20}$$

тому що і праві частини представляють собою множини.

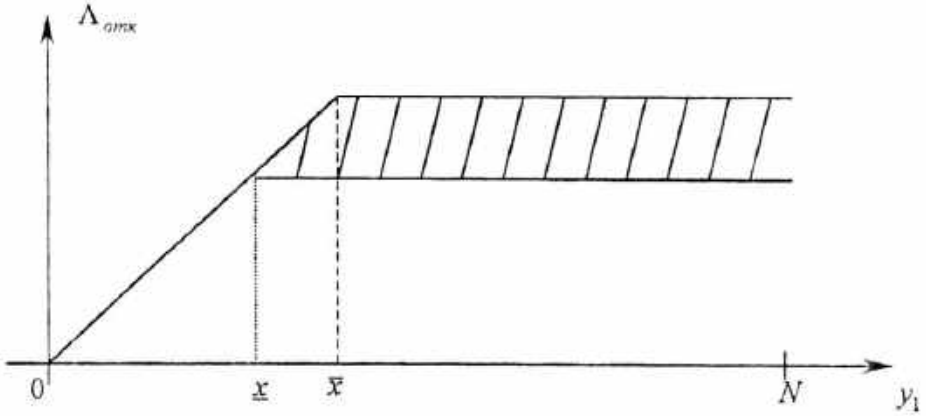

Рисунок 5.4 - Якісний характер багатозначного відображення $\Lambda_{\text{відм}}$

Приєднавши до (5.20) початкові умови, отримаємо можливість дослідження впливу стаціонарної діагностики на надійність локомотивного парку.

ДО ЗМІСТУ

5.5 Удосконалення системи утримування локомотивів, методи визначення міжремонтних пробігів. Вплив системи ремонту на витрату коштів і надійність

Огляд систем утримування локомотивів ряду закордонних країн, виконаний на основі аналізу літературних джерел показує, що спільним для залізниць є прагнення підвищити експлуатаційну надійність для збільшення часу корисної роботи локомотивного парку і зниження експлуатаційних витрат і, в тому числі, витрат на утримування локомотивів. У цих умовах найактуальніше значення набуває задача керування технічним станом локомотивів шляхом корегування термінів проведення профілактичних і ремонтних заходів з урахуванням зміни їхнього технічного стану. Дослідження показують, що цю задачу можна вирішити лише на основі збору, обробки й аналізу великого об'єму первинної інформації про технічний стан локомотивів. В роботах [28-32] розроблені теоретичні основи удосконалення системи утримування локомотивів та методи визначення міжремонтних періодів. Оцінено вплив системи утримування на витрати коштів і надійність, а також наведена методика моделювання технології ремонту локомотива.

Аналіз публікацій показав, що існуючі методики, нажаль, не в повній мірі враховують режими експлуатації локомотивів, їхні конструктивні особливості і технологію відновлення (ремонту). Тому пропонується більш універсальний підхід до вибору раціональної системи утримування локомотивів в основу якого покладені аксіоматичні моделі ремонтних впливів на стан технічних об’єктів, запропоновані в роботах професора А.А. Босова [22] .

Вибір міжремонтних періодів здійснюється на основі мінімізації питомих витрат коштів на одиницю наробітку (чи пробігу локомотивів).

Для прийнятої періодичності ремонту вирішується задача

$$C_y = \lim_{t\to\infty} \frac{1}{t} C_t \Rightarrow \min , \qquad (5.21)$$

за умови, що

$$T_y \le \frac{qK_\phi N}{W} - 1,$$

T_y - сумарний час перебування локомотива у всіх видах ремонту за наробіток t з урахуванням технології ремонту;

C_y - питомі витрати коштів;

C_t - витрати на планові і позапланові ремонти з урахуванням технології ремонту за наробіток t;

q - продуктивність локомотива в працездатному стані при наявності фронту робіт;

ДО ЗМІСТУ

$K_ф$ - коефіцієнт наявності фронту робіт;

N - парк локомотивів;

W - продуктивність локомотивів, необхідна для виконання заданого обсягу роботи в заданий період.

Система планових відновлень (СПВ) для локомотива будується по періодах відновлень його вузлів і елементів, що отримані в результаті багаторазового перебору періодів шляхом рішення задачі (5.21).

Модель локомотива будується з передбаченням, що локомотив складається з набору елементів $\{\omega_i\}$, $i=\overline{1,M}$, відмова кожного з яких є незалежною подією і інтенсивність відмов локомотива буде

$$\lambda(t)=\sum_{i=1}^{M}\lambda_i(t), \tag{5.22}$$

де $\lambda_i(t)$ - інтенсивність відмов елементів ω_i,

t - пробіг (наробіток) локомотива від моменту його побудови.

Систему ППР будемо задавати як набір пар $\{x_k, V_k\}, k=1,2,...$, де x_k - пробіг (наробіток), при якому виконується ремонт в обсязі V_k.

Для оцінки впливу ремонту, в обсязі V_k на інтенсивність відмов його обладнання, пропонується використовувати модель ремонту

$$\lambda(t|x,V)=R_x^V\lambda(t), \quad t\ge x, \tag{5.23}$$

де x - пробіг (наробіток), після якого виконується ремонт в обсязі V;

R_x^V - оператор ремонту.

Розглянемо класичну модель ремонтного впливу, яка представляє собою заміну того чи іншого елемента на новий.

Нехай $t_1, t_2, ...t_M$ останні моменти по наробітку, коли відбувалася заміна відповідних елементів. У цьому випадку з урахуванням (5,22) та (5,23) маємо

$$\lambda(t\mid x,V)=R_x^V\lambda(t\mid t_1,t_2,...t_M)=\sum_{\omega_i\in\Omega\setminus V}\lambda_{\omega_i}(t-t_i)+\sum_{\omega_i\in V}\lambda_{\omega_i}(t-x).$$

У даному співвідношенні $t\ge x\ge \max\limits_{1\le i\le M}\{t_i\}$.

Основна вимога по надійності до об'єму V і наробітку x полягає в тому, щоб після наробітку ℓ інтенсивність відмов не перевищувала величини $\bar{\lambda}$.

Вимогу по надійності локомотива можна записати у вигляді

$$\sum_{\omega_i\in V}\varphi(\omega_i)\ge\alpha,$$

де $\varphi(\omega_i)=\lambda_{\omega_i}(x+\ell-t_i)-\lambda_{\omega_i}(\ell)$ і $\alpha=\sum\limits_{\omega_i\in\Omega}\lambda_{\omega_i}(x+\ell-t_i)-\bar{\lambda}$.

З певним ступенем точності витрати коштів на ремонт в об'ємі V можна оцінити в такий спосіб

$$F(V) = \sum_{\omega_i \in \Omega} f(\omega_i),$$

де $f(\omega_i)$ - витрати коштів на відновлення (ремонт) елемента ω_i.

Відзначимо, що фактичні витрати коштів не будуть перевищувати значення $F(V)$.

Таким чином, якщо x задане і задані $\ell, \bar{\lambda},$ тоді приходимо до задачі

$$F(V) \to \min, \tag{5,24}$$

за умови $\sum_{\omega_i \in V} \varphi(\omega_i) \geq \alpha, \ V \subseteq \Omega.$

Відносно визначення раціонального об'єму ремонту маємо, що рішення задачі (5,24) можна представити у вигляді

$$V_*(\mu) = \{\omega \in \Omega : f(\omega) - \mu \cdot \varphi(\omega) \leq 0\},$$

де множник Лагранжа μ визначається з умови $\sum_{\omega \in V_*} \varphi(\omega) \geq \alpha$.

Виходячи з того, що інтенсивність відмов визначається за статистичними даними для локомотивів, які входять до вибірки, то раціональним, з погляду на внесення погрішностей, буде проведення розрахунків системи їх утримування через Н-характеристики вузлів та агрегатів для яких справедливі всі положення відповідних λ-характеристик.

Під раціональним обсягом ремонту локомотива будемо називати такий обсяг ремонту V, який необхідно виконати в момент **x** (**x** - наробіток (пробіг)), щоб в момент $x + \ell$ (ℓ - наробіток (пробіг) від моменту **x**) швидкість приросту середньої кількості відмов $h(x + \ell)$ не перевищувала б наперед задану величину $\bar{h}$.

Швидкість приросту середньої кількості відмов для наробітку (пробігу) $x + \ell$ (при умові, що в момент **x** виконано ремонт обсягом V) буде

$$h(x + \ell | x, V) = \sum_{i \in \Omega \setminus V} h_i(t)\Big|_{t=x+\ell} + \sum_{i \in V} h_i(t - x)\Big|_{t=x+\ell},$$

вона не повинна перевищувати $\bar{h}$, тобто

$$h(x + \ell | x, V) \leq \bar{h}. \tag{5,25}$$

Якщо при відновлені локомотива (виконанні ремонту обсягом V) проведена заміна елементів на нові, то умова (5,25) буде мати вигляд

$$\sum_{i\in\Omega\setminus V} h_i(x+\ell)+\sum_{i\in V} h_i(\ell)\le \bar{h}. \qquad (5,26)$$

Нерівність (5,26) запишемо у вигляді

$$\sum_{i\in\Omega} h_i(x+\ell)-\sum_{i\in V} h_i(x+\ell)+\sum_{i\in V} h_i(\ell)\le \bar{h},$$

або

$$\sum_{i=1}^{N} h_i(x+\ell)-\bar{h}\le \sum_{i\in V}\left(h_i(x+\ell)-h_i(\ell)\right).$$

Позначимо

$$\varphi_i = h_i(x+\ell)-h_i(\ell),$$
$$\alpha=\sum_{i=1}^{M} h_i(x+\ell)-\bar{h}, \qquad (5,27)$$

тоді $F_2(V)=\sum_{i\in V}\varphi_i$, показує наскільки знизиться швидкість приросту середньої кількості відмов в момент $x+\ell$ при умові, що в момент **x** виконується ремонт обсягом V (рис. 5,5).

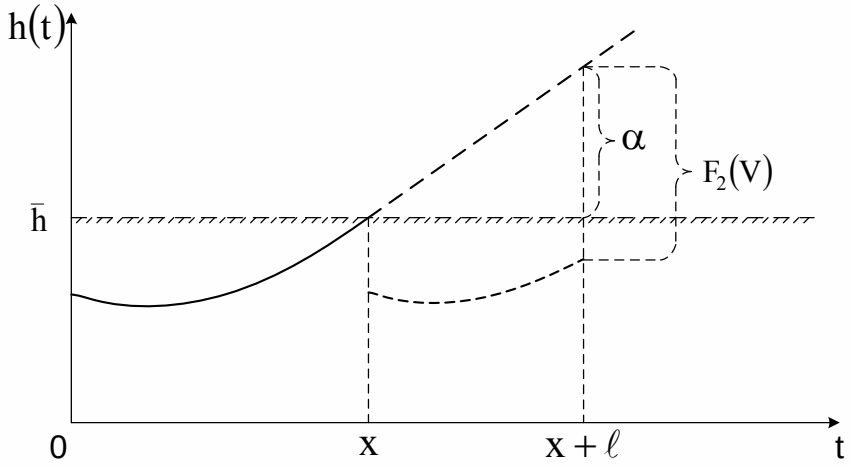

Рисунок 5.5 – Залежність швидкості приросту середньої кількості відмов від пробігу

Для вирішення задачі необхідно щоб

$$F_1(V)=\sum_{i\in V} c_i \to \min, \qquad F_2(V)=\sum_{i\in V}\varphi_i \ge \alpha.$$

В термінах Н - характеристики визначення раціонального обсягу ремонту звелась до необхідності мінімізації вартості ремонту (5.24) таким чином, щоб

сума різниці швидкості приросту середньої кількості відмов всіх елементів локомотива, які ремонтувались була не менше величини α, що визначена по формулі (5.27). Таким чином, шляхом мінімізації вартості ремонту з урахуванням заданого рівня надійності вузлів локомотива, визначається раціональна система утримування локомотивів.

5.6 Вплив залежних відмов обладнання на вибір системи утримання локомотивів

При виборі найбільш вигідної пропозиції на поставку тягового рухомого складу провідні світові залізничні компанії використовують таке поняття, як супровід локомотива на етапах життєвого циклу локомотива Life Cycle Cost. У взаєминах замовника і виробника показник закупівельної вартості локомотива починає поступово поступатися місцем більш адаптованому до місцевих умов ринкової економіки показником вартості витрат на Life Cycle Cost. Як наслідок такого розвитку подій, компанії-виробники починають все більшою мірою приділяти увагу турботі про свою продукцію не тільки в гарантійний період, але і в період всього терміну служби локомотива. Якщо раніше при оцінці економічної ефективності основна увага приділялася тільки витратам на придбання нового рухомого складу і розвиток інфраструктури для його обслуговування без прив'язки до терміну служби локомотива, то вже з кінця XX ст. на перший план починають висуватися інвестиції, розмір яких визначається витратами Life Cycle Cost, які належать до всієї системи в цілому і до підсистем. При цьому основні дані по Life Cycle Cost встановлюються вже в процесі розробки та конструювання локомотива. Обов’язковою умовою оцінки Life Cycle Cost є чітке структурне використання пристроїв, їх об'єднання в системи і підсистеми, які повинні мати такий же термін служби, як новий локомотив, або бути кратними термінів служби базових вузлів, а також бути ремонтопридатними і взаємозамінними.

Однією з тенденцій є перехід до управління надійністю, експлуатаційною готовністю, ремонтопридатністю і безпекою нових локомотивів з реалізацією практичних рішень, що, безумовно, є позитивним явищем.

Перераховані тенденції з'явилися логічним наслідком ряду факторів, що склалися в області організації утримання локомотивів. По-перше, необхідність підвищення ефективності використання виділених для цих цілей коштів. По-друге, діє політика заохочення конкуренції, в тому числі на ринку транспортних послуг, яка передбачає передачу діяльності з підтримки готовності тягового рухомого складу компаніям що на цьому спеціалізуються. Зазначені обставини привели до появи керуючих компаній, що діють з дотриманням принципу прозорості балансу витрат залізниць і бажаної якості робіт. Однак ці ж обставини сприяли формуванню досить жорстких вимог до виконувачів робіт, в тому числі таких, як наявність виробничого досвіду, технологічного обладнання, кваліфікованих кадрів. Було визнано, що необхідна певна «критична маса» виконувача, щоб він міг застосовувати інноваційні ідеї і методи, використовувати світовий досвід і передові технології, бути в змозі виконувати роботи в стислі терміни і т. д. Саме

на цьому тлі в даний час ведеться конкурентна боротьба на ринку технічного утримання та ремонту рухомого складу.

Для більшості компаній обов'язковою умовою в контрактах на технічне обслуговування є забезпечення заданих параметрів надійності. Прийнятий термін MRO (Meintechnange, repair, overhau – технічне обслуговування, ремонт, модернізація) передбачає, що виробник гарантує готовність до експлуатації точно оговореної частини рухомого складу в певний час.

Задача мінімізації сумарних витрат на всіх етапах життєвого циклу транспортних засобів, підвищення надійності та безпеки техніки є спільним завданням як для розробників локомотивів, так і для експлуатуючих транспортних компаній. Для залізничної галузі мінімізація таких витрат підвищує конкурентоспроможність продукції і, отже, стимулює розширення ринку збуту і збільшення прибутку. Для експлуатуючих компаній при цьому підвищується економічна ефективність використання рухомого складу [33].

Під час обґрунтування вибору найбільш вигідної пропозиції на поставку тягового рухомого складу транспортні компанії поряд з порівнянням технічних характеристик все частіше використовують показник «вартість життєвого циклу» локомотива LCC (Life Cycle Cost). Величина капітальних затрат на придбання нового тягового рухомого складу поступово починає замінюватись величиною витрат на всіх етапах життєвого циклу локомотива [34 - 36].

Актуальність впровадження підходів LCC в локомотивному господарстві пояснюється впровадженням нових локомотивів з бортовими системами управління та діагностування, а також розвитком теорії систем утримання тягового рухомого складу. Вартість локомотива як тягової одиниці перестає бути визначальним фактором. Це пояснюється тим, що витрати на технічне обслуговування та ремонт локомотива за весь період його експлуатації значно перевищують початкову вартість локомотива.

Впровадженню підходів LCC на етапах вибору, оновлення, модернізації та експлуатації тягового рухомого складу присвячено роботи [36-45]. Незважаючи на значну кількість результатів досліджень щодо використання показників LCC невирішеним залишається питання оцінки ступеня впливу показників надійності вузлів локомотиву на вибір системи утримання та вартість життєвого циклу локомотива.

Найбільш поширеним у світовій практиці підходом під час розробки систем управління вартістю життєвого циклу є RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, Safety).

Розглянемо його втілення в залізничних стандартах Європи, Росії й України.

Основні характеристики, визначення й терміни, що стосуються RAMS та LCC об’єктів залізничного транспорту, наведені в європейському стандарті NF EN 50126-1-2000 [52]. Приклад практичного використання підходу RAMS для оцінки стану безпеки руху в локомотивному господарстві за допомогою інтегрального показника описано у [51].

Основні положення RAMS можуть бути використані для оцінки системи експлуатації й утримання локомотивів із точки зору надійності, доступності, ремонтопридатності й безпеки під час їх взаємодії. Запропонований підхід визначає процес, заснований на життєвому циклі всієї системи, та задачі в ньому; дозволяє ефективно контролювати й управляти взаємодією між елементами.

У стандарті EN 50126 [52] представлений життєвий цикл системи (локомотива), який являє собою послідовність фаз, кожна з яких вирішує відповідні задачі, які охоплюють весь термін служби системи від початкової концепції до виведення з експлуатації та списання.

Життєвий цикл забезпечує структуру для планування, управління, контролю й моніторингу всіх аспектів системи, включаючи RAMS. На рис. 5.6 наведені етапи життєвого циклу за версією цього стандарту.

На кожному етапі життєвого циклу виникають певні, пов’язані з цим етапом, задачі: загальні, задачі щодо надійності, працездатності, ремонтопридатності, а також задачі, пов’язані з безпекою.

Питання, розрахунків вартості життєвого циклу системи розглядаються вже на другому етапі, під час формування профілю призначення системи.

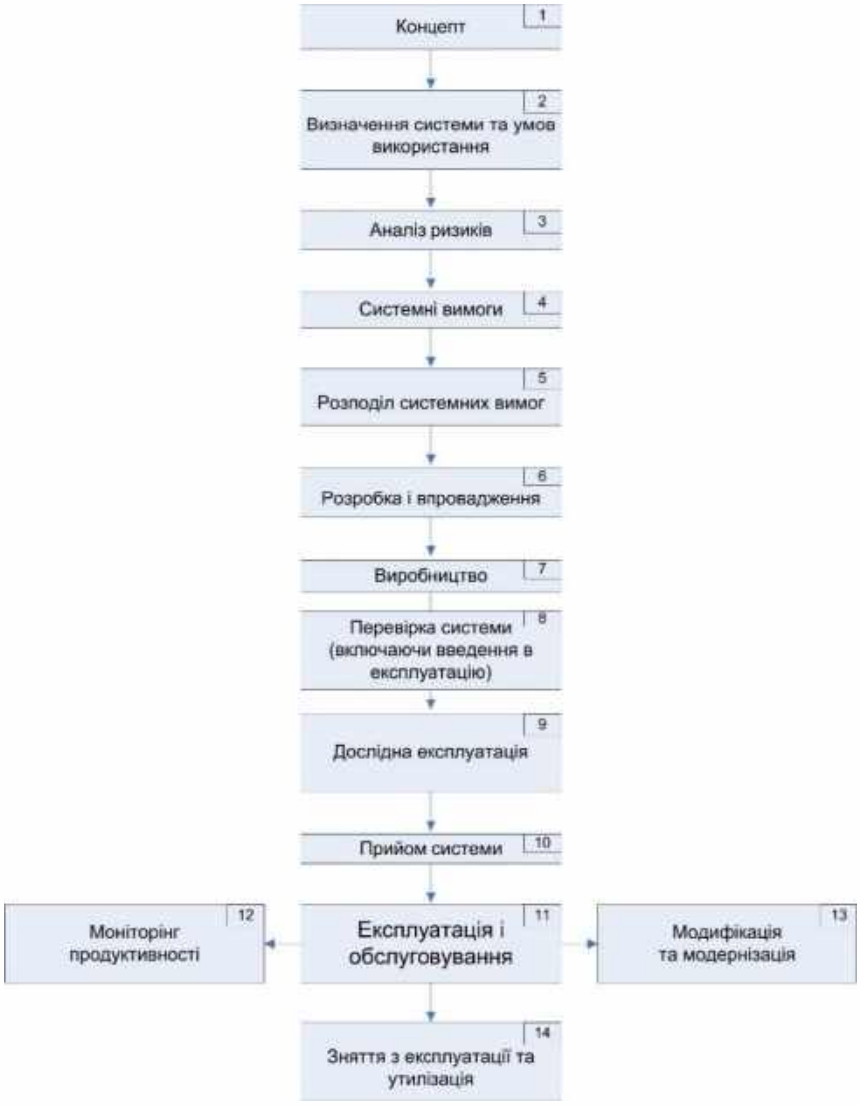

Рисунок 5.6 – Етапи життєвого циклу локомотива

Схема витрат на життєвий цикл системи згідно зі стандартом EN 50126 [40,52] наведена на рис. 5.7.

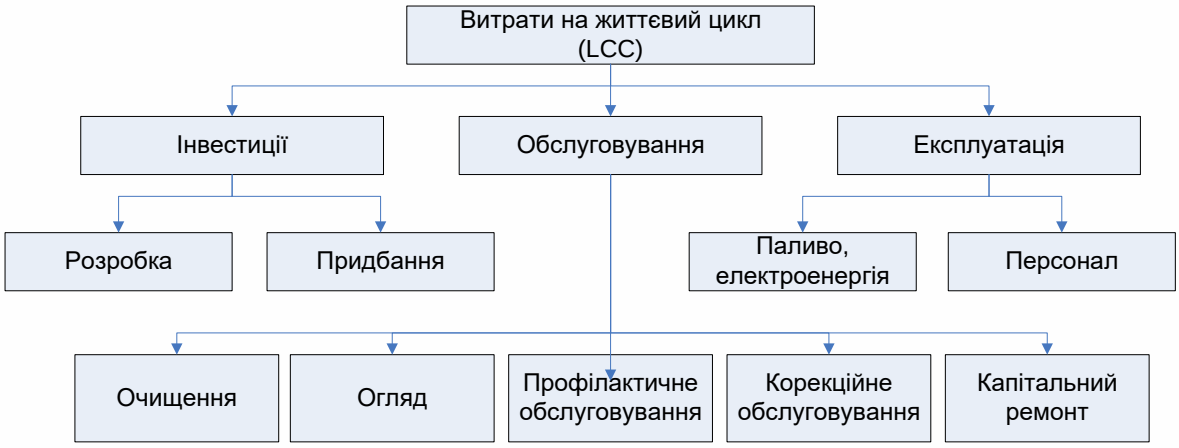

Рисунок 5.7 – Схема витрат на життєвий цикл локомотива

Витрати, які закладені на етапі проектування системи, а також ті, які заплановані під час формування вимог до експлуатації й технічного обслуговування, складають значну частину витрат на життєвий цикл локомотива.

Визначити точні витрати на весь життєвий цикл неможливо. Їх можна оцінювати тільки з різним ступенем упевненості.

Вихідними даними для аналізу й розрахунку вартості життєвого циклу тягового рухомого складу є:

1. Під час аналізу на надійність, доступність, працездатність і безпеку (RAMS-аналіз):
   - термін служби;
   - середній річний пробіг локомотива;
   - середній час роботи локомотива за рік;
   - інші кількісні та якісні показники використання локомотивів.
2. Під час визначення вартості життєвого циклу (LCC-аналіз):
   - специфікації / технічні керівництва від постачальника компонентів або підсистем (наприклад, FIT rate, MTBF rate)
   - ідентифікація, збір і використання статистичних даних (наприклад, показники відмов, витрати на ремонт, статистика заміни деталей, динаміка зношування деталей і т. д.)
   - моделі прогнозування зміни технічного стану локомотива та його підсистем,
   - бази даних та статистичні звіти щодо надійності та експлуатації локомотивів.

У [52] наведено дві методики розрахунку витрат на складові життєвого циклу:

- розрахунок витрат на профілактичне обслуговування (аналог планово-попереджувальної системи ремонту);

- розрахунок витрат на корекційне обслуговування (після відмов) (аналог системи обслуговування за поточним станом).

Розглянемо більш детально ці методики.

Калькуляція витрат на профілактичне обслуговування. Профілактичне обслуговування, згідно з європейським стандартом EN 13306 (2001) [40] – це технічне обслуговування, яке виконується з заданими інтервалами або відповідно запропонованим критеріям, і призначене для зниження ймовірності відмови або погіршення функціонування технічної одиниці.

Обчислення витрат *CY_MP* на профілактичне обслуговування протягом життєвого циклу виконують за формулою:

$$CY_MP = \sum_{i=1}^{X} N_MP_i \times QT_i \times \left(CM_MP_i + MH_MP_i \times CMH\right) \tag{5.29}$$

де X – загальна кількість елементарних технологічних операцій;

N_MP_i – кількість i-их елементарних технологічних операцій, які необхідно виконати за весь життєвий цикл;

QT_i – загальна кількість елементів, які потребують застосування i-ої елементарної технологічної операції;

CM_MP_i – середня вартість матеріалів, які необхідно використати під час застосування i-ої елементарної технологічної операції;

MH_MP_i – кількість робочих годин, яка необхідна на виконання i-ої елементарної технологічної операції;

CMH – вартість 1 робочої години.

У наведеній методиці не враховані такі витрати часу:

- на організаційні, адміністративні й логістичні процеси;
- для закупівлі / доставки витратних матеріалів;
- для випорожнення резервуарів стічних вод;
- в очікуванні обслуговування;
- на тривалість утилізації;
- на зовнішню й внутрішню очистку транспортного засобу.

Калькуляція витрат на корекційне обслуговування. Корекційне (позапланове) обслуговування згідно з [52], – це технічне обслуговування, яке виконують після розпізнавання несправностей. Воно призначене для відновлення локомотива до того технічного стану, в якому він може виконувати необхідні функції.

Обчислення витрат на корекційне обслуговування *CY_MC* протягом життєвого циклу виконують за формулою:

$$QT = IN_FAI_i \times OT \tag{5.30}$$

$$CY_MP = \sum_{i=1}^{X} N_MC_i \times QT_i \times \left(CM_MC_i + MH_MC_i \times CMH\right) \tag{5.31}$$

де QT – кількість елементів, які необхідно відновити за весь життєвий цикл;

IN_FAI_i – інтенсивність відмов i-го елемента;

OT – час роботи або пробіг за життєвий цикл (залежить від інтенсивності відмов / швидкості відмов);

N_MC_i – кількість i-их елементарних технологічних операцій, які необхідно виконати за весь життєвий цикл;

QT_i – кількість елементів, які для відновлення потребують застосування i-ої елементарної технологічної операції;

CM_MC_i – середня вартість матеріалів для виконання i-ої елементарної технологічної операції

MH_MC_i – кількість робочих годин на виконання i-ої елементарної технологічної операції;

CMH – вартість робочої години.

Основні правила визначення вартості життєвого циклу рухомого складу і складних технічних систем залізничного транспорту на залізницях Росії наведені у [43]. Ця методика містить основні положення й формули розрахунку таких показників ефективності рухомого складу і складних технічних систем залізничного транспорту, як вартість життєвого циклу, корисний економічний ефект і лімітна ціна техніки.

Показник витрат життєвого циклу використаний у цій методиці для оцінки ефективності інноваційних заходів, у тому числі на залізничному транспорті.

Поняття «вартість життєвого циклу» (LCC) технічного засобу у [42,43] визначене як сукупні витрати споживача на придбання й використання техніки за термін її служби.

Витрати життєвого циклу технічного засобу включають усі витрати споживача, пов’язані з його придбанням і володінням ним, тобто ціну придбання, супутні одноразові витрати, а також експлуатаційні витрати за весь термін служби й витрати на утилізацію.

Кількість стадій життєвого циклу технічних засобів у [43] запропоновано обмежити наступними стадіями:

1) розробка концепцій і визначень;
2) дослідно-конструкторські роботи;
3) виготовлення технічного засобу;
4) уведення технічного засобу в експлуатацію з проведенням супутніх заходів щодо навчання персоналу, дооснащення ремонтної бази і т. п.;
5) експлуатація й технічне обслуговування;
6) вилучення (ліквідація, утилізація).

Загальна LCC (усіх його шести стадій) виробу поділяється на дві основні частини:

1) витрати, пов’язані з придбанням (1–4 стадії);
2) витрати, пов’язані з експлуатацією і утилізацією (5–6 стадії).

Початковий аналіз LCC здійснюють на етапі придбання – проводять порі-

вняння з аналогами. Потім на етапі експлуатації проводять моніторинг економічних показників із метою підтвердження початкових оцінок вартості життєвого циклу.

LCC рухомого складу і складних технічних систем залізничного транспорту визначають у [43] за формулою:

$$LCC = Ц_{пр} + \sum_{t=1}^{T} (И_t + \Delta К_t - Л_t) \cdot \alpha_t \qquad (5.32)$$

де Цпр – ціна придбання об'єкта (первісна вартість). На стадії розробки концепції нового локомотива і дослідно-конструкторських робіт (1–2 стадії життєвого циклу) за ціну придбання техніки може виступати її лімітна ціна;

$И_t$ – річні експлуатаційні витрати;

$\Delta К_t$ – супутні одноразові витрати, пов'язані з впровадженням техніки в експлуатацію;

$Л_t$ – ліквідаційна вартість об'єкта;

α_t – коефіцієнт дисконтування;

t – поточний рік експлуатації;

T – кінцевий рік експлуатації, який встановлюють відповідно до технічних вимог або іншої документації (у тому числі й облікової політики підприємства, на балансі якого перебуває об'єкт).

Коефіцієнт дисконтування для постійної норми дисконту визначають за виразом:

$$\alpha_t = \frac{1}{(1+E)^t} \qquad (5.33)$$

де t – крок розрахункового періоду (t = 0, 1, 2, .., T);

T – горизонт розрахунку (тривалість життєвого циклу);

E – норма дисконту (ставка дисконтування).

У [45] відзначено, що незважаючи на значну кількість результатів дослідження стосовно використання економічного показника LCC як одного з основних критеріїв під час оцінювання й ухвалення рішень інвестиційного характеру на довгостроковий період, питання адаптації цього показника до експлуатаційних особливостей залізниць України потребує подальшого розвитку. У роботі запропоновано вартість життєвого циклу парку тягового рухомого складу за альтернативними варіантами інвестицій у його оновлення визначати наступним чином:

$$LCC_i = \sum_{t=t_{n_i}}^{t_{\kappa_i}} \left(m_{i_t} \cdot Ц_{i_t}^{n} \cdot \alpha_t \right) + \sum_{t=t_{n_i}}^{t_{\kappa_i}} \left(K_{i_t}^{cyn} \cdot \alpha_t \right) + \sum_{t=t_{n_i}}^{t_{\kappa_i}} \left(m_{i_t} \cdot Ц_{i_t}^{KP} \cdot \alpha_t \right) + \sum_{t=t_{n_i}}^{t_{\kappa_i}} \left(m_{i_t} \cdot Ц_{i_t}^{M} \cdot \alpha_t \right) +$$

$$\sum_{t=t_{n_i}}^{t_{\kappa_i}} \left(m_{i_t} \cdot И_{i_t} \cdot \alpha_t \right) - \sum_{t=t_{n_i}}^{t_{\kappa_i}} \left(m_{i_t} \cdot Л_{i_t} \cdot \alpha_t \right), \qquad (5.34)$$

де i – номер варіанта інвестицій,

m_{i_t} – кількість одиниць тягового рухомого складу за i-им варіантом інвестицій, яку придбано в рік t життєвого циклу;

$Ц_{i_t}^{n}$ – ціна придбання одиниці тягового рухомого складу за i-им варіантом інвестицій у рік t життєвого циклу, грн;

$K_{i_t}^{cyn}$ – одноразові супутні витрати під час втілення парку тягового рухомого складу за i-им варіантом інвестицій у рік t життєвого циклу, грн;

$Ц_{i_t}^{KP}$ – ціна капітального ремонту одиниці тягового рухомого складу за i-им варіантом інвестицій у рік t життєвого циклу, грн;

$Ц_{i_t}^{M}$ – ціна модернізації одиниці тягового рухомого складу за i-им варіантом інвестицій у рік t життєвого циклу, грн;

$И_{i_t}$ – поточні витрати на експлуатацію й утримання в технічно справному стані парку тягового рухомого складу за i-им варіантом інвестицій у рік t життєвого циклу, грн;

$Л_{i_t}$ – ліквідаційна вартість одиниці тягового рухомого складу за i-им варіантом інвестицій у рік t життєвого циклу, грн;

α_t – коефіцієнт дисконтування;

t_{n_i} – рік придбання парку тягового рухомого складу за i-им варіантом інвестицій;

t_{κ_i} – рік ліквідації парку тягового рухомого складу за i-им варіантом інвестицій.

Проведений аналіз підходів до оцінки й розрахунків вартості життєвого циклу дозволяє зробити висновок, що жоден із розглянутих способів не враховує вплив відмови одного вузла на відмову інших, пов'язаних із ним вузлів (залежних відмов елементів систем) локомотива. За даними досліджень [36, 38], досить суттєва частина відмов (і, як наслідок, позапланових ремонтів) відбувається за рахунок виникнення саме залежних відмов елементів. Таким чином, під час розрахунку показника вартості життєвого циклу LCC і витрат на всі види технічного обслуговування необхідно враховувати вплив залежних відмов вузлів локомотивів.

Однією зі складових вартості життєвого циклу LCC є витрати на обслуговування локомотива. Величина цих витрат залежить від показників надійності й прийнятої системи технічного утримання. Методики оцінки економічної ефективності системи утримання локомотивів наведено в [34, 35, 39]. Для вдосконалення методики розрахунку вартості системи утримання локомотивів автори пропонують враховувати залежні відмови вузлів.

Відповідно до [35] вартість позапланових ремонтів у раціональній системі

без урахування залежних відмов може бути визначена так:

$$C = C_{непл} \cdot H_p, \tag{5.35}$$

де $C_{непл}$ – середня вартість непланового ремонту вузла локомотива;

H_p – середня кількість відмов за час життєвого циклу локомотива.

Середню вартість одного позапланового ремонту $C_{непл}$ визначаємо за виразом:

$$C_{непл} = C_{пл} + C_{лг}\left(t_{тр} + t_{пр}\right), \tag{5.36}$$

де $C_{пл}$ – вартість одного планового ремонту;

$C_{лг}$ – вартість однієї локомотиво-години;

$t_{тр}$ – час транспортування локомотива до місця ремонту;

$t_{пр}$ – час простою локомотива в ремонті.

Для обчислення вартості відновлень під час позапланових ремонтів необхідно враховувати залежні відмови елементів. Для розрахунку вартості життєвого циклу локомотива з урахуванням залежних відмов його елементів потрібно визначити ймовірнісні залежності між відмовами його основних вузлів, тобто з якою ймовірністю відмова кожного вузла вплине на відмови інших вузлів локомотива.

Середню вартість одного позапланового ремонту $C_з$ з урахуванням залежних відмов визначаємо за виразом:

$$C_з = C_{пл} + \sum_{i \in V} p_i C_{пл}^i + C_{лг}(t_{тр} + t_{пр}), \tag{5.37}$$

де $C_{пл}^i$ – вартість одного планового ремонту *i*-го залежного елемента;

p_i – імовірність залежної відмови *i*-го елемента;

V – множина залежних елементів.

Визначення ймовірності залежних відмов можна виконати з використанням методів експертних досліджень [33], методів нечіткої логіки та нейронних мереж [54]. У загальному вигляді ймовірності виникнення залежних відмов представлені у табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Імовірності виникнення залежних відмов

Обладнання локомотива	Вузол 1	Вузол 2	…	Вузол *i*	…	Вузол *N*
Вузол 1		p_{12}		p_{1i}		p_{1N}
Вузол 2	p_{21}			p_{2i}		p_{2N}
…						
Вузол *i*	p_{i1}	p_{i2}				p_{iN}
…						
Вузол *N*	p_{N1}	p_{N2}		p_{Ni}		

У табл. 5.1 у стовпцях указано назви вузлів із первинними відмовами. а в рядках – назви вузлів із залежними відмовами. Елементи цієї матриці (таблиці) заповнюють експерти, які вказують імовірності залежних відмов для кожного вузла локомотива.

Наприклад: p_{12} – імовірність того, що відбудеться залежна відмова Вузла 1 у разі відмови Вузла 2. У загальному вигляді:

p_{iN} – імовірність того, що відбудеться залежна відмова Вузла *i* прив разі відмови Вузла *N*.

Очевидно, що ймовірності типу p_{NN} завжди дорівнюють одиниці.

Для оцінки впливу залежних відмов на систему утримання й вартість життєвого циклу локомотива пропонуємо використовувати коефіцієнт $P_{зо}$.

Цей показник оцінки впливу залежних відмов на вартість відновлення після відмови обчислюємо наступним чином:

$$P_{зо} = \frac{C_з}{C_{непл}} \cdot 100\%, \tag{5.38}$$

Розрахунок коефіцієнта $P_{зо}$ для кожного вузла локомотива можна виконати за табл. 5.2.

Таблиця 5.2

Оцінка впливу залежних відмов на систему утримання

Групи вузлів	Назва вузла	Вартість планового ремонту вузла	Вартість позапланового ремонту вузла	Вартість позапланового ремонту вузла з урахуванням залежних відмов	Оцінка впливу залежних відмов
	Вузол 1	$C_{пл}$	$C_{непл}$	$C_з$	$P_{зо}$
	Вузол 2				
	…				
	Вузол і				

Використання запропонованого підходу дозволяє визначати вузли локомо-

тива, відмова яких впливає на вартість відновлення більше, ніж становить їх номінальна вартість. Окрім того, враховуються ймовірні втрати внаслідок відмови вузла при розробці та коригуванні системи утримання локомотивів. Приклади впливу залежних відмов на вартість ремонту основних вузлів електровоза серії ДЕ1 наведено в [55, 56]. Урахування залежних відмов дозволило виявити вузли, відмови яких призведуть до значного зростання загальної вартості відновлення (до 12- кратного зростання від номінальної вартості заміни вузла).

Запитання для самоконтролю

1. *Принципи класифікації відмов технічних об'єктів.*
2. *Основи аксіоматичної побудови моделі утримання тягового рухомого складу.*
3. *Вплив стаціонарного діагностування на надійність тягового рухомого складу.*
4. *Вплив системи ремонту локомотивів на витрату коштів і надійність в експлуатації.*

ДО ЗМІСТУ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Основні аспекти стратегії розвитку ПАТ «Укрзалізниця» 2017–2021 роки. URL: http://www.uz.gov.ua/files/file/Strategy_Presentation_fin 1.pdf (дата звернення 14.10.2017).

2. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року (Проєкт).
URL: https:mtu.gov.ua/news/28581.html (дата звернення 25.11.2017).

3. Капіца М. І. Розвиток наукових основ удосконалення систем утримування тягового рухомого складу : дис. … д-ра техн. наук : 05.22.07 / Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. Дніпропетровськ, 2010. 324 с.

4. Локомотивное хозяйство : учеб. для вузов /
под ред. С. Я. Айзинбуда. Москва : Транспорт, 1986. 263 с.

5. Айзинбуд С. Я., Кельперис П. Н. Эксплуатация локомотивов. Москва : Транспорт, 1990. 261 с.

6. Про планово-попереджувальну систему ремонту і технічного обслуговування тягового рухомого складу : Затв. Наказом Укрзалізниці № 429-Ц від 15.10.2016. Київ : Укрзалізниця, 2016. 24 с.

7. Нормы технологического проектирования тепловозных, электровозных и моторвагонных депо. Москва : Транспорт, 1965. 169 с.

8. Гагин Л. Ф., Бовин А. А. Экипировка и экипировочные материалы : учебник. Киев : Выща шк., 1989. 160 с.

9. Технические указания по проектированию тепловозных, электровозных депо и экипировочных устройств. Москва : Трансэлектропроект, 1969. 99 с.

10. Временные нормы технологического проектирования электровозных и тепловозных депо и депо для электропоездов, экипировочных устройств и пунктов технического осмотра. Москва : Транспорт, 1967. Ч. 2. 154 с.

11. Папченков С. И. Локомотивное хозяйство : пособие по дипломному проектированию. Москва : Транспорт, 1988. 192 с.

12. Хасин Л. Ф., Матвеев В. Н. Экономика, организация и управление локомотивным хозяйством / под ред. Л. Ф. Хасина. Москва : Маршрут, 2002. 452 с.

13. Экономика, организация и планирование локомотивного хозяйства / под ред. С. С. Маслаковой. Москва : Транспорт, 1991. 271 с.

14. ДСТУ 2860-94. Державний стандарт України. Надійність техніки. Терміни та визначення. Чинний від 1996-01-01. Вид. офіц. Київ, 1996.

15. Меламедов И. М. Физические основы надежности. Ленинград : Энергия, 1970. 152 с.

16. Хевиленд Р. Инженерная надежность и расчет на долговечность. Москва, Ленинград : Энергия, 1966. 232 с.

17. Саркисян С. А., Ахундов В. М., Минаев Э. С. Анализ и прогноз развития больших технических систем. Москва : Наука, 1982. 280 с.

18. Кокс Д., Смит В. Теория восстановления. Москва : Сов. радио, 1967. 299 с.

19. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. Москва : Наука, 1973. 720 с.

20. Баруча-Рид А. Т. Элементы теории марковских процессов и их приложения. Москва : Наука, 1969. 511 с.

21. Босов А. А., Курасов Д. А. Методы теории надежности и массового обслуживания в применении к задачам, возникающим при эксплуатации электровозов. *Труды Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта*. 1966. Вып. 66 : Вопросы усовершенствования устройств электрической тяги. С. 116–127.

22. Босов А. А. Аксиоматическое построение математической модели восстановления. *Вестник Харьковского университета* : Прикладная математика и механика. Харьков, 1978. Вып. 43. С. 50–55.

23. Босов А. А., Капица М. И. Математическое моделирование в задачах рационального содержания транспортных средств. *Вісник. Східноукраїнського державного університету*. Луганськ, 2000. №7 (29). С. 54–58.

24. Благодатских В. И., Филиппов А. Ф. Дифференциальные включения и оптимальное управление. *Труды Математического института АН СССР*. 1985. Т. 169. С. 194–252.

25. Босов А. А., Капица М. И. Оценка влияния стационарного диагностирования на надежность локомотивов. *Актуальные проблемы развития транспортных систем и строительного комплекса* : труды Междунар. науч.-прак. конф. / под общ. ред. В. И. Сенько. Гомель : БелГУТ, 2001. С. 51–54.

26. Филиппов А. Ф. Об условиях существования решений многозначных дифференциальных уравнений. *Дифференциальные уравнения*. 1977. т. 13, № 6. С. 1070–1078.

27. Боднарь Б. Е. Теоретические основы, опыт создания системы испытания и диагностики тепловозов с гидравлической передачей : дис. … д-ра техн. наук : 05.22.07 / Днепропетр. ин-т инженеров ж.-д. трансп. Днепропетровск, 1996. 320 с.

28. Босов А. А., Боднар Е. Б., Мосендз А. И. Основная задача совершенствования системы планово-предупредительных ремонтов локомотивов. *Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля.* Луганськ, 2001. № 7 (41). С. 93–97.

29. Боднар Є. Б. Методи визначення міжремонтних періодів локомотивів. *Зб. наук. праць. Дніпропетровського держ. техн. ун-ту залізн. тр-ту. Транспорт*. Вип. 9. Дніпропетровськ : ДІІТ. 2001. С. 33–37.

30. Боднар Є. Б. Оцінка впливу системи ремонту на витрати коштів і надійність локомотива. *Зб. наук. праць Дніпропетр. держ. техн. ун-ту. залізн. трансп. Транспорт*. Випуск 12. Дніпропетровськ : ДІІТ. 2002. С. 17–19.

31. Босов А. А., Боднар Є. Б. Методика планування ремонту локомотивів. *Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля*. Луганськ, 2002. № 6 (52). С. 95–97.

32. Боднарь Е. Б. Повышение эксплуатационной надежности локомотивов путем внедрения рациональной системы содержания : дис. канд. техн. наук : 05.22.07 / Украинская гос. акад. ж.-д. трансп. Харьков, 2004. 161 с.

33. Боднарь Б. Е. Использование метода экспертных оценок при разработке диагностического обеспечения локомотивов. *Проблемы создания новых машин и технологий.* 2001. № 1 (10). С. 217–220.

34. Боднар Є. Б. Оцінка економічної ефективності впровадження раціональної системи ремонту локомотивів. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля.* Луганськ, 2004. № 8 (78). С. 25–28.

35. Боднар Є. Б. Підвищення експлуатаційної надійності локомотивів шляхом впровадження раціональної системи утримування : дис ... канд. техн. наук : 05.22.07. / Укр. держ. акад. залізн. трансп. Харків, 2004. 161 с.

36. Боднарь Б. Е. Использование метода экспертных оценок при разработке диагностического обеспечения локомотивов. *Проблемы создания новых машин и технологий.* 2001. № 1 (10). С. 217–220.

37. Босов А. А. Влияние зависимых отказов на безопасность технических систем: анализ транспортных происшествий с 2005 по 2008 гг. *Локомотив-информ*. 2010. № 1. С. 5–9.

38. Гненний О. М. До питання оцінки та застосування вартості життєвого циклу продукції машинобудування. *Проблеми економіки транспорту* : зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. Дніпропетровськ, 2016. Вип. 12. С. 7–13. DOI: 10.15802/pte.v0i12.95609

39. Гришечкина Т. С. Моделирование зависимых отказов элементов сложных технических систем. *Труды Ростовского государственного университета путей сообщения*. 2015. № 3. С. 50–56.

40. Гришечкіна Т. С. Побудова математичної моделі раціональної системи утримання технічних об'єктів залізничного транспорту. *Транспортні системи та технології перевезень* : зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. Дніпро, 2017. Вип. 14. С. 30–35.

41. ДСТУ EN 13306:2006 (EN 13306:2001, IDT). Технічне обслуговування. Терміни та визначення понять [Чинний від 2007-10-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2008. 30 с.

42. Калабухін Ю. Є., Каменева Н. М., Зеленко Д. Д. Концепція життєвого циклу в теоретичному підході до вибору варіанту інвестицій в оновлення парка тягового рухомого складу. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2018. № 62. С. 241–248. DOI: 10.18664/338.47:338.45.v0i62.133671

43. Кострикин К., Скок И. Стоимость жизненного цикла железнодорожного подвижного состава. *Ин-т проблем естеств. монополий (ИПЕМ)*. URL: http://ipem.ru/news/publications/487.html (дата звернення: 03.12.2018).

44. Методика определения стоимости жизненного цикла и лимитной цены подвижного состава и сложных технических систем железнодорожного транспорта (основные положения) : утв. распоряжением ОАО РЖД от 27.12.2007 г. № 2459 р. URL*:* http://clc.am/Ccwfqg (дата звернення: 03.12.2018).

45. Методы оценки жизненного цикла тягового подвижного состава железных дорог : монография / Э. Д. Тартаковский, С. Г. Грищенко, Ю. Е. Калабухин, А. П. Фалендыш. Луганск : Ноулидж, 2011. 174 с.

46. Обновление подвижного состава с учетом жизненного цикла / Н. И. Данько, Д. В. Ломотько, Э. Д. Тартаковский, А. П. Фалендыш, Ю. Е. Калабухин. *Железнодорожный транспорт.* 2011. № 12. С. 42–44.

47. Осяев А. Т., Никифоров В. А. О системе обслуживания локомотивов за рубежом. *Вестник ВНИИЖТ*. 2012. № 2. С. 56–62.

48. Оценка жизненного цикла / Э. Д. Тартаковский, А. П. Фалендыш, Ю. Е. Калабухин, С. Г. Грищенко. *Локомотив-информ*. 2013. № 2 (80). С. 56–60.

49. Проблемы обновления подвижного состава железных дорог Украины и пути их решения с учетом жизненного цикла / Н. И. Данько, Э. Д. Тартаковский, Д. В. Ломотько, А. П. Фалендыш. *Залізничний транспорт України*. 2011. № 3. С. 22–25.

50. Чигирик Н. Д., Сумцов А. Л., Білецький Ю. В. Досвід технічної експлуатації тягового рухомого складу на залізницях країн Європи. *Вісн. Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля*. Луганськ, 2015. № 1 (218). С. 29–32.

51. A Study on Life Cycle Cost on Railway Locomotive Systems / B. Egamberdiev, K. Lee, J. Lee, S. Burnashev. *International Journal of Railway*. 2016. Vol. 9. Iss. 1. P. 10–14. DOI: 10.7782/ijr.2016.9.1.010

52. Determination of Integrated Indicator for Analysis of the Traffic Safety Condition for Traction Rolling Stock / B. Bodnar, Y. Bolzhelarskyi, O. Ochkasov, T. Hryshechkina, L. Černiauskaitė. *Intelligent Technologies in Logistics and Mechatronics Systems (ITELMS'2018)* : the 12th Intern. Sci. Conf. (April 26–27, 2018, Panevėžys). Kaunas University of Technology. Panevėžys, 2018. P. 45–54.

53. EN 50126. Railway application – The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS). Part 1: Basic requirements and generic process. URL: http://clc.am/qvkB4g (дата звернення: 06.12.2018).

54. Kapitsa M. I., Hnennyi O. M., Bobyr D. V. Efficiency of modernization of wheel-motor blocks (wmb) using anti-friction traction motor support bearings (tmsb). *Science and Transport Progress*. 2018. № 4 (76). С. 111–124. DOI: 10.15802/stp2018/141178

55. Ochkasov O., Shvets O., Černiauskaitė L. Usage of Intelligent Technologies in Choosing the Strategy of Technical Maintenance of Locomotives. Technologijos ir Menas = Technology and Art. 2017. № 8. P. 68–71.

56. Choosing the system of locomotive maintenance in view of the effect of dependent failures = Вибір системи утримання локомотивів із урахуванням впливу залежних відмов/ B. E. Bodnar, O. B. Ochkasov, T. S. Hryshechkina, E. B. Bodnar. *Science and Transport Progress*. 2018. № 6 (78). С. 47–58. DOI: 10.15802/stp2018/154823.

57. Гришечкіна Т. С. Удосконалення системи утримання технічних об’єктів залізничного транспорту з урахуванням залежних відмов їх елементів : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.20. Дніпро, 2021. 21 с.

ДО ЗМІСТУ

Навчальне видання

Борис Євгенович Боднар, Михайло Іванович Капіца,

Євген Борисович Боднар, Олександр Борисовичович Очкасов

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЛОКОМОТИВІВ ТА ЛОКОМОТИВНЕ ГОСПОДАРСТВО.

ОРГАНІЗАЦІЯ РЕМОНТНОГО ТА ЕКІПІРУВАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА

Підручник для студентів ЗВО залізничного транспорту

Відповідальний редактор Б. Є. Боднар
Комп'ютерна верстка Є. Б. Боднар
Дизайн обкладинки Є. Б. Боднар

Видавець: Український державний університет науки і технологій.
вул. Лазаряна, 2, ауд. 1201, м. Дніпро, 49010.
Цифрове видавництво: Наукова бібліотека УДУНТ.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1315 від 31.03.2003