

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до проведення практичних робіт

із навчальної дисципліни

**«ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ СЕРВІСУ ТРАНСПОРТНИХ
ЗАСОБІВ З ЕЛЕКТРИЧНИМ ТА ГІБРИДНИМ ПРИВОДОМ»**

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання
зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2022

Методичні рекомендації до проведення практичних робіт із навчальної дисципліни «Технологічні процеси сервісу транспортних засобів з електричним та гібридним приводом» (для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. Вячеслав Шавкун. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. – 26 с.

Укладач канд. техн. наук, доц. Вячеслав Шавкун

Рецензент

С. О. Закурдай, кандидат технічних наук, доцент кафедри електричного транспорту Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою електричного транспорту, протокол № 2
від 19.09.2022*

ЗМІСТ

Перелік скорочень і умовних позначень	4
Вступ.....	5
2 Мета і завдання розрахунково-графічної роботи	7
3 Склад і зміст розрахунково-графічної роботи	7
3.1 Зміст і порядок виконання розрахунково-графічної роботи	7
3.2 Вихідні дані розрахунково-графічної роботи	8
4 Розрахунок виробничої програми з технічного обслуговування і ремонту рухомого складу	9
5 Розрахунок показників надійності рухомого складу і його елементів	12
6 Обґрунтування організаційної структури підприємства	15
7 Вибір і обґрунтування методів організації технічного обслуговування і ремонтів	16
8 Розрахунок кількості постів, ліній для зон технічного обслуговування, ремонтів і діагностування	17
9 Визначення площ депо	18
10 Розробка технологічного плану депо.....	21
Список рекомендованих джерел	23
Додатки.....	25

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ І УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

РС – рухомий склад

N_i – інвентар, кількість РС, приписаного до депо

$N_{рух}$ – кількість одиниць РС, що випускаються на лінію, (знаходяться в русі)

$N_{ТОi}$ – кількість машин, що проходять і-е технічне обслуговування протягом року

N_{Pi} – кількість машин, що проходять і-й ремонт протягом року

N_d – кількість машин, що підлягають діагностуванню

$N_{відм}$ – кількість машин, на яких хоча б один раз була відмова

α_v – коефіцієнт використання РС по випуску

V_e – експлуатаційна швидкість, км/год

k_p – коефіцієнт резерву (при 3–5 %-ому резерві k_p приймається в діапазоні 1,03–1,05)

τ_{Pi} – тривалість простою РС у ремонті або технічному обслуговуванні;

$\tau_{ЩО}$ – тривалість виконання ЩО

$\tau_{ТО-1}$ – тривалість виконання ТО-1

$\tau_{ТО-2}$ – тривалість виконання ТО-2

τ_{CP} – тривалість простою в середньому ремонті

τ_{KP} – тривалість простою в капітальному ремонті

τ_{HP3} – тривалість простою при заявочному ремонті

τ_{HPB} – тривалість простою при випадковому ремонті

x_i – кількість машиномісць (вагономісць) для і-го ремонту

x_{KP} – кількість машиномісць (вагономісць) для капітального ремонту

x_{CP} – кількість машиномісць (вагономісць) для середнього ремонту

x_d – кількість машиномісць для діагностування

n – кількість поточних ліній

k – кількість постів на поточній лінії

ЦТО – цех технічного обслуговування

ЦРРС – цех ремонту рухомого складу

ЗЦ – заготівельний цех

ВТВ – виробничо-технічний відділ

ТО – технічне обслуговування

ІТП – інженерно-технічні працівники

$T_{рд}$ – кількість робочих днів протягом року

$T_{рдт}$ – кількість робочих днів протягом тижня

T_d – дійсний фонд часу одного робітника протягом року

T_n – номінальний фонд часу робітника (робочого місця)

$t_{сд}$ – середньодобове перебування РС на лінії, год

f_i – норма часу за видами технічного обслуговування і ремонту РС або його елементів

$K_{ш}$ – коефіцієнт штатності

$D_{кр}$ – число днів у календарному році

D_v – число вихідних днів протягом року
 $D_{св}$ – число святкових днів протягом року
 $D_{відп}$ – тривалість днів відпустки
ТВ – технічний вплив
ЩО – щоденне обслуговування
ТО-1 – перше технічне обслуговування
ТО-2 – друге технічне обслуговування
СО – сезонне обслуговування
КР – капітальний ремонт
СР – середній ремонт
НР_{вбп} – неплановий випадковий ремонт безпід'ємний
НР_{вп} – неплановий випадковий ремонт із підйомом
НР_{зн} – неплановий ремонт заявочний нічний
НР_{зд} – неплановий ремонт заявочний денний
Д – діагностування
 L_i – пробіг i -ї машини
 L_m – пробіг одиниць РС за місяць
 $L_{др}$ – сумарний пробіг РС депо за рік
 $L_{кр}, L_{ср}, L_{тр}, L_{то-2}$ – пробіг між відповідними видами технічних впливів
 $C_{то}$ – періодичність технічного обслуговування в днях
 $K_{відм}$ – коефіцієнт відмов
 m_i – кількість відмов i -го елемента
 m_0 – сумарна кількість відмов
 $m_{рі}$ – сумарна кількість відмов i -го елемента за рік
 $m_{мі}$ – сумарна кількість відмов i -го елемента за місяць
 ω – параметр потоку відмов
 $K_{тг}$ – коефіцієнт технічної готовності
Е – експлуатаційні витрати, грн

ВСТУП

Метою викладання навчальної дисципліни «Технологічні процеси сервісу транспортних засобів з електричним та гібридним приводом» є підготовка здобувачів вищої освіти другого магістерського рівня до самостійного вирішення технічних задач в галузі сучасної електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, формування навичок прийняття обґрунтованих рішень з питань організації експлуатації, технічного обслуговування та діагностування, розробки технологічних процесів сервісу транспортних засобів з електричним та гібридним приводом і забезпечення їх виконання.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач повинен вміти: оцінювати показники надійності та ефективності функціонування при діагностуванні, технічній експлуатації та обслуговуванні транспортних засобів з електричним та гібридним приводом.

Результати навчання за дисципліною:

- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;
- здатність до вирішення питань пов'язаних з оцінкою технічного стану, розробкою, експлуатацією, технологічними процесами технічного сервісу систем з електричним та гібридним приводом.

Основними формами вивчення дисципліни є самостійна робота, лекції і практичні заняття, обговорення контрольних запитань та складання письмових рефератів за відповідною тематикою. Це відповідає сучасним поглядам, за якими самостійне оволодіння знаннями є неодмінною умовою розвитку пошукової активності студентів, необхідної для їх подальшої діяльності в конкурентному середовищі.

Забезпечення належного рівня контролю засвоєння питань програми покладається на систему модульного контролю, що має здійснюватися як безпосередньо, так і при дистанційному навчанні – засобами електронної пошти, на Інтернет конференціях тощо.

Методи навчання. Теоретичні положення дисципліни вивчаються студентами в процесі конспектування лекцій за допомогою продуктивних, наочних та аналітичних методів. На практичних заняттях виконується рішення задач з використанням аналітичних методів навчання. При виконання завдань застосовуються аналітичні, продуктивні методи навчання. Окремі теми дисципліни вивчаються з різним ступенем поглиблення та деталізації у процесі самостійної роботи. Методи контролю: усне опитування; письмовий контроль (контрольні роботи). Підсумковий контроль – диф. залік.

2 МЕТА І ЗАВДАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Розрахунково-графічна робота з дисципліни «Технологічні процеси сервісу транспортних засобів з електричним та гібридним приводом» сприяє розвитку навичок самостійної роботи студентів для виконання дипломної роботи.

Мета роботи – розширення та поглиблення теоретичних знань з спеціальних дисциплін та їх використання для вирішення конкретних питань організації технічного обслуговування та удосконалення його технологічних процесів.

Для виконання розрахунково-графічної роботи студент одержує завдання, в якому вказуються вихідні дані за варіантами, зміст графічної і розрахункової частин, а також терміни виконання роботи.

При виконанні розрахунково-графічної роботи студент не повинен обмежуватися відомостями, отриманими при вивченні дисципліни, а зобов'язаний показати знання законів України з транспорту і спеціальної літератури, уміння використовувати новітні досягнення науки і техніки, аналізувати можливі варіанти рішень з урахуванням їх технічної та економічної доцільності, охорони праці і екологічності.

3 СКЛАД І ЗМІСТ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

3.1 Зміст і порядок виконання розрахунково-графічної роботи

Пояснювальна записка до розрахунково-графічної роботи повинна міститися на 20–30 сторінках.

Рекомендується такий склад пояснювальної записки:

- титульний аркуш;
- завдання на розрахунково-графічну роботу;
- зміст;
- розрахунок виробничої програми;
- розрахунок оціночних показників надійності;
- обґрунтування організаційної структури підприємства;
- вибір і обґрунтування методів організації технічного обслуговування і ремонтів;
- розрахунок кількості постів, ліній для зон технічного обслуговування, ремонтів та діагностування;
- визначення площ депо;
- побудова плану виробничого корпусу ЦТО та ЦРРС;
- технологічні процеси технічного обслуговування та ремонту вузла (за варіантом);
- висновки;
- список використаних джерел.

Пояснювальна записка має бути оформлена відповідно до ДСТУ 3008-95 Документація. Звіти у сфері науки і техніки.

Результати теоретичного дослідження можуть бути подані у вигляді аналітичних залежностей або графіків.

3.2 Вихідні дані розрахунково-графічної роботи

Вихідні дані видаються здобувачам за варіантами (номер варіанта відповідає порядковому номеру в груповому журналі або вибирається за узгодженням з викладачем).

Таблиця 3.1 – Система ТО і Р України (для всіх варіантів)

Номер вар	Тип РС	N_i	α_v	V_e	$t_{ед}$	m	Агрегат (вузол)
1	PTS 12	150	0,65	15,4	10,1	18	Тяговий електродвигун
2	PTS 12	175	0,66	15,5	10,2	29	Струмоприймач
3	PTS 12	200	0,67	15,6	10,3	26	Контактори, контролери
4	PTS 12	250	0,68	15,7	10,4	19	Реостати
5	ЛАЗ	180	0,69	15,8	10,5	15	Компресор
6	PTS 12	190	0,70	15,9	10,6	27	Тяговий електропривод
7	ЛАЗ	210	0,71	16,0	10,7	19	Рульове управління
8	ЛАЗ	220	0,72	16,1	10,8	38	Колеса
9	Богдан	100	0,73	16,2	10,9	24	Акумуляторна батарея
10	Богдан	110	0,74	16,3	11,0	12	Гідрообладнання
11	Богдан	120	0,75	16,4	11,1	19	Акумуляторна батарея
12	Богдан	140	0,76	16,5	11,2	20	Пневмосистема
13	Т-3М	145	0,77	16,6	11,3	15	Струмоприймач
14	Т-3М	155	0,78	16,7	11,4	12	Тяговий електропривод
15	Т-3М	165	0,79	16,8	11,5	14	Тяговий електродвигун
16	Т-3М	175	0,80	16,9	11,6	36	Двері
17	К-1	180	0,81	17,0	11,7	22	Струмоприймач
18	К-1	170	0,82	17,1	11,8	29	Акумуляторна батарея
19	К-1	160	0,83	17,2	11,9	25	Тяговий електропривод
20	К-1	150	0,84	17,3	12,0	24	Колісні пари
21	ЛАЗ	120	0,80	16,0	10,0	150	Двері
22	ЛАЗ	130	0,81	17,0	10,0	60	Задній міст
23	ПМЗ Т-2	150	0,81	14,9	9,3	80	Гідрообладнання
24	ПМЗ Т-2	200	0,83	16,1	9,6	140	Електрообладнання
25	ПМЗ Т-2	210	0,84	15,3	10,1	130	Акумуляторна батарея
26	ПМЗ Т-1	100	0,8	18,4	10,4	30	
27	PTS 12	200	0,75	16,1	12,4	30	Гальмівна система
28	ПМЗ Т-2	250	0,8	17,2	11,3	25	Рульове управління
29	Богдан Т-70117	200	0,75	16,2	8,9	150	Струмоприймач
30	ЛАЗ	200	0,85	17,5	10,0	150	Струмоприймач

Примітка. Значення економічних показників викладач видає окремо від інших вихідних даних, користуючись міркуваннями актуальності грошових показників календарного року.

4 РОЗРАХУНОК ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ З ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ РУХОМОГО СКЛАДУ

Виробнича програма включає усі види технічних впливів на рухомий склад протягом року і доби. Вона розраховується на підставі прийнятої системи технічного обслуговування і ремонту (дод. А).

Сумарний пробіг рухомого складу по депо за рік залежно від вихідних даних обчислюємо за однією з формул:

$$L_{DP} = 365 \cdot N_i \cdot \alpha_B \cdot V_E \cdot t_{\text{cod}} , \quad (4.1)$$

$$L_{DP} = N_i \cdot L_{Pi} , \quad (4.2)$$

$$L_{DP} = 12 \cdot N_i \cdot L_{Mi} . \quad (4.3)$$

де N_i – інвентар парку РС;

V_E – експлуатаційна швидкість;

L_{Pi} і L_{Mi} – річний і місячний пробіг одиниці РС.

Кількість технічних впливів, що мають установлену періодичність у днях, визначається за однією методикою, а при встановлених міжремонтних пробігах – за іншою.

Кількість одиниць РС, що проходять щоденне обслуговування за рік:

$$N_{\text{ЩО}} = 365 \cdot N_i \cdot \alpha_B \cdot k_p . \quad (4.4)$$

Кількість одиниць РС, що проходять ТО-1 протягом року:

$$N_{\text{ТО-1}} = \frac{N_{\text{ЩО}}}{C_{\text{ТО-1}}} . \quad (4.5)$$

де $C_{\text{ТО-1}}$ – періодичність виконання ТО-1.

Кількість одиниць РС, що підлягають сезонному обслуговуванню протягом року,

$$N_{\text{СО}} = 2 \cdot N_I . \quad (4.6)$$

Кількість одиниць РС, що проходять ремонти, при заданих міжремонтних пробігах, визначаються за формулою

$$N_{pi} = \frac{L_{ДР}}{L_{pi}} - \sum N_{pi+1}, \quad (4.7)$$

де L_{pi} – міжремонтний пробіг відповідної категорії.

Розрахунок починається з визначення кількості машин, що підлягають ремонту найвищої категорії. Таким чином, кількість машин, що проходять капітальний ремонт протягом року, буде становити:

$$N_{кр} = \frac{L_{ДР}}{L_{кр}}. \quad (4.8)$$

Кількість машин за іншими видами технічних впливів:

$$N_{ср} = \frac{L_{ДР}}{L_{ср}} - N_{кр} \quad \text{або} \quad N_{нр} = \frac{L_{ДР}}{L_{нр}} - N_{кр}, \quad (4.9)$$

$$N_{ТО-2} = \frac{L_{ДР}}{L_{ТО-2}} - N_{кр} - N_{ср}, \quad (4.10)$$

$$N_{ТО-2} = \frac{L_{ДР}}{L_{ТО-2}} - N_{кр} - N_{нр}. \quad (4.11)$$

Кількість машин, що проходять непланові ремонти, визначається за статистичними даними реального депо або при виконанні розрахунково-графічної роботи – за нормативами [4], приведеними у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Кількість машин, що проходять непланові ремонти

Вид непланового ремонту	Трамвай	Тролейбус
Заявочний нічний, % від ЩО	8	8
Заявочний денний, % від ЩО	6	6
Випадковий підйомний, кількість ремонтів на інвентарний трамвайний вагон, тролейбус за рік	1	2
Випадковий без підйомний, % від ЩО	1,5	1.0

Таким чином:

$$N_{НРзн} = 0,08 \cdot N_{ЩО}, \quad N_{НРзд} = 0,06 \cdot N_{ЩО}, \quad (4.12)$$

$$N_{НРвбп} = 0,015 \cdot N_{ЩО} \text{ (для трамваїв), або } N_{НРвб} = 0,01 \cdot N_{ЩО} \text{ (для тролейбусів),} \quad (4.13)$$

$$N_{НРвп} = N_i \text{ (для трамваїв), або } N_{НРвп} = 2N_i \text{ (для тролейбусів).} \quad (4.14)$$

Результати розрахунків зводимо до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Кількість вагонів (машин), що підлягають технічним впливам

Вид технічного впливу	Найменування технічного впливу	Позначення	Кількість технічних впливів		Число робочих днів на рік
			Протягом року	За добу	
ЩО	Щоденне обслуговування	$N_{\text{ЩО}}$			365
ТО-1	Перше технічне обслуговування	$N_{\text{ТО-1}}$			250
ТО-2	Друге технічне обслуговування	$N_{\text{ТО-2}}$			250
СО	Відповідно до прийнятої системи ТО і ремонтів	$N_{\text{СО}}$			250
СР		$N_{\text{СР}}$			250
КР		$N_{\text{КР}}$			250
За видами непланових ремонтів					
НРЗН	Неплановий ремонт заявочний нічний	$N_{\text{НРЗН}}$			365
НРЗД	Неплановий ремонт заявочний денний	$N_{\text{НРЗД}}$			365
НРВП	Неплановий ремонт випадковий підйомний	$N_{\text{НРВП}}$			250
НРВБП	Випадковий ремонт безпідйомний	$N_{\text{НРВБП}}$			250

Кількість технічних впливів за добу визначається діленням їхньої річної кількості на число робочих днів на рік, у які виконується даний вид технічного впливу.

5 РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ РУХОМОГО СКЛАДУ ТА ЙОГО ЕЛЕМЕНТІВ

Розрахунок показників надійності робиться за методиками, які застосовуються у техніці, зокрема, на автомобільному і залізничному транспорті [2].

Для підвищення точності розрахунків потрібно знати закони розподілу випадкових величин (напрацювання на відмову, ймовірностей безвідмовної роботи тощо). Для технічної експлуатації найбільш характерні такі закони розподілу: нормальний, розподілу Вейбулла-Гнеденко, логарифмічний нормальний і експоненціальний [2,3].

Нормальний закон розподілу формується тоді, коли на протікання досліджуваного процесу і його результат впливає порівняно велике число незалежних (або слабо залежних) елементарних факторів, кожний із яких окремо виконує лише незначну дію в порівнянні із сумарним впливом всіх інших.

Закон розподілу Вейбулла-Гнеденко проявляється в моделі так званої «слабкої ланки». Якщо система складається з групи незалежних елементів, відмова або несправність кожного з якого приводить до відмови всієї системи, то імовірність її безвідмовної роботи визначається граничним розподілом для крайніх членів послідовності взаємозалежних величин. Цим законом, наприклад, описується ресурс підшипника кочення, що обмежується одним з елементів (кулька або ролик, сепаратор, кільце тощо).

Логарифмічний нормальний закон розподілу може зустрічатися, якщо на протікання досліджуваного процесу і його результат впливає порівняно велике число випадкових і взаємозалежних чинників, інтенсивність дії яких залежить від досягнутого випадковою величиною стану. Цей закон використовується при описі процесів втомлюваних руйнацій, корозії, напрацювання до ослаблення попереднього затягування кріпильних з'єднань тощо.

Експоненціальний закон розподілу є одно параметричним, що спрощує розрахунки. При експоненціальному законі розподілу імовірність безвідмовної роботи не залежить від того, скільки об'єкт проробив спочатку експлуатації, а визначається конкретною тривалістю розглянутого періоду або пробігу. Таким чином, розглянута модель не враховує поступової зміни параметрів технічного стану, наприклад, у результаті зношування, старіння тощо. Найбільше поширення експоненціальний закон одержав при описі раптових відмов, тривалості ремонтних впливів тощо.

Методики розрахунків показників надійності при відомих законах розподілу, а також визначення їхніх видів приведені у підручниках і стандартах [2, 5, 6]. Відповідно до [5, 6] ряд показників надійності може бути визначений і при невідомому законі розподілу.

Вважаючи, що у вихідних даних до розрахунково-графічної роботи дана кількість раптових відмов, необхідно визначити наступні показники надійності: коефіцієнт відмов, параметр потоку відмов, середнє напрацювання на відмову,

імовірність безвідмовної роботи, коефіцієнт технічної готовності, а при відомих експлуатаційних витратах і економічні показники.

Коефіцієнт відмов показує співвідношення окремих елементів до загальної кількості і-х елементів до загальної кількості відмов і визначається за формулою

$$K_{\text{від}} = \frac{m_i}{m_o} \quad (5.1)$$

Параметр потоку відмов свідчить про кількість відмов, що відбуваються на одиницю пробігу. Він дорівнює

$$\omega = \frac{m_i}{L_{\text{ДР}}} \quad \text{або} \quad \omega = \frac{m_{Mi}}{L_M \cdot N_i} \quad [1/\text{км}] \quad (5.2)$$

Середнє напрацювання на відмову

$$L_{\text{сер}} = \frac{L_{\text{ДР}}}{m_i} \quad \text{або} \quad L_{\text{сер}} = \frac{1}{\omega} \quad [\text{км}] \quad (5.3)$$

Імовірність безвідмовної роботи:

– для рухомого складу депо

$$P_1 = 1 - \frac{N_{\text{від}}}{N_i} \quad \text{або} \quad P = \left(1 - \frac{N_{\text{від}}}{N_i}\right) \cdot 100\% \quad (5.4)$$

– для окремих (заданих) елементів рухомого складу

$$P_2 = e^{-\omega \cdot L} \quad \text{або} \quad P = e^{-\omega \cdot L} \cdot 100\% \quad (5.5)$$

Для заданих вузлів будується залежність $P = f(L)$ за значеннями P , розрахованими відповідно до нормативних міжремонтних пробігів залежно від типу рухомого складу (дод. А).

Таблиця 5.1 – Дані для побудови залежності імовірності безвідмовної роботи окремих вузлів

L	км	L _{ТО-2}	L _{СР}	L _{КР}	L _{сер}
P	%				

Оскільки для вузлів (агрегатів) РС МЕТ рівень безвідмовності нормований, то на графіку відмічається пробіг, при якому забезпечується імовірність безвідмовної роботи $P = 0,95$ (для вузлів, агрегатів, котрі забезпечують, безпеку руху) і $P = 0,85$ для інших вузлів). Робиться висновок про відповідність отриманого значення пробігу нормативним пробігам (дод. А).

Наступним визначається комплексний показник надійності – коефіцієнт технічної готовності:

$$K_{\text{ТГ}} = \frac{N_i - N_{\text{рм}}^{\text{д}}}{N_i} \quad \text{або} \quad K_{\text{ТГ}} = \frac{N_i - N_{\text{рм}}^{\text{д}}}{N_i} \cdot 100\% \quad (5.6)$$

Кількість машин, що знаходяться на ремонтах протягом доби, дорівнює сумі машин на капітальному, середньому, підйомних та безпідйомних непланових (випадкових) ремонтах і ТО–2:

$$N^{\partial}_{pm} = \sum N^{\partial}_{pi} \cdot \tau_{pi} =$$

$$= N^{\partial}_{кр} \cdot \tau_{кр} + N^{\partial}_{ср} \cdot \tau_{ср} + (N^{\partial}_{НРвн} + N^{\partial}_{НРвбн}) \cdot \tau_{нр} + N^{\partial}_{ТО-2} \cdot \tau_{ТО-2}. \quad (5.7)$$

Кількість ремонтів за добу вже розраховувалася (табл. 4.2), а тривалість простою в ремонті приймається відповідно до прийнятої системи (дод. А).

Економічні показники надійності з урахуванням експлуатаційних витрат Е:

– питома вартість одного машино-кілометра

$$q_1 = \frac{E}{L_{ДР}} \quad [\text{грн/км}]; \quad (5.8)$$

– експлуатаційні витрати віднесені до середнього напрацювання на відмову

$$q_2 = \frac{E}{L_{ср}} \quad [\text{грн/км}]. \quad (5.9)$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Показники надійності рухомого складу

Показники	$K_{відм}$	ω	$L_{ср}$	P_1	P_2	$K_{ТГ}$	q_1	q_2
Одиниці виміру		1/км	10^3 км	%	%	%	грн/км	грн/км
Значення								

6 ОБҐРУНТУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ ПІДПРИЄМСТВА

Під організаційною структурою підприємства розуміється упорядкована сукупність виробничих підрозділів, що визначає їхню кількість, величину, функціональне призначення, взаємозв'язок, методи і форми взаємодії.

Головною вимогою при обґрунтуванні організаційно-виробничої структури підприємства МЕТ і системи управління є забезпечення перевезення пасажирів і підтримка працездатності рухомого складу.

Схема організаційної структури повинна відбивати рівні підпорядкованості і включати усі цехи, ділянки і відділення депо. Її оформлюють за формою рисунку 6.1 з детальним переліком структурних підрозділів з використанням Додатка Б.

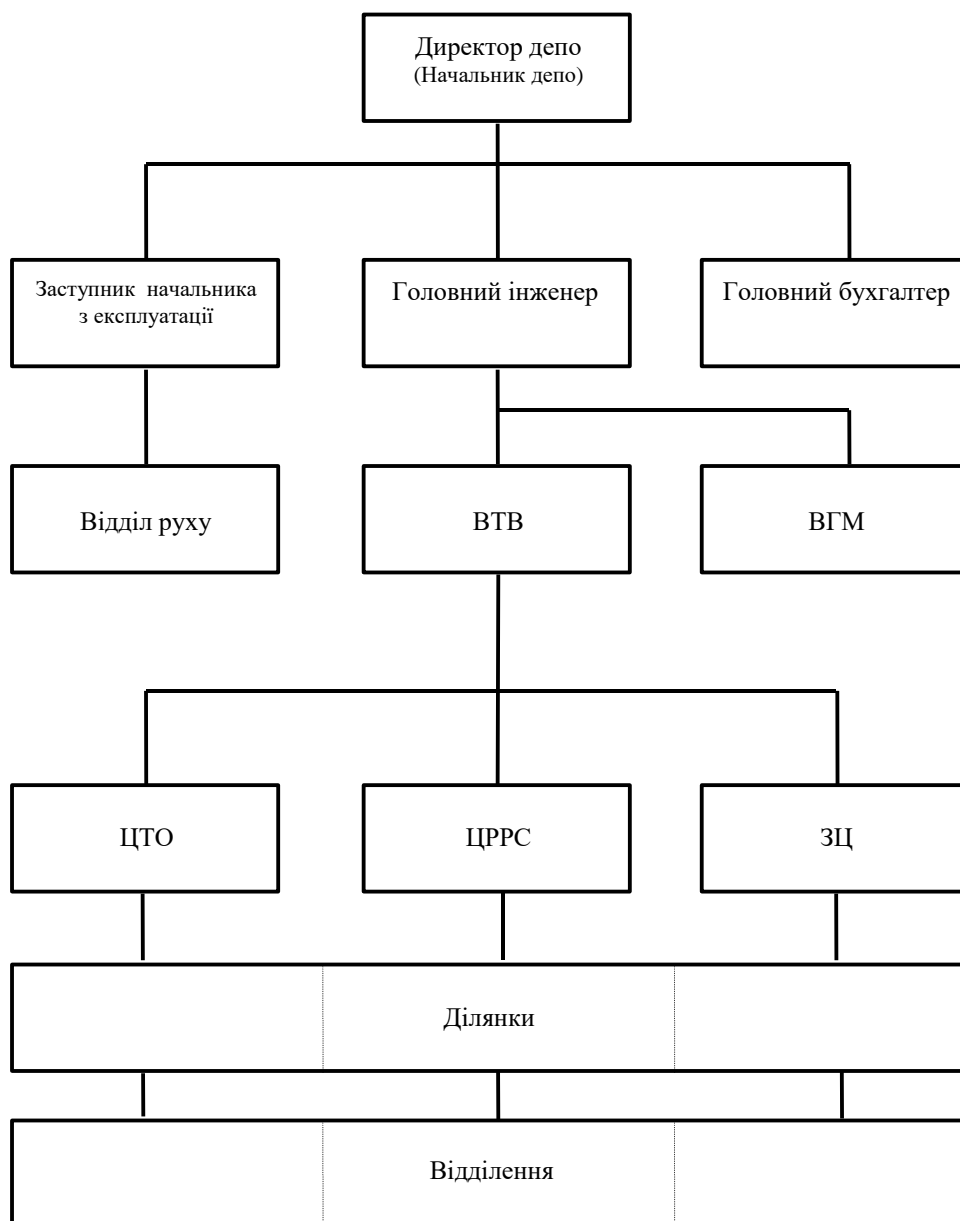


Рисунок 6.1 – Схема організаційної структури депо

7 ВИБІР І ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТІВ

Технічне обслуговування, діагностування та ремонт виконуються поточним або стаціонарним методами на універсальних або спеціалізованих постах.

На вибір методу ТО впливають (добова програма ТО даного виду, число і тип РС, характер об'єму й змісту робіт (постійний або змінний) період часу, який відводиться на ТО планового виду, трудомісткість обслуговування, режим роботи РС у лінії).

Найбільше продуктивним є поточний метод, однак він можливий, якщо кількість ТО і ремонтів перевищує 12 за зміну. Таким чином, для більшості депо МЕТ поточний метод можна використовувати для організації ЩО і ТО-1, отже, для ТО-2, СР доцільно рекомендувати стаціонарний метод.

При поточному методі ТО більш раціональним є використання спеціалізованих проїзних постів, а при стаціонарному – універсальних проїзних (ТО-2, НР) і, можливо, тупикових (СР, КР).

Діагностування може бути використане як у депо, побудованому по типовому проекту, так і в депо, що має планування відповідно до прийнятої системи діагностування. При цьому можливо застосування засобів діагностування до виконання ТО і ремонтів, під час їх проведення, а також після. Визначення технічного стану РС і його елементів може робитися при заїзді в депо, на поточних лініях ТО (експрес-діагностика), на універсальних або спеціалізованих постах (окремих або таких, що представляють діагностичну лінію).

Обґрунтувавши методи організації кожного виду ТВ, висновки можна подати у вигляді таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Методи організації видів технічних впливів (приклад)

Вид ТВ	ЩО	ТО-1	ТО-2	СР	КР	Д (ТО-1)	Д,(СР КР)	НР _{зд}	НР _{зд}	НР _{вп}	НР _{вп}
Метод організації	Поточний	Поточний	Стаціонарний	Стаціонарний	Стаціонарний	Поточний	Стаціонарний	Поточний; стаціонарний	Поточний; стаціонарний	Стаціонарний	Стаціонарний

8 РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ПОСТІВ, ЛІНІЙ ДЛЯ ЗОН ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ, РЕМОНТІВ ТА ДІАГНОСТУВАННЯ

Кількість постів на поточній лінії залежить від прийнятої організації технічного обслуговування. Практично їхня кількість приймається від 2 до 4.

Число поточних ліній визначається спочатку для технічного обслуговування, що вимагає їхньої найбільшої кількості. Таким видом ТО є щоденне обслуговування, яке виконується в нічний час перед випуском РС. Отже, кількість поточних ліній для щоденного обслуговування:

$$n_{\text{щО}} = \frac{N_{\text{щО}}^{\partial} \cdot t_{n_{\text{щО}}}}{t_{3_{\text{щО}}}} = \frac{N_i \alpha_B \cdot k_p \cdot t_{n_{\text{щО}}}}{t_{3_{\text{щО}}}} = \frac{N_i \alpha_B \cdot k_p \cdot \tau_{\text{щО}}}{t_{3_{\text{щО}}} \cdot k}, \quad (8.1)$$

де k – кількість постів на поточній лінії;

$t_{3_{\text{щО}}}$ – тривалість зміни ЩО, год;

$$t_{n_{\text{щО}}} = \frac{\tau_{\text{щО}}}{k} - \text{такт потоку ЩО, год.} \quad (8.2)$$

Кількість поточних ліній для ТО-1 буде також залежать від прийнятої організації ТО, насамперед від кількості робочих днів протягом тижня:

$$n_{\text{ТО-1}} = \frac{N_{\text{щО}}^{\partial} \cdot t_{n_{\text{ТО-1}}}}{T_{\text{р\partialт}} \cdot t_{3_{\text{ТО-1}}}} = \frac{N_i \alpha_B \cdot k_p \cdot \tau_{\text{ТО-1}}}{T_{\text{р\partialт}} \cdot t_{3_{\text{ТО-1}}} \cdot k}, \quad (8.3)$$

де $T_{\text{р\partialт}}$ – кількість робочих днів у тижні (за винятком вихідних);

$t_{3_{\text{ТО-1}}}$ – тривалість зміни ТО-1, год;

$$t_{n_{\text{ТО-1}}} = \frac{\tau_{\text{ТО-1}}}{k} - \text{такт потоку ТО-1, год.} \quad (8.4)$$

Оскільки ТО-2, НР, СР, КР виконують стаціонарним методом, то визначається кількість машиномісць (вагономісць), необхідних для розміщення рухомого складу.

Кількість машиномісць (вагономісць) для виконання ремонтів знаходять за формулою

$$x_i = \frac{N_{\text{рi}}}{T_{\text{р\partialи}}} \cdot \tau_{\text{рi}} = N_{\text{рi}}^{\partial} \cdot \tau_{\text{рi}}, \quad (8.5)$$

де $N_{\text{рi}}^{\partial}$ дорівнює кількості РС, що визначаються за відповідними видами ремонтів на добу (табл. 4.2).

Кількість машиномісць для непланових заявочних ремонтів, тривалість виконання яких менше зміни, визначають за формулою

$$x_{np\text{ зн/зд}} = \frac{N_{np\text{ зн/зд}}^{\partial} \cdot \tau_{np\text{ зн}}}{t_3} \quad (8.6)$$

Кількість поточних ліній для діагностування приймається з розрахунку одна поточна лінія на 100 одиниць інвентарного рухомого складу.

Результати розрахунків заносять в таблицю 8.1.

Таблиця 8.1 – Кількість постів ліній для зон ТО, ремонтів і діагностування

Найменування	Вид технічного обслуговування									
	ЩО	ТО-1	ТО-2	СР	КР	Д	НР _{вбп}	НР _{вп}	НР _{зн}	НР _{зд}
Кількість постів	X	X	–	–	–	–	–	–	–	–
Кількість поточних ліній	X	X	–	–	–	X	–	–	–	–
Кількість машиномісць (вагономісць)	–	–	X	X	X	X	X	X	X	X

9 ВИЗНАЧЕННЯ ПЛОЩ ДЕПО

Виробнича площа ЦТО залежить від об'єму робіт з ТО РС і практично визначається площею, що займає РС з розташуванням його відповідно з вимогами до мінімальних відстаней.

Довжина цеху технічного обслуговування залежить від кількості постів і визначається відповідно до рисунка 9.1 так:

$$l_1 = 3 \text{ м}; l_2 = 1.5 \text{ м}; l_3 = 0.5 \text{ м}; l_4 = 15 \text{ м}; l_5 = 1 \text{ м}; l_6 = 4 \text{ м},$$

де l_4 – довжина рухомого складу, залежить від типу РС.

$$L_{\text{ЦТО}} = 2l_1 + 4l_2 + 4l_3 + 4l_4 + 2l_5 + l_6, \quad (9.1)$$

$$L_{\text{ЦТО}} = 6 + 6 + 2 + 60 + 2 + 2 = 80 \approx 84 \text{ м}.$$

Приймаємо довжину цеху технічного обслуговування за будівельними вимогами кратною 6-ти (за розмірами будівельних конструкцій). У даному випадку вона дорівнює 84 м.

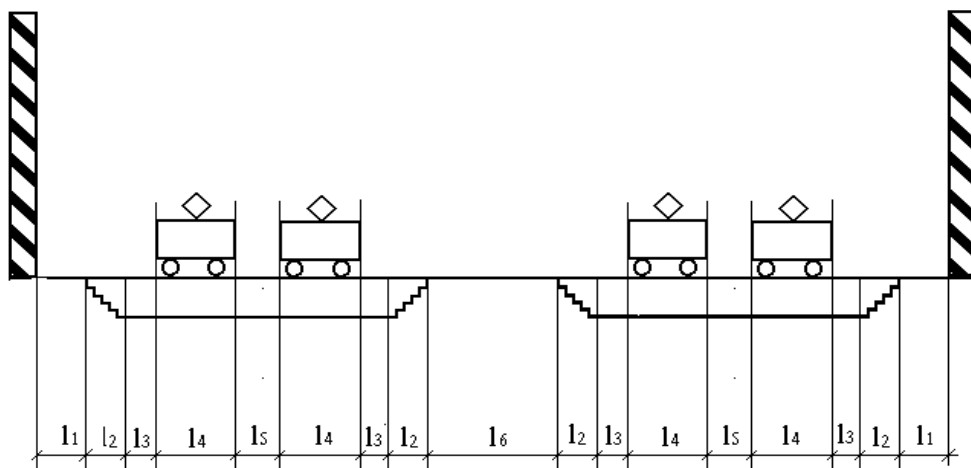


Рисунок 9.1– Розрахунок довжини цеху технічного обслуговування

Ширина ЦТО залежить від числа поточних ліній і ширини допоміжних ділянок і відділень. Ширину цеху визначають відповідно до рисунка 9.2:

$$B_{\text{ЦТО}} = 2b_1 + 2b_2 + 2b_3 + B_{\text{доп}} = 30 \text{ м.} \quad (9.2)$$

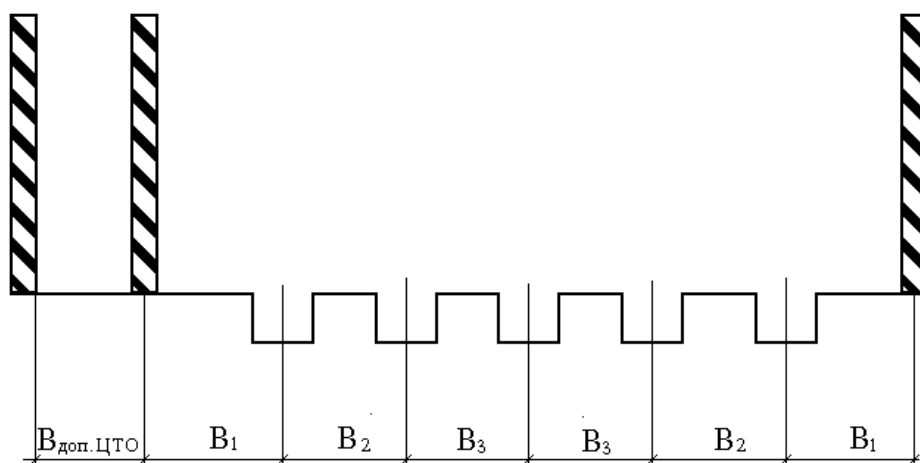


Рисунок 9.2 – Розрахунок ширини цеху технічного обслуговування

Згідно з результатами розрахунку, наведеними в таблиці 8.1, план цеху технічного обслуговування буде виглядати таким чином (рис. 9.3):

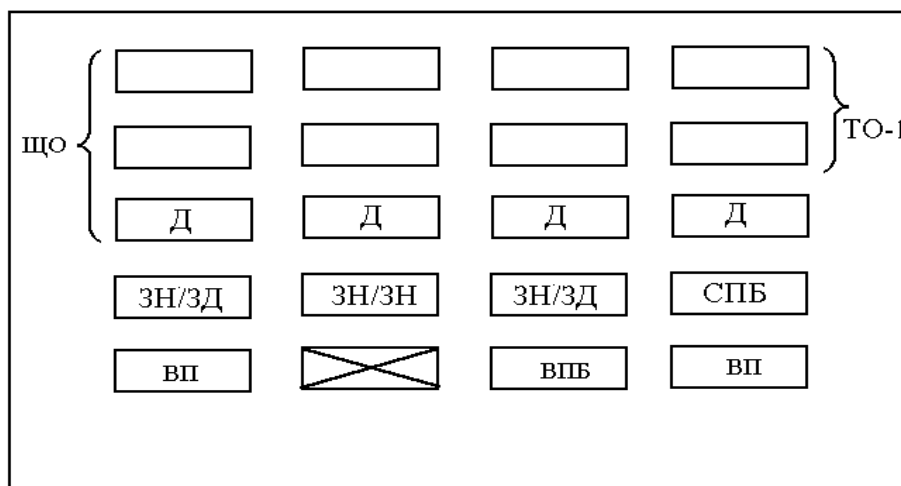


Рисунок 9.3 – План цеху технічного обслуговування РС

Довжину ЦРРС приймають рівною довжині ЦТО, тобто 84 м. Ширину ЦТО визначають відповідно до рисунка 9.4:

$$B_1=4 \text{ м}, B_2=5 \text{ м}, B_{\text{лп}} = 6 \text{ м};$$

$$B_{\text{ЦРРС}} = 2B_1 + B_2 + B_{\text{лп}} = 8 + 5 + 6 = 19 \text{ м}.$$

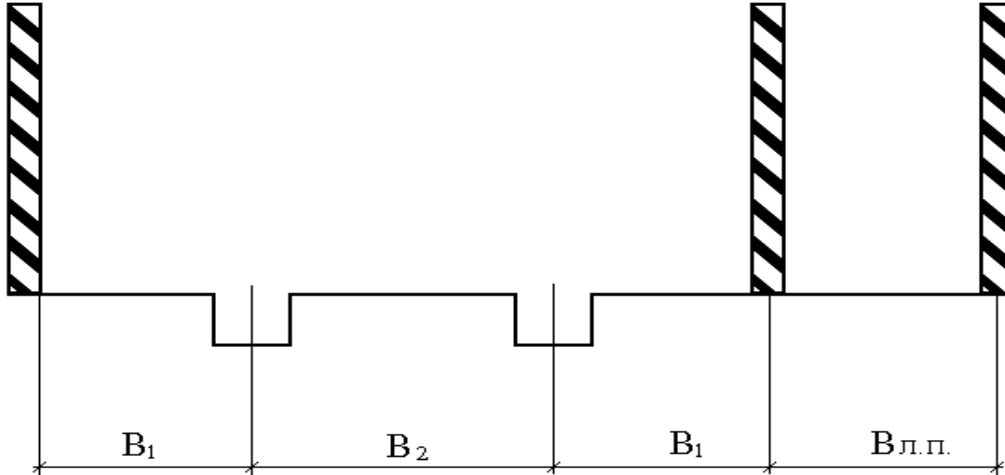


Рисунок 9.4 – Розрахунок ширини цеху ремонту рухомого складу

Згідно з результатами розрахунку, наведеними в таблиці 8.1, план цеху, в якому може виконуватися ремонт і технічне обслуговування ТО-2, виглядатиме таким чином (рис. 9.5):

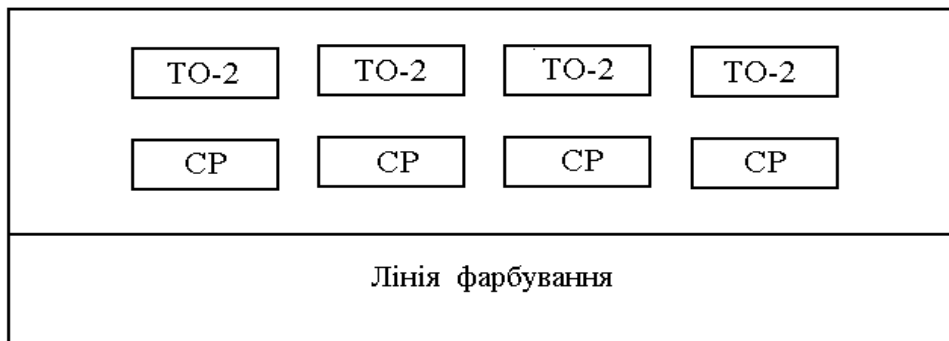


Рисунок 9.5 – План цеху ремонту і ТО-2 рухомого складу

10 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПЛАНУ ДЕПО

Під технологічним плануванням розуміють взаємне розміщення виробничих, допоміжних, підсобних та інших приміщень у виробничому корпусі депо або заводу.

Відповідно до будівельних норм і вимог охорони праці усі виробничі, допоміжні і побутові приміщення повинні розташовуватися в одному корпусі. Їхнє взаємне розташування в основному виробничому корпусі потрібно вибирати з урахуванням технологічних і транспортних зав'язків, будівельних і санітарних особливостей, а також відповідно до вимог пожежної охорони, техніки безпеки й охорони праці. Оскільки при ремонті різних запасних частин, вузлів і агрегатів РС деталі можуть переміщатися з однієї виробничої ділянки на іншу, необхідно забезпечити таке планування, щоб відстані переміщення деталей були найкоротшими і виключався зворотній рух деталей при їх ремонті.

Основний цех виробничого корпусу депо – цех технічного обслуговування – розміщують так, щоб при можливому його розширенні уникнути витрат на демонтаж побудованих раніше споруд і не створювати перешкод експлуатації існуючій будівлі.

Місця для заявочного ремонту необхідно розташовувати поблизу від ділянок заготівельного цеху.

Столярно-оббивальна ділянка, кузня, головний склад (комора) повинні мати внутрішні й зовнішні виходи. Комори й інструментально-роздавальні для ЦТО і ділянок розташовують так, щоб була забезпечена зручність підходу до них і можливість транспортування запасних частин, агрегатів, матеріалів та інструменту. Комори для лаків, фарб, розчинників, мастилороздавальної розміщують по периметру зовнішніх стін виробничого корпусу. Вони повинні мати зовнішні й внутрішні виходи і відгороджуватися від суміжних приміщень.

Трансформаторну підстанцію і компресорну станцію необхідно вмонтовувати в основну виробничу споруду, розташовувати ближче до центру навантаження. Вони повинні мати внутрішні й зовнішні виходи. Як виняток дозволяють розміщати трансформаторну підстанцію в окремій будівлі на території депо або ремонтного заводу, якщо таке розміщення буде обґрунтовано.

У трамвайному депо експлуатаційного типу кузовне відділення і місця для випадкового ремонту відводять або в окремій прибудові до ЦТО або на одному з шляхів до ЦТО. У трамвайному депо об'єднаного типу заготівельний цех розташовують так, щоб він був відокремлений від приміщення ЦТО. Кузовне і малярське відділення в цьому випадку розташовують у прибудові до цеху. У безпосередній близькості від кузовного розміщують листоправно-жерстяницьку, візкову і колісно-токару ділянки. Ковальсько-ресорну, термічну і зварювальну ділянки розташовують по можливості поруч для зручності забезпечення їх необхідними комунікаціями (вода, пара, стиснуте повітря). Столярну і оббивальну ділянки розташовують поблизу від кузовної.

Комору сухого піску, мастилороздавальну, комору інвентарю прибиральників розташовують у безпосередній близькості від екіпірувального відділення ЦТО.

Побутові приміщення депо розташовують в основному виробничому корпусі з таким розрахунком, щоб відстань переміщення робітників з побутових у виробничі приміщення була мінімальна і забезпечувала зручність користування санвузлами під час роботи. Коли побутові приміщення розташовують у споруді, відокремленій від виробничого корпусу, для сполучення цих корпусів влаштовують внутрішні переходи.

Адміністративно-господарські приміщення можуть розташовуватися в окремій споруді на території депо або у прибудові до виробничого корпусу.

Приміщення для закритого зберігання рухомого складу в тролейбусних депо, як правило, розташовують у виробничому корпусі разом з ЦТО і, як виняток, можуть розташовуватися в окремому приміщенні. Місця для закритого зберігання трамвайних вагонів відводять в окремо стоячому корпусі.

Шиномонтажну і акумуляторну дільниці розташовують поблизу від екіпірувального відділення ЦТО. Склад гуми розташовують у підвальному приміщенні під шиномонтажною дільницею або поряд з нею.

Агрегатну дільницю заготівельного цеху розташовують по можливості ближче до кузовного відділення для зменшення відстані транспортування агрегатів.

План спроектованої будівлі, що містить цех технічного обслуговування та цех ремонту рухомого складу, подається в пояснювальній записці виконаним у будь-якій системі автоматизованого проєктування (САПР) – Компас, AutoCAD або ін.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Форнальчик Є. Ю. Технічна експлуатація та надійність : навч. посібник [для студ. вищ. навч. закл.] / Є. Ю. Форнальчик, М. С. Оліскевич. – Львів: Афіша, 2004. – 492 с.
2. Обговорення повної версії Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року [Електронний ресурс]. – Електронні текстові дані. – Режим доступу : <https://mtu.gov.ua/news/28581.html>., вільний (дата звернення: 17.04.2017). – Назва з екрана.
3. Сахно В. П. Моделювання та керування гібридною силовою установкою автомобіля виконаною за паралельною схемою / В. П. Сахно, О. М. Тімков, О.С. Іванов // Вісник Національного транспортного університету. – Київ, 2014. – Вип. 30. – С. 349–356.
4. Міський електромобіль в Україні / В. Б. Павлов, О. В. Попов, В. С. Павленко та ін. // Технічна електродинаміка : нук-техн. журнал. – Київ, 2011. – Темат. вип. (ч. 1). – С. 127–131.
5. Кубіч В. І. Гібридні силові установки легкових автомобілів : навчальний посібник / В. І. Кубіч. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 193 с.
6. Гужва В. М. Інформаційні системи і технології на підприємствах : навч. посібник / В. М. Гужва. – Київ : КНЕУ, 2001. – 400 с.
7. Синергетичний автомобіль. Теорія і практика / [Бажинов О. В., Смирнов О. П., Серіков С. А., Двадненко В. Я.]. – Харків: ХНАДУ, 2011. – 236 с.
8. Далека В. Х. Технічна експлуатація міського електричного транспорту. навч. посібник / В. Х. Далека, В. Б. Будниченко, Е. І. Карпушин, В. І. Коваленко. – Харків, ХНАМГ, 2014. – 285 с.

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Система технічного обслуговування і ремонту рухомого складу трамвая і тролейбуса

Вид ТВ	Найменування ТВ	Терміни проведення ТО і ремонтів			
		Система ТО и ремонтів України (Наказ №120 від 03.12.91)			
		Трамвай		Тролейбус	
		Періодич-ність	Час простою	Періодич-ність	Час простою
ЩО	Щоденне обслуговування	Щодобово в нічний час	0,7–0,8 год	Щодобово в нічний час	0,6–0,7 год
ТО-1	Перше технічне обслуговування	1 / 7 днів	2,2–2,5 год	1 / 7 днів	1,7–2,7 год
ТО-2	Друге технічне обслуговування	20 000 км	12 год	16 000 км	10 год
СР	Середній ремонт	100 000 км	10 робочих днів	80 000 км	10 робочих днів
КР	Капітальний ремонт	300 000 км	20 робочих днів	240000 км	20 робочих днів
СО	Сезоне обслуговування	2 рази на рік		2 рази на рік	
НР	Неплановий ремонт: 1) заявочний ремонт: – денний; – нічний; 2) випадковий – піднімальний; – безпідемний		за обсягом робіт		за обсягом робіт
	Строк списання (років) (тис.км.)	16 років 800 000 км		10 років 725 000 км	

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 – Норми часу у люд.- год на ТО та ремонт одного трамвайного вагона

Професія	Види ремонтів і ТО					
	КР	СР	ТО-2	ТО-1	ЩО	Непланові заявочні
Слюсарі	1100	400	100	6	0,37	5,5
Електрики	500	200	70	4	0,2	4,0
Малярі	200	100	–	–	–	–
Зварники	100	50	–	0,2	–	0,7
Столярі	250	50	7	–	–	–
Оббивальники	–	50	–	–	–	–
Мастильники	–	–	7	0,2	–	–
Склярі	–	–	7	–	–	–
Усього	2150	850	191	10,4	0,57	10,2

Таблиця Б.2 – Норми часу в люд.-год на ТО та ремонт одного тролейбуса

Професія	Види ремонтів і ТО					
	КР	СР	ТО-2	ТО-1	ЩО	Непланові заявочні
Слюсарі	500	450	80	9	0,8	7
Електрики	30	250	50	5	0,5	4
Малярі	130	100	2	–	–	–
Зварники	100	50	7	0,8	–	1
Столярі	100	50	–	–	–	–
Мастильники	–	–	7	0,5	0,3	–
Склярі	–	–	2	–	–	–
Усього	860	900	148	15,3	1,6	12

Таблиця В.3 – Норми часу і розцінки на середній ремонт вагонів Т-3

Види робіт і устаткування	Середній ремонт		
	Розряд	Норма часу	Розцінка
Механічне обладнання	2–5	374,776	92–845
Електричне обладнання	2–5	132,367	35–359
Електрозварювальні роботи	2–3	111,662	27–503
Мастильні роботи	2	9,96	2–06
Столярні роботи	2–3	39,27	9–22
Склярні роботи	2–4	44,68	11–31
Обкатування в лінії	5	32,7	10-47
Малярські роботи	1–3	87,81	19–97
Усього	–	832,225	208–737

Виробничо-практичне видання

Методичні рекомендації
до виконання практичних робіт
із навчальної дисципліни

**«ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ СЕРВІСУ ТРАНСПОРТНИХ
ЗАСОБІВ З ЕЛЕКТРИЧНИМ ТА ГІБРИДНИМ ПРИВОДОМ»**

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання
зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка)*

Укладач Вячеслав **ШАВКУН**

Відповідальний за випуск *М. В. Хворост*
За авторською редакцією
Комп'ютерне верстання *В. М. Шавкун*

План 2022, поз. 181М

Підп. до друку 17.10.2022. Формат 60 × 84/16.
Електронне видання. Ум. друк. арк. 1,5

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.