МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

В. Г. Равлюк

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ВАГОНІВ

Підручник

Частина 1



Харків 2026

УДК 629.4:629.44(075)

Р 13

Рекомендовано вченою радою Українського державного університету залізничного транспорту як підручник
(витяг із протоколу № 8 від 3 липня 2026 р.)

Рецензенти:

професори, доктори техн. наук Вячеслав МАСЛІЄВ (НТУ «ХПІ»),
Світлана САПРОНОВА (Національний транспортний університет),
д-р техн. наук, старш. дослідник Олександр САФРОНОВ
(директор ДП «УкрНДІ вагонобудування»)

Р 13 Равлюк В. Г. Сучасні технології експлуатації та відновлення вагонів: Підручник. – Харків: УкрДУЗТ, 2026. – Ч. 1. – 200 с., рис. 26, табл. 21.

ISBN

У першій частині підручника розглянуто систему технічного утримання вагонів в АТ «Укрзалізниця», проаналізовано організацію технічного обслуговування і ремонту рухомого складу у вітчизняній і зарубіжній практиці, визначено напрями їхнього розвитку. Особливу увагу приділено вдосконаленню підходів щодо ремонту вантажних і пасажирських вагонів, принципам організації ремонтного виробництва та чинникам ефективності технічного утримання. Висвітлено основи планового відновлення вагонів, функції вагонних депо, показники їхньої діяльності, вплив ремонтних процесів на безпеку руху, а також чинники надійності на стадіях проєктування, виготовлення та експлуатації.

Подано підходи щодо формування систем технічного обслуговування, обґрунтування періодичності робіт, оцінювання надійності та підвищення безвідмовності рухомого складу. Розглянуто вимоги щодо генерального плану депо, безпеку праці, екологічні аспекти і техніко-економічні показники діяльності. Наведено основи проєктування технологічних схем депо, вибору обладнання, визначення потреб у персоналі та параметрів виробничих дільниць. Після кожної теми подано контрольні запитання для узагальнення знань і підготовки до контролю.

УДК 629.4:629.44(075)

© Український державний університет залізничного транспорту, 2026.
© Равлюк В. Г., 2026.

ISBN

ЗМІСТ

ВСТУП 6

РОЗДІЛ 1. НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ВІТЧИЗНЯНИХ І ЗАКОРДОННИХ СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ВАГОНІВ 9

1.1. Система технічного утримання вагонів в АТ «Укрзалізниця» 9

1.2. Аналіз організації систем технічного обслуговування і ремонту вагонів, що застосовують за кордоном 16

1.3. Аналіз і удосконалення системи ремонту вантажних вагонів АТ «Укрзалізниця» з урахуванням зарубіжного досвіду 41

1.4. Аналіз і удосконалення системи ремонту пасажирських вагонів АТ «Укрзалізниця» з урахуванням зарубіжного досвіду 45

Контрольні запитання 50

РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЯ, СТРУКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ПЕРІОДИЧНІСТЬ ПЛАНОВОГО ВІДНОВЛЕННЯ ВАГОНІВ 52

2.1. Призначення, класифікація та спеціалізація вагонних депо 52

2.2. Класифікація вагонних депо та їхня спеціалізація 55

2.3. Загальні принципи організації ремонтного виробництва вагонів 57

2.4. Форми організації ремонту вагонів у вагонному депо 61

2.5. Методи ремонту вагонів і їхня характеристика 67

2.6. Організація ремонту вагонів і її вплив на безпеку руху 68

2.7. Виробнича потужність вагонного депо та методи її визначення 71

2.8. Показники ефективності роботи вагонного депо 77

Контрольні запитання 79

РОЗДІЛ 3. ОЦІНЮВАННЯ ЧИННИКІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА СИСТЕМУ ТЕХНІЧНОГО УТРИМАННЯ ВАГОНІВ 81

3.1. Визначення груп чинників, що впливають на технологію технічного обслуговування та ремонту вагонів 81

3.2. Забезпечення технологічності технічного утримання вагонів на стадії їх проєктування та виготовлення 90
3.3. Підтримання надійності та безпеки вагонів на стадії експлуатації 94
3.4. Рівень розвитку ремонтної бази вагонного комплексу 101
3.5. Інформаційна база технології технічного утримання вагонів 103
Контрольні запитання 107
РОЗДІЛ 4. ФОРМУВАННЯ І ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ВАГОНІВ 109
4.1. Обґрунтування періодичності технічного обслуговування вагонів 109
4.2. Оцінювання надійності вантажних вагонів у межах гарантійної дільниці 118
4.3. Вимоги щодо підрозділів для технічного обслуговування вагонів 122
4.4. Заходи з удосконалення показників безвідмовності вагонів на гарантійних дільницях 125
Контрольні запитання 133
РОЗДІЛ 5. ВИМОГИ ЩОДО СХЕМИ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНУ ВАГОННОГО ДЕПО 135
5.1. Загальні положення та призначення генерального плану вагонного депо 135
5.2. Класифікація генеральних планів вагонних депо 137
5.3. Планувальні і транспортні рішення на території вагонного депо 143
5.4. Вимоги щодо безпеки та охорони праці на території вагонного депо 148
5.5. Вимоги щодо охорони навколишнього середовища на території вагонного депо 152

5.6. Техніко-економічні показники генерального плану вагонного депо 154
Контрольні запитання 160
РОЗДІЛ 6. ОСНОВИ ПРОЄКТУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВАГОННОГО ДЕПО 162
6.1. Стадії проєктування 162
6.2. Проєктування перспективної технологічної схеми вагонного депо 166
6.3. Вибір обладнання у виробничих дільницях депо 172
6.4. Розрахунок робочої сили дільниці (відділення) вагонного депо 177
6.5. Розрахунок основних розмірних параметрів дільниці (відділення) депо 182
Контрольні запитання 190
Бібліографічний список 192

ВСТУП

Транспорт України відіграє головну роль для забезпечення перевезень вантажів і пасажирів. Інші технічні засоби залізниць – колійна інфраструктура, системи енергопостачання, автоматики, телемеханіки та зв'язку – забезпечують необхідні умови для перевізного процесу, проте його матеріальною основою залишаються вагони. У зв'язку з цим кожний вагон доцільно розглядати як елемент складної виробничо-транспортної системи, що функціонує у взаємодії з інфраструктурою, ремонтними підприємствами та промисловими об'єктами.

Розвиток ринку транспортних послуг, підвищення вимог щодо безпеки руху, зростання швидкостей перевезень і навантажень на вісь зумовлюють необхідність удосконалення конструкцій вагонів, оптимізації структури парку та підвищення ефективності їх експлуатації. Економічна ефективність роботи залізничного транспорту переважно визначена технічним станом рухомого складу, рівнем його надійності, довговічності, ремонтопридатності, а також раціональною організацією обслуговування і ремонту. Якість виконання цих процесів безпосередньо впливає на термін служби вагонів, ресурс їхніх вузлів і деталей і показники безпеки руху.

Одним із пріоритетних завдань АТ «Укрзалізниця» є розвиток системи технічного обслуговування та ремонту вагонів на основі впровадження прогресивних технологій, сучасного виробничого обладнання та інформаційних систем управління. Реалізація цього напряму передбачає підвищення технологічного рівня експлуатаційних і ремонтних підрозділів, оптимізацію виробничих процесів, забезпечення стабільної якості ремонтів і зниження витрат протягом життєвого циклу рухомого складу.

Систему технічного утримання вагонів потрібно розглядати як територіально розосереджену сукупність експлуатаційних і ремонтних підприємств, діяльність яких регламентована галузевою нормативно-

технічною документацією і враховує умови експлуатації. У межах цієї системи здійснюють контроль, технічне обслуговування та ремонт вагонів. Її призначення полягає в управлінні технічним станом рухомого складу протягом періоду експлуатації. Основною метою є забезпечення готовності вагонів до роботи, підтримання їхньої працездатності, мінімізація витрат на відновлення та обслуговування. Ця система є багатокомпонентною організаційно-технічною структурою, що охоплює рухомий склад, ремонтні та експлуатаційні підприємства, технологічні процеси, обладнання, персонал і засоби управління.

На АТ «Укрзалізниця» функціонує планово-попереджувальна система обслуговування і ремонту вагонів, спрямована на забезпечення їхньої стабільної роботи за раціонального використання матеріальних і трудових ресурсів. Водночас із реалізацією виникають організаційно-технічні проблеми, зумовлені зношеністю частини виробничих фондів, нерівномірністю завантаження ремонтних потужностей, недостатнім рівнем автоматизації діагностики та обмеженими можливостями оновлення обладнання. Унаслідок цього темпи впровадження новітніх технологій не повністю відповідають сучасним вимогам щодо якості експлуатаційного забезпечення рухомого складу.

Перспективним напрямом є впровадження сучасних засобів технічної діагностики, автоматизованих систем обліку і аналізу експлуатаційних параметрів, а також ресурсозберігаючих технологій ремонту. Перехід до управління технічним станом вагонів на основі фактичних показників роботи їхніх вузлів і агрегатів дає змогу підвищити обґрунтованість планування ремонтів, зменшити кількість передчасних втручань і скоротити простої рухомого складу.

Важливим є забезпечення технологічності конструкції вагонів на стадіях проєктування та виготовлення. Урахування вимог щодо ремонтопридатності, уніфікації вузлів і деталей, доступності елементів, що

підлягають обслуговуванню, сприяє зниженню трудомісткості ремонтів і підвищенню ефективності відновлювальних процесів. У цьому контексті технічне утримання розуміють як складову життєвого циклу вагона – від проєктування до списання.

Підвищення результативності функціонування вагонного господарства потребує раціональної організації ремонтної бази, визначення оптимальної спеціалізації вагонних депо, обґрунтування їхньої потужності та вдосконалення структури виробничих підрозділів. Раціональне планування потоків вагонів у ремонті, належний рівень технічного оснащення і кадрового забезпечення безпосередньо впливають на коефіцієнт технічної готовності парку та показники безпеки руху.

Сучасний етап розвитку залізничного транспорту характеризує зростання ролі цифрових технологій, інтегрованих інформаційних систем і методів математичного моделювання в управлінні технічним станом рухомого складу. Використання єдиних баз даних експлуатаційних показників, автоматизованих систем моніторингу та прогнозування ресурсу елементів конструкції створює передумови для переходу від жорстко регламентованої моделі обслуговування до гнучкої адаптивної системи управління надійністю.

Удосконалення системи технічного утримання вагонів є стратегічним напрямом розвитку залізничного транспорту, що потребує комплексного науково обґрунтованого підходу. Підвищення безпеки руху, забезпечення стабільної працездатності рухомого складу та економічної ефективності експлуатації можливі за умови інтеграції сучасних технічних рішень, раціональної організації ремонтного виробництва і використання інформаційних технологій протягом усього життєвого циклу вагонів.

РОЗДІЛ 1
НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ВІТЧИЗНЯНИХ І ЗАКОРДОННИХ СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ВАГОНІВ

1.1. Система технічного утримання вагонів в АТ «Укрзалізниця»

Систему технічного утримання вагонів можна визначити як спеціально територіально розповсюджену на мережі залізниць сукупність виробничих підприємств, на яких, відповідно до єдиної галузевої нормативно-технічної документації, з урахуванням місцевих умов відбувається контроль технічного стану, технічне обслуговування та ремонт (ТОР) вагонів вантажного і пасажирського парків. Відповідно до вимог ДСТУ 9050:2020, система технічного утримання вагонів спрямована на забезпечення їхньої працездатності та необхідного рівня технічної готовності за мінімальних витрат на ТОР вагонів [1].

Із цього визначення випливає, що зазначена велика та складна система технічного утримання вагонів складається з елементів, якими є експлуатаційні та ремонтні підприємства, вагони, технології їх технічного обслуговування та ремонту, органи управління тощо.

В АТ «Укрзалізниця» функціонує планово-попереджувальна система ТОР, спрямована на забезпечення стабільної роботи рухомого складу за мінімальних експлуатаційних витрат [2, 3].

На підставі ухваленої періодичності планових видів ремонту АТ «Укрзалізниця» щорічно визначає потребу в ремонті вагонів і встановлює планові завдання окремим вагонним депо і заводам. Норми простою вагонів у ремонті на заводах і в депо затверджені відповідними підрозділами АТ «Укрзалізниця».

Реалізація планово-попереджувальної системи технічного обслуговування і ремонту вагонів передбачає чітко регламентовану

послідовність видів технічних оглядів, обстежень і ремонту залежно від стану і ресурсу рухомого складу. Узагальнену структуру такої системи, що діє на АТ «Укрзалізниця», наведено на рис. 1.1.

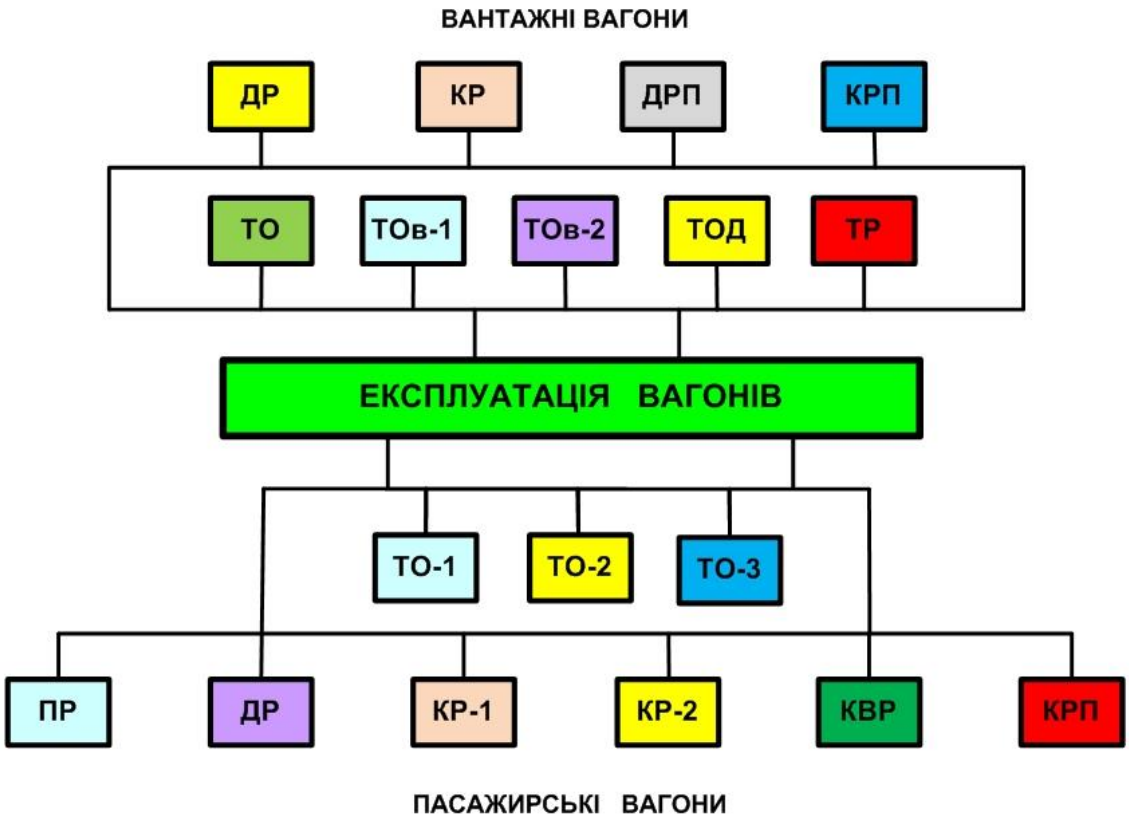


Рис. 1.1. Існуюча система технічного обслуговування та ремонту вагонів на вагоноремонтних підприємствах АТ «Укрзалізниця»:

ДР – деповський ремонт; КР – капітальний ремонт; ДРП – деповський ремонт із продовженням терміну служби; КРП – капітальний ремонт із продовженням терміну служби; ТО – технічне обслуговування; ТОв-1 і ТОв-2 – технічне обслуговування з відчепленням; ТОД – технічне обслуговування з діагностуванням; ТР – технічна ревізія; ТО-1 – технічне обслуговування; ТО-2 – сезонне технічне обслуговування; ТО-3 – єдина технічна ревізія; ПР – поточний ремонт; ДР – деповський ремонт; КР-1 і КР-2 – капітальний ремонт; ДРП – деповський ремонт із продовженням терміну служби; КВР – капітально-відновлювальний ремонт; КРП – капітальний ремонт із продовженням терміну служби

Але в існуючій планово-попереджувальній системі АТ «Укрзалізниця» час від часу виникають організаційно-технічні проблеми, які негативно впливають на її функціонування. У процесі експлуатації мають місце транспортні події, із яких деякі пов’язані з недоліками організації та якості виконання ремонтних робіт у вагонних депо і на вагоноремонтних підприємствах. Як зазначено у щорічному аналізі безпеки руху поїздів, рівень якості технічного обслуговування в окремих випадках не відповідає встановленим нормативним вимогам, що призводить до відчеплень вагонів на шляху прямування, затримок поїздів, виконання значних маневрових робіт, що спричиняє невиробничі витрати, загрожує життю людей, втраті вантажів; деповський і капітальний ремонти вагонів і їхніх вузлів виконувані з низькою якістю.

Система технічного утримання вагонів АТ «Укрзалізниця» має багаторівневу організаційно-функціональну побудову, яка поєднує централізоване управління процесами перевезень, експлуатаційний контроль технічного стану рухомого складу та виконання ТОР на спеціалізованих підприємствах. Така система забезпечує взаємодію між органами управління, вагонними депо, вагоноремонтними заводами та експлуатаційними підрозділами різного призначення.

Систему ТОР вантажних вагонів АТ «Укрзалізниця» характеризує переважно планово-попереджувальний підхід, орієнтований на масову експлуатацію рухомого складу в умовах значних експлуатаційних навантажень. Основні елементи такої системи, а також взаємозв’язок між експлуатаційними та ремонтними підрозділами наведено на рис. 1.2.

На відміну від вантажних вагонів, система ТОР пасажирських вагонів має підвищені вимоги щодо безпеки руху, надійності роботи інженерних систем і рівня комфорту пасажирів. Це зумовлює необхідність більш частих технічних оглядів, розширеного обсягу сервісних операцій і використання спеціалізованих ремонтних підприємств. Структуру системи технічного утримання пасажирських вагонів АТ «Укрзалізниця» наведено на рис. 1.3.

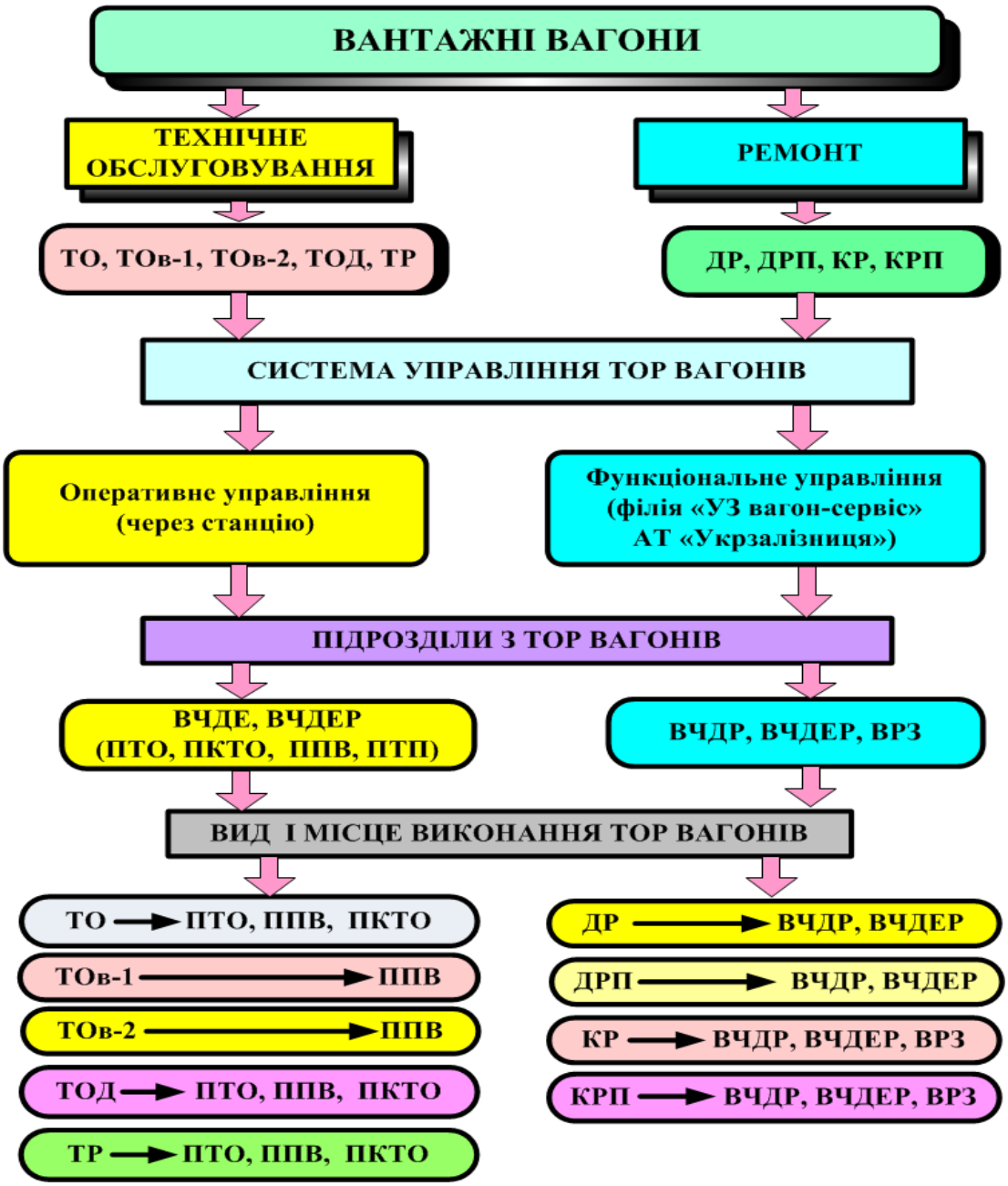


Рис. 1.2. Структура системи технічного обслуговування і ремонту вантажних вагонів АТ «Укрзалізниця»:

ТО – технічне обслуговування; ТОв-1 і ТОв-2 – технічне обслуговування з відчепленням; ТОД – технічне обслуговування з діагностуванням; ТР – технічна ревізія; ДР – деповський ремонт; КР – капітальний ремонт; ДРП – деповський ремонт із продовженням терміну служби; КРП – капітальний ремонт із продовженням терміну служби; ВЧДР – вагонне депо з ремонту вантажних вагонів; ВЧДЕ – вагонне депо з експлуатації вантажних вагонів; ВЧДЕР – вагонне депо з експлуатації та ремонту вантажних вагонів; ВРЗ – вагоноремонтний завод; ПТО – пункт технічного обслуговування вагонів; ППВ – пункт підготовки вагонів до перевезень; ПКТО – пункт контрольно-технічного обслуговування вагонів

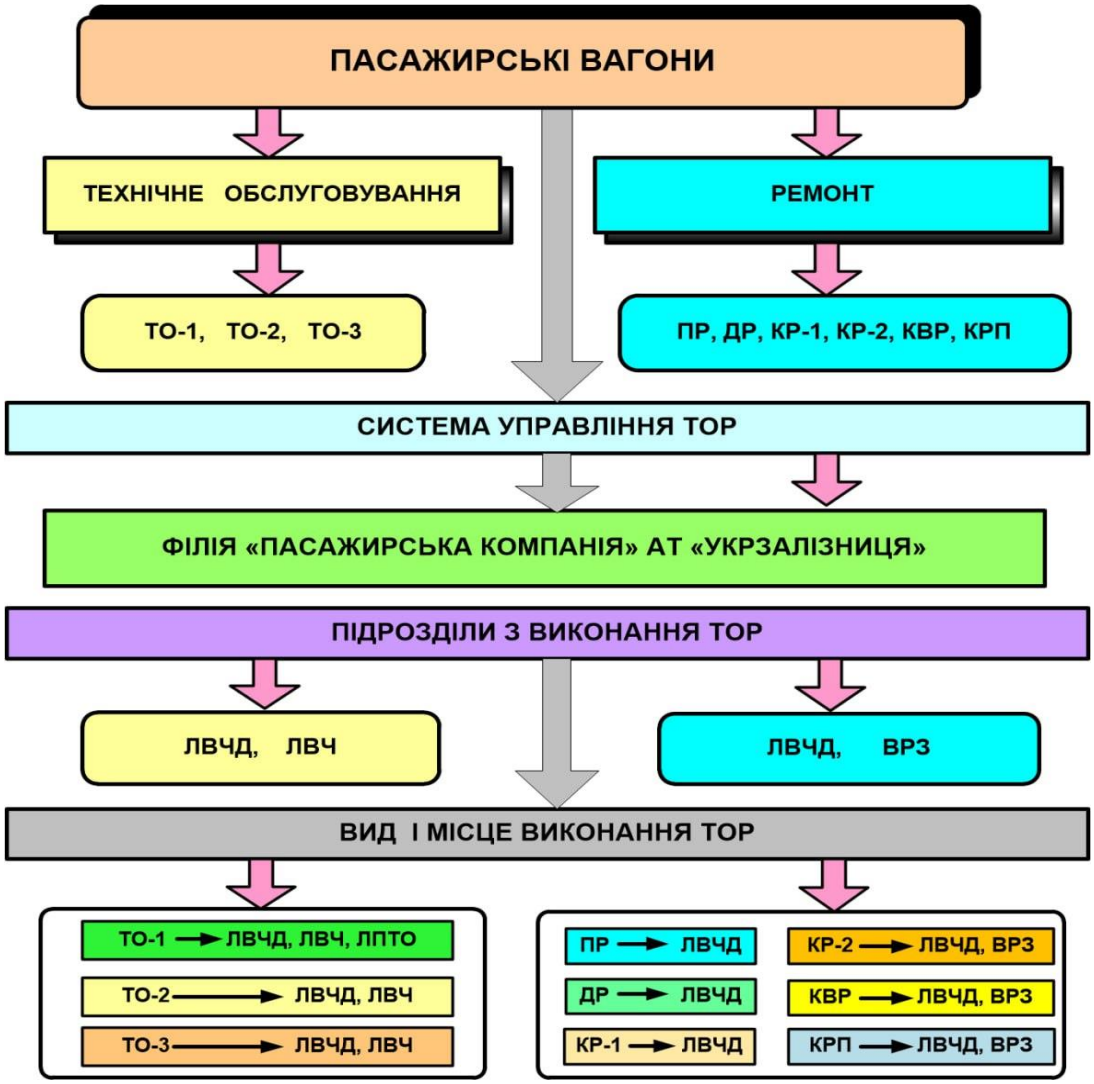


Рис. 1.3. Структура системи технічного обслуговування і ремонту пасажирських вагонів АТ «Укрзалізниця»:

ТО-1 – технічне обслуговування; ТО-2 – сезонне технічне обслуговування; ТО-3 – єдина технічна ревізія; ПР – поточний ремонт; ДР – деповський ремонт; КР-1 і КР-2 – капітальний ремонт; ДРП – деповський ремонт із продовженням терміну служби; КВР – капітально-відновлювальний ремонт; КРП – капітальний ремонт із продовженням терміну служби; ЛВЧД – пасажирське вагонне депо; ЛВЧ – пасажирська вагонна дільниця; ВРЗ – вагоноремонтний завод; ЛПТО – пункт технічного обслуговування пасажирських вагонів

ПТО вагонів, як показано на рис. 1.2, у сучасних умовах функціонує в межах подвійної організаційної підпорядкованості, що визначає

особливості управління його діяльністю та взаємодії з іншими елементами перевізного процесу.

В адміністративно-оперативному аспекті ПТО інтегровані до структури залізничних станцій і підпорядковані їхньому керівництву, що здійснює поточне управління роботою з урахуванням графіка руху поїздів, технології обробки составів, пріоритетності виконання операцій і вимог щодо пропускної і переробної спроможності. Це забезпечує узгодження діяльності ПТО із загальною логікою експлуатаційної роботи станції та дає змогу оперативно реагувати на зміну поїзної ситуації, мінімізуючи затримки вагонів у процесі їхнього технічного обслуговування.

У функціонально-технологічному аспекті ПТО належать до системи вагонного господарства, що формує єдину політику у сфері технічного утримання рухомого складу. Відповідно до структури, наведеної на рис. 1.2, ця система визначає нормативно-технічну базу виконання робіт, встановлює регламенти і періодичність обслуговування, забезпечує методичний супровід і контроль технічного стану вагонів і якості виконання технологічних операцій.

Вагонне господарство також відповідає за впровадження нових технічних рішень, удосконалення технологічних процесів і підвищення надійності ходових частин, автозчепного обладнання, елементів гальмових та інших систем вагонів.

Отже, поєднання адміністративно-оперативного та функціонально-технологічного підходів формує цілісну модель управління ПТО. У її межах досягають балансу між вимогами щодо безпеки руху, надійності технічного стану рухомого складу та ефективності експлуатаційних процесів. Це, зокрема, забезпечує централізоване регулювання технології обслуговування і створює умови для гнучкого оперативного управління в умовах нерівномірності поїзної роботи і змінних експлуатаційних навантажень.

Практична реалізація наведеної організаційної моделі безпосередньо відображена в показниках якості технічного утримання вагонів. Оцінюючи ці показники у процесі експлуатації, можна виявити наявні проблеми та обґрунтувати напрями їх усунення.

У «гарантований» період експлуатації (шість місяців після деповського і 12 місяців після капітального ремонту) аналіз відчеплень вагонів у технічне обслуговування з відчепленням (ТОв-2) свідчить про зниження якості ремонту вагонів у певний момент. Одним з основних показників якості є коефіцієнт ремонту вагонів, який розраховують залежно від кількості відчеплень вагонів у «гарантований» період експлуатації. Роботу вагонів без дефектів беруть за одиницю, і цей показник зменшується на величину відношення кількості відчеплених вагонів у ТОв-2 у «гарантований» період експлуатації до кількості вагонів, що відремонтовані в депо і на заводі за цей період [4, 5]. Середній коефіцієнт якості ремонту вагонів за результатами аналізу експлуатації щорічно в середньому складає близько 0,9, тобто у «гарантований» період відчіпляли кожен місяць 9 % відремонтованих вагонів.

Вагоноремонтні підприємства України проводять роботи із впровадження нових технічних засобів і технологій для виправлення негативної ситуації в системі технічного утримання вагонів. Проте темпи цих робіт суттєво відстають від темпів удосконалення технологій, які пропоновані для забезпечення якісного технічного обслуговування вагонів.

Одним із шляхів розв’язання цієї проблеми є перехід на сучасні інформаційні та ресурсозберігаючі технології. Основним етапом роботи підприємств із технічного утримання вагонів за новими технологіями є інтенсифікація розроблення та застосування методів і засобів нових інформаційних технологій протягом усього життєвого циклу (ЖЦ) вагона. Це базовано на тотальному впровадженні діагностування технічного стану вузлів і деталей вагонів як під час експлуатації, так і в технологіях планових ремонтів.

1.2. Аналіз організації систем технічного обслуговування і ремонту вагонів, що застосовують за кордоном

Висвітлюючи проблему впровадження системи ремонту з технічного стану на АТ «Укрзалізниця» та в інших галузях техніки, необхідно враховувати досвід закордонних країн із цього питання.

Слід зазначити, що за кордоном широко застосовують як стратегії ремонту з напрацювання або терміну служби, так і стратегії ремонту за технічним станом. Система ремонту вагонів за потребою на Німецькій Федеральній залізниці (НФЗ) була запроваджена замість попереджувальної системи поточного утримання з плановою заміною деталей. Інформаційною основою системи ремонту є система підготовки виробництва «Kifos».

Система підготовки виробництва «Kifos» – це клас програмних рішень (або модуль у системі ERP/PPS) для планування, контролю та управління виробничими процесами на підприємстві. Досить стара (дані від 1990-х років) [6].

Дані, що накопичені в цій системі, відображають точну історію кожного вагона: коли і з якими несправностями вагон надійшов у майстерні, який ремонт було виконано, які при цьому були використані матеріали тощо. Цю інформацію використовують для планування і корегування термінів технічного обслуговування і технічних оглядів. Зокрема, для вантажних вагонів на Німецьких залізницях виконують ремонти за потребою різної категорії, але при цьому встановлено граничний міжремонтний термін ремонту, що дорівнює шести рокам.

Основою формування системи технічного обслуговування і ремонту вантажних вагонів на Державних залізницях Німеччини (Deutsche Bahn, DB) є промисловий стандарт DIN EN 17023:2019 «Bahnanwendungen – Instandhaltung von Eisenbahnfahrzeugen – Erstellung und Änderung von

Instandhaltungsplänen». Відповідно до цього документа поточне утримання вагонів включає технічне обслуговування, технічний огляд і ремонт [7]. Критерієм встановлення терміну між видами та обсягом поточного утримання, а також послідовністю їх виконання є «запас зношування». Для нового вагона він прийнятий як 100 %, а в результаті експлуатації поступово зменшується. Встановлено, що для одних вузлів запас зношування залежить від часу експлуатації, а для інших – від експлуатаційних навантажень.

Для наочності організації технічного обслуговування і ремонту рухомого складу доцільно навести приклади реальних закордонних сервісних центрів і ремонтних майстерень у країнах Європейського Союзу, що відповідають сучасним вимогам безпеки, технологічності та ефективності.

Як ілюстрацію сучасних підходів щодо організації ремонтних робіт, що базовані на стаціонарних технологіях і централізованому контролі якості, на рис. 1.4 наведено вигляд сервісного ремонтного цеху, який оснащений стаціонарним технологічним обладнанням.



Рис. 1.4. Загальний вигляд сервісного ремонтного цеху для технічного обслуговування вагонів у європейській мережі

Як видно з рис. 1.4, ремонтні роботи виконують в умовах закритого виробничого приміщення із чітким зонуванням робочих місць. Такий підхід забезпечує стабільність технологічних параметрів ремонту, зменшення впливу зовнішніх чинників і підвищення якості виконання робіт.

На рис. 1.5 наведено приклад організації робочих зон у виробничій дільниці вагоноремонтної майстерні, що допомагає оцінити рівень механізації та раціональність розміщення обладнання. Застосування наведених технічних засобів дає змогу підвищити достовірність контролю, зменшити вплив людського чинника, скоротити час ухвалення рішень про технічний стан вагона.

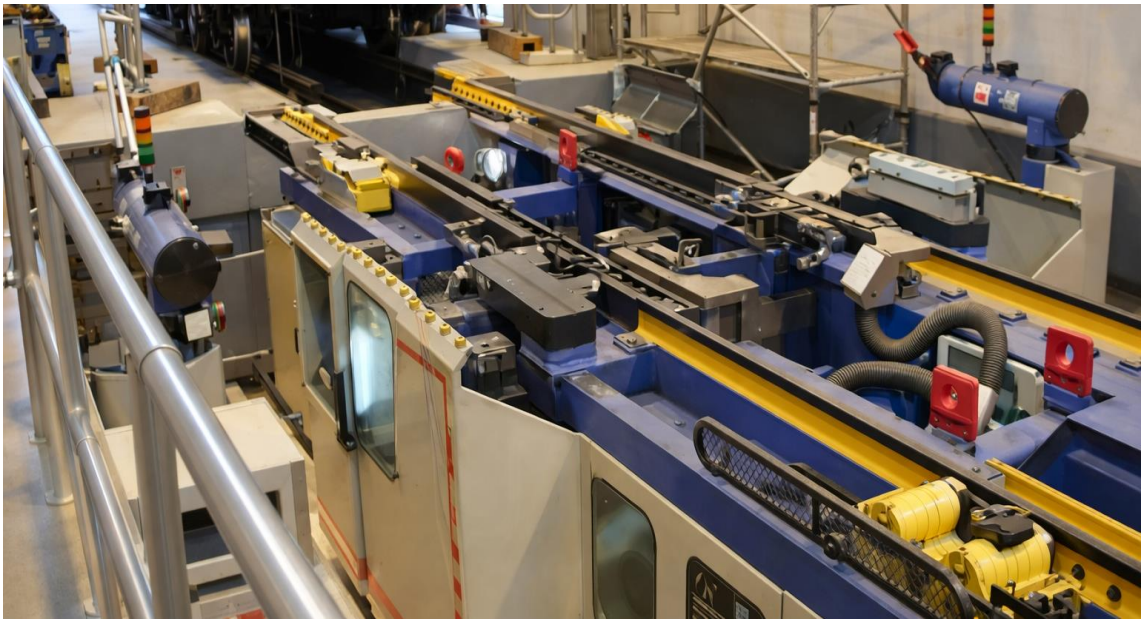


Рис. 1.5. Виробнича дільниця з технологічним обладнанням у вагоноремонтній майстерні для виконання ТОР

Наведене рішення демонструє прагнення до мінімізації внутрішньоцехових переміщень вагонів і вузлів, що позитивно впливає на тривалість ремонтного циклу та знижує експлуатаційні витрати. Застосування такого обладнання дає змогу зменшити трудомісткість

операцій, підвищити безпеку праці персоналу і створити умови для впровадження елементів потокової організації ремонту.

Система ТОР італійських залізниць заснована на планово-попереджувальному принципі, особливо попередженні несправностей і відмов, що негативно впливають на безпеку руху поїздів. Радикальної зміни підходу щодо системи ТОР рухомого складу очікують із впровадженням нової системи інформаційної підтримки «Railways/Rail Management System». Подібна система була розроблена для італійської авіакомпанії «Alitalia».

У цій системі кожну транспортну одиницю розглядають як комплекс окремих вузлів і деталей, які занесені в базу даних та контрольовані за встановленими параметрами, тобто за основу беруть стан окремих компонентів машини, а потреба в контролі стану всієї транспортної одиниці відпадає. Необхідно тільки вчасно здійснювати ТОР відповідальних компонентів за спеціально розробленим графіком, виходячи із середнього терміну служби кожного вузла. В інформаційному архіві вказано термін служби компонента, після закінчення якого його не допускають до подальшого використання. Компонент або заміняють і відправляють у ремонт, або утилізують. Однак систему «Alitalia» важко застосувати до рухомого складу залізниць у незмінному вигляді, оскільки номенклатура рухомого складу набагато ширша, ніж парк літаків авіакомпанії, і літаковий парк більшою мірою стандартизований.

На британських залізницях (БЗ) застосована планова система ремонту вантажних вагонів. Вона передбачає виконання періодичного генерального, проміжного і поточного ремонтів. Поточний ремонт виконують у вагонних депо і сервісних центрах обслуговування вантажних вагонів (рис. 1.6).

Останнім часом одна з провідних приватних компаній Великої Британії у сфері ремонту та сервісного обслуговування вантажних вагонів – Railway Contracting Services (RCS) – запропонувала БЗ нову

форму контрактних сервісних послуг. Вона на своїх пунктах проводить технічні огляди і ремонти вагонів в інтервалах між рейсами. Мета такого огляду – запобігти створенню транспортних подій, які можуть виникнути на шляху прямування у зв’язку з технічним станом вагонів. Крім того, вагони один раз у два місяці подають у майстерні для виконання, у раніше обговореному обсязі з БЗ, технічного обслуговування. Застосування такої системи обслуговування і ремонту вагонів дало змогу залізницям поліпшити безпеку руху та економічні показники роботи.



Рис. 1.6. Вигляд сервісного центру з ТОР вантажних вагонів

Великий інтерес являє собою система ТОР рухомого складу четвертого покоління Лондонського метрополітену, що складається з трьох основних складових, які об’єднані відкритою комп’ютерною мережею із системою підтримки ТОР рухомого складу (MSS):

– інформаційно-керуючі системи для оцінювання поводження рухомого складу в експлуатації на основі бази даних про несправності, що виникли, і виконані ремонтні роботи;

– моделі безперервного прогнозування для передчасного виявлення можливих несправностей;

– експертна система комплексної технічної діагностики.

Після прибуття поїзда в депо збирають і обробляють всю інформацію про його стан для складання переліку несправностей. Бортовий комп'ютер поїзда додатково до виявлених під час огляду дефектів видає достатній обсяг даних для прогнозної оцінки в MSS прихованих несправностей. Коли перелік несправностей визначений, розробляють заходи з усунення несправностей, складають графік проведення ремонтних робіт. Слід зазначити, що експертні системи мають особливе значення для діагностики рухомого складу і перевірки його експлуатаційної готовності.

Створення інформаційних технологій майбутнього є пріоритетним напрямом у залізничній галузі Європи і США. Особливу увагу приділяють моніторингу технічного стану рухомого складу, тобто сполученню можливостей системи виявлення дефектів і системи автоматичної ідентифікації рухомого складу, що допомагає організувати систему ТОР рухомого складу виходячи з фактичного стану його компонентів. Використано функціональну схему радіочастотних засобів автоматичної ідентифікації вантажних вагонів «AVI Dynicom» (США), в основу якої покладено використання стандартних електронних маркерів, що кріплять під кузовами вагонів і стаціонарних польових зчитувачів, які встановлені біля рейкової колії.

Заслуговують на увагу система автоматичного контролю вагонів «Automatic Car Examiner Station» (ACES) (Австралія), що перевіряє технічний стан вагонів за десятьма параметрами, і система спостереження за вузлами і деталями рухомого складу «ОССТ» компанії BHP «Iron ORE» (Австралія). «ОССТ» – це система візуального (сенсорного) спостереження та діагностики окремих вузлів і деталей вагоні [8]. Ця система відтворює історію кожного відповідального елемента вагона із зазначенням пошкоджень, що виникли, термінів і обсягів проведених ремонтів, номерів вагонів, на які встановлювали елемент. Це створює передумови для

прогнозування поводження того або іншого компонента в експлуатації, а на основі цих прогнозів планують завантаження виробничих ремонтних потужностей, матеріально-технічного забезпечення, закупівлю нових вузлів і деталей із наближенням завершення терміну служби. Ще однією цікавою розробкою фірми BHP «Iron ORE» є експертна система «Car Care». Впровадження системи дало змогу скоротити на 20 % витрати на експлуатацію, технічне обслуговування і ремонт кузовів і продовжити на 10 % термін їхньої служби. Цього досягли за рахунок того, що кузови вагонів залишали в експлуатації аж до точно встановленого моменту, після якого експлуатація вже стає неприпустимою за станом через втомлену зносостійкість. У системі «Car Care» відслідковують структурну цілісність кожного вагона створенням і веденням окремої бази даних про технічний стан вагона. Базу даних поповнюють із кожним оглядом під час подавання вагонів у ремонтне депо з інтервалом приблизно 15 місяців. Отже, експертна система дає змогу ухвалювати обґрунтоване рішення про продовження експлуатації, направлення в ремонт або списання вагона.

Основу системи технічного утримання і ремонту вагонів Національного суспільства французьких залізниць (НСФЗ) становлять такі чинники:

– попереджувальний характер поточного утримання вагонів;

– визначення реальних термінів і черговості операцій із поточного утримання і ремонту;

– спеціалізація ремонтного підприємства і його персоналу.

Для кожного типу вагонів визначено «крок поточного утримання», що містить два види періодичних операцій:

– контроль і періодичні огляди;

– періодичні ремонти.

Крім того, передбачено також виконання оздоровчого ремонту з технічного стану вагонів. Розроблено й оптимальне співвідношення між поточним попереджувальним утриманням і оздоровчим обслуговуванням

із метою досягти максимального рівня надійності, зниження витрат на них і зменшення часу знаходження вагонів у неробочому стані.

У Японії для вантажних вагонів застосовано систему планово-попереджувального утримання, що включає різні види оглядів: перевірка стану та функцій («Condition/Function Check»), огляд важливих і критичних вузлів («Semi-General / Critical Part Inspection») і загальний огляд («General Inspection / Overall Inspection»). Згідно з даними, інтервали для вантажних вагонів становлять приблизно 90 днів для першого типу огляду, 2,5 року для середнього огляду і п’ять років для загального огляду [9]. У системі також зазначено, що поступово впроваджують підхід Condition-Based Maintenance (CBM), за яким інтервали корегують не лише за часом чи пробігом, а і станом вузлів і ризиками [10]. Щодо приватного рухомого складу (власників вантажних вагонів, які не є великими операторськими компаніями), то знайдено менше публічної інформації про стандартні терміни оглядів; однак відомо, що такі компанії часто поєднують власне депо або сторонні сервіси обслуговування і орієнтуються на ті самі чи близькі інтервали, як і в більших операторів із застосуванням цифрових систем моніторингу стану вагонів [11].

Наприкінці 1990-х років з’явилися нові тенденції в процесі удосконалення ТОР рухомого складу за кордоном. У раніше існуючій практиці відповідальність виробників рухомого складу за свою продукцію припинялася після закінчення дво- або трирічного гарантійного терміну. ТОР були винятковою прерогативою оператора, що експлуатує рухомий склад. Природним наслідком такої політики була думка, що якби виробники були відповідальні за технічний стан рухомого складу, їм довелося б докорінно переробляти його конструкцію, щоб згодом, під час експлуатації, не витрачати занадто багато засобів.

Розуміння цього факту призвело до виникнення концепції витрат із розрахунку на весь термін служби (витрат життєвого циклу (life cycle

costs – LCC)). Разом із тим прийшло розуміння того, що первинна вартість (купівельна ціна) рухомого складу являє собою лише частину витрат LCC приблизно за 30 років його експлуатації. До того ж сучасний рухомий склад перебуває на дуже високому технічному рівні, через це операторські компанії просто не мають достатніх інтелектуальних і технічних ресурсів, щоб бути достатньо компетентними щодо знання про окремі деталі його вузлів, їхні принципи дії та утримання [12].

Вплив таких змін особливо наочно проявився у Великій Британії. Тут майже всі постачальники рухомого складу для залізничних компаній-операторів поступово були залучені в діяльність із ТОР рухомого складу, причому не тільки своєї, але і «чужої» побудови. Більш того, питання ТОР безпосередньо ввійшли в процес проєктування рухомого складу, а ремонтопридатність рухомого складу забезпечувала витрати за ціною, прийнятною для замовників і врахованою в його вартості [13].

Компанії-виробники стали будувати нові підприємства для ТОР рухомого складу, що виробляють на замовлення компаній-операторів і вводять в експлуатацію, а також вкладати великі кошти в придбання і модернізацію діючих ремонтних підприємств, оснащуючи їх обладнанням, що відповідає сучасним стандартам.

Отже, у компаніях налагоджено зворотний зв’язок, за яким інформація про поводження в експлуатації вузлів і агрегатів рухомого складу поступає до конструкторів і технологів не тільки компаній-виробників, але і компаній-постачальників комплектуючих виробів для своєчасного внесення змін у конструкцію або технологічний процес виготовлення.

На залізницях країн західної Європи і залізницях США фіксованих термінів ремонту вагонів не існує. Ремонт вагона виконують залежно від його технічного стану, що зменшує кількість ремонтів, які вагон проходить за час експлуатації, порівняно з планово-попереджувальною системою

ремонту і збільшує продуктивність вагона за рахунок скорочення часу простою вагона в ремонті.

Для аналізу технологічних можливостей сучасних ремонтних підприємств на рис. 1.7 наведено приклад використання підйомного обладнання під час ремонту вагонів.

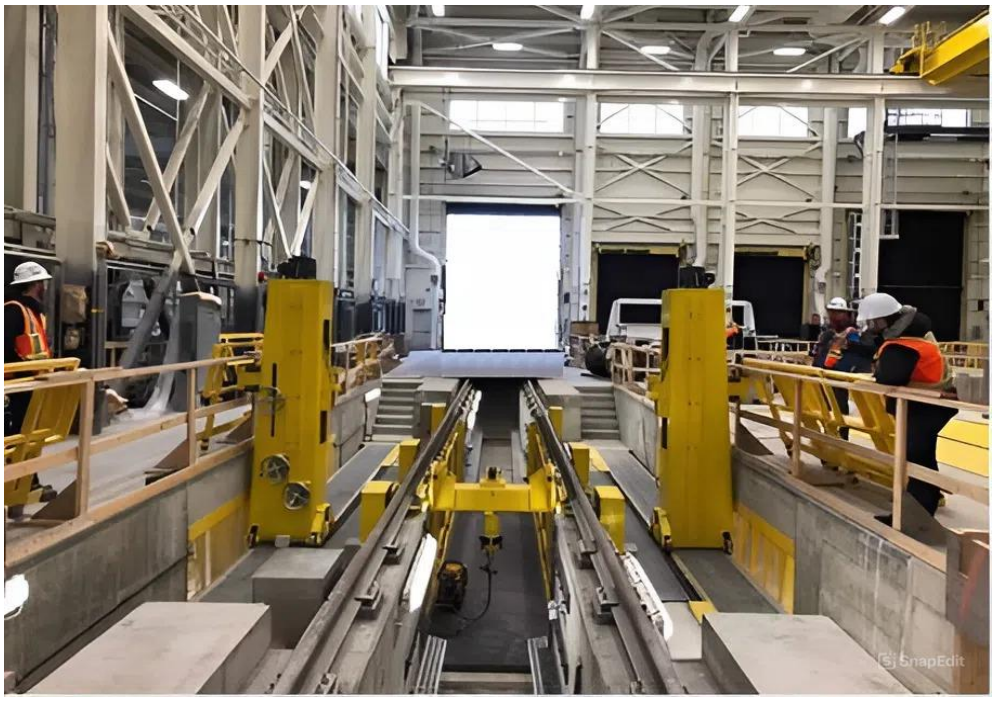


Рис. 1.7. Ремонтна зона з підйомними механізмами на сучасному вагоноремонтному підприємстві

Подальший розвиток систем технічного обслуговування вагонів пов’язаний із впровадженням стаціонарних засобів контролю, що забезпечують безперервне спостереження за технічним станом основних вузлів вагона без виведення його з експлуатаційного процесу.

Фрагмент виконання ремонтних операцій з елементами ходових частин вантажного вагона в умовах спеціалізованої майстерні наведено на рис. 1.8. Виконання ремонту візків у стаціонарних умовах із застосуванням спеціалізованих стендів сприяє підвищенню точності регулювань і забезпечує відтворюваність результатів ремонту.



Рис. 1.8. Загальний вигляд спеціалізованої майстерні з ремонту ходових частин вагонів

У США вантажні вагони експлуатують в умовах переважно децентралізованої системи TOP, у якій головну роль відіграють приватні оператори і власники рухомого складу. Власники вагонів формують власні програми планово‑попереджувального обслуговування, спираючись на нормативні рамки, встановлені Association of American Railroads (AAR) і Federal Railroad Administration (FRA). Наприклад, згідно з документами AAR, встановлено орієнтовний інтервал обслуговування для окремих типів вантажних вагонів – приблизно 300000–350000 миль (≈ 480000–560000 км) або три-чотири роки від моменту введення в експлуатацію, як мінімальна планова перевірка [14].

Також нормативи FRA щодо гальмового обладнання встановлюють, що кожен вантажний вагон має пройти «single-car air brake test» не рідше ніж кожні п’ять років, або не пізніше ніж через вісім років від дати побудови або капітального ремонту [15]. Оператори залізниць і власники вагонів використовують систему віддаленого моніторингу (wayside

detectors) і аналітики даних, що допомагає корегувати терміни обслуговування залежно від стану вагонів і навантажень [16].

Водночас немає централізованого загальнонаціонального графіка, що визначав би точні універсальні терміни між ремонтами чи оглядами для всіх вантажних вагонів у США. Тому практики можуть значно відрізнятися залежно від компанії, регіону, типу вагона та умов експлуатації.

Отже, можна зазначити, що в американській практиці для вантажних вагонів типові інтервали планового обслуговування знаходяться в межах два-п’ять років або сотень тисяч миль пробігу, але адаптовані під конкретні умови експлуатації. Завдяки застосуванню таких підходів оператори досягають підвищеної надійності рухомого складу та мінімізують незаплановані простої.

Як приклад, власники приватного рухомого складу в США повідомляють, що після проведення капітальних перевірок і відповідної модернізації за стандартами AAR можна подовжити експлуатаційний термін вагона до 15 років понад звичайний ЖЦ за рахунок комплексного ремонту [16]. Отже, хоча на американських залізницях не застосовано єдину централізовану систему обслуговування вантажних вагонів із фіксованими інтервалами для всіх, сучасна практика базована на комбінуванні нормативів (AAR/FRA), власних програм операторів і цифрового моніторингу стану, що дає змогу оптимізувати терміни між ремонтами і оглядами залежно від стану і навантаження кожного вагона.

Для ілюстрації рівня технічного оснащення сучасних ремонтних підприємств на рис. 1.9 показано ремонтну дільницю сервісного центру. Комплексна організація ремонту вагонів передбачає виконання діагностичних, ремонтних і контрольних операцій у межах єдиного виробничого циклу, що є характерною ознакою сучасних систем ТОР.



Рис. 1.9. Вигляд дільниці сервісного центру для ремонту і технічного обслуговування вантажних вагонів

Використання механізованих і автоматизованих засобів є необхідною умовою підвищення продуктивності праці та зниження впливу людського чинника на якість ремонту.

Наведені приклади організації сервісних центрів технічного обслуговування та виконання ремонтних операцій у стаціонарних умовах свідчать про системний підхід закордонних підприємств щодо ТОР вантажних вагонів. Характерними рисами таких підходів є чітке зонування робочих місць, мінімізація внутрішньоцехових переміщень, широке застосування механізованого та спеціалізованого обладнання, а також інтеграція діагностичних операцій безпосередньо в ремонтний процес. Це створює передумови для підвищення стабільності якості ремонту і скорочення тривалості ремонтного циклу.

Залізниця Кармай (Carmi Subdivision, Канада) застосовує циклічну систему ремонту вагонів, за якої вагони через кожні 45 днів (у середньому після пробігу близько 19 тис. км) надходять у депо для періодичного обслуговування [17]. Характерним також є те, що залізничні компанії

США, особливо великі, які експлуатують залізничні лінії і мають власний рухомий склад, постійно здійснюють його ремонт і модернізацію.

Найбільші виробники рухомого складу та постачальники залізничного обладнання у США, Канаді, Австралії, країнах Європи, Китаї та Індії мають розвинену мережу власних і партнерських сервісних центрів, що забезпечують технічне обслуговування, ремонт і модернізацію вантажних вагонів упродовж усього життєвого циклу. До таких компаній належать Knorr-Bremse AG (Німеччина), Greenbrier Companies і TrinityRail (США), а також Stadler Rail (Швейцарія). Зокрема, Knorr-Bremse AG представлена більш ніж у 30 країнах світу і має розгалужену мережу виробничих і сервісних підрозділів, включаючи спеціалізовані центри RailServices [18, 19]. Компанія Greenbrier виробяє і обслуговує вантажні вагони в Північній Америці та Європі [20], тоді як TrinityRail використовує мобільні ремонтні підрозділи для виконання робіт безпосередньо на маршрутах експлуатації [21]. Stadler Rail має широку міжнародну присутність і розвинену сервісну інфраструктуру, що забезпечує обслуговування рухомого складу в багатьох країнах [22]. Діяльність цих підприємств свідчить про високий рівень інтеграції виробництва та сервісу, а також орієнтацію на забезпечення надійності і ефективності експлуатації вагонів.

Сучасні закордонні ремонтні підприємства мають високий рівень механізації та автоматизації процесів, використовують спеціалізоване обладнання для діагностики і ремонту вузлів і систем вагонів, що дає змогу скоротити тривалість простоїв рухомого складу і підвищити якість технічного обслуговування (рис. 1.10).

Найбільшими підприємствами у сфері технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів у світі є компанії Amsted Rail, GATX Corporation / GATX Europe і Watco Companies (США). Компанія Amsted Rail забезпечує підтримку клієнтів у більш ніж 40 країнах на шести

континентах, обслуговуючи компоненти і системи вантажних вагонів [23]. GATX Corporation і її європейський підрозділ GATX Europe мають розвинену партнерську мережу в Європі та Північній Америці, що охоплює обслуговування та модернізацію вагонів [24]. Watco Companies володіє мережею ремонтних майстерень, які спеціалізуються на обслуговуванні вантажних вагонів і локомотивів, зокрема на малонавантажених залізничних лініях [25]. Діяльність цих підприємств характеризує комплексний підхід щодо ТОР, впровадження сучасних технологій і високий рівень організації виробничих процесів.



Рис. 1.10. Вигляд сервісної майстерні DB Cargo Scandinavia, Fredericia (Данія)

У США і Західній Європі система ремонту і продовження ресурсу вантажних вагонів – звичайна практика, оскільки операторам залізниць економічно вигідніше підтримувати технічний стан існуючих вагонів і модернізувати їх для нових завдань, ніж повністю списувати парк після фіксованого терміну служби. Причина цього – відсутність універсальних вимог щодо «максимального календарного терміну служби» для вантажних вагонів у нормативних документах США і деяких європейських країн: вагони експлуатують доти, поки вони відповідають вимогам безпеки

та експлуатаційної придатності, встановленим у правилах технічного обслуговування та оглядів [26]. Так, частина вагонів може перебувати в експлуатації більше 30–40 років, оскільки технічний ресурс і стан конструкції визначають не датою випуску, а частотою і результатами інспекцій і ремонту [27, 28].

Модернізація включає капітальні ремонти, оновлення гальмових систем, колісних пар, конструктивних вузлів і навіть зміну типу вагона (наприклад із загального типу на спеціалізований для певного вантажу), що підвищує економічну ефективність і адаптованість парку до ринку перевезень.

Сучасні статистичні дослідження показують, що більшість вантажних вагонів у Європейському Союзі мають вік 30–50 років, а середній ЖЦ часто сягає 30 – 40 років або більше через модернізацію та ремонтні цикли операторів і лізингових компаній [29]. Це означає, що значну частину парку вагонів експлуатують тривалий час, якщо технічно придатна, але немає єдиного загальноєвропейського «максимального календарного терміну», який автоматично призводить до списання.

У багатьох випадках універсальні платформи переробляють у спеціалізовані платформи під перевезення певних вантажів (наприклад для контейнерних перевезень або транспортування автомобілів), що дає змогу підвищити економічну ефективність без придбання нового рухомого складу. Це характерно для великих перевізників як у США, так і Європі, де ринок модернізацій і ремонту рухомого складу є окремою галуззю бізнесу.

У США та Європі нормативно визначено вимоги безпеки, огляду і технічного стану вагонів, але вони не встановлюють жорстких часових обмежень за роками служби. Натомість регламентовано, що рейковий вагон не може перебувати в експлуатації, якщо він має певні дефекти або не відповідає вимогам безпеки у США [27] і аналогічних правилах ЄС [28]. За цими вимогами, потрібні регулярні огляди, випробування

гальмових систем, вузлів і деталей, а також негайне виведення з експлуатації вагонів із серйозними дефектами.

Після того як вагони вичерпали свій технічний ресурс для основних магістральних перевезень, їх часто переробляють сервісні центри на допоміжні вагони або передають на промислові та приватні служби, де вимоги щодо умов експлуатації менш суворі. Це допомагає оптимально використовувати рухомий склад протягом усього ресурсу його конструкції.

Основний дохід сервісних центрів великих вагонобудівних компаній у США та Європі сформований від послуг із технічного обслуговування, ремонту і модернізації вагонів за контрактами з перевізниками, що включають як поточні ремонти, так і комплексні модернізації для адаптації вагонів під нові види вантажів.

Для оцінювання умов виконання ремонтних робіт у сучасних майстернях важливим є належна організація робочого простору персоналу. Такий підхід сприяє дотриманню вимог з охорони праці, зменшення втомлюваності працівників і підвищення загальної ефективності ремонтного процесу.

У великих перевізників часто є довгострокові договори із сервісними центрами на підтримку технічного стану парку вагонів (рис. 1.11). Такі договори базовані або на обумовлених вимогах щодо стану техніки (тобто забезпечення працездатності вагонів), або певних мінімальних показниках пробігу до чергового циклу ремонту [29].

Протягом усього ЖЦ – від побудови до списання вагонів – компанія-власник підтримує сталі відносини з одним або кількома сервісними центрами, що значно спрощує логістику ТОР.

Серйозна конкуренція між виробниками та сервісними компаніями у США і Західній Європі гарантує високу якість послуг і гнучкі умови контрактів, адже вагонобудівні компанії не контролюють ринок як монополісти.



Рис. 1.11. Вигляд сервісного центру з входом і зонами приймання вантажних вагонів

Щодо розподілу залізничної інфраструктури, то важливо відзначити, що хоча в США, Канаді, Австралії та Європі використовують різні типи ліній і парків вагонів, загальний принцип їхньої побудови не є строго лінійно-спеціалізованим (тобто окремі лінії для кожного виду вантажу), як інколи описують. Інфраструктура в кожній країні оптимізована під існуючі перевезення і бізнес-моделі, а максимальні осьові навантаження визначені нормативами (наприклад у ЄС – до 22,5 т на вісь для стандартної мережі, згідно з регламентами ЄС). Це дає змогу ефективно інтегрувати сервіси ТОР на основних магістралях і вузлових станціях [30].

Сервісні центри ремонтують несправні вузли і агрегати вагонів, орієнтуючись на технічний стан компонентів, а не вік конструкції, що мінімізує трудомісткість робіт і час простою вагонів.

Сервісні центри (ремонтні підприємства) вантажних вагонів у США, Канаді та Європейських державах виконують комплекс робіт, спрямованих

на підтримку технічного стану рухомого складу протягом усього ЖЦ. До таких робіт належать, зокрема, обточування поверхні кочення колісних пар, відновлення пошкоджених знаків і написів, а також ремонт або оновлення лакофарбових покриттів відповідно до нормативних вимог безпеки та ідентифікації вагонів [31, 32].

При цьому на залізницях США, Канади та більшості європейських держав поширення одержали вантажні вагони з кузовами з алюмінієвих сплавів, які не потребують традиційних лакофарбових покриттів або мають мінімальне фарбування, що істотно спрощує ремонт і зменшує витрати на технічне обслуговування [33].

Значну частину робіт із відновлення колісних пар виконують без викочування колісних пар з-під вагона. За різними оцінками, до 30 % колісних пар вантажних вагонів у США та країнах Європи обточують безпосередньо під вагоном із використанням спеціалізованих підвагонних колісотокарних і колісофрезерних верстатів (underfloor wheel lathes), що допомагає значно скоротити тривалість ремонту і простої вагонів [34].

Узагальнення наведених прикладів дає змогу сформувати уявлення про типове виробниче середовище сучасного вагоноремонтного підприємства (рис. 1.12). Наведений приклад свідчить про тенденцію переходу від переважно ручних технологій до механізованих і автоматизованих процесів, що відповідає сучасним вимогам із надійності, безпеки та економічної ефективності експлуатації вантажних вагонів.

Отже, аналіз наведених прикладів закордонних ремонтних майстерень показує, що основними напрямами розвитку системи ремонту вантажних вагонів є підвищення рівня механізації, впровадження спеціалізованого обладнання та інтеграція діагностичних засобів у технологічний процес. Досвід таких підприємств доцільно враховувати для удосконалення системи ТОР вагонів.

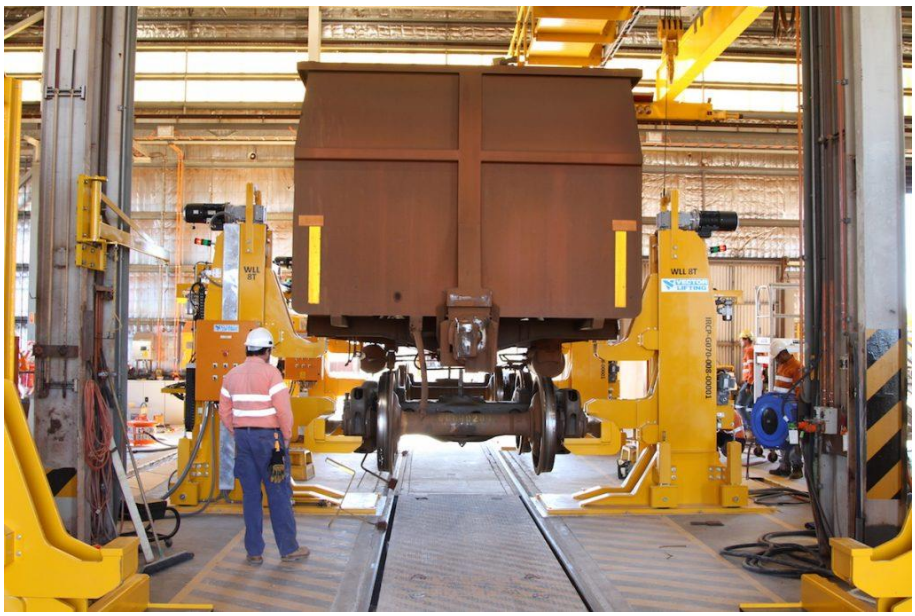


Рис. 1.12. Вигляд вагоноремонтної дільниці з піднятим вантажним вагоном

На європейських залізницях для цього широко застосовують верстати фірми Hegenscheidt-MFD (Німеччина), які призначені для відновлення профілю поверхні кочення коліс без демонтажу колісної пари [34].

Після обточування поверхні кочення коліс у ряді випадків можуть виконувати додаткову обробку для підвищення зносостійкості. У нормативних документах і рекомендаціях AAR визначено вимоги щодо якості матеріалу коліс, їхньої термічної обробки і методів поверхневого зміцнення, спрямованих на підвищення втомної міцності, стійкості до утворення тріщин на поверхнях кочення [32].

Такі заходи включають, зокрема, технології поверхневої обробки та модифікації металу колеса, які застосовують як для виготовлення нових коліс, так і після ремонтного обточування.

На окремих європейських залізницях, зокрема у Швеції, впроваджували спеціалізовані технології модифікування поверхні кочення і гребенів коліс, у тому числі з використанням лазерних методів і легуючих

матеріалів. Дослідні та експлуатаційні випробування таких рішень показали суттєве зниження інтенсивності зношування гребенів коліс і збільшення міжремонтних пробігів, що дає змогу зменшити експлуатаційні витрати [35, 36].

Окрім виконання ремонтних робіт, сервісні центри ведуть систематичний облік і аналіз відмов вантажних вагонів і їхніх основних вузлів. Практично в кожному великому сервісному центрі функціонують інженерні підрозділи, що аналізують надійність вагонів, які перебувають в експлуатації. Зібрану статистику відмов передають у конструкторські бюро вагонобудівних компаній або використовують у межах галузевих стандартів для корегування конструктивних рішень [32, 37].

Сервісні центри також виконують роботи з технічного діагностування вагонів, спрямовані на своєчасне виявлення дефектів, що виникають у процесі експлуатації. Для цього застосовують сучасні методи контролю, включаючи візуальний огляд, ультразвукову діагностику, а також автоматизовані системи контролю стану колісних пар та інших відповідальних елементів рухомого складу [31, 37].

Основні заходи з підвищення надійності та зниження вартості ЖЦ вантажних вагонів у США, Канаді та європейських країнах реалізують ще на етапі проєктування і виготовлення рухомого складу. Для цього підприємства-виробники активно використовують інформацію про відмови вагонів і їхніх вузлів, отриману від експлуатаційних і сервісних організацій.

У конструкторських бюро вагонобудівних підприємств функціонують спеціалізовані підрозділи, які займаються теоретичними розрахунками, експериментальними дослідженнями зносу деталей і розробленням заходів із підвищення їхньої зносостійкості, що безпосередньо впливає на надійність і довговічність вантажних вагонів в експлуатації [32, 38].

В АТ «Укрзалізниця» поставляють конічні підшипники фірми «SKF» (Швеція), які в умовах вагоноремонтних підприємств не ремонтують. Підшипники, що вийшли з ладу, заміняють у сервісних центрах фірми «SKF».

Міжнародний досвід використано АТ «Укрзалізниця» для проведення технічної політики в галузі створення конструкцій вагонів нового покоління, що відрізняються підвищеним осьовим навантаженням і надійністю.

Аналізуючи розглянуті вище приклади організації систем ТОР вантажних вагонів, що застосовують за кордоном, можна констатувати, що діюча система поточного огляду і ремонту вантажних вагонів вимагає модернізації через додавання їй властивостей більшої адаптивності до різних умов експлуатації з урахуванням реального технічного стану вагонів. Приватним транспортним компаніям потрібно організувати виконавчу систему технічного сервісу, що забезпечила б підвищення надійності вагонів і запобігала зменшенню кількості відчеплень від поїздів у ТОв, що є основним чинником підвищення економічної ефективності транспортного обслуговування.

Для узагальнення та наочного порівняння особливостей організації систем ТОР вантажних вагонів у різних країнах у табл. 1.1 наведено порівняльну характеристику їхніх основних типів.

Наведена в табл. 1.1 порівняльна характеристика свідчить, що сучасні тенденції розвитку систем ТОР вантажних вагонів спрямовані на поступовий перехід від планово-попереджувальних підходів до систем, орієнтованих на фактичний технічний стан рухомого складу. Разом з тим у більшості країн на практиці застосовують комбіновані моделі, які поєднують регламентні процедури з елементами дистанційного моніторингу та функціональної діагностики.

Розглядаючи закордонні системи технічного утримання вагонів, можна визначити основні положення, що наведені на рис. 1.13.

Таблиця 1.1

Порівняльна характеристика систем ТОР вантажних вагонів у різних країнах

Країна	Тип системи ТОР	Основні характеристики	Переваги	Недоліки
1	2	3	4	5
Італія	Планово-попереджувальна	Регламентовані міжремонтні пробіги і терміни виконання ТОР	Простота планування, прогнозованість витрат	Низька адаптивність до фактичного технічного стану
Франція	Планово-попереджувальна	Централізоване управління технічним обслуговуванням	Висока керованість процесів	Можливість передчасних або запізнілих ремонтів
Японія	Планово-попереджувальна з елементами моніторингу	Жорсткі регламенти, висока дисципліна експлуатації	Висока надійність рухомого складу	Високі експлуатаційні витрати
Німеччина	За технічним станом (CBM)	Використання датчиків, діагностичних систем, аналізу даних	Зменшення кількості непотрібних ремонтів	Значні початкові інвестиції
США	За технічним станом	Інтеграція систем моніторингу з MSS і ERP	Підвищення безпеки та надійності	Складність впровадження на застарілий парк
Австралія	За технічним станом	Широке використання дистанційної діагностики	Зниження експлуатаційних витрат	Залежність від стабільності зв’язку

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5
Канада	Комбінована	Поєднання регламентного ТО і моніторингу стану	Баланс між надійністю і витратами	Ускладнені алгоритми управління
Країни ЄС	Комбінована	Поступовий перехід від планово-попереджувальних ремонтів до ремонтів за технічним станом	Гнучкість системи	Неоднорідність стандартів

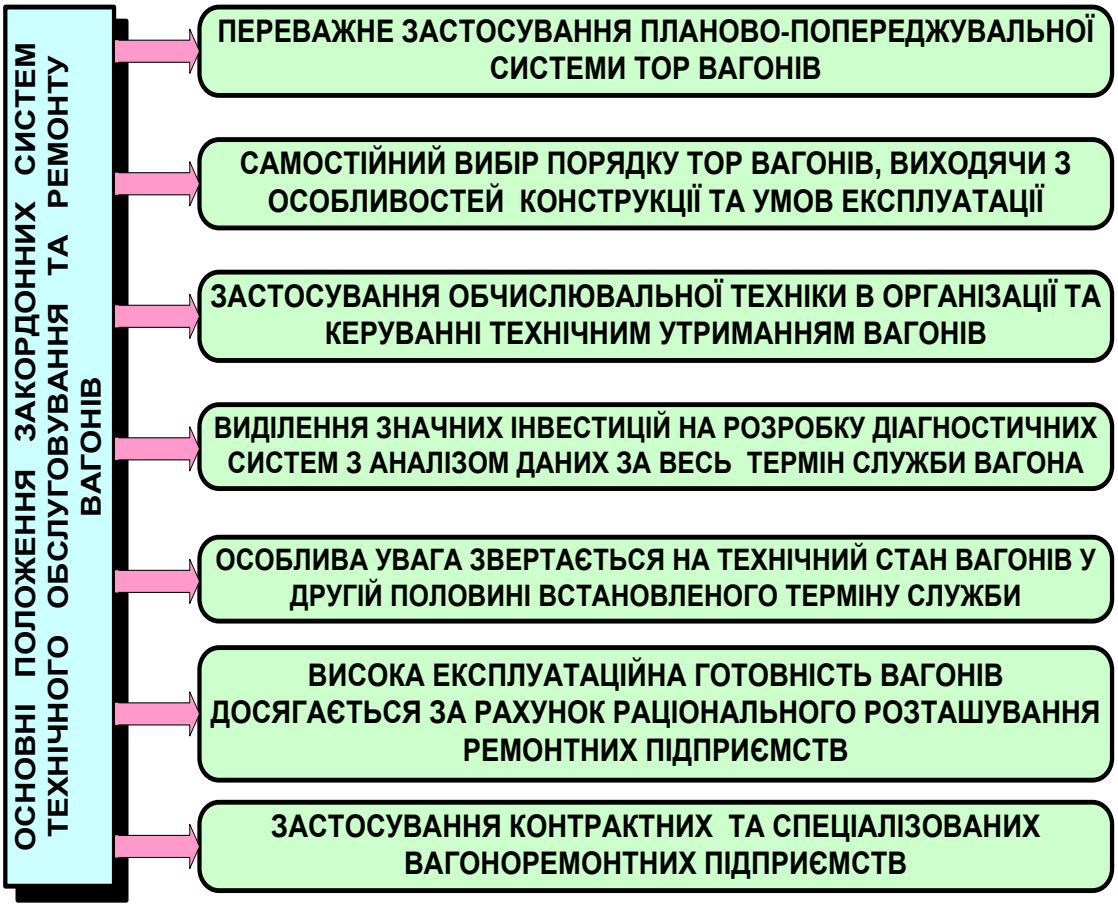


Рис. 1.13. Основні положення закордонних систем ТОР вагонів

Отже, розвиток вітчизняних і закордонних систем технічного утримання вагонів відбувається в напрямі раціональної спеціалізації та концентрації вагоноремонтної бази і широкого впровадження інформаційних і ресурсозберігаючих технологій упродовж усього ЖЦ вагона. Тотальне впровадження технічного діагностування стану вузлів і деталей як у процесі експлуатації, так і для технології планових ремонтів дасть змогу перейти від планово-попереджувальної системи до системи за технічним станом.

Ефективність системи технічного обслуговування і ремонту значною мірою визначена умовами експлуатації вагонів. У табл. 1.2 наведено відповідність типів систем ТОР характеру експлуатаційних навантажень.

Таблиця 1.2

Відповідність типів ТОР і умов експлуатації

Тип експлуатації	Інтенсивність навантажень	Доцільна система ТОР	Основні ризики
Магістральні перевезення	Висока	Планово-попереджувальна	Раптові відмови
Промислові під'їзні колії	Середня	Змішана	Недостатній рівень технічного обслуговування
Інтенсивна експлуатація	Дуже висока	За технічним станом	Пропускання дефектів

Наведені в табл. 1.2 дані свідчать, що вибирати систему ТОР вантажних вагонів потрібно з урахуванням умов експлуатації, інтенсивності навантажень і характеру роботи рухомого складу. За умов підвищених експлуатаційних навантажень і зростання вимог щодо безпеки руху традиційні планово-попереджувальні системи не забезпечують

необхідного рівня оперативності контролю технічного стану. У зв’язку з цим найбільш перспективним напрямом є впровадження систем технічного обслуговування за фактичним технічним станом, які базовані на використанні засобів діагностики, моніторингу і аналізу параметрів роботи вузлів і деталей вагонів у процесі експлуатації.

1.3. Аналіз і удосконалення системи ремонту вантажних вагонів АТ «Укрзалізниця» з урахуванням зарубіжного досвіду

Сучасна система ТОР вантажних вагонів АТ «Укрзалізниця» побудована на планово-попереджувальному принципі, що передбачає виконання регламентованих операцій через певні проміжки часу або пробігу незалежно від фактичного технічного стану вагона. Такий підхід, хоча і забезпечує прогнозованість ремонтних процесів, водночас не завжди відповідає сучасним вимогам ефективності, ресурсоощадності та адаптивності до умов експлуатації.

В умовах зростання навантажень на транспортну інфраструктуру та необхідності підвищення рівня безпеки руху актуальним є перехід до моделі управління технічним станом вагонів на основі фактичного ресурсу і діагностики їхніх елементів. Аналіз зарубіжного досвіду свідчить, що саме впровадження ремонтів за технічним станом CBM (Condition Based Maintenance) стало одним із основних напрямів розвитку сучасних систем ТОР у провідних країнах світу.

На відміну від української системи, залізниці Німеччини, Франції, Великої Британії, США та Японії активно застосовують інтелектуальні діагностичні технології та інформаційні системи моніторингу ЖЦ вагона. Вони дають змогу відмовитися від фіксованих міжремонтних термінів, натомість орієнтуючись на реальні показники зносу вузлів.

Так, у Німеччині інформаційна система «Kifos» накопичує історію експлуатації кожного вагона, забезпечуючи точне планування ремонтів. В Італії система RMS формує базу даних компонентів вагонів і визначає момент необхідності їх обслуговування або заміни. Подібні рішення на британських залізницях (система MSS) поєднують бази даних, моделі прогнозування та експертні системи для визначення прихованих дефектів.

У США і Канаді ремонтна політика базована на принципі інтеграції виробників та експлуатантів у спільну систему технічного супроводу. Виробничі компанії беруть участь у технічному обслуговуванні й модернізації вагонів протягом усього ЖЦ. Це забезпечує швидкий обмін інформацією між виробниками та сервісними центрами, а також підвищує якість ремонту і надійність вагонів.

Основні елементи сучасної системи технічного обслуговування вагонів:

– моніторинг технічного стану – використання сенсорних систем, радіочастотних ідентифікаторів (RFID) і дистанційного збору даних для відстеження стану ходових частин, гальмових систем і автозчепів;

– прогнозування несправностей – застосування програмних алгоритмів аналізу, що виявляють тенденції деградації деталей і дають змогу планувати ремонтні заходи до виникнення критичних відмов;

– інформаційна інтеграція – створення єдиних баз даних про технічний стан рухомого складу, що доступні виробникам, сервісним центрам і операторам перевезень;

– модульна структура ремонту – виконання ремонтів через заміну несправних вузлів на справні без повного розбирання вагона, що скорочує простої та зменшує трудомісткість робіт;

– зворотний інжиніринг і модернізація – постійне вдосконалення конструкції вагонів на основі аналізу відмов, що надходять із сервісних центрів до виробників.

Напрями удосконалення системи ремонту вантажних вагонів АТ «Укрзалізниця»

Аналіз стану системи ТОР в Україні свідчить, що її вдосконалення можливе через комплекс організаційно-технічних заходів:

– поступовий перехід до системи ремонтів за технічним станом. Необхідно розробити нормативно-технічну базу, яка передбачатиме поетапне скорочення обсягів планових ремонтів і заміну їх на діагностичні обстеження;

– створення мережі сучасних сервісних центрів. Центри мають бути обладнані автоматизованими лініями технічного огляду, мобільними діагностичними комплексами та засобами безконтактного контролю;

– цифровізація обліку ЖЦ вагона. Доцільним є впровадження національної системи «електронного паспорта вагона», яка міститиме історію ремонтів, дані про пробіг, дефекти і замінені вузли;

– впровадження технологій дистанційного діагностування. Система має забезпечувати моніторинг температури буксових підшипників, зносу колісних пар і стану гальмових колодок у реальному часі;

– інтенсифікація співпраці з виробниками вузлів і деталей. Подібно до практики США і ЄС, необхідно залучати заводи-виробники до післяпродажного супроводу продукції, включно з контролем якості ремонту;

– оптимізація ремонтних інтервалів. Встановлення періодів між ремонтами на підставі статистичного аналізу відмов і фактичного напрацювання вагонів допоможе знизити витрати на обслуговування;

– підвищення кваліфікації персоналу. Для ефективного використання нових технологій потрібна система безперервного навчання працівників вагоноремонтних депо та впровадження європейських стандартів компетентності.

Застосування вищезазначених заходів сприятиме створенню адаптивної системи управління технічним станом вагонів, що забезпечить:

– зниження частоти відчеплень вагонів у рейсі;

– скорочення часу простою в ремонті;

– підвищення надійності та безпеки руху поїздів;

– раціональне використання матеріальних і трудових ресурсів;

– зменшення життєвих витрат на утримання вагонів.

Впровадження інноваційних технологій технічного діагностування та цифрового моніторингу створює підґрунтя для переходу АТ «Укрзалізниця» від традиційної планово-попереджувальної до інтелектуальної системи обслуговування вагонів, орієнтованої на реальний технічний стан. Така трансформація допоможе інтегрувати українську залізничну галузь у європейський простір технічних стандартів і забезпечить підвищення конкурентоспроможності на міжнародному транспортному ринку.

Отже, аналіз зарубіжного досвіду свідчить про доцільність переходу від жорстко регламентованих систем технічного обслуговування до гнучких, цифровізованих систем, орієнтованих на реальний технічний стан вагонів.

Узагальнення результатів аналізу зарубіжного досвіду дає змогу сформувати основні напрями удосконалення системи ремонту вантажних вагонів в умовах АТ «Укрзалізниця» (табл. 1.3).

Запропоновані напрями удосконалення дають змогу адаптувати систему ремонту вантажних вагонів АТ «Укрзалізниця» до сучасних вимог безпеки та ефективності експлуатації. Їх реалізація створює передумови для переходу від формалізованої планово-попереджувальної системи до гнучкої, технічно обґрунтованої моделі управління надійністю рухомого складу.

Таблиця 1.3

Основні напрями удосконалення системи ремонту вантажних вагонів на підставі зарубіжного досвіду

Напрям удосконалення	Суть підходу	Очікуваний ефект
Перехід до стан-орієнтованого ремонту	Облік фактичного зносу та параметрів роботи	Зменшення кількості відмов
Використання статистики відмов	Аналіз інтенсивності відмов елементів	Підвищення обґрун-тованості ремонтів
Впровадження діагностичних систем	Контроль тисків, зусиль, зносу	Раннє виявлення дефектів
Оптимізація міжремонтних пробігів	Адаптація до умов експлуатації	Зниження експлуатаційних витрат
Цифровізація ремонтної документації	Єдина база даних	Підвищення керованості системи

1.4. Аналіз і удосконалення системи ремонту пасажирських вагонів АТ «Укрзалізниця» з урахуванням зарубіжного досвіду

Система ТОР пасажирських вагонів є однією з найважливіших складових забезпечення безпеки руху, надійності транспортних послуг і комфорту пасажирів. На відміну від вантажних вагонів, пасажирський рухомий склад має більш складну конструкцію, оснащений електро-обладнанням, системами кондиціонування, опалення, водопостачання, вакуумними туалетними установками та іншими елементами комфорту. Тому система його утримання потребує вищого рівня технічної культури, спеціалізації ремонтних підприємств і постійного моніторингу стану агрегатів.

На сьогодні в АТ «Укрзалізниця» функціонує планово-попереджувальна система ТОР пасажирських вагонів, яка передбачає виконання таких основних видів робіт: технічне обслуговування під час рейсів, поточне технічне обслуговування в пунктах формування поїздів, деповський (ДР) і капітальний ремонт (КР) із продовженням терміну служби. Для контролю технічного стану використана мережа пасажирських вагонних депо, вагонних дільниць, ремонтних заводів і пунктів технічного обслуговування.

Однак практика експлуатації показує, що ефективність діючої системи не завжди відповідає сучасним вимогам європейського рівня. Основні проблеми пов’язані з недостатнім рівнем технічного діагностування, високою трудомісткістю ремонтних операцій, застарілою ремонтною базою, а також нерівномірним розподілом ремонтних потужностей між регіонами. Через це збільшується час простою вагонів, а якість проведених ремонтів не завжди стабільна.

Досвід провідних залізничних компаній Європи (DB, SNCF, ÖBB, PKP Intercity), а також Японії та Канади свідчить про тенденцію переходу до інтелектуальних систем технічного обслуговування, які базовані на моніторингу технічного стану в реальному часі.

На німецьких залізницях система ZEDAS Asset Management об’єднує дані про технічний стан усіх пасажирських вагонів, відстежує параметри енергоспоживання, кліматичних систем, буксових підшипників, дверних механізмів і автозчепів. Вона дає змогу автоматично формувати план технічного обслуговування залежно від фактичного стану вузлів.

На французьких залізницях (SNCF) система обслуговування вагонів ґрунтована на методології Predictive Maintenance, тобто прогнозного технічного обслуговування. Сенсорні модулі, встановлені на вагонах, передають дані в центр технічного контролю, де спеціальне програмне забезпечення аналізує тенденції зміни технічних параметрів і прогнозує

час можливих відмов. Це допомагає планувати ремонт без виведення вагонів із графіка руху.

Велика Британія використовує концепцію Whole Life Cost Management, відповідно до якої виробники рухомого складу несуть часткову відповідальність за технічний стан вагонів протягом усього ЖЦ. Завдяки цьому конструкторські бюро постійно вдосконалюють конструкції елементів інтер'єру, ходових частин, систем опалення та кондиціонування, підвищуючи їхню надійність і ремонтопридатність.

У Японії система технічного обслуговування пасажирських вагонів інтегрована в загальну концепцію «Just-in-Time Maintenance», яка передбачає виконання ремонтних робіт точно в момент досягнення граничного зносу, що визначають автоматичні системи діагностування. Завдяки цьому досягають високої регулярності руху поїздів і мінімізують час простою вагонів у ремонті.

Основні напрями удосконалення системи ремонту пасажирських вагонів АТ «Укрзалізниця»:

– розвиток системи моніторингу технічного стану. Необхідно створити інтегровану інформаційну систему, що забезпечуватиме збір даних з електронних вузлів вагонів – температурних датчиків, сенсорів дверей, кондиціонерів, систем водопостачання, електричних кіл тощо;

– впровадження ремонтів за технічним станом (СВМ). Перехід до діагностичних методів контролю дасть змогу уникнути зайвих операцій під час планових ремонтів і зменшити витрати;

– цифровізація процесів планування та обліку. Запровадження електронного «паспорта пасажирського вагона», який зберігатиме повну історію експлуатації, ремонтів і модернізацій;

– модернізація ремонтних підприємств. Необхідно оснастити вагоноремонтні депо сучасними стендами для перевірки кліматичних систем, електроніки, елементів дверних механізмів і туалетних комплексів;

– використання систем відеодіагностики та безконтактного контролю. Це дасть змогу виявляти пошкодження візків, гальмових циліндрів, буксових підшипників і корпусів без демонтажу;

– удосконалення кадрового забезпечення. Підготовка спеціалістів нового покоління, які володіють знаннями в галузі цифрової діагностики, автоматизації та енергетичних систем;

– поглиблення міжнародної співпраці. Укладання угод із європейськими виробниками вагонів і сервісними компаніями для спільного впровадження інноваційних технологій обслуговування.

Впровадження інноваційних методів технічного обслуговування дасть змогу скоротити витрати на ремонти до 20–25 %, підвищити коефіцієнт технічної готовності вагонів до 0,98–0,99, зменшити простої та поліпшити умови перевезень пасажирів. Крім того, перехід до діагностично-керованої системи ремонту створить можливість інтеграції української залізничної галузі в європейський транспортний простір і забезпечить відповідність стандартам безпеки ERA (European Union Agency for Railways).

Для оцінювання рівня організації ремонту пасажирських вагонів доцільно порівняти підходи, що застосовують в АТ «Укрзалізниця», із практиками, прийнятими в провідних європейських залізничних адміністраціях. Узагальнений порівняльний аналіз наведено в табл. 1.4.

Наведений аналіз свідчить, що система ремонту пасажирських вагонів в АТ «Укрзалізниця» переважно базована на традиційних планових підходах, які не повністю враховують фактичний технічний стан і умови експлуатації вагонів. Зарубіжний досвід демонструє ефективність переходу до стан-орієнтованих і діагностично обґрунтованих методів технічного обслуговування, що створює передумови для удосконалення вітчизняної системи ремонту пасажирських вагонів.

Таблиця 1.4

Порівняння показників організації ремонту пасажирських вагонів у вітчизняній і європейській практиці

Критерій порівняння	АТ «Укрзалізниця»	Європейські залізниці
Тип ремонтної стратегії	Планово-попереджувальна	Стан-орієнтована
Основний критерій призначення ремонту	Напрацювання	Технічний стан
Використання діагностики	Обмежене	Системне
Інтервали технічного обслуговування	Фіксовані	Адаптивні
Вплив експлуатаційних чинників	Частково враховано	Повністю враховано
Рівень автоматизації	Низький	Високий
Реакція на відмови	Післявідмовна	Превентивна
Вплив на комфорт пасажирів	Опосередкований	Пріоритетний

Отже, удосконалення системи ремонту пасажирських вагонів АТ «Укрзалізниця» має базуватися на поєднанні національних традицій технічного утримання з найкращими практиками європейських залізниць. Реалізація цього підходу забезпечить підвищення ефективності експлуатації вагонного парку, продовження терміну служби рухомого складу та підвищення рівня комфорту і безпеки пасажирських перевезень.

Отримані результати є основою для подальшого аналізу сучасних підходів щодо технічної діагностики та управління ЖЦ рухомого складу, що розглянуто в наступних темах курсу.

У цьому розділі розглянуто загальні положення про організацію вагонного господарства і технічне обслуговування рухомого складу, які

формують основу для подальшого вивчення системи планового відновлення вагонів. Ефективність експлуатації вагонного парку безпосередньо залежить від науково обґрунтованої методології ремонту, структури ремонтного циклу та дотримання встановленої періодичності планових видів ремонту, що зумовлює необхідність детального розгляду цих питань у наступному розділі.

Контрольні запитання

1. Що розуміють під системою технічного обслуговування та ремонту рухомого складу відповідно до ДСТУ 9050:2020?

2. Які види ТОР виконують вагонам вантажного парку?

3. Які види ТОР виконують вагонам пасажирського парку?

4. Яка мета функціонування системи ТОР рухомого складу?

5. Які основні завдання вирішує система ТОР у процесі експлуатації вантажних вагонів?

6. Які принципи побудови системи ТОР застосовано на залізничному транспорті?

7. У чому полягає сутність планово-попереджувальної системи ТОР вагонів?

8. Які є стратегії ремонту вагонів за кордоном і чим вони відрізняються?

9. Які види ремонту виконують у процесі експлуатації вантажних вагонів?

10. Які нормативні документи регламентують систему ТОР вагонів в АТ «Укрзалізниця»?

11. Які чинники впливають на надійність і довговічність вантажних вагонів?

12. Які основні причини виникнення відмов і дефектів вантажних вагонів під час експлуатації?

13. Яку роль відіграє технічна діагностика в системі ТОР?

14. У чому полягають особливості організації ремонту вантажних вагонів у сервісних центрах?

15. Яке значення має застосування контрактних форм технічного обслуговування вагонів?

16. Яку роль відіграє статистика відмов у вдосконаленні конструкції та ремонту вагонів?

17. Яке призначення автоматизованих та інформаційних систем у системі ТОР?

18. У чому полягають переваги ресурсного та стан-орієнтованого підходів для обслуговування вагонів?

19. Які особливості організації системи ТОР на залізницях провідних країн світу?

20. Які основні відмінності між вітчизняною та зарубіжними системами ТОР вагонів?

21. Яку роль відіграють ремонтні підприємства в забезпеченні технічної готовності вантажних вагонів?

22. Які напрями вдосконалення системи ТОР вантажних вагонів АТ «Укрзалізниця» визначені в розділі?

РОЗДІЛ 2
МЕТОДОЛОГІЯ, СТРУКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ПЕРІОДИЧНІСТЬ ПЛАНОВОГО ВІДНОВЛЕННЯ ВАГОНІВ

2.1. Призначення, класифікація та спеціалізація вагонних депо

Вагонні депо є основними виробничими підрозділами залізничного транспорту, призначеними для забезпечення справного технічного стану та експлуатаційної придатності вагонів. Пасажирські вагонні депо, вантажні вагонні депо з експлуатації, вантажні вагонні депо з ремонту, вантажні вагонні депо з експлуатації і ремонту, депо з ремонту контейнерів є галузевими лінійними підприємствами (табл. 2.1). Вони безпосередньо беруть участь у перевізному процесі та виконують усі роботи з обслуговування та ремонту вагонів, підготовки їх до перевезень і забезпечення встановленого технічного стану вагонів на гарантійних дільницях, мають для цього необхідних кваліфікованих працівників, технічні засоби і матеріальні ресурси [1, 50, 74]. Така класифікація вагонних депо визначає їхні функціональне призначення, обсяг і характер виконуваних робіт, а також особливості організації виробничих процесів.

Таблиця 2.1

Класифікація вагонних депо за призначенням

Тип вагонного депо	Скорочене позначення	Основне призначення	Основний результат діяльності	Значення для перевізного процесу
1	2	3	4	5
Пасажирське вагонне депо	ЛВЧД (ПК ВЧД)	Технічне обслуговування та ремонт пасажирських вагонів	Забезпечення справного технічного стану пасажирських вагонів	Підвищення безпеки та комфорту пасажирських перевезень

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5
Вантажні вагонні депо з експлуатації	ВЧДЕ	Технічне обслуговування вантажних вагонів	Підтримання експлуатаційної готовності вагонів	Забезпечення безперервності вантажних перевезень
Вантажні вагонні депо з ремонту	ВЧДР	Ремонт вантажних вагонів	Відновлення технічного стану вагонів	Подовження терміну служби рухомого складу
Вантажні вагонні депо з експлуатації і ремонту	ВЧДЕР	Технічне обслуговування та ремонт вантажних вагонів	Комплексне обслуговування вагонів	Скорочення простою вагонів у ремонті
Депо з ремонту контейнерів		Ремонт і підготовка контейнерів до експлуатації	Підтримання контейнерного парку у справному стані	Підвищення ефективності контейнерних перевезень

Такий поділ зумовлений конструктивними особливостями рухомого складу, умовами його експлуатації та характером виконуваних ремонтних робіт. Кожен тип вагонного депо має визначену спеціалізацію, яка враховує технічні вимоги щодо обслуговування відповідних видів вагонів, обсяги ремонтних робіт і організацію виробничих процесів. Спеціалізація депо дає змогу раціонально використовувати виробничі потужності та скорочувати простій вагонів у ремонті. Крім того, чітке розмежування

функцій між різними типами депо сприяє підвищенню ефективності роботи вагонного господарства в цілому.

Основним виробничим завданням ремонтних вагонних депо є виконання планових періодичних видів ремонту вагонів відповідно до встановлених нормативів і вимог чинної нормативно-технічної документації. Важливим елементом діяльності вагонних депо є виконання планових ремонтів, які забезпечують підтримання технічного стану вагонів на рівні, що гарантує безпеку руху поїздів і надійність експлуатації рухомого складу протягом установлених міжремонтних періодів [2, 3].

Важливим напрямом діяльності ремонтних вагонних депо є забезпечення належних умов охорони праці працівників. Це передбачає створення безпечних і здорових умов праці, дотримання вимог техніки безпеки, виробничої санітарії та пожежної безпеки, а також проведення відповідних інструктажів і навчання персоналу. Реалізація заходів з охорони праці сприяє зниженню виробничого травматизму та підвищенню ефективності роботи колективу депо.

Ремонтні вагонні депо здійснюють також обслуговування, утримання і своєчасне відновлення техніки, технологічного обладнання і засобів технічного оснащення. Справний стан обладнання є необхідною умовою виконання ремонтних робіт у встановлені терміни і з належною якістю. Регулярне технічне обслуговування виробничих засобів забезпечує їхню надійну роботу і подовження терміну служби.

Суттєве значення має впровадження новітніх досягнень науки, прогресивних технологій і передового виробничого досвіду. Застосування сучасних технологічних рішень дає змогу підвищити якість ремонту вагонів, скоротити тривалість виробничого циклу, зменшити трудомісткість робіт. Упровадження інновацій сприяє підвищенню конкурентоспроможності ремонтного виробництва.

Одним із важливих завдань діяльності ремонтних вагонних депо є максимальне використання виробничих потужностей. Раціональна

організація виробничих процесів, рівномірне завантаження обладнання та робочих місць дають змогу підвищити продуктивність праці та зменшити простої вагонів у ремонті. Це безпосередньо впливає на ефективність роботи вагонного господарства.

Підвищення рівня механізації та автоматизації трудомістких процесів є необхідною умовою розвитку сучасного ремонтного виробництва. Застосування механізованих і автоматизованих засобів сприяє зниженню фізичного навантаження на працівників, підвищенню точності виконання операцій і стабільності якості ремонту.

Важливим напрямом діяльності ремонтних вагонних депо є також проведення заходів, спрямованих на економію витрат матеріалів, пального та електроенергії. Раціональне використання ресурсів забезпечує зниження собівартості ремонтних робіт і підвищення економічної ефективності діяльності депо в цілому.

Організаційна структура та спеціалізація вагонних депо визначають можливості виконання планових і позапланових ремонтів у встановлені терміни. Відповідність виробничої бази та кадрового забезпечення профілю депо є важливою умовою стабільної роботи системи технічного обслуговування вагонів [2, 50, 74].

2.2. Класифікація вагонних депо та їхня спеціалізація

Теоретично в організації ремонту вагонів розрізняють два основних напрями – пасивний і активний, які відрізняються підходами щодо визначення моменту проведення ремонтних робіт (табл. 2.2). Вибір того чи іншого напряму залежить від умов експлуатації вагонів, характеру навантажень, рівня розвитку засобів технічної діагностики, а також економічних і організаційних чинників.

Таблиця 2.2

Порівняльна характеристика пасивного і активного напрямів ремонту

Ознака порівняння	Пасивний напрям (А)	Активний напрям (Б)
Момент виконання ремонту	Після виникнення несправності	За встановленою періодичністю
Підстава для ремонту	Фактичне погіршення технічного стану	Нормативні міжремонтні терміни
Контролепридатність	Висока	Необов’язкова
Типові вузли	Гальмові колодки, фрикційні клини	П’ятники, поглинальні апарати
Переваги	Максимальне використання ресурсу	Запобігання відмовам
Недоліки	Ризик раптових відмов	Недовикористання ресурсу

Пасивний напрям ремонту, який умовно позначають як напрям «А», передбачає виконання ремонтних робіт після виникнення відмови або виявлення несправності під час експлуатації вагона. У цьому випадку ремонт здійснюють за технічним станом, тобто після фактичного погіршення параметрів роботи окремих вузлів чи деталей. Такий підхід дає змогу максимально використовувати ресурс елементів конструкції, проте потребує ефективної системи контролю технічного стану та своєчасного виявлення несправностей.

Активний напрям ремонту, який умовно позначають як напрям «Б», ґрунтований на проведенні ремонтних робіт без очікування виходу вагона з ладу. У межах цього напряму вагон або його окремі вузли зупиняють в експлуатації на певний час і виконують частковий або повний ремонт відповідно до встановленої періодичності. Активний напрям дає змогу запобігати розвитку несправностей, підвищувати надійність роботи рухомого складу та зменшувати ймовірність відмов у процесі експлуатації.

Кожен із зазначених напрямів має свої переваги та недоліки, а їх практичне застосування значною мірою визначено технічним рівнем діагностичних засобів і характером пошкоджень вагонів. У сучасних умовах експлуатації зазвичай застосовують поєднання елементів пасивного і активного напрямів ремонту, що допомагає забезпечити оптимальний баланс між надійністю, економічною доцільністю і ефективністю використання рухомого складу [50, 74].

Проте на практиці ні пасивний напрям «*А*», ні активний напрям «*Б*» майже ніколи не зустрічаються.

Система ремонту тієї чи іншої деталі вагона багато в чому визначена її контролепридатністю в експлуатації. Наприклад, гальмові колодки, фрикційні клини візка ремонтують у межах пасивного напряму «*А*». А ремонт п’ятника, поглинального апарата автозчепу організовано в межах активного напряму «*Б*». У межах обох напрямів намагаються ремонтувати і так звані вузли з великим обсягом ремонтних робіт, масивні елементи конструкцій. Саме за цими вузлами встановлена періодичність планових видів ремонту.

2.3. Загальні принципи організації ремонтного виробництва вагонів

Залежно від характеру організації ремонтних робіт і порядку використання вузлів і деталей базові елементи конструкції вагона, зокрема кузов, рама, візки та інші відповідальні вузли, умовно поділяють на дві групи. Такий поділ ураховує можливість або неможливість застосування знеособленого методу ремонту і визначає особливості технологічного процесу відновлення вагонів.

До першої групи належать базові вузли, які підпадають під незнеособлений метод ремонту. Під час виконання цього методу складання

вагона зазвичай здійснюване з тих самих вузлів і деталей, що були зняті з нього для ремонту. Такий підхід дає змогу зберегти індивідуальні особливості вагона, однак зазвичай потребує більшої тривалості ремонтних робіт і ускладнює організацію виробничого процесу.

До другої групи належать вузли, які визначають конструктивний «вигляд» вагона і не потребують збереження індивідуальної належності до конкретного рухомого складу. Для таких вузлів застосовують знеособлений метод ремонту, за якого під час складання вагона не є обов'язковим встановлення саме тих вузлів, що були зняті з нього перед ремонтом. Натомість використовують нові або завчасно відремонтовані вузли, які відповідають встановленим технічним вимогам [1-4].

Застосування знеособленого методу ремонту створює передумови для широкого впровадження принципу заміни несправних вузлів і деталей. Це дає змогу значно скоротити загальний час простою вагона в ремонті, підвищити ритмічність роботи ремонтного виробництва та ефективніше використовувати виробничі потужності вагонного депо. Водночас поєднання знеособленого і незнеособленого методів ремонту дає змогу враховувати конструктивні особливості різних типів вагонів і забезпечувати необхідний рівень якості відновлення рухомого складу.

Відповідно до поділу базових вузлів вагона за характером їх відновлення встановлена періодичність виконання основних видів планового ремонту. За першою групою вузлів, які підпадають під незнеособлений метод ремонту, планують виконання деповського ремонту (ДР). За другою групою вузлів, що визначають загальний конструктивний вигляд вагона і їх можна ремонтувати із застосуванням знеособленого методу, встановлена періодичність капітального ремонту (КР).

Деповський ремонт є одним з основних видів планового ремонту і призначений для відновлення працездатності вагона, усунення несправностей і запобігання їхньому подальшому розвитку в процесі

експлуатації. Під час виконання ДР проводять огляд, перевірку технічного стану і ремонт основних вузлів і деталей вагона в обсягах, визначених нормативно-технічною документацією. Деповський ремонт забезпечує підтримання вагонів у справному технічному стані між капітальними ремонтами.

Капітальний ремонт є більш складним і трудомістким видом ремонту, який виконують із метою глибокого відновлення технічного стану вагона та подовження терміну його служби. Під час КР здійснюють повне або часткове розбирання вагона, ремонт або заміну зношених і пошкоджених вузлів і деталей, а також відновлення їхніх параметрів до встановлених норм. Капітальний ремонт дає змогу забезпечити відповідність вагона вимогам безпеки та надійності на наступний міжремонтний період.

Під час організації деповського і капітального ремонту необхідно правильно вирішити низку основних завдань, що визначають ефективність ремонтного виробництва. До таких завдань належить вибір раціональної періодичності виконання ремонтів з урахуванням умов експлуатації та технічного стану вагонів. Важливе значення має також правильна організація ремонтних робіт, що передбачає раціональний розподіл трудових ресурсів, обладнання та виробничих площ. Крім того, необхідною умовою підвищення якості ремонту є розроблення і впровадження передових технологічних процесів відновлення вагонів.

Організація ремонтних робіт у вагонному депо ґрунтована на сукупності принципів, дотримання яких забезпечує ефективність виробничого процесу, високу якість ремонту і скорочення простою вагонів. Ці принципи визначають порядок виконання ремонтних операцій, використання технічних засобів і організацію праці персоналу (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Основні принципи організації ремонтного виробництва вагонів

Принцип	Зміст	Вплив на ефективність
Потоковість	Послідовне виконання операцій	Скорочення тривалості ремонту
Спеціалізація	Закріплення операцій за робочими місцями	Підвищення продуктивності
Механізація	Використання механізмів і автоматів	Зниження трудомісткості
Паралельність	Одночасне виконання операцій	Зменшення простою вагонів
Заміна вузлів	Використання знеособленого ремонту	Прискорення виробничого циклу

Одним із основних принципів є застосування потокових і конвеєрних методів ремонту вагонів і їхніх вузлів. Використання таких методів дає змогу впорядкувати технологічний процес, забезпечити ритмічність виконання робіт і підвищити продуктивність праці. Потокова організація ремонту створює умови для спеціалізації робочих місць і скорочення тривалості виробничого циклу.

Важливе значення має впровадження автоматизованих систем оперативного планування і управління ремонтним виробництвом. Такі системи забезпечують координацію роботи окремих дільниць, контроль за виконанням ремонтних операцій і раціональний розподіл трудових та матеріальних ресурсів. Автоматизація управління сприяє підвищенню керованості виробничих процесів і оперативному ухваленню рішень.

Суттєвим принципом організації ремонтних робіт є механізація і автоматизація трудомістких операцій. Застосування автоматичних і напів-автоматичних ліній, різних механізмів і пристроїв, а також пневматичного

та електричного інструменту зменшує фізичне навантаження на працівників і підвищує точність виконання робіт. Це позитивно впливає на стабільність якості ремонту і безпеку виробничих процесів [50, 51, 74].

Під час ремонту вагонів важливо забезпечити максимальну паралельність виконання робіт за суворого дотримання їхньої технологічної послідовності. Такий підхід дає змогу скоротити загальний час перебування вагона в ремонті та уникнути простоїв робочих місць. Раціональна послідовність операцій є необхідною умовою ефективної організації потокового виробництва.

Одним із головних принципів є заміна несправних вузлів і деталей вагонів новими або завчасно відремонтованими. Реалізація цього принципу тісно пов’язана із застосуванням знеособленого методу ремонту і сприяє скороченню тривалості ремонтних робіт. Для забезпечення безперервності виробництва в депо створюють технологічний незнижувальний запас вагонних деталей і матеріалів, а також організують ефективну роботу ремонтно-заготівельних дільниць.

Важливе значення має застосування передового виробничого досві-ду, раціональна організація праці та оптимальне розташування працівни-ків під час ремонту вагонів, їхніх вузлів і деталей. Це допомагає підвищити продуктивність праці, зменшити втрати робочого часу і забезпечити виконання ремонтних робіт у встановлені терміни з належною якістю.

2.4. Форми організації ремонту вагонів у вагонному депо

Під організацією виробництва у вагонному депо слід розуміти сукупність заходів, спрямованих на раціональне розташування технологічного обладнання, робочих місць і засобів механізації відповідно до послідовності виконання операцій технологічного процесу. Організація

виробництва визначає порядок взаємодії між окремими дільницями депо, спеціалізацію робочих місць і умови виконання ремонтних робіт.

Раціональна організація виробництва передбачає таке розміщення обладнання, за якого забезпечені безперервність і логічна послідовність технологічного процесу ремонту вагонів. При цьому скорочується час на переміщення вагонів, вузлів і деталей між робочими позиціями, зменшуються втрати робочого часу і підвищується загальна ефективність виробничої діяльності. Особливе значення має відповідність розташування обладнання спеціалізації робочих місць і характеру виконуваних операцій.

Організація виробництва у вагонному депо тісно пов’язана з вибором форм організації ремонтних робіт, рівнем механізації та автоматизації, а також застосуванням сучасних методів управління виробничими процесами. Від правильності організації виробництва залежить ритмічність випуску вагонів із ремонту, повнота використання виробничих потужностей і стабільність якості виконуваних робіт [50].

Однією з умов ефективної організації виробництва є узгодженість дій усіх структурних підрозділів депо і дотримання встановлених технологічних регламентів. Це дає змогу забезпечити своєчасне виконання ремонтних робіт, зниження витрат матеріальних і трудових ресурсів, а також підвищення загального рівня організації ремонтного виробництва.

Важливою умовою роботи вагонного депо є ритмічний випуск вагонів із ремонту під час максимального використання виробничих потужностей, висока якість ремонтних робіт, а також мінімальні витрати праці та матеріальних ресурсів.

Якість вагона – це сукупність властивостей, яка визначає придатність його до використання за призначенням протягом певного часу відповідно до ергономічних, естетичних, економічних та інших вимог.

Під рівнем якості ремонту вагона розуміють ступінь наближення параметрів відремонтованого (відновленого) вагона, що відповідає таким самим властивостям, як у нового вагона, що прийнятий за еталон.

Відремонтованим вагонам, що пройшли технічне обслуговування, і їхнім складовим притаманна якісна визначеність, яка регламентована нормативно-технічною документацією, керівництвом із діагностування та ремонту вагонів і вимогами з технічного обслуговування.

Залежно від положення предметів праці відносно робочих місць у процесі виробництва у вагонному депо розрізняють кілька основних форм організації виробництва (табл. 2.4). Вибір конкретної форми визначений обсягами ремонтних робіт, типами вагонів, рівнем механізації та спеціалізації виробництва, а також техніко-економічними показниками діяльності депо.

Таблиця 2.4

Порівняльна характеристика форм організації ремонту вагонів

Ознака	**Потоково-предметна**	**Стаціонарно-предметна**
1	2	3
Переміщення вагона	Між позиціями	Відсутнє
Тривалість циклу	Мінімальна	Збільшена
Спеціалізація	Висока	Обмежена
Рівень механізації	Високий	Середній
Сфера застосування	Великі обсяги ремонту	Невеликі обсяги
Переваги	Ритмічність, продуктивність	Гнучкість
Недоліки	Високі вимоги щодо організації	Збільшений простій

Потоково-предметну форму організації виробництва, яку також називають потоковою, характеризує послідовне переміщення вагона або його вузлів з однієї ремонтної позиції на іншу відповідно до

технологічного процесу. Переміщення здійснюване за допомогою технологічного транспорту через встановлені проміжки часу. Така форма організації забезпечує ритмічність виконання ремонтних робіт, чітку спеціалізацію робочих місць і скорочення загальної тривалості виробничого циклу.

Стаціонарно-предметна форма організації виробництва передбачає, що вагон від початку до закінчення ремонту перебуває на одній і тій самій позиції. У цьому випадку ремонтні роботи виконують без переміщення вагона між робочими місцями, а працівники і технологічне обладнання підходять безпосередньо до об’єкта ремонту. Така форма організації виробництва застосовувана зазвичай за невеликих обсягів робіт або під час ремонту вагонів із підвищеною трудомісткістю.

Кожна з наведених форм організації виробництва має свої переваги та недоліки і використовувана залежно від конкретних умов роботи вагонного депо. Раціональний вибір форми організації виробництва сприяє підвищенню ефективності ремонтного процесу, покращенню використання виробничих потужностей і забезпеченню належної якості ремонту вагонів.

Потоково-предметна форма організації ремонту вагонів є найбільш прогресивною формою виробництва у вагонному депо. Її застосування забезпечує раціональну організацію технологічного процесу, високу ритмічність виконання робіт і ефективне використання виробничих потужностей. Потокова форма базована на чіткому поділі ремонтного процесу на окремі операції, що виконують у встановленій технологічній послідовності.

За потоково-предметної форми організації виробництва комплекс операцій, які виконують під час ремонту вагонів і їхніх вузлів, поділено на групи. Кожна група операцій закріплена за окремим робочим місцем або ремонтною позицією, які розташовані послідовно відповідно до технологічного процесу. Вагон або його вузли переміщують між позиціями за допомогою технологічного транспорту через визначені проміжки часу, що забезпечує безперервність і узгодженість виконання ремонтних робіт.

Характерною особливістю потоково-предметної форми є скорочення кількості технологічних операцій, які виконують на кожній окремій позиції. Це створює умови для спеціалізації робочих місць і впровадження високопродуктивного спеціалізованого стаціонарного технологічного обладнання. Застосування такого обладнання сприяє підвищенню точності виконання операцій, стабільності якості ремонту і зменшенню трудомісткості робіт [50].

Потокова форма організації ремонту дає змогу суттєво підвищити продуктивність праці, скоротити тривалість виробничого циклу, зменшити простій вагонів у ремонті. Водночас її ефективне застосування потребує чіткої координації роботи всіх ремонтних позицій, дотримання встановлених технологічних регламентів і достатнього рівня механізації та автоматизації виробничих процесів. Із дотриманням цих умов потоково-предметна форма організації виробництва є найбільш доцільною для вагонних депо з великими обсягами ремонтних робіт.

Стаціонарно-предметна форма організації виробництва передбачає виконання ремонтних робіт за умови, що вагон від початку до закінчення ремонту перебуває на одній ремонтній позиції. У цьому випадку переміщення предмета праці між робочими місцями не здійснюють, а всі необхідні операції виконують безпосередньо на місці розташування вагона. Така форма організації виробництва застосовувана зазвичай у разі значної трудомісткості ремонту або за обмежених можливостей механізації технологічного процесу.

Залежно від положення працівників відносно предметів праці стаціонарно-предметна форма організації виробництва поділена на кілька різновидів. Одним із них є стаціонарно-бригадна, або індивідуальна, форма організації виробництва. За цієї форми ремонт вагона від початку до завершення виконує одна комплексна бригада, яка здійснює повний обсяг ремонтних робіт на одному об’єкті. Після завершення ремонту і здавання

вагона бригада переходить до виконання робіт на наступному об’єкті. Такий підхід забезпечує цілісність відповідальності за якість ремонту, однак може бути супроводжена збільшенням тривалості простою вагонів.

Іншим різновидом стаціонарно-предметної форми є потоково-бригадна форма організації виробництва. У цьому випадку ремонт вагонів виконують паралельно на різних позиціях кілька спеціалізованих бригад, які послідовно переміщуються від одного об’єкта до іншого разом із технологічним обладнанням. Кожна бригада спеціалізується на виконанні певного виду робіт, що дає змогу забезпечити виконання повного комплексу ремонтних операцій у встановлений час.

Під час застосування потоково-бригадної форми вагони протягом усього ремонту залишаються на одних і тих самих ремонтних позиціях, які оснащені необхідним комплектом стаціонарного технологічного обладнання. Водночас обмежені площі ремонтних позицій і значна кількість різних операцій можуть ускладнювати застосування спеціалізованого обладнання. У таких умовах доцільним є використання пересувних засобів механізації, які обслуговують усі ремонтні позиції та переміщувані разом із виконавцями робіт.

Під час організації ремонтних робіт у вагонному депо ремонт вагонів зазвичай виконує комплексна бригада з поділом на спеціалізовані групи. Така організація праці поєднує комплексну відповідальність за результат ремонту з високим рівнем спеціалізації виконавців окремих технологічних операцій. Кожна спеціалізована група виконує певний вид робіт відповідно до своєї кваліфікації та оснащення.

До складу комплексної бригади входять спеціалізовані групи, які виконують слюсарні роботи з ремонту кузова і рами, ремонт гальмового обладнання, а також інші види робіт, передбачені технологічним процесом. Розподіл функцій між групами дає змогу забезпечити високу якість виконання операцій і дотримання встановлених нормативів ремонту.

Кожна група у визначеній технологічній послідовності виконує роботи на всіх вагонах, що перебувають у ремонті [2, 50].

Послідовність виконання ремонтних робіт кожною спеціалізованою групою визначена з урахуванням необхідності забезпечення безперервності виробничого процесу. При цьому важливо не створювати затримок у роботі інших груп, які очікують надання фронту робіт. Чітка координація дій між спеціалізованими групами є необхідною умовою ритмічної роботи ремонтного виробництва.

Особливе значення має група, яка виконує найбільш трудомісткі операції з ремонту вагонів. Саме від темпів роботи цієї групи значною мірою залежить загальна тривалість ремонтного циклу та послідовність переміщення інших спеціалізованих груп. Тому під час планування ремонтних робіт особливу увагу приділяють раціональній організації праці найбільш завантажених груп і забезпеченню їх необхідними ресурсами.

2.5. Методи ремонту вагонів і їхня характеристика

Залежно від конструктивних особливостей різних типів вагонів, а також рівня впровадження принципу заміни несправних вузлів і деталей новими або завчасно відремонтованими, у вагонному депо застосовують різні методи ремонту. Вибір конкретного методу визначений обсягом і складністю ремонтних робіт, умовами експлуатації вагонів, а також рівнем механізації та організації ремонтного виробництва.

Вузловий метод ремонту передбачає зняття з вагона окремих вузлів для їх подальшого ремонту або відновлення. Після завершення ремонтних робіт ці вузли зазвичай повертають на той самий вагон. Такий метод застосовують у випадках, коли необхідно зберегти індивідуальну належність вузлів до конкретного вагона або коли заміна вузлів є економічно недоцільною.

Агрегатний метод ремонту ґрунтований на заміні несправних агрегатів і вузлів новими або завчасно відремонтованими. При цьому зняті з вагона агрегати направляють на спеціалізовані ремонтні дільниці для відновлення. Застосування агрегатного методу дає змогу суттєво скоротити тривалість ремонту вагона та підвищити ритмічність роботи ремонтного виробництва.

Агрегатно-вузловий метод ремонту є поєднанням вузлового та агрегатного методів і застосовуваний залежно від технічного стану окремих елементів вагона. У межах цього методу частину вузлів ремонтують із подальшим поверненням на той самий вагон, а іншу частину заміняють завчасно відремонтованими агрегатами. За такого підходу можна гнучко організовувати ремонтні роботи з урахуванням конкретних умов.

Велико-агрегатний метод ремонту передбачає заміну великих конструктивних елементів вагона, що мають значну масу і трудомісткість ремонту. Застосування цього методу створює умови для глибокої механізації ремонтних процесів і скорочення загального часу простою вагона в ремонті. Велико-агрегатний метод зазвичай використовують разом із потоковими формами організації виробництва.

Усі зазначені методи ремонту ефективно застосовувані за умови використання прогресивних форм організації виробництва, що забезпечують раціональне поєднання спеціалізації робочих місць, механізації процесів і чіткої координації ремонтних операцій [50].

2.6. Організація ремонту вагонів і її вплив на безпеку руху

Організація ремонту вагонів має безпосередній вплив на гарантування безпеки руху поїздів. Якість виконання ремонтних робіт, дотримання встановленої технологічної послідовності та контроль

технічного стану вагонів визначають надійність їх експлуатації на залізницях. Порушення вимог з організації ремонту може призвести до виникнення транспортних подій, пов’язаних із відмовами елементів вагонів у процесі руху.

Раціональна форма організації ремонтного виробництва забезпечує чітке розмежування відповідальності між виконавцями, своєчасне виконання технологічних операцій і належний рівень контролю якості. Особливо важливим є дотримання технологічної дисципліни під час виконання робіт, що впливають на міцність конструктивних елементів вагона, справність гальмового обладнання та ходових частин.

Використання потокових і спеціалізованих форм організації ремонту створює умови для стабільної якості виконання робіт за рахунок спеціалізації персоналу і застосування типових технологічних процесів. Систематичний контроль результатів ремонту і аналіз причин можливих відмов після ремонту є важливими складовими підвищення безпеки руху. Отже, удосконалення організації ремонтного виробництва є одним з ефективних напрямів підвищення рівня безпеки експлуатації вагонів.

Реалізація зазначених положень безпосередньо пов’язана з вибором раціональної форми організації ремонтного виробництва з урахуванням конкретних умов роботи вагонного депо.

Вибір форми організації ремонту вагонів у вагонному депо визначений сукупністю технічних, виробничих та організаційних чинників. Раціональне врахування цих чинників дає змогу забезпечити ефективну роботу депо і досягти оптимальних показників продуктивності і якості ремонту [1-4, 50].

Одним з основних чинників є обсяг ремонтних робіт. За великих і стабільних обсягів ремонту доцільно застосовувати потоково-предметну форму організації виробництва, яка забезпечує ритмічність і скорочення простою вагонів. За невеликих або нерівномірних обсягів ремонту частіше застосовують стаціонарно-предметні або бригадні форми організації.

Важливу роль відіграє структура вагонного парку, що ремонтують. Наявність великої кількості однотипних вагонів створює сприятливі умови для спеціалізації робочих місць і впровадження потокових форм ремонту. У разі значної різноманітності типів вагонів доцільним є використання комбінованих форм організації виробництва.

На вибір форми організації ремонту впливає також рівень механізації і технічного оснащення депо, площі виробничих приміщень і можливість застосування спеціалізованого обладнання. Не менш важливими є кваліфікація персоналу, організація управління виробничим процесом і прийняті методи ремонту. Урахування зазначених чинників допомагає обґрунтовано вибрати форму організації ремонту, яка найбільш повно відповідає умовам конкретного депо.

Вибрана форма організації ремонту визначає відповідну організаційну схему виробничого процесу, яка реалізована у вагонному депо на практиці.

Залежно від прийнятої форми організації ремонту у вагонному депо застосовують різні організаційні схеми виробничого процесу. Організаційна схема визначає порядок розміщення ремонтних позицій, переміщення вагонів або бригад, а також взаємодію між окремими дільницями депо.

За потокової форми організації ремонту використовують потокову схему, за якої ремонтні позиції розташовують послідовно відповідно до технологічного процесу. Вагон або його вузли переміщують від однієї позиції до іншої через визначені інтервали часу. Така схема забезпечує ритмічність роботи і мінімальний простій вагонів у ремонті.

За стаціонарно-предметної форми організації застосовують стаціонарну схему, за якої вагон протягом усього ремонту перебуває на одній позиції, а ремонтні роботи виконують послідовно різні бригади або групи працівників. Ця схема є більш гнучкою, але зі збільшенням тривалості ремонтного циклу.

У практиці вагонних депо також широко використовують комбіновані організаційні схеми, які поєднують елементи потокової та стаціонарної організації. Застосування комбінованих схем дає змогу враховувати специфіку ремонтованого вагонного парку та виробничі можливості депо, забезпечуючи раціональне використання ресурсів.

Організація ремонту вагонів у вагонному депо є складною багатофакторною системою, що безпосередньо впливає на рівень безпеки руху поїздів. Раціональний вибір форми організації ремонту і відповідної організаційної схеми забезпечує підвищення якості ремонтних робіт, скорочення простою вагонів і зниження ймовірності відмов у процесі експлуатації.

2.7. Виробнича потужність вагонного депо та методи її визначення

Виробнича потужність вагонного депо характеризує максимально можливий обсяг ремонту вагонів, який може бути виконаний за певний проміжок часу за умови повного та раціонального використання наявних виробничих ресурсів. До таких ресурсів належать виробничі площі, технологічне обладнання, чисельність і кваліфікація персоналу, а також прийнята форма організації ремонтного виробництва. Визначення виробничої потужності є необхідним для планування обсягів ремонтних робіт і оцінювання ефективності роботи депо [50].

Виробничу потужність депо зазвичай визначають у кількості приведених вагонів, що можуть бути відремонтовані протягом року. Це зумовлено тим, що вагони різних типів мають різну трудомісткість ремонту, а тому для їх порівняння застосовують коефіцієнти приведення. За базовий, або умовний, беруть певний тип вагона, для якого коефіцієнт приведення дорівнює одиниці.

Розрахунок виробничої потужності вагонного депо може бути виконаний за формулою

$$P = \frac{F_{еф}}{t_{пр}}, \tag{2.1}$$

де $F_{еф}$ – ефективний фонд часу роботи депо, год;

$t_{пр}$ – середня трудомісткість ремонту одного приведеного вагона, год.

Ефективний фонд часу роботи депо визначають з урахуванням режиму роботи, кількості робочих змін і втрат часу на ремонти обладнання та організаційні простої. Його можна подати як

$$F_{еф} = Д_{р} \cdot m \cdot T_{зм} \cdot \eta, \tag{2.2}$$

де $Д_{р}$ – кількість робочих днів у році;

m – кількість змін на добу;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, год;

η – коефіцієнт використання робочого часу.

Для визначення обсягу ремонту різних типів вагонів застосовують коефіцієнти приведення, які враховують відмінності в трудомісткості їх ремонту. Кількість приведених вагонів визначають за формулою

$$N_{пр} = \sum_{i=1}^{n} N_{вi} \cdot k_{i}, \tag{2.3}$$

де $N_{в\,i}$ – кількість вагонів i-го типу;

k_i – коефіцієнт приведення i-го типу вагона;

n – кількість типів вагонів.

Застосування коефіцієнтів приведення дає змогу обґрунтовано порівнювати виробниче навантаження депо і планувати його роботу незалежно від структури ремонтованого вагонного парку. Отримані результати використовують під час визначення потреби в обладнанні, персоналі та виробничих площах.

Важливим показником ефективності роботи вагонного депо є простій вагонів у ремонті. Простій характеризує тривалість перебування вагона в ремонтному виробництві з моменту його приймання до здавання з ремонту та безпосередньо впливає на оборот вагонів і пропускну спроможність депо. Зменшення простою вагонів у ремонті є одним з основних завдань організації ремонтного виробництва.

Середній простій вагонів у ремонті визначають як відношення загальних витрат часу на ремонт до кількості відремонтованих вагонів за відповідний період:

$$t_{пр} = \frac{\sum T_{рем}}{N'_{в}}, \tag{2.4}$$

де $\Sigma T_{рем}$ – сумарні витрати часу на ремонт усіх вагонів за період, год (або діб);

$N'_{в}$ – кількість відремонтованих вагонів за цей період.

У разі безперервної роботи депо простій вагонів у ремонті також може бути визначений через співвідношення між кількістю вагонів, що одночасно перебувають у ремонті, і добовим випуском із ремонту:

$$t_{пр} = \frac{N_{рем}}{Q_{доб}}, \tag{2.5}$$

де $N_{рем}$ – середня кількість вагонів, що одночасно перебувають у ремонті;

$Q_{доб}$ – добовий випуск вагонів із ремонту.

На величину простою вагонів у ремонті впливають форма організації виробництва, прийнятий метод ремонту, рівень механізації та узгодженість роботи ремонтних дільниць. Найменший простій забезпечено за застосування потоково-предметної форми організації виробництва в поєднанні з агрегатним або велико-агрегатним методом ремонту.

Оскільки вагони різних типів мають різну конструкцію і трудомісткість ремонту, для приведення їх до єдиного вимірника застосовують коефіцієнти приведення. Вони показують, у скільки разів трудомісткість ремонту певного типу вагона більша або менша порівняно з базовим (умовним) вагоном.

За базовий вагон зазвичай приймають найбільш поширений тип рухомого складу, для якого коефіцієнт приведення дорівнює одиниці. Для інших типів вагонів коефіцієнти приведення встановлюють на основі відносної трудомісткості їх ремонту. Чим складніша конструкція вагона і більший обсяг ремонтних робіт, тим вищий відповідний коефіцієнт приведення.

Застосування коефіцієнтів приведення дає змогу коректно визначати виробничу потужність депо, планувати завантаження ремонтних дільниць і порівнювати обсяги робіт за різної структури вагонного парку. Дані, наведені в табл. 2.5, використовують під час техніко-економічних розрахунків і планування роботи вагонного депо.

Коефіцієнти приведення мають орієнтовний характер і застосовувані для навчальних і розрахункових цілей. Фактичні значення коефіцієнтів можна уточнювати відповідно до чинних нормативних документів та умов роботи конкретного вагоноремонтного підприємства [50].

Загальний простій вантажного вагона в ДР нормований і складає близько 40 год із моменту відчеплення до випуску з ремонту. Час на очікування подавання в депо – близько 11 год, час від подавання в депо до випуску з ремонту – 29 год, у тому числі безпосередньо знаходження вагона в ДР 8 або 12 год. Тривалість простою пасажирського вагона в ДР складає близько 90 год.

Таблиця 2.5

Коефіцієнти приведення для різних типів вагонів

Найменування	Коефіцієнт приведення під час ремонту	
	деповського	капітального
1	2	3
Вантажні вагони		
Напіввагон чотиривісний із нормальним зносом	1,0	5,5
Напіввагон чотиривісний із пошкодженим кузовом	1,8	5,5
Контейнеровоз	0,9	-
Критий чотиривісний із нормальним зносом	1,5	4,8
Критий чотиривісний із підвищеним обсягом робіт	3,0	-
Платформа чотиривісна з нормальним зносом	0,9	3,0
Платформа чотиривісна з підвищеним обсягом робіт	1,2	3,0
Платформа для перевезення автомобілів	3,0	-
Чотиривісна цистерна для перевезення нафтопродуктів	0,7	2,8
Чотиривісна цистерна для перевезення кислот	1,3	-
*Восьмивісна цистерна	1,7	-
*Ізотермічний вагон	2,0	-
Пасажирські вагони		
Жорсткий некупейний без редукторно-карданного привода (РКП)	10	-

Продовження табл. 2.5

1	2	3
Жорсткий некупейний із РКП і комбінованим опаленням	11	-
Жорсткий некупейний із РКП і електричним опаленням	12	-
Жорсткий купейний без РКП і радіокупе	9,5	-
Жорсткий купейний без РКП і з радіокупе	10	-
Жорсткий купейний із РКП і без радіокупе	11,0	-
Жорсткий купейний із РКП і радіокупе	11,5	-
Жорсткий купейний із РКП і без радіокупе та з електричним опаленням	12,0	-
М'який купейний без електричного опалення	9,0	-
М'який купейний з електричним опаленням	10,5	-
М'який купейний з електричним опаленням і кондиціонуванням повітря	12,0	-
*Багажний без генератора	6,5	-
Багажний із генератором	7,5	-
*Вагон-ресторан без кондиціонування повітря	21,0	-
*Вагон-ресторан із кондиціонуванням повітря	23,0	-
Контейнер масою брутто 20 т		1,5
Контейнер масою брутто 5 т		0,7
Контейнер масою брутто 3 т		0,6

Примітка. *Наведені вагони не експлуатують на мережі залізниць, однак застосовують для формування варіантів розрахункових робіт.

2.8. Показники ефективності роботи вагонного депо

Ефективність роботи вагонного депо визначена сукупністю техніко-економічних показників, які характеризують рівень використання виробничих ресурсів та організацію ремонтного процесу. Аналіз цих показників дає змогу оцінити результати діяльності депо, виявити резерви підвищення продуктивності праці та обґрунтувати напрями вдосконалення організації ремонту вагонів [50].

Одним із основних показників ефективності є продуктивність праці, яка характеризує обсяг виконаних ремонтних робіт у розрахунку на одного працівника або на одиницю витраченого робочого часу. Продуктивність праці визначають за формулою

$$W = \frac{N_в}{R}, \tag{2.6}$$

де $N_в$ – кількість відремонтованих приведених вагонів за період (рік).

R – середньооблікова чисельність ремонтного персоналу.

Важливим показником є коефіцієнт використання виробничої потужності, який показує ступінь завантаження депо та ефективність використання наявних виробничих можливостей. Його визначають за формулою

$$k_п = \frac{N_ф}{P}, \tag{2.7}$$

де $N_ф$ – фактичний обсяг ремонту, привед. ваг.

Для оцінювання організації ремонтного процесу застосовують показник середнього простою вагонів у ремонті, який безпосередньо

впливає на оборот рухомого складу. Зменшення простою свідчить про раціональну організацію робіт, узгодженість дій ремонтних дільниць і доцільний вибір форм і методів ремонту.

Додатково ефективність роботи депо можна оцінювати за показниками ритмічності виробництва, рівня механізації ремонтних процесів, якості виконання ремонту і дотримання встановлених нормативів трудомісткості. Сукупний аналіз цих показників дає змогу комплексно оцінити діяльність вагонного депо і визначити напрями підвищення його техніко-економічних показників.

Розглянуті в розділі питання допомагають сформувати цілісне уявлення про організацію ремонтного виробництва у вагонному депо. Форми і методи організації ремонту вагонів визначають послідовність виконання технологічних операцій, рівень спеціалізації робочих місць і характер взаємодії між ремонтними дільницями. Вибір раціональної форми організації виробництва і методу ремонту безпосередньо впливає на тривалість ремонтного циклу, продуктивність праці та якість виконання робіт.

Виробнича потужність вагонного депо є важливою узагальнюючою характеристикою його можливостей і визначена з урахуванням трудомісткості ремонту різних типів вагонів і коефіцієнтів приведення. Застосування приведених показників забезпечує коректне планування обсягів ремонтних робіт і раціональний розподіл виробничих ресурсів. Значну роль у підвищенні ефективності роботи депо відіграє скорочення простою вагонів у ремонті, чого досягають за рахунок удосконалення організації виробництва, механізації процесів і узгодженої роботи ремонтного персоналу.

Комплексне використання техніко-економічних показників дає змогу оцінювати рівень організації ремонтного виробництва, виявляти резерви підвищення його ефективності та обґрунтовувати напрями подальшого

розвитку вагонного господарства. Отримані положення створюють теоретичну основу для подальшого вивчення питань технології ремонту вагонів і організації роботи вагонних депо.

Організація ремонтного виробництва у вагонному депо є лише одним з елементів загальної системи технічного утримання вагонів. Ефективність цієї системи сформована під впливом широкого кола чинників, які охоплюють не лише виробничі процеси, а і конструктивні особливості вагонів, умови їх експлуатації, рівень технологічності технічного обслуговування та ремонту, а також організаційно-економічні зміни у вагонному господарстві.

У зв’язку з цим актуальним є комплексний підхід щодо оцінювання чинників, що впливають на функціонування системи технічного утримання вагонів. Такий підхід передбачає аналіз груп чинників, які визначають ефективність технічного обслуговування та ремонту вагонів, розгляд питань забезпечення технологічності ремонтних процесів на стадіях проєктування і виготовлення рухомого складу, а також дослідження умов підтримання надійності та безпеки вагонів у процесі експлуатації. На окрему увагу потребують напрями та наслідки реформування вагоноремонтної бази в сучасних умовах.

Контрольні запитання

1. Яке призначення вагонних депо в системі залізничного транспорту?
2. Які основні типи вагонних депо та їхні функціональні відмінності?
3. Чим зумовлена спеціалізація вагонних депо?
4. Які основні види робіт виконують у вагонних депо?
5. Які форми організації ремонту вагонів застосовують у депо?
6. У чому полягає сутність потокової форми ремонту?

7. Які переваги та недоліки стаціонарної форми ремонту?

8. Що таке потоково-предметна організація ремонту?

9. Які методи ремонту вагонів застосовують на практиці?

10. У чому полягає різниця між агрегатним і вузловим методом ремонту?

11. Що розуміють під виробничою потужністю вагонного депо?

12. Які чинники впливають на величину виробничої потужності?

13. Для чого застосовують коефіцієнти приведення?

14. Які показники використовують для оцінювання простою вагонів у ремонті?

15. Як організація ремонту впливає на тривалість простою вагонів?

16. Які основні показники ефективності роботи вагонного депо?

17. Як визначають продуктивність праці ремонтного персоналу?

18. Яку роль відіграє організація ремонту для гарантування безпеки руху?

19. Які чинники впливають на вибір форми організації ремонту?

20. Як структура вагонного парку впливає на організацію ремонту?

21. Яке значення має рівень механізації ремонтних процесів?

22. Які типові організаційні схеми ремонту застосовують у депо?

23. У чому полягають переваги комбінованих схем ремонту?

24. Які напрями реформування вагоноремонтної бази є найбільш актуальними?

25. Які можливі наслідки реформування вагоноремонтної інфраструктури?

26. Як удосконалення організації ремонту впливає на ефективність перевезень?

РОЗДІЛ 3
ОЦІНЮВАННЯ ЧИННИКІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА СИСТЕМУ ТЕХНІЧНОГО УТРИМАННЯ ВАГОНІВ

3.1. Визначення груп чинників, що впливають на технологію технічного обслуговування та ремонту вагонів

Ефективність функціонування системи технічного утримання вагонів безпосередньо залежить від комплексу чинників, що формують технічний, організаційний, інформаційний і людський потенціал цієї системи. В умовах зростання інтенсивності експлуатації рухомого складу та підвищення вимог щодо безпеки перевезень особливого значення набуває виявлення, аналіз і систематизація таких чинників. Їхній взаємозв'язок визначає якість ремонтних процесів, тривалість ЖЦ вагонів і рівень економічної ефективності всієї транспортної інфраструктури.

Тому першочерговим завданням є визначення основних груп чинників, які впливають на технологію ТОР вагонів, а також оцінювання їхнього впливу на результати експлуатації рухомого складу.

Важливим чинником для оцінювання технічного утримання вагонів є мінімізація сумарних витрат $B_{жц}$, які розраховують на весь ЖЦ вагона: виробництва B^{I}; експлуатації B^{II}; списання B^{III}.

$$B_{жц} = \sum_{N=1}^{3} B^{N} = B^{I} + B^{II} - B^{III} \ . \qquad (3.1)$$

У процесі старіння вагона відбувається поступове накопичення пошкоджень у його конструкції. За допомогою виконання ремонтів різного типу відбувається або повне їх усунення (через заміну деталей, що відмовили), або часткове, що призводить не тільки до уповільнення темпів

деградації конструкції, але і накопичення пошкоджень, що не усувають під час ремонтів. Отже, існуюча система технічного утримання вагонів є важливим інструментом організації управління ресурсом кожного вагона, його технічним станом. Для того щоб він був ефективним, необхідно мати можливість знаходити оптимальні параметри технічного утримання вагонів, а також початкові дані.

Система технічного утримання вагонів являє собою багатофакторну структуру, у якій ефективність функціонування залежить від взаємодії технічних, організаційних, людських та інформаційних чинників (рис. 3.1). Сукупність цих чинників визначає рівень надійності вагонів, тривалість їх експлуатації, якість ремонтних процесів і загальні витрати на ЖЦ вагона.



Рис. 3.1. Взаємозв’язок основних груп чинників, що впливають на ефективність технічного утримання вагонів

Визначальним критерієм ефективності системи технічного утримання є частка несправних вагонів Q, що відображає ступінь працездатності парку в певний момент часу. Зниження цього показника досягають через вплив на основні групи чинників, які формують технічну, економічну та організаційну основу системи.

Упорядкування (структуризацію) чинників, що впливають на цей показник, показано за допомогою так званої діаграми Каору Ісікави (Kaoru Ishikawa), зображеної на рис. 3.2, відповідно до положень японських промислових стандартів (JIS) і міжнародних стандартів (ISO) у сфері контролю якості [39-44].

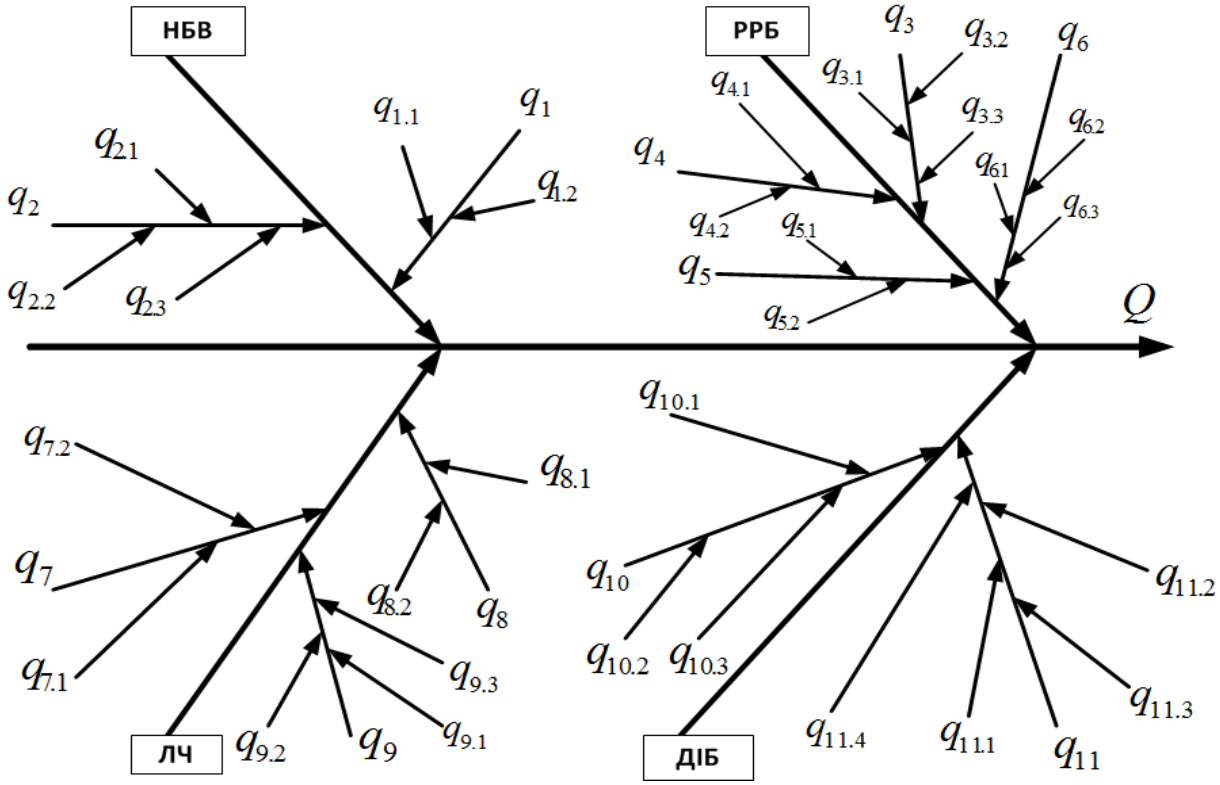


Рис. 3.2. Структуризація чинників, що впливають на технологію технічного утримання вагонів

Діаграма має назву «риб'ячий кістяк». Проблема, яку необхідно вирішити, позначена основною стрілкою, найбільш важливі чинники – великими боковими стрілками; чинники більш конкретного змісту – дрібними стрілками.

На підставі аналізу структурної діаграми К. Ісікави (рис. 3.2) усі чинники об'єднані в чотири групи (суперчинники):

– надійність і безпека вагонів (НБВ);

– рівень розвитку ремонтної бази (РРБ);

– людський чинник (ЛЧ);

– добротність інформаційної бази (ДІБ).

Надійність та безпека вагонів. Цей чинник є базовим і визначає можливість тривалої експлуатації вагонів без транспортних подій і зупинок. До його складових належать:

– технологічність конструкції вагонів – закладено на етапі проєктування, визначає зручність контролю і ремонту;

– використання сучасних матеріалів і вузлів підвищеної зносостійкості;

– впровадження систем діагностики технічного стану вузлів (відео-, вібро- та термоконтроль);

– дотримання нормативів технічної експлуатації.

Підвищення рівня надійності безпосередньо впливає на зниження частоти відмов і відчеплень вагонів, що, зокрема, скорочує простої та підвищує коефіцієнт готовності парку.

Рівень розвитку ремонтної бази. Ефективна ремонтна база – основа стабільності системи ТОР. Її рівень визначений технічним оснащенням, автоматизацією робіт, наявністю сучасних діагностичних засобів, організацією логістики запасних частин і системою планування ремонтів.

Основними напрямами розвитку ремонтної бази є:

– впровадження ресурсозберігаючих технологій і автоматизованих ліній ремонту;

– технічне переоснащення депо та вагоноремонтних заводів;

– розроблення і застосування нових стандартів контролю якості ремонтів;

– використання мобільних сервісних пунктів для оперативного усунення дефектів у процесі експлуатації.

Сучасна ремонтна база має бути перетворена з об’єкта періодичного ремонту на сервісно-діагностичну систему безперервного контролю стану рухомого складу.

Людський чинник. Людський чинник має вирішальний вплив на якість технічного обслуговування. Кваліфікація, досвід, відповідальність і мотивація персоналу безпосередньо впливають на безпечність експлуатації вагонів. Основними напрямами удосконалення цього чинника є:

– створення системи професійного навчання працівників технічних служб відповідно до європейських стандартів компетентності [45, 46];

– підвищення ролі мотиваційних програм, які заохочують якісне виконання робіт;

– впровадження цифрових тренажерів для відпрацювання технологічних процесів і ухвалення рішень у нестандартних ситуаціях;

– удосконалення системи контролю якості праці та зворотного зв’язку між персоналом і адміністрацією.

Розвиток людського потенціалу забезпечує стабільність роботи системи технічного утримання та сприяє формуванню корпоративної культури безпеки.

Добротність інформаційної бази. Інформаційна база – це ядро управління технічним станом вагонів. Вона має забезпечувати:

– оперативність отримання даних про технічний стан вагонів, їх місцеперебування, пробіг і результати обслуговування;

– точність і достовірність інформації про виконані ремонти, витрати матеріалів, запасні частини;

– доступність і інтеграцію даних між усіма рівнями управління – від депо до центрального апарату;

– аналітичну підтримку ухвалення рішень для прогнозування відмов і планування ремонтних впливів.

Висока якість інформаційної бази дає змогу реалізувати концепцію «цифрового двійника вагона», щоб у режимі реального часу відстежувати стан усіх вузлів і ухвалювати рішення про обслуговування.

Взаємозв'язок чинників і системний підхід. Для підвищення ефективності системи технічного утримання вагонів необхідно враховувати взаємозалежність чинників: покращення ремонтної бази без підготовки кадрів або без належної інформаційної підтримки не дасть очікуваного ефекту. Системний підхід передбачає комплексну оптимізацію всіх складових – технічних, людських, організаційних та інформаційних.

Використовуючи методи математичного моделювання і багатокритеріальної оптимізації, можна кількісно оцінювати вплив кожного чинника на загальну ефективність технічного утримання вагонів. На підставі таких оцінок формують управлінські рішення, спрямовані на підвищення надійності, зниження витрат і покращення показників безпеки руху.

Отже, систему технічного утримання вагонів потрібно розглядати як динамічну взаємодію множини чинників, де баланс між технічною, організаційною та інформаційною складовими визначає рівень ефективності всього вагонного господарства. Перехід до цифрових технологій управління, застосування систем моніторингу стану та підготовка висококваліфікованих кадрів є головними умовами її подальшого вдосконалення.

Усі наведені чинники діють упродовж усього ЖЦ вагона. Важливими етапами ЖЦ вагона є експлуатація, обслуговування та ремонт (технічне утримання), що вирішують питання підвищення надійності вагонів, управління тривалістю терміну їхньої служби та покращення якості транспортних послуг.

Для забезпечення управління ЖЦ вагона на етапі його технічного утримання необхідно створити інформаційну систему, щоб отримувати необхідні дані про технічний стан кожного вагона, обладнання, матеріалів

і запчастин, оцінювати вплив тих або інших чинників на якість виконання технології технічного утримання. Також слід встановити взаємозв'язок і взаємозалежність цих чинників.

У табл. 3.1 наведено аналіз впливу найбільш істотних зазначених чинників, що впливають на технічне утримання вагонів з урахуванням ЖЦ.

Усе це потребує системного підходу щодо удосконалення системи технічного утримання вагонів, оскільки покращення одних функцій може призвести до погіршення інших технічних характеристик.

Отже, важливим етапом формування ефективної системи технічного утримання вагонів є стадія їх проєктування та виготовлення, на якій закладено рівень технологічності конструкцій.

Таблиця 3.1

Чинники, які впливають на технічне утримання вагонів

Суперчинник	***Чинник I змісту (q_i)***	***Чинник II змісту (q_{ik})***
1	2	3
Надійність і безпека вагонів (НБВ)	Забезпечення технологічності технічного утримання вагонів на стадії їх виготовлення (q_1)	Генерування нових конструктивних рішень ($q_{1.1}$)
		Сучасні методи розрахунків ($q_{1.2}$)
	Підтримання надійності та безпеки вагонів на стадії їх експлуатації (q_2)	Модернізація конструкцій ($q_{2.1}$)
		Ремонт і технічне обслуговування вагонів ($q_{2.2}$)
		Дотримання правил експлуатації вагонів ($q_{2.3}$)

Продовження табл. 3.1

1	2	3
Рівень розвитку ремонтної бази (РРБ)	Розроблення нових технологій ремонту і технічного обслуговування (q_3)	Інформаційні та ресурсозберігаючі технології в системі ТОР вагонів ($q_{3.1}$)
		Удосконалення технологічних процесів ремонту і технічного обслуговування вагонів ($q_{3.2}$)
		Впровадження інноваційних матеріалів, обладнання та технологічних рішень у процес ремонту вагонів ($q_{3.3}$)
	Механізація і автоматизація робіт (q_4)	Технічна діагностика в експлуатації та під час ремонту вагонів ($q_{4.1}$)
		Рівень оснащеності підприємств засобами механізації та автоматизації ремонтно-обслуговуючих робіт ($q_{4.2}$)
	Матеріально-технічне спорядження підприємств із ТОР вагонів (q_5)	Науково-обґрунтовані норми витрат матеріалів і запчастин з урахуванням віку вагона ($q_{5.1}$)
		Фактична забезпеченість підприємств матеріалами, запасними частинами та комплектуючими ($q_{5.2}$)

Продовження табл. 3.1

1	2	3
	Модернізація ремонтного обладнання (q_6)	Технічне переозброєння підрозділів із ТОР вагонів ($q_{6.1}$)
		Оновлення та модернізація технологічного обладнання для виконання ремонтних операцій ($q_{6.2}$)
		Підвищення рівня автоматизації та енергоефективності ремонтного обладнання ($q_{6.3}$)
Людський чинник (ЛЧ)	Кваліфікація працівників (q_7)	Знання ($q_{7.1}$)
		Досвід ($q_{7.2}$)
	Мотивація трудової діяльності (q_8)	Матеріальні стимули ($q_{8.1}$)
		Моральні стимули ($q_{8.2}$)
	Психофізіологічні якості особистості працівника (q_9)	Стійкість уваги працівника відносно його втоми ($q_{9.1}$)
		Спроможність до оперативного ухвалення рішень ($q_{9.2}$)
		Консерватизм, нездатність змінювати технологію роботи ($q_{9.3}$)

Продовження табл. 3.1

1	2	3
Добротність інформаційної бази (ДІБ)	Джерела первинної інформації (q_{10})	Облікові форми типу ВУ ($q_{10.1}$)
		Моделі функціонування об’єктів ($q_{10.2}$)
		Інші джерела інформації ($q_{10.3}$)
	Якість інформації (q_{11})	Оперативність ($q_{11.1}$)
		Точність і достовірність ($q_{11.2}$)
		Доступність ($q_{11.3}$)
		Повнота інформації ($q_{11.4}$)

3.2. Забезпечення технологічності технічного утримання вагонів на стадії їх проєктування та виготовлення

Найбільш ефективний шлях вирішення завдання забезпечення надійності та працездатності вагонів є покращення таких якостей вагонних конструкцій, як контролепридатність, доступність, легкозйомність і роздільність, які сукупно відображають таку якість надійності, як технологічність. За допомогою цієї якості відбувається зв’язок конструкції вагона з параметрами існуючої інфраструктури вагонного сектору АТ «Укрзалізниця». Вказані якості вагонних конструкцій необхідно закладати на етапі їх проєктування.

Під час створення нових конструкцій вагонів потрібно передбачити такі умови:

– конструкція вагона має бути контролепридатною і забезпечувати проведення дискретного або безперервного контролю параметрів технічного стану;

– конструкція систем і вузлів вагона повинна мати високий рівень експлуатаційної технологічності;

– визначити параметри і режими діагностування, їхні граничні рівні і періодичність;

– розробити ефективні методи і засоби діагностики, методи збору й обробки статистичної інформації про технічний стан із застосуванням ЕОМ;

– установити періодичність і обсяг контролю технічного стану вагона в цілому.

Вимоги щодо конструкції вагонів з удосконалення технології технічного утримання вагонів: мінімізувати кількість і уніфікувати типи вузлів і деталей, що застосовують; забезпечити легкий доступ до нарізних сполучень, що потребують перевірки затягування болтів; скоротити кількість типорозмірів кріпильних деталей; уніфікувати розміри під ключ головок болтів і гайок; забезпечити установлення вбудованих датчиків і вивідних пристроїв для вимірювання контролюючих параметрів для технічного утримання без демонтажу з вагона; уніфікувати з'єднувальні місця для приєднання до вагона контрольно-вимірювальної апаратури тощо. Конструктивне виконання і розміщення систем і устаткування на вагонах потрібно виконувати з урахуванням забезпечення доступності, легкозйомності та взаємозамінності.

Основні вимоги експлуатаційної технологічності (швидкий пошук несправностей, заміна вузлів і агрегатів, перевірка працездатності тощо) потрібно пов'язувати з параметричним резервуванням за основними параметрами і пристосованістю до усунення несправностей, що виникають «не в цю ж хвилину».

Технологічність технічного утримання вагонів визначена здатністю конструкції рухомого складу, а також організації обслуговування забезпечувати ефективне виконання ремонтних і діагностичних робіт із мінімальними трудовими, часовими та матеріальними витратами. Висока технологічність передбачає, що всі операції – від виявлення несправностей до відновлення працездатності – виконують швидко, без зняття зайвих

агрегатів, із використанням стандартного інструменту і типових технологічних процесів.

У сучасних умовах вагонобудування та ремонту вагонів технологічність визначають трьома взаємопов’язаними аспектами:

– конструктивна технологічність вагонів, тобто зручність доступу до вузлів і агрегатів, можливість їх демонтажу без розбирання великих конструкцій, застосування уніфікованих кріплень і стандартизованих деталей;

– виробнича технологічність ремонтної бази, що характеризує рівень оснащення депо, наявність механізованих стендів, діагностичних систем, засобів контролю якості;

– організаційна технологічність процесу, яка охоплює раціональність планування робіт, послідовність операцій, використання автоматизованих систем управління технологічним процесом.

Рівень технологічності вагонів значною мірою впливає на трудомісткість ремонтів. Так, за результатами досліджень, під час застосування вузлів модульного типу (підшипникових букс, автозчепів, гальмових циліндрів) трудові витрати скорочуються на 20-25 %, а час простої вагонів у ремонті – на 15-18 %. Це підтверджує необхідність переходу до модульного принципу конструкції вагонів, який широко застосований на залізницях Німеччини, Швеції та Китаю.

Підвищення технологічності можливе також завдяки впровадженню цифрових технологій управління виробничими процесами – автоматизованих систем управління технічним обслуговуванням (АСУ ТОР), що дають змогу оптимізувати послідовність ремонтних операцій, вести облік ресурсів і формувати електронні звіти.

Основними напрямами удосконалення технологічності є:

– стандартизація конструкцій вузлів і з’єднань;

– широке використання швидкорознімних з’єднань та елементів уніфікації;

– впровадження роботизованих діагностичних постів і механізмів автоматичного контролю;

– створення інформаційних систем підтримки технологічних процесів на рівні депо.

Підвищення технологічності технічного утримання вагонів створює передумови для переходу на сучасний рівень технічного сервісу, що поєднує надійність, економічність і зручність експлуатації (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Основні показники технологічності технічного утримання вагонів

Показник технологічності	Характеристика	Вплив на ефективність, %
1	2	3
Модульність конструкції вузлів	Можливість швидкої заміни без повного розбирання	20-25
Ступінь стандартизації деталей	Уніфікація кріплень і з’єднань	10-12
Рівень механізації робіт	Використання автоматизованих стендів, підйомних, транспортних і підйомно-транспортних засобів	15-18
Доступність вузлів до огляду	Впливає на швидкість діагностики	8-10
Автоматизація планування робіт	Використання АСУ ТОР	10-15

Однак навіть високий рівень технологічності конструкцій не гарантує надійності вагонів без належної організації технічного утримання в процесі їх експлуатації.

3.3. Підтримання надійності та безпеки вагонів на стадії експлуатації

Під час аналізу надійності та безпеки вагонів у процесі експлуатації використано усереднені статистичні дані, зібрані за тривалий період спостережень. Такий підхід дає змогу нівелювати вплив випадкових і короткочасних чинників і забезпечити репрезентативність отриманих результатів. Побудовані на цій основі гістограми та аналітичні залежності відображають стійкі закономірності розподілу несправностей між основними вузлами вагонів. Використання усереднених даних забезпечує обґрунтованість висновків про пріоритетні напрями технічного утримання рухомого складу.

Забезпечення технологічності конструкцій вагонів на стадії проєктування та виготовлення формує лише потенційну основу для їхньої подальшої надійності. У реальних умовах експлуатації працездатність вагонів визначена не лише якістю конструкції, а й ефективністю системи технічного утримання. Саме під час експлуатації на рухомий склад впливають динамічні навантаження, кліматичні умови, зношування вузлів і агрегатів, що призводить до поступового зниження технічного ресурсу.

Тому надзвичайно важливим є постійне підтримання надійності та безпеки вагонів через своєчасне технічне обслуговування, діагностування та модернізацію основних систем. Раціональна організація цих процесів дає змогу зменшити кількість відмов, підвищити рівень безпеки руху та забезпечити стабільність функціонування вагонного парку. У сучасних умовах особливої актуальності набуває впровадження стратегічного підходу щодо технічного утримання вагонів, що базовано на оптимальному використанні ресурсів і даних експлуатаційного моніторингу. Це дає змогу не лише продовжити термін служби вагонів, але і знизити витрати на ремонт і підвищити ефективність усієї транспортної системи.

Відомо, що до 40 % усіх порушень безпеки руху припадає на вагонне та колійне господарства. При цьому за кількістю браку в роботі вагонного комплексу він займає одне з провідних місць. За даними АТ «Укрзалізниця», значна частина випадків браку на мережі залізниць пов'язана з діяльністю вагонного комплексу, а схід рухомого складу в поїздах часто трапляється через технічні несправності вагонів.

Наведена на рис. 3.3 структура допомагає проаналізувати технічні причини транспортних подій, пов'язаних із несправностями основних вузлів вантажних вагонів.

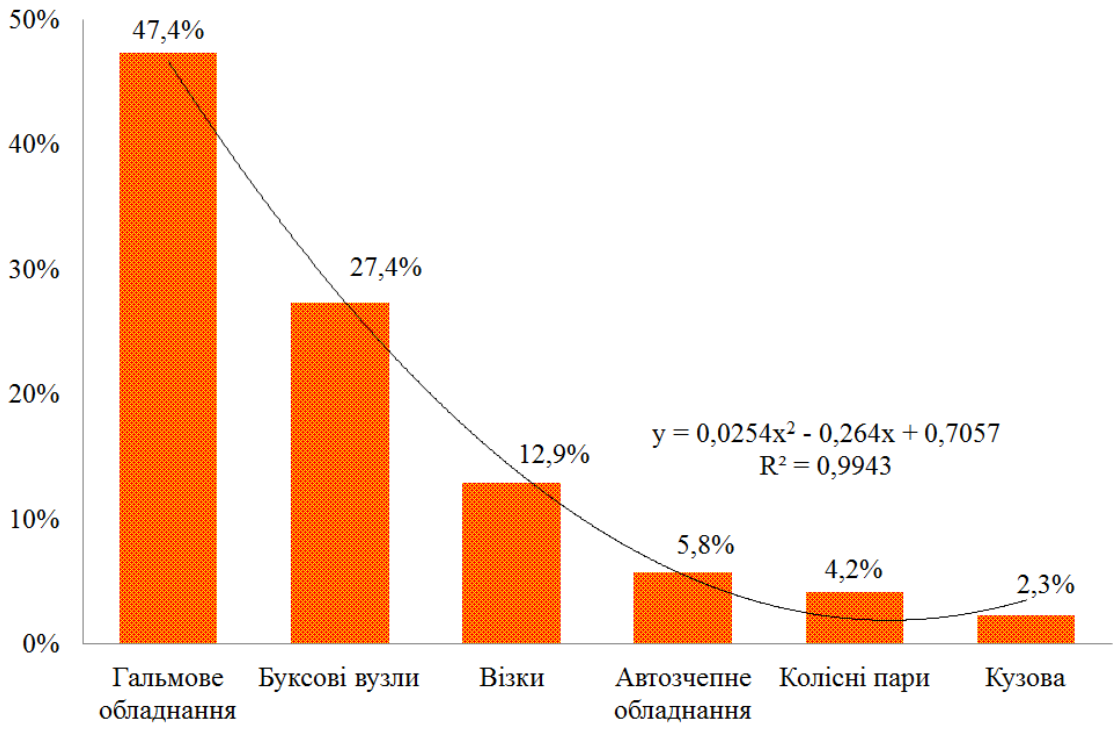


Рис. 3.3. Гістограма несправностей основних вузлів вантажних вагонів

Гістограма на рис. 3.3 відображає структурний розподіл причин виникнення транспортних подій, зумовлених технічними несправностями основних вузлів вантажних вагонів. Отримані статистичні дані свідчать про істотну нерівномірність цього розподілу, що вказує на наявність системоутворюючих елементів, які визначають загальний рівень експлуатаційної надійності рухомого складу.

Найбільшу частку транспортних подій формують несправності гальмового обладнання – 47,4 %. Це означає, що майже кожен другий зафіксований інцидент пов’язаний із порушенням працездатності гальмової системи, яка безпосередньо відповідає за гарантування безпеки руху. Висока частка таких відмов зумовлена як складністю конструкції гальмового обладнання, так і значними змінними навантаженнями, що виникають у процесі експлуатації вагонів.

Другою за значущістю групою є відмови буксових вузлів, на які припадає 27,4 % транспортних подій. Цей вузол виконує головну функцію в забезпеченні обертання колісних пар і сприйнятті динамічних навантажень, тому його технічний стан суттєво впливає на безпеку руху. Несправності візків, частка яких становить 12,9 %, також відіграють помітну роль у формуванні загальної кількості транспортних подій, оскільки візок є базовим елементом ходової частини вагона і визначає стабільність руху та взаємодію з колією.

Отже, сукупна частка гальмового обладнання, буксових вузлів і візків перевищує 87 %, що дає змогу розглядати ці елементи як критичні з погляду виникнення транспортних подій. Інші вузли – автозчепне обладнання (5,8 %), колісні пари (4,2 %) і кузов (2,3 %) – формують відносно невелику частку загальної кількості відмов, однак їхній вплив не можна вважати неістотним, оскільки вони також можуть бути джерелом потенційно небезпечних ситуацій.

Для кількісного опису закономірності зменшення частки несправностей залежно від типу вузла використано поліноміальну апроксимацію другого порядку

$$y = 0{,}0254x^2 - 0{,}264x + 0{,}7057, \qquad (3.2)$$

де x – порядковий номер групи вузлів у гістограмі;

y – відповідна частка транспортних подій.

Поліном другого порядку допомагає відобразити загальну тенденцію зміни частки транспортних подій серед різних вузлів без надмірного ускладнення моделі. Коефіцієнти полінома характеризують нерівномірність розподілу відмов: значення для старших степенів *x* вказують на концентрацію основної частки транспортних подій у невеликій кількості найбільш навантажених і конструктивно складних вузлів.

Такий підхід демонструє, що для підвищення надійності рухомого складу доцільно пріоритетно спрямовувати заходи ТОР на вузли, які формують найбільший внесок у рівень транспортних подій.

Високе значення коефіцієнта детермінації $R^2 = 0{,}9943$, що наведено на графіку, свідчить про добру узгодженість аналітичної моделі з експериментальними даними та дає змогу використовувати цю залежність для аналітичного оцінювання структури експлуатаційних відмов.

Нелінійний спадний характер отриманої кривої вказує на структурну асиметрію в розподілі експлуатаційних ризиків: основна маса транспортних подій зосереджена в невеликій кількості найбільш навантажених і функціонально складних вузлів, тоді як інші елементи мають істотно менший внесок у загальний рівень несправностей.

Загалом наведена гістограма разом із її аналітичною апроксимацією дає змогу кількісно оцінити вплив окремих вузлів у формування транспортних подій і створює об’єктивну основу для визначення пріоритетів у системі ТОР вантажних вагонів.

Запропонований на рис. 3.4 розподіл відображає структуру технічних причин транспортних подій, пов’язаних із несправностями основних вузлів вантажних вагонів.

Аналіз несправностей пасажирських вагонів подано в зіставленні з вантажними вагонами для виявлення відмінностей у структурі експлуатаційних відмов.

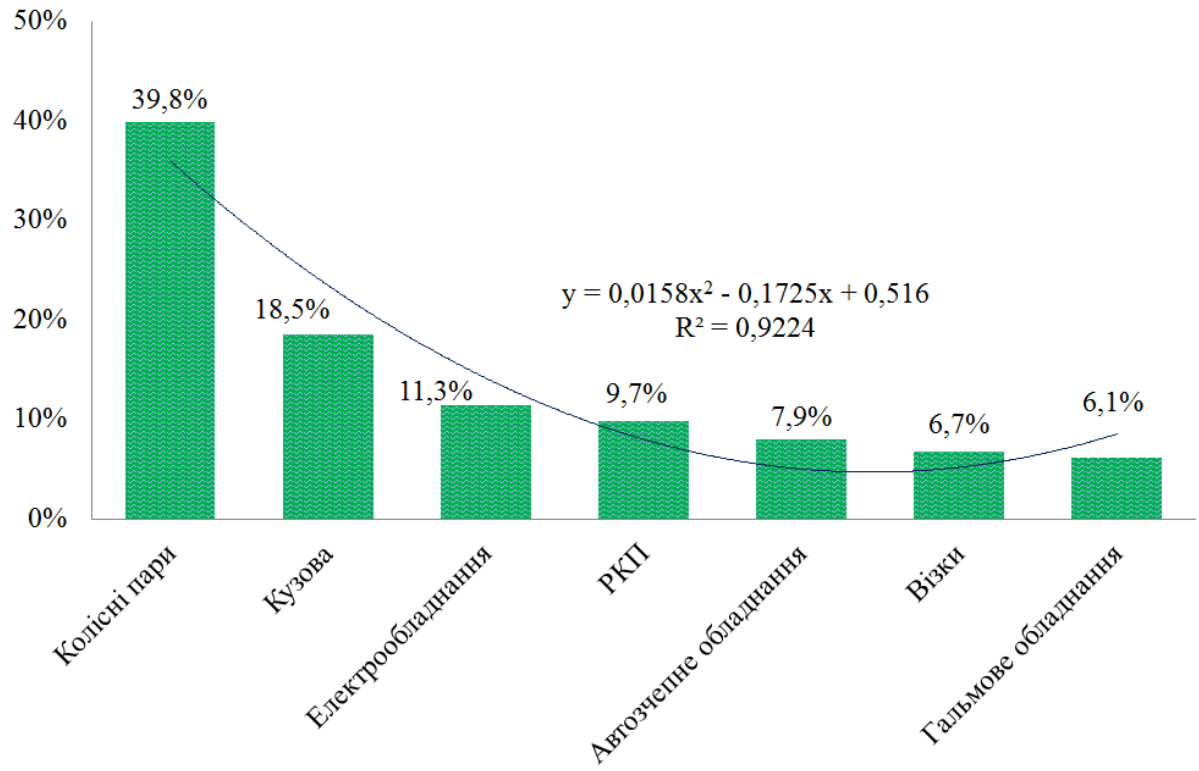


Рис. 3.4. Гістограма несправностей і відмов основних вузлів пасажирських вагонів

Гістограма на рис. 3.4 відображає розподіл середніх значень несправностей і відмов основних вузлів пасажирських вагонів. Отримані результати демонструють суттєву відмінність структури транспортних подій порівняно з вантажними вагонами, що зумовлено як особливостями конструкції, так і специфікою умов експлуатації пасажирського рухомого складу.

Найбільшу частку відмов формують колісні пари, на які припадає близько 37,8 % усіх зафіксованих несправностей. Це свідчить про їхню високу експлуатаційну навантаженість і чутливість до динамічних впливів і зношування, особливо в умовах підвищених швидкостей руху. Друге місце (18,5 %) - несправності кузова, що пов’язано з накопиченням втомних пошкоджень і впливом вібраційних і кліматичних чинників протягом тривалого терміну експлуатації.

Помітну частку складають також відмови електрообладнання (11,3 %), що відображає високу складність електричних систем пасажирських вагонів і їхню чутливість до умов експлуатації. Несправності редукторно-карданних приводів (РКП), частка яких становить 9,7 %, обумовлені значними змінними навантаженнями, що передаються під час руху, а також зношуванням механічних елементів. Меншу, але статистично значущу частку формують несправності автозчепного обладнання (7,9 %), візків (6,7 %) і гальмового обладнання (6,1 %), які разом становлять близько 20 % загальної кількості відмов.

Для кількісного опису закономірності розподілу часток несправностей між окремими вузлами використано поліноміальну апроксимацію другого порядку

$$y = 0{,}0158x^2 - 0{,}1725x + 0{,}516. \quad (3.3)$$

Коефіцієнти полінома характеризують нерівномірність розподілу відмов між вузлами пасажирських вагонів і відображають домінування окремих елементів у формуванні загального рівня несправностей. Порівняно нижчий порядок полінома свідчить про менш виражену асиметрію розподілу відмов, що обумовлено конструктивними особливостями та іншими умовами експлуатації пасажирського рухомого складу.

Значення коефіцієнта детермінації $R^2 = 0{,}9224$ свідчить про достатньо високу відповідність апроксимуючої кривої експериментальним даним, що підтверджує адекватність вибраної аналітичної моделі.

Нелінійний спадний характер отриманої залежності вказує на наявність структурної асиметрії в розподілі експлуатаційних ризиків: невелика кількість вузлів, насамперед колісні пари та кузов, концентрує основну частину відмов, тоді як інші елементи мають істотно менший, але не нульовий внесок у загальний рівень несправностей.

Отже, наведена гістограма разом із її аналітичною апроксимацією дає змогу кількісно охарактеризувати структуру надійності пасажирських вагонів і створює обґрунтовану основу для визначення пріоритетних напрямів підвищення їхньої експлуатаційної надійності.

Причини, що виникають унаслідок відмов, усувають в основному на етапі проєктування, конструювання та виготовлення вагона.

Будь-які заходи, що направлені на усунення всіх перелічених причин для своєї реалізації потребують визначених ресурсів – матеріальних, трудових, фінансових і витрат часу.

Стратегія технічного утримання вагона багато в чому визначена прийнятими режимами ТОР. Стратегія технічного утримання являє собою систему правил управління технічним станом у процесі ТОР [2, 3, 47, 48].

Основним принципом стратегії можна вважати забезпечення економічності технічного утримання через застосування оптимальних технологій технічного утримання за рахунок найбільш повного використання працездатності кожної деталі, розуміючи стратегію експлуатації до напрацювання (терміну служби); відмови; передвідмовного стану.

Очевидно, що окремі вузли і агрегати вагонів можна експлуатувати, обслуговувати і ремонтувати зазвичай тільки за однією із зазначених стратегій: для функціональних систем і вагонів у цілому найбільш імовірне застосування всіх зазначених стратегій або змішаної стратегії.

Зважаючи на такий підхід, у багатьох наукових підрозділах виконують роботи, що передбачають на підставі експлуатаційної інформації розроблення варіантів раціонального регламенту технології технічного утримання вагонів. Повний обсяг контрольно-діагностичних операцій передбачено виконувати під час підготовки вагонів до експлуатації в умовах вагонних депо. Потрібно також розроблення технічних вимог на оснащення вагонних депо системами діагностування.

Реалізація зазначених заходів із підтримання надійності та безпеки вагонів можлива лише за умови наявності розвиненої і технологічно оснащеної ремонтної бази вагонного комплексу.

3.4. Рівень розвитку ремонтної бази вагонного комплексу

Завданнями підрозділів щодо ТОР у сучасних умовах є утримання вагонів у працездатному стані, виконання встановленого плану ремонту вагонів, раціональне використання технічних засобів, які наявні для досягнення найбільшої ефективності роботи підприємств.

Мінімальною організаційною структурною одиницею, що зберігає всі основні властивості та функції системи технічного утримання вагонів і цілому, є вагонне депо.

Ефективність ремонтної бази вагонного комплексу на сьогодні оцінюють:

– відсутністю рекламацій від підприємств, що експлуатують вагони;

– тривалістю загального часу виключення вагонів з експлуатації в деповський ремонт;

– тривалістю безпосереднього ремонту вагонів;

– середньодобовим залишком несправних вагонів;

– собівартістю ремонту вагонів;

– продуктивністю праці ремонтних бригад деповського ремонту вагонів;

– ритмічністю випуску вагонів із ремонту.

Коливання перерахованих показників складає до 40 % середньомережевих значень.

На сьогодні підрозділи з технічного утримання вагонів в основному виконують покладені на них функції. Проте стан виробничо-технічної бази і технологічний рівень підприємств вагонного комплексу за багатьма

параметрами не відповідає зростаючим потребам залізничної галузі та європейським стандартам якості ТОР вагонів, що найближчим часом може стати перешкодою для подальшого соціально-економічного розвитку АТ «Укрзалізниця».

До проблем, які слід розв'язати для забезпечення подальшого розвитку вагонного комплексу, також належать:

– невідповідність його організаційної структури умовам розвитку ринкової економіки країни;

– прогресуюче старіння основних фондів (загальний ступінь зносу основних фондів становить понад 56 %, у тому числі рухомого складу – 68 %,) у результаті обмежує швидкість руху поїздів, створює реальну загрозу безпеці руху на залізничному транспорті, виникнення техногенних катастроф;

– недостатній рівень стимулювання інноваційного розвитку вагонного комплексу та потреба в удосконаленні нормативно-правових механізмів залучення інвестицій.

Тому існує потреба розробити наукові основи підвищення технічного рівня виробничо-технічної бази вагонного комплексу в сучасних економічних умовах. Необхідне встановлення науково-обґрунтованих принципів і напрямів концентрації та спеціалізації підприємств вагонного комплексу, а також вплив цих напрямів на ефективність роботи галузі.

Організаційна структура системи технічного утримання вагонів – це сукупність підрозділів, функцій, зв'язків і рівнів управління, які забезпечують реалізацію всіх процесів ТОР. Її ефективність визначена раціональністю розподілу повноважень, взаємодією між ланками управління і ступенем централізації.

Однак традиційна структура має низку недоліків: надмірну централізацію управління, дублювання функцій контролю, повільну реакцію на зміни технічного стану вагонів і слабку інформаційну

взаємодію між рівнями. Тому важливим напрямом є модернізація організаційної структури на підставі принципів децентралізації та цифровізації.

Оптимальна модель передбачає:

– створення єдиної цифрової платформи управління технічним станом вагонів, яка поєднує дані з усіх депо в реальному часі;

– делегування частини управлінських повноважень на рівень депо для оперативного ухвалення рішень;

– інтеграцію функцій контролю якості в систему АСУ ТОР;

– запровадження матричної структури управління, де кожен рівень виконує не лише вертикальні, а і горизонтальні координаційні функції.

Розвиток такої структури дасть змогу забезпечити гнучке управління технічним обслуговуванням вагонів, скоротити час ухвалення рішень, підвищити відповідальність підрозділів і створити умови для інтеграції української системи ТОР у європейські стандарти управління активами [49].

Отже, формування сучасної організаційної структури системи технічного утримання вагонів має спиратися на принципи прозорості, цифрової взаємодії, технологічної гнучкості та орієнтації на результат – підвищення надійності та безпеки рухомого складу.

Ефективність функціонування ремонтної бази переважно визначена якістю інформаційного забезпечення, що лежить в основі управління процесами технічного утримання вагонів.

3.5. Інформаційна база технології технічного утримання вагонів

Інформація про надійність і працездатність вагонів потрібна для управління та організації технічного утримання вагонів і ефективної роботи інших підрозділів.

Традиційно управління технічним утриманням вагонів базовано на так званому ручному збиранні та обробці даних з експлуатації вагонів. Для цього на залізницях ще в 1930-х роках була створена чітка система протоколювання виявлених змін у технічному стані вагонів та інших подій у вигляді облікових форм. Тим самим було налагоджено виробництво первинної інформації про зміни технічного стану кожного вагона, роботу кожного підприємства вагонного комплексу тощо. У порядку збирання та обробки первинної інформації вже в той час були закладені «паростки» сучасних інформаційних технологій.

Однак через те, що не існувало технічних засобів постійного та своєчасного транспортування (по горизонталі та вертикалі) великих масивів експлуатаційної інформації її користувачам, зібрані дані використовували обмежено. Разом із тим ця інформація мала велику дисциплінарну роль, оскільки за допомогою облікових форм легко знайти винуватця браку в роботі.

Існує наявна потреба у використанні декількох варіантів отримання первинної інформації, у тому числі тих, які були б більш оперативними та орієнтованими на відповідне технічне утримання вагонів.

Планують деповський ремонт зазвичай на підставі обліку затримок виконання робіт змінного плану випуску вагонів. Факти випередження робіт не аналізують. Контроль робіт орієнтований переважно на виконання останніх стадій деповського ремонту вагонів (підготовка до здачі і здача вагонів приймальнику), а також забезпечення комплектуючими виробами робіт, пов’язаних із підніманням вагонів (ходові частини, автогальма та ін.).

Виключення вагонів з інвентарного парку вже тривалий час не компенсовано поставкою нових вагонів. Певні резерви вагонів, необхідні для стабільної організації перевезень, якими володіли регіональні філії (залізниці) АТ «Укрзалізниця», на сьогодні практично вичерпані.

Критична кількість вагонів змушує з найважливіших проблем залізничного транспорту виокремлювати завдання більш ефективного використання існуючого парку вагонів.

Необхідно оперативно відстежувати знаходження, використання, технічний стан кожного вагона, а також технологічні процеси ремонту, технічного обслуговування, наявність матеріальних і трудових ресурсів, що забезпечують достатній рівень відновлення і утримання парку вагонів.

Обсяг технічного обслуговування залежить від розміру експлуатаційного парку, періоду року і визначений чинною системою планово-попереджувального ремонту вагонів. Перехід на планування ремонту вагонів залежно від пробігу принципово змінив підходи щодо контролю використання вагонів і відстеження їх місцезнаходження [2].

Усі питання управління технологічними процесами експлуатації і ремонту парку вагонів реалізовані в окремих підсистемах АСУ В (для вантажних вагонів) і АСУ ЕРПВ (для пасажирських вагонів). Ці підсистеми забезпечують оптимальне використання і утримання вагонів на підставі застосування нових інформаційних технологій, ведуть в електронному вигляді весь документообіг, що супроводжує виконання операцій із вагонами. У результаті цього накопичується інформаційна база даних усього ЖЦ кожного вагона. Процес створення і ведення інформаційної бази включає етапи збору, введення, корегування і передавання даних, а також способи захисту і відновлення у випадках руйнівних дій.

Автоматизовані системи управління експлуатацією, ТОР вагонів сприяють переходу на більш якісний рівень управління обробкою поїздів, експлуатацією і ремонтом вагонів, підвищення ефективності використання матеріальних і трудових ресурсів.

Отже, впровадження призведе до зниження собівартості вантажних і пасажирських перевезень із гарантуванням достатньо високого рівня безпеки руху поїздів.

Подальший розвиток АСУ доцільно здійснювати як розширенням переліку автоматизованих функцій, так і залученням нових підрозділів вагонного комплексу. Для підвищення якості ремонтів вагонів необхідне використання інформаційно-вимірювальних комплексів для метрологічного забезпечення технологічних операцій із подальшою фіксацією даних в АСУ.

Необхідна інтеграція АСУ із системою діагностики вузлів життєзабезпечення і деталей вагона та системою автоматичної ідентифікації рухомого складу АТ «Укрзалізниця» (САІРС-УЗ) для швидкого інформування і усунення випадків несправностей і браку в поїзній і маневровій роботі.

Комплекс АСУ доцільно встановити на всіх вагоноремонтних і вагонобудівних заводах для забезпечення інтерактивного обміну даними з лінійними підприємствами про виконані ремонти, випуск нових моделей вагонів, а також плани ремонту на поточний рік і на перспективу. Лише за умови об’єднання всіх об’єктів, що беруть участь у процесі управління парком вагонів, у єдиний інформаційний комплекс з’являється змога впровадити і використати сучасні інтелектуальні інформаційні технології, які забезпечують високий рівень підтримки ухвалення ефективних рішень у різних напрямах технічного утримання вагонів у масштабах усієї мережі АТ «Укрзалізниця».

Отже, ефективність системи технічного утримання вагонів визначена узгодженою дією конструктивних, експлуатаційних, організаційних та інформаційних чинників, оптимізація яких є необхідною передумовою підвищення надійності та безпеки руху.

Результати оцінювання чинників, що впливають на функціонування системи технічного утримання вагонів, свідчать про необхідність комплексного підходу щодо її подальшого розвитку. Виявлені залежності між умовами експлуатації, технічним станом рухомого складу та

організацією ремонтних процесів створюють умови для обґрунтування напрямів удосконалення системи технічного обслуговування і ремонту вагонів. Це зумовлює перехід від аналітичного оцінювання чинників до формування та вдосконалення системи технічного обслуговування вагонів, що розглянуто в наступному розділі.

Контрольні запитання

1. Що являє собою система технічного утримання вагонів?
2. Скільки груп є суперчинників?
3. Що являє собою діаграма К. Ісікави?
4. Що таке життєвий цикл вагона і що він забезпечує?
5. Назвіть чинники I та II змісту, що входять до суперчинників надійності та безпеки вагонів.
6. Назвіть чинники I та II змісту, що входять до суперчинників рівня розвитку ремонтної бази.
7. Назвіть чинники I та II змісту, що входять до суперчинників людських чинників.
8. Назвіть чинники I та II змісту, що входять до суперчинників добротності інформаційної бази.
9. Які умови мають бути передбачені для створення нових конструкцій вагонів?
10. Назвіть вимоги щодо конструкцій вагонів з удосконалення технології технічного утримання.
11. Яка частка транспортних подій припадає на вагонне господарство та які вузли найчастіше є причиною відмов?
12. Які основні типи несправностей характерні для вантажних і пасажирських вагонів?

13. Які основні напрями підвищення надійності вагонів у процесі експлуатації?

14. Які ресурси необхідні для реалізації заходів, спрямованих на усунення причин відмов вагонів?

15. У чому полягають головні принципи організації системи технічного утримання вагонів під час експлуатації?

16. Що таке стратегія технічного утримання?

17. Чим оцінюють ефект ремонтної бази вагонного комплексу?

18. Які основні принципи економічності закладено в стратегію технічного утримання вагонів?

19. Які варіанти стратегій експлуатації можна застосовувати для різних вузлів і агрегатів вагонів?

20. Яку роль відіграє експлуатаційна інформація для розроблення раціонального регламенту технології технічного утримання?

21. Для чого передбачено виконання контрольно-діагностичних операцій для підготовки вагонів до експлуатації?

22. Які технічні вимоги необхідно розробити для оснащення вагонних депо системами діагностування?

23. Які проблеми потрібно розв’язати для забезпечення подальшого розвитку вагонного комплексу?

24. Для чого потрібна інформаційна база технічного утримання вагонів?

25. Що вирішують підсистеми АСУ для технічного утримання вагонів?

26. Як змінюється структура експлуатаційних відмов вагонів залежно від типу рухомого складу?

27. Які вузли доцільно вважати пріоритетними для впровадження систем діагностики і чому?

РОЗДІЛ 4
ФОРМУВАННЯ І ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ВАГОНІВ

4.1. Обґрунтування періодичності технічного обслуговування вагонів

Формування системи технічного обслуговування вантажних вагонів є одним із головних чинників гарантування безпеки руху та надійності експлуатації рухомого складу. У розділі розглянуто принципи обґрунтування періодичності технічного обслуговування, введено поняття гарантійної дільниці та наведено методи кількісного оцінювання безвідмовності вагонів. Запропоновані математичні моделі допомагають оцінювати вплив параметрів експлуатації на ймовірність відмов і використовувані для ухвалення обґрунтованих рішень у системі ТОР [50].

Періодичність технічного обслуговування вантажних вагонів визначена двома основними чинниками:

– оборотом, тобто часом повного циклу роботи від навантаження до навантаження;

– допустимою величиною пробігу завантажених і порожніх вагонів з умови гарантування безпеки руху між технічним обслуговуванням.

Оборот вагона в середньому по мережі залізниць завжди становив більше п’яти діб, а для окремих вагонів у кілька разів більше. За час обороту випрацьовується технічний ресурс, можливі пошкодження з навантаженням, розвантаженням і маневровою роботою. Під навантаження має бути поданий справний вагон, який забезпечує збереженість вантажу та безпеку руху за час обороту (рис. 4.1).

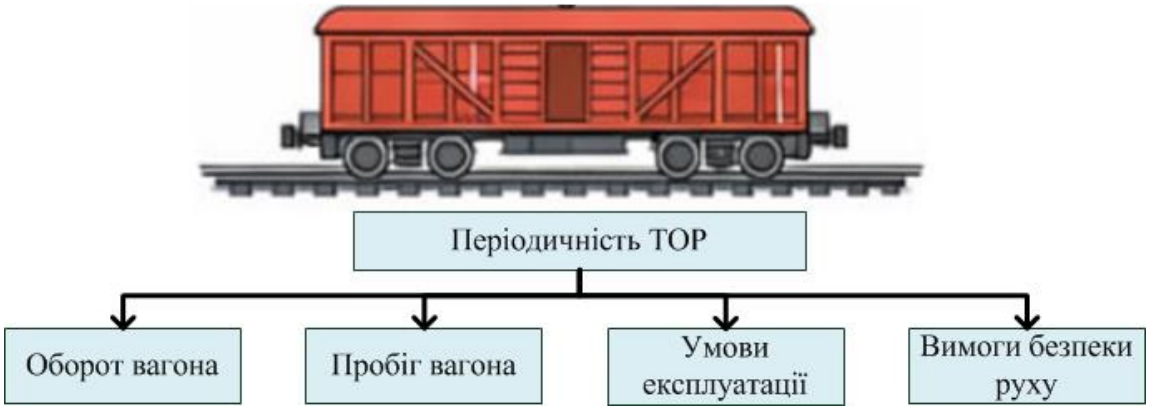


Рис. 4.1. Основні чинники, що визначають періодичність технічного обслуговування вантажних вагонів

Доцільно організувати технічне обслуговування вагонів перед навантаженням, для підготовки їх до перевезень. Однак велика кількість станцій мають незначні обсяги навантаження, іноді поодинокі вагони. Тому виникає проблема розміщення пунктів підготовки вагонів (ППВ) до перевезень. Цю проблему розв'язують економічними розрахунками. На станціях масового навантаження розміщують пункти підготовки, де готують вагони для станцій навантаження. Перед вантажним районом, що включає безліч вантажних станцій із невеликими обсягами навантаження, розміщують пункт підготовки, де готують вагони для всього вантажного району. Підготовлені вагони транспортують до станцій, дільниць – навантажувального району – дільничними збірними та передавальними поїздами [2, 50].

Процес підготовки пасажирських вагонів у рейс поєднують з екіпіруванням вагонів, тобто забезпеченням пальним, водою і всім необхідним для обслуговування пасажирів. Для пасажирських вагонів потрібно так зване сезонне обслуговування, тобто підготовка вагона до роботи в зимових або літніх умовах. Для такого обслуговування передбачають відповідні роботи з опалювальною системою, вентиляцією, вікнами, акумуляторними батареями [3].

Унаслідок великої інтенсивності експлуатації пасажирських вагонів і високих вимог щодо гарантування безпеки руху і безпеки пасажирів передбачено профілактичне обслуговування через пів року після деповського ремонту – ЄТР. У процесі цієї ревізії перевіряють за спеціальними правилами всі відповідальні частини вагона: візки, колісні пари, гальма, автозчеп, електрообладнання – виконують проміжну ревізію букс, приводів електрогенераторів, стан ізоляції електроприводів вагонів з електроопаленням.

У процесі технічного обслуговування вантажних вагонів на шляху прямування періодичність обслуговування визначена довжиною гарантійних дільниць ПТО, які розміщують на сортувальних і дільничних станціях [4].

У 1995 році середня довжина гарантійних дільниць становила приблизно 350 км для навантажених складів і близько 600 км для порожніх складів, що відображало тодішні умови експлуатації та рівень технічного обслуговування рухомого складу. До 2002 року спостерігали значне зростання середньої довжини гарантійних дільниць: для навантажених складів вона збільшена до 640 км, а для порожніх – до 877 км, що свідчить про підвищення надійності вагонів, удосконалення системи технічного обслуговування та впровадження більш ефективних ремонтних технологій. Зі збільшенням довжини гарантійних дільниць зменшена частота планових ремонтів, оптимізовано витрати на технічне обслуговування та підвищено ефективність використання рухомого складу у складі перевезень різного рівня інтенсивності.

Заплановано подальше збільшення довжини гарантійних дільниць, що пов’язано зі зростанням надійності сучасних вантажних вагонів і вдосконаленням системи ТОР. Із позицій теорії надійності періодичність технічного обслуговування визначена пробігом вагона, ваг. км / ваг. год, між черговими обслуговуваннями, що дає змогу кількісно оцінити ризик

відмов і обґрунтовано планувати графіки технічного обслуговування з урахуванням умов експлуатації. Такий підхід забезпечує наукове обґрунтування міжремонтних пробігів і є підставою для підвищення безпеки та економічної ефективності експлуатації парку вантажних вагонів [51].

Показниками для обґрунтування періодичності і оцінювання організації ТОв є показники безвідмовності: напрацювання на відмову, параметр потоку відмов і ймовірність безвідмовної роботи вагона на гарантійній дільниці ПТО [50]. Існуюча система ТОв склалася історично, і тому сучасні показники надійності вантажних вагонів можна вважати допустимими. У середньому на мережі залізниць після переведення вагонів на роликові підшипники, за даними статистичного обліку, кількість випадків браку в поїзній роботі у вагонному господарстві становить близько 0,2 на 1 млн ваг. км. Для середньої довжини гарантійного ділянки 280 км і середньої кількості вагонів у складі поїзда 55 імовірність безвідмовної роботи вагона складе близько 0,99994, а ймовірність безвідмовної роботи складу з 55 вагонів – 0,997. Якщо враховувати всі вимушені зупинки поїздів на шляху прямування через несправності вагонів (не враховують як брак у поїзній роботі), у разі виконання графіка руху поїздів вагонним господарством від 90 до 96 % імовірність безвідмовної роботи вагона складе від 0,998 до 0,9993. За таких високих показників безвідмовності вважають допустимим для розрахунків використовувати розподіл імовірності безвідмовної роботи за експоненціальним законом. У цьому випадку кількість відмов дуже мала порівняно з кількістю працюючих об’єктів (вагонів), тому параметр потоку відмов та інтенсивність відмов практично однакові [51].

Для кількісного оцінювання надійності вантажного вагона в межах гарантійної дільниці використовують показник імовірності його безвідмовної роботи, який визначають залежно від напрацювання вагона на цій дільниці за такою формулою:

$$\lambda(l) = \frac{n_0(l)}{Nl} = \frac{n_0(l)}{N_c l}, \qquad (4.1)$$

де l – напрацювання вантажного вагона в процесі експлуатації в межах гарантійної дільниці, км;

$n_0(l)$ – кількість відмов вагонів із кількості N, які прямували по дільниці;

N_c – середня кількість вагонів для розрахунку інтенсивності відмов, $N_c = \frac{2N - n_0(l)}{2}$.

Формула (4.1) є статистичною оцінкою інтенсивності відмов, отриманою за результатами експлуатаційних спостережень на гарантійній дільниці.

Запропонована в розділі модель оцінювання ймовірності безвідмовної роботи вантажного вагона ґрунтована на використанні узагальнених показників надійності та припущенні про стаціонарний характер потоку відмов у процесі експлуатації. Такий підхід є традиційним для інженерних розрахунків і дає змогу отримати аналітичні залежності, зручні для практичного застосування в системі ТОР вагонів [52, 53].

Разом із тим слід ураховувати, що модель має спрощений характер і не враховує вплив окремих випадкових чинників, зокрема локальних пошкоджень, аварійних ситуацій, різких змін умов експлуатації, а також людського чинника під час виконання робіт із технічного обслуговування. Модель не передбачає індивідуального оцінювання технічного стану конкретного вагона і не враховує особливостей конструктивних відмінностей окремих типів рухомого складу, а також ступеня зносу вузлів і деталей, що накопичено протягом тривалого періоду експлуатації. Крім того, у моделі зроблено припущення про відносну сталість параметра потоку відмов, що в реальних умовах експлуатації може змінюватися

залежно від інтенсивності руху, якості інфраструктури, кліматичних умов і рівня організації системи технічного обслуговування.

Отримані результати доцільно розглядати як усереднену оцінку надійності парку вантажних вагонів, що використана для обґрунтування параметрів технічного обслуговування, вибору довжини гарантійних дільниць і планування ремонтних впливів. Для підвищення достовірності оцінок рекомендовано поєднувати результати розрахунків із даними фактичного технічного діагностування, експлуатаційної статистики та результатами моніторингу технічного стану рухомого складу [50].

Отже, запропонована модель є ефективним інструментом попереднього аналізу та оптимізації системи технічного обслуговування вантажних вагонів, але потребує коректного використання з урахуванням її обмежень і умов застосування.

Аналогічно, якщо враховувати напрацювання, ваг. год,

$$t = \frac{l}{v_д}, \tag{4.2}$$

де $v_д$ – дільнична швидкість поїздів на дільниці,

тоді

$$\lambda(t) = \frac{n_0(t)}{Nt}. \tag{4.3}$$

Характер зміни інтенсивності відмов обладнання вагона в процесі експлуатації має нелінійний характер і залежить від етапу ЖЦ. Зазвичай виділяють три основні періоди: припрацювання, нормальної експлуатації та зношування. Вплив довжини гарантійної дільниці на безвідмовність вагона проілюстровано на рис. 4.2.

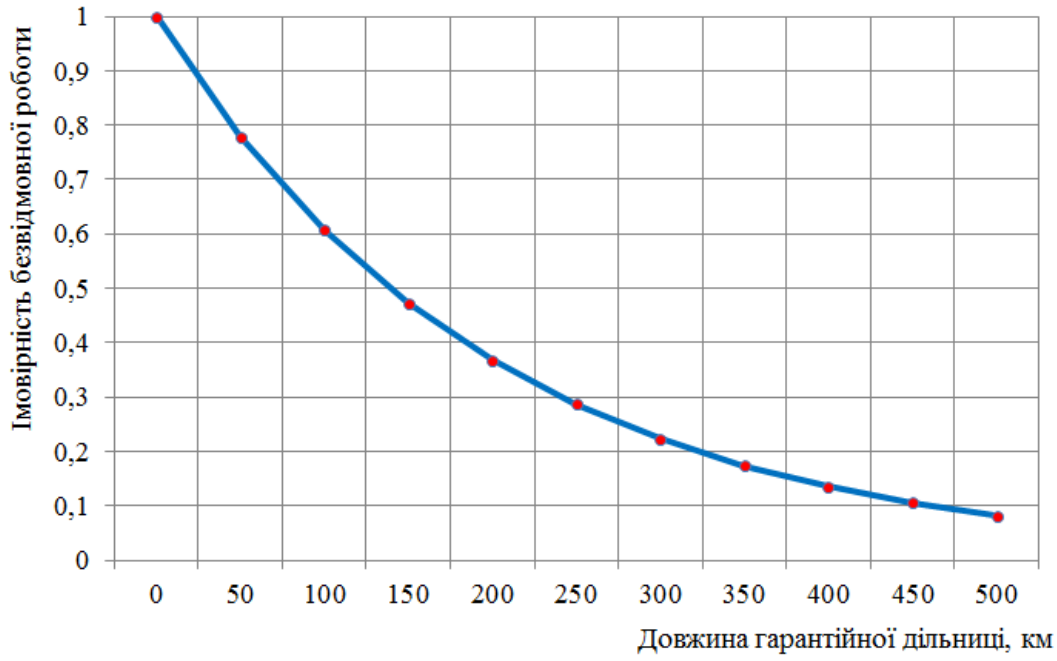


Рис. 4.2. Залежність імовірності безвідмовної роботи вагона від довжини гарантійної дільниці

Імовірність безвідмовної роботи вагона на *i*-й дільниці

$$P(l_i) = e^{-\omega_i l_i}, \tag{4.4}$$

де l_i – напрацювання вагона на *i*-й дільниці.

У нормальному періоді експлуатації вагонів параметр потоку відмов ω чисельно дорівнює інтенсивності відмов λ. У подальших розрахунках для спрощення запису використовують позначення λ. У нормальному періоді експлуатації, за умови сталості інтенсивності відмов, параметр потоку відмов визначають як обернену величину середнього напрацювання на відмову за такою формулою:

$$\omega_i = \frac{1}{\overline{l}_i}, \tag{4.5}$$

де $\overline{l}_i$ – середнє напрацювання на відмову вагона на *i*-й дільниці,

тоді

$$P(l_i) = e^{-l_i/\overline{l_i}}. \tag{4.6}$$

У практичних розрахунках величини l_i та $\overline{l_i}$ визначають за тривалий проміжок часу – рік або вибірково в періоди різної пори року.

Для складу поїзда з m вагонів імовірність безвідмовного прямування через дільницю складає

$$P_m(l) = \prod_{i=1}^{m} P_i(l), \quad P_m(l) = e^{-m\omega l}. \tag{4.7}$$

За результатами експериментальних і аналітичних досліджень науково-дослідного інституту у сфері залізничного транспорту, середня ймовірність безвідмовної роботи для гарантійних дільниць дорівнює $P_m(l = 270 \div 280 \text{ км}) \approx 0{,}9$; $P_m(l = 130 \div 170 \text{ км}) \approx 0{,}97$.

Наведені числові значення ймовірності безвідмовної роботи отримані за результатами експериментальних і аналітичних досліджень і відповідають середнім експлуатаційним умовам. Графік імовірності безвідмовної роботи (рис. 4.2) має узагальнений характер і призначений для якісної ілюстрації впливу довжини гарантійної дільниці на рівень надійності. У зв'язку з цим повна кількісна відповідність між графіком і наведеними даними не є обов'язковою.

Із виразу (4.4) можна визначити оптимальну довжину дільниці l_0 для заданого $P(l)$ і середнього ω_c

$$P(l_0) = e^{-\omega_c l_0}, \tag{4.8}$$

звідки

$$\omega_c l_0 = -\ln P(l_0), \tag{4.9}$$

або

$$l_0 = -\bar{l}\, ln P(l_0). \qquad (4.10)$$

Величина l_0 має чіткий фізичний зміст і характеризує максимальну довжину гарантійної дільниці, на якій імовірність безвідмовної роботи вагона не знижена нижче заданого допустимого рівня P_0. Отже, параметр l_0 визначає граничну відстань експлуатації вантажного вагона між ПТО, що забезпечує виконання вимог щодо надійності та безпеки руху.

Величину середнього напрацювання $\bar{l}$ приймають за даними обліку або даними аналогічних дільниць.

У випадку об'єднання двох сусідніх дільниць (l_1 та l_2) в одну (подовжену) імовірність безвідмовної роботи вагона з послідовним проходженням двох суміжних гарантійних дільниць визначають як добуток відповідних імовірностей безвідмовної роботи:

$$P(l_1 + l_2) = P(l_1) \cdot P(l_2). \qquad (4.11)$$

Такий підхід справедливий за умови статистичної незалежності відмов на суміжних гарантійних дільницях.

Подальший розвиток системи ТОР вантажних вагонів потребує кількісного оцінювання її ефективності, що зумовлює необхідність аналізу показників надійності в межах гарантійної дільниці [50, 54].

Отже, періодичність технічного обслуговування вантажних вагонів визначена поєднанням експлуатаційних, організаційних чинників і надійності. Збільшення довжини гарантійних дільниць можливе лише за умови забезпечення високого рівня безвідмовності рухомого складу. Це зумовлює необхідність застосування кількісних методів оцінювання надійності, які розглянуто в наступному підрозділі.

4.2. Оцінювання надійності вантажних вагонів у межах гарантійної дільниці

Надійність вантажних вагонів є одним з основних показників ефективності системи ТОР і безпосередньо впливає на безпеку руху поїздів, стабільність перевізного процесу та економічні показники залізничного транспорту. В умовах інтенсивної експлуатації рухомого складу оцінювання надійності набуває особливого значення, оскільки дає змогу науково обґрунтовувати періодичність технічного обслуговування, міжремонтні пробіги і параметри гарантійних дільниць.

Як надійність вантажного вагона розуміють його здатність зберігати працездатний стан і виконувати задані функції у встановлених умовах експлуатації протягом певного часу або пробігу [50]. У системі ТОР надійність розглядають як комплексну властивість, що включає безвідмовність, довговічність, ремонтопридатність і збережуваність. Серед зазначених складових особливе місце займає безвідмовність, яка найбільш тісно пов’язана з поняттям гарантійної дільниці.

Гарантійна дільниця характеризує встановлений пробіг або часовий інтервал, протягом якого вантажний вагон чи його окремі вузли мають працювати без відмов за умови дотримання регламентів експлуатації та технічного обслуговування. У практиці залізничного транспорту довжину гарантійної дільниці використовують як один з основних параметрів для планування ремонтів і оцінювання ефективності технічного утримання вагонів.

Кількісне оцінювання надійності вантажних вагонів у межах гарантійної дільниці базовано на використанні показника імовірності безвідмовної роботи. Імовірність безвідмовної роботи $P(l)$ визначають як імовірність того, що відмова вагона не виникне протягом заданого пробігу l:

$$P(l) = exp(-\lambda \cdot l), \tag{4.12}$$

де λ – інтенсивність відмов вагона, 1/км;

l – пробіг вагона в межах гарантійної дільниці, км.

Використання експоненціального закону розподілу відмов є доцільним для етапу нормальної експлуатації вантажних вагонів, коли інтенсивність відмов можна вважати сталою величиною. Такий підхід широко застосовуваний у теорії надійності рухомого складу і дає змогу отримати наочні аналітичні залежності між параметрами експлуатації та показниками безвідмовності.

Інтенсивність відмов λ пов'язана із середнім пробігом до відмови L_c таким співвідношенням:

$$\lambda = \frac{1}{L_{cp}}. \tag{4.13}$$

Зі збільшенням довжини гарантійної дільниці l імовірність безвідмовної роботи *P(l)* зменшується, що пояснюють накопиченням зносу конструктивних елементів вагона, впливом змінних навантажень, умов навколишнього середовища та особливостей режимів експлуатації. Графічна залежність імовірності безвідмовної роботи від довжини гарантійної дільниці допомагає визначати раціональні значення міжремонтних пробігів і оцінювати ризик виникнення відмов у процесі експлуатації.

Для оцінювання надійності також використовують функцію ймовірності відмови *Q(l)*, яка визначена як доповнення до одиниці:

$$Q(l) = 1 - P(l), \tag{4.14}$$

що характеризує ймовірність появи відмови в межах гарантійної дільниці. На практиці графік залежності $P(l)$ від l дає змогу визначити оптимальні міжремонтні пробіги та оцінити ризик відмов.

Слід зазначити, що експоненціальна модель застосовна лише в нормальному періоді експлуатації вагона, коли інтенсивність відмов вважають сталою. Модель не враховує початкові дефекти, стадію старіння вузлів і вплив екстремальних навантажень. Тому оцінки, отримані за цією моделлю, є усередненими для парку вагонів і застосовувані як орієнтир для планування технічного обслуговування.

Для ілюстрації застосування наведених залежностей і оцінювання параметрів надійності обладнання вагонів розглянемо приклад зміни інтенсивності відмов у конкретному інтервалі експлуатації, що наведено на рис. 4.3.

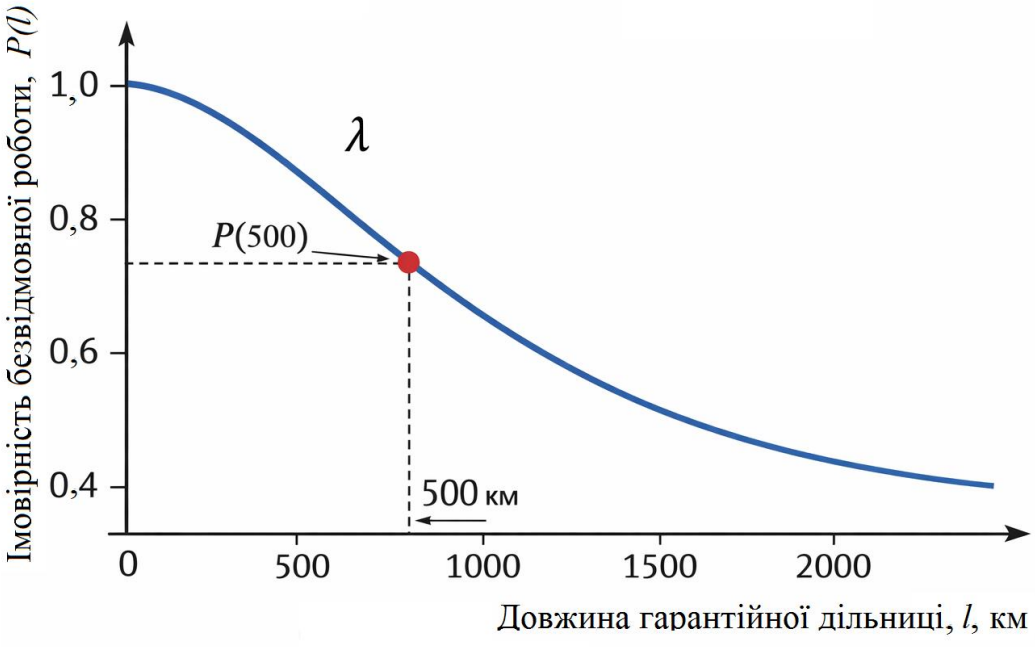


Рис. 4.3. Приклад зміни інтенсивності відмов гальмового обладнання вагона в нормальний період експлуатації

Приклад. Для вантажного вагона із середнім пробігом до відмови $L_{ср}$ = 2000 км розрахуємо ймовірність безвідмовної роботи на гарантійній дільниці l = 500 км:

$$\lambda = \frac{1}{2000} = 0{,}0005\ км^{-1};$$

$$P(500) = exp(-0{,}0005 \cdot 500) = exp(-0{,}25) \approx 0{,}779.$$

Це означає, що ймовірність безвідмовної роботи вагона на дільниці довжиною 500 км становить 77,9 %, тобто в середньому 8 із 10 вагонів пройдуть цю дільницю без відмов.

Слід зазначити, що наведене значення є умовним і використовуване виключно для ілюстрації методики розрахунку. У реальних умовах експлуатації допустимі значення ймовірності безвідмовної роботи для гарантійних дільниць зазвичай є вищими.

Зі збільшенням довжини гарантійної дільниці ймовірність безвідмовної роботи вантажного вагона зменшується, що відображає накопичення зносу конструктивних елементів і вплив експлуатаційних чинників. Цей показник дає змогу обґрунтувати оптимальні міжремонтні пробіги, планувати періодичність і обсяг технічного обслуговування, а також прогнозувати ризики відмов у процесі експлуатації. Використання розрахунків імовірності безвідмовної роботи у системі ТОР сприяє підвищенню ефективності управління парком вагонів, зменшенню позапланових простоїв, оптимізації витрат на ремонт і утримання рухомого складу та забезпечує підвищення надійності та безпеки перевезень [2, 3, 50].

У системі ТОР результати розрахунку показників надійності використовують для обґрунтування періодичності виконання регламентних робіт. Надмірне збільшення гарантійної дільниці без

урахування реального технічного стану вагонів призводить до зростання кількості відмов у процесі експлуатації, підвищення ризику порушення безпеки руху та збільшення позапланових простоїв рухомого складу. Водночас надто короткі міжремонтні пробіги спричиняють зростання витрат на технічне утримання і зниження економічної ефективності перевезень.

Сучасні підходи щодо оцінювання надійності вантажних вагонів передбачають урахування результатів технічного діагностування. Дані, отримані від стаціонарних і дистанційних систем контролю, допомагають уточнювати значення інтенсивності відмов λ і підвищувати точність прогнозування ймовірності безвідмовної роботи. Поєднання статистичних методів аналізу надійності з результатами діагностування створює передумови для переходу від планово-попереджувальної системи ремонту до обслуговування за фактичним технічним станом.

Оцінювання надійності вантажних вагонів у межах гарантійної дільниці має важливе практичне значення для оптимізації системи ТОР. Воно дає змогу зменшити кількість експлуатаційних відмов, підвищити рівень безпеки руху, скоротити витрати на утримання рухомого складу і забезпечити більш ефективне використання ресурсів протягом усього ЖЦ вагона.

4.3. Вимоги щодо підрозділів для технічного обслуговування вагонів

Технологія технічного обслуговування вагонів на ПТО сортувальних станцій визначена особливостями роботи цих станцій. Транзитні вагони з переробкою прибувають у парк приймання, їх відправляють із парку відправлення. Тому існує необхідність їх обслуговування після прибуття для виявлення несправних, які потребують ТОв, і перед відправленням,

для виконання регламентованих операцій із технічного обслуговування. Состави транзитних поїздів обслуговують після прибуття перед відправленням. Завданням ПТО сортувальних станцій є також контроль за збереженням вагонів для маневрових робіт у процесі сортування.

Необхідність гарантування безпеки руху поїздів потребує також організації роботи ПТО вагонів на дільничних станціях. На цих пунктах передбачений контроль найбільш відповідальних частин вагона: букс і автогальм. Ці пункти виконують також ТОв вагонів і підготовку їх до перевезень [4].

Унаслідок недостатньої надійності буксового вузла на залізницях було організовано значну кількість спеціальних підрозділів, які отримали назву «пости безпеки». Ці пости розміщують на проміжних станціях і призначають для контролю стану букс і коліс у поїздах, що проходять повз них без обмеження швидкості. Пости безпеки оснащені приладами теплового контролю букс, а в окремих випадках – пристроями для виявлення несправностей коліс [50].

У зв’язку з особливостями організації перевізної роботи і значним подовженням плечей обороту локомотивів виникла потреба в організації пунктів повного випробування гальм на окремих станціях зміни локомотивних бригад. Такі пункти забезпечують повну перевірку працездатності гальмового обладнання локомотива і вагонів перед початком складних дільниць шляху, для яких характерні підвищені експлуатаційні ризики.

На станціях, які передують перегону із затяжними спусками, де зупинка поїзда передбачена графіком руху, проводять повне випробування гальм від локомотива із витримкою автогальм у загальмованому стані протягом 10 хв. Особливу увагу приділяють спускам із крутизною 0,018 і більше, оскільки на таких ділянках критично важлива надійність гальмового обладнання для безпечного руху поїздів.

У період скорочення розмірів руху поїздів на залізницях виникла необхідність оптимізації структури експлуатаційних підрозділів вагонного господарства. У цих умовах частина ПТО, що розташовано на дільничних станціях, була переведена в категорію пунктів випробовування автогальм (ПВА). Така реорганізація здійснювалася з метою раціонального використання трудових і матеріальних ресурсів, а також зменшення витрат на утримання технічних підрозділів без зниження рівня безпеки руху поїздів.

При цьому за зазначеними пунктами були збережені основні функції ПТО, зокрема виконання робіт із підготовки вагонів до перевезень, технічне обслуговування вагонів у поїздах свого формування, проведення встановлених видів технічного обслуговування, а також контроль справності автогальмового обладнання та інших відповідальних вузлів рухомого складу. Збереження зазначених функцій забезпечує необхідний рівень технічної готовності вагонів до експлуатації та відповідність вимогам нормативно-технічної документації.

Такий підхід щодо організації роботи технічних підрозділів дає змогу оптимізувати їхню структуру відповідно до фактичних умов експлуатації, зберігаючи при цьому високий рівень безпеки та надійності руху поїздів, забезпечувати належну якість технічного обслуговування вагонів і підвищувати ефективність використання рухомого складу на дільничних станціях.

Приблизна схема розміщення підрозділів із технічного обслуговування вантажних вагонів наведена на рис. 4.4.

Разом з обслуговуванням вантажних поїздів на шляху прямування організують також обслуговування пасажирських поїздів. Його виконують на спеціалізованих пунктах, переважно пасажирських станціях. На цих пунктах здійснюють посадку та висадку пасажирів, а також контроль технічного стану рухомого складу. За потреби виконують регламентні роботи, пов’язані із забезпеченням нормальної експлуатації пасажирських

вагонів. Таке обслуговування спрямоване на забезпечення безперервності руху поїздів і дотримання встановленого графіка.

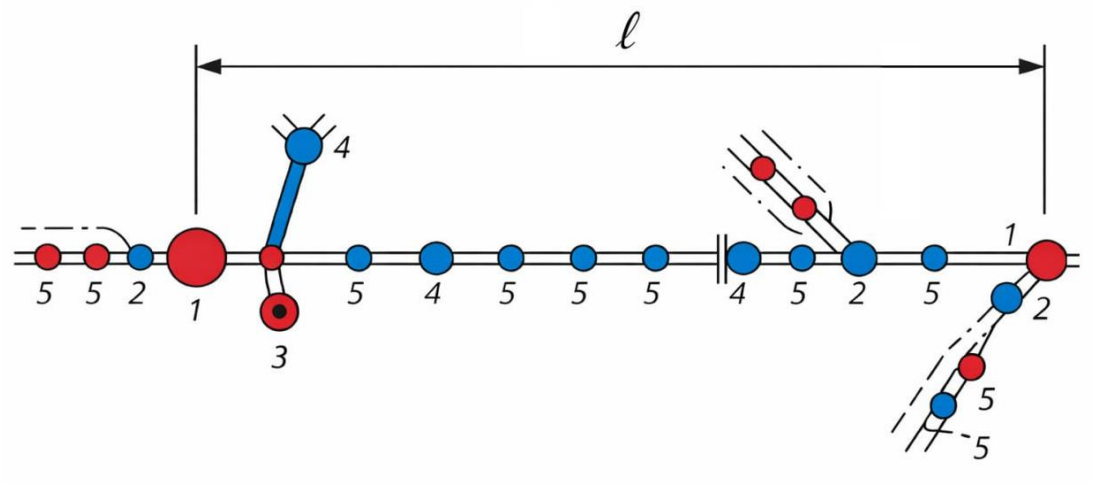


Рис. 4.4. Схема розміщення підрозділів із технічного обслуговування вантажних вагонів:

1 – ПТО сортувальної станції; 2 – ППВ до перевезень на вантажних і дільничних станціях; 3 – промивально-пропарювальні станції або пункти для підготовки цистерн і вагонів для перевезення бітуму; 4 – ПВА на дільничних станціях; 5 – контрольні пости на проміжних станціях

4.4. Заходи з удосконалення показників безвідмовності вагонів на гарантійних дільницях

Імовірність безвідмовної роботи вагона на дільниці пов’язана з системою ТОР, а з позиції теорії надійності – із відновлення працездатного стану вагонів перед відправленням на дільницю. Доведено, що трудомісткість робіт із підготовки составів до відправлення на дільницю є випадковою величиною і визначена за законом Ерланга. Кількість працівників у бригаді, що виконує ТОв, постійна, тобто їхній фонд

робочого часу для обслуговування одного складу – постійна величина q_0, зазвичай дорівнює середньому значенню $(\overline{q})$

$$q_0 = \overline{q} = n_p t_0, \tag{4.15}$$

де n_p – кількість працівників у бригаді;

t_0 – встановлений час технічного обслуговування – фонд робочого часу одного працівника.

Величина t_0 встановлена нормативно-технічною документацією.

Приблизний графік диференційної функції розподілу трудовитрат на ТОв у составі наведено на рис. 4.5.

Для аналізу розподілу трудомісткості ТОв використана безрозмірна величина

$$\beta_i = \frac{q_i}{\overline{q}}, \tag{4.16}$$

де $\overline{q}$ – середні трудовитрати для технічного обслуговування і ТОв вагонів в одному складі.

Інтегральна функція

$$F(q_i > \overline{q}) = P(q_i > \overline{q}) \tag{4.17}$$

показує ймовірність надходження для обслуговування складу з об'ємом ремонту більше за фонд робочого часу бригади. Це означає, що состав може бути обслужений за час $t_i > t_0$ (затримка поїзда з відправлення) або відновлення буде неповним, і можливі відмови вагона на гарантійній дільниці (випадки порушення безпеки руху в поїзній роботі).

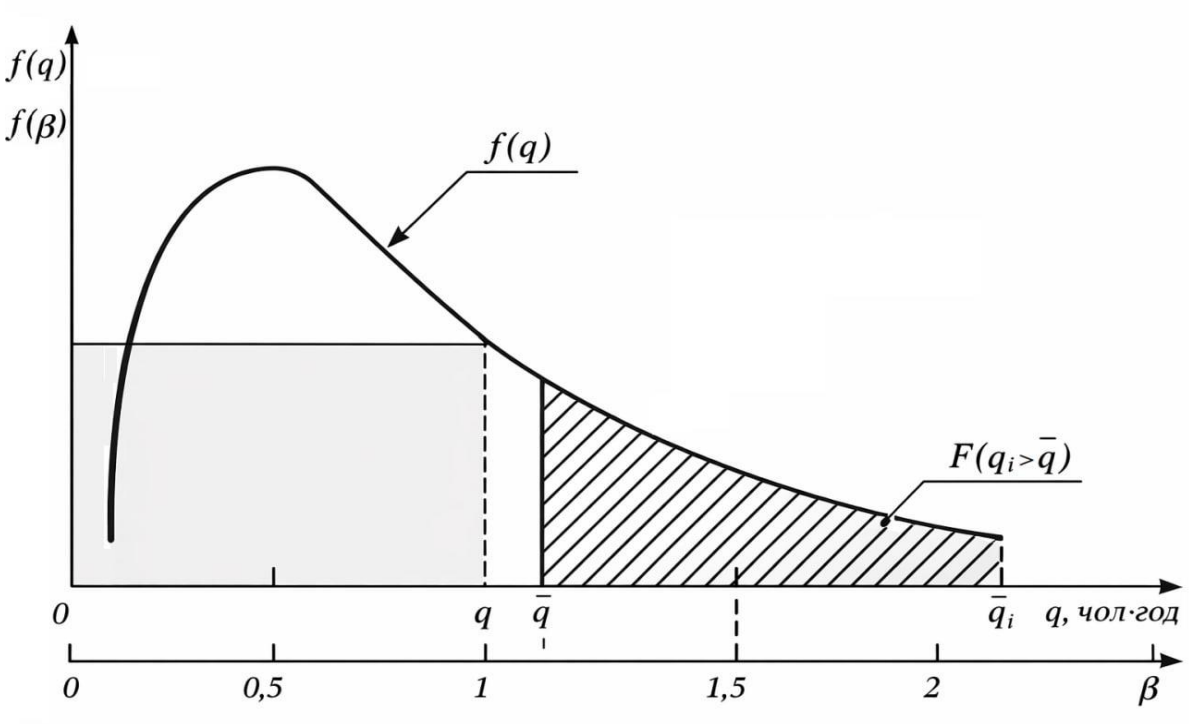


Рис. 4.5. Графік диференційної функції розподілу трудовитрат на ТОв у составі з вагонами: q_i – трудомісткість ТОв у *i*-му составі

Зі збільшенням кількості працівників у бригаді ймовірність випадку ($q_i > \bar{q}$) зменшується, але водночас зменшується завантаження бригади, тобто її фонд робочого часу буде використаний не повністю.

Якщо ввести коефіцієнт завантаження бригади

$$K_б = \frac{\bar{q}}{q_0} = \frac{1}{\beta_{0i}}, \qquad (4.18)$$

тоді у випадку $q_0 = \bar{q}$ $K_б = 1$ (повне завантаження часу t_0).

Якщо $q_0 > \bar{q}$, то $K_б < 1$.

Величина q_0 є межею інтегрування у випадку визначення ймовірностей:

$$P(q_0 < \bar{q}) = \int_0^{q_0} f(q)dq, \qquad (4.19)$$

$$P(q_0 > \bar{q}) = 1 - \int_0^{q_0} f(q)dq.$$

Для характерних точок на графіку *f(β)* величини $F(q_i \geq \bar{q})$ і $K_б$ складуть

$$\beta_i = 1; \quad q_0 = \bar{q}; \quad F(q_i = q_0) = 0{,}4; \quad K_б = 1;$$

$$\beta_i = 1{,}5; \quad q_0 = 1{,}5\bar{q}; \quad F(q_i > q_0) = 0{,}2; \quad K_б = 0{,}5; \qquad (4.20)$$

$$\beta_i = 2; \quad q_0 = 2\bar{q}; \quad F(q_i > q_0) = 0{,}09; \quad K_б = 0{,}5.$$

Інструктивними вказівками та нормативно-технічними документами рекомендовано для розрахунку кількості працівників у бригаді n_p задавати $q_0 = \bar{q}$. Необхідність збільшення q_0 слід визначати в кожному конкретному випадку, використовуючи показники порушень безпеки руху, виконання графіка руху, показники безвідмовності вагонів на гарантійній дільниці та економічний показник, що визначено коефіцієнтом використання бригад.

Продуктивність праці працівників, зайнятих ТОв, а отже, рівень відновлення надійності пов’язані з низкою чинників: кваліфікацію працівників, технічним оснащенням ПТО, використанням засобів технічної діагностики тощо [55, 56]. Тому рівень відновлення надійності слід пов’язати з показниками безвідмовності вагонів на гарантійних дільницях.

Найбільш простий спосіб збільшення рівня відновлення – це збільшення кількості працівників у бригаді. Наприклад, зі збільшенням у півтора раза буде $\beta_0 = 1{,}5$, а $F(\beta_0 = 1{,}5) = 0{,}8$. Можливий інший підхід:

збільшення продуктивності праці на ПТО за рахунок організаційно-технічних заходів.

За даними аналітичних досліджень науково-дослідного інституту у сфері залізничного транспорту встановлено, що можливості збільшення напрацювання на відмову $l_ф$ або зменшення параметра потоку відмов $\omega(l)$ для декількох значень досягнутого рівня відновлення, складають $F(q_0 > \overline{q}) = 0{,}5; 0{,}6; 0{,}7; 0{,}8$. Дані наведено в інструктивно-методичних вказівках із розміщення та вдосконалення роботи ПТО і ППВ, у тому числі за результатами заходів:

– вдосконалення технології ТОв;

– підвищення кваліфікації працівників;

– вдосконалення механізації робіт.

Аналіз порушень безпеки руху показує, що причинами порушень в основному є несправності вагонів, які не виявлені в процесі технічного обслуговування.

Головною причиною невиявлення несправностей вагонів на ПТО є відсутність технічних засобів діагностування. Для контролю технічного стану вагонів практично протягом усієї історії залізничного транспорту і досі використовують органолептичний метод, тобто безпосередньо за допомогою органів чуттів людини: візуально, на слух, на дотик. Протягом дуже обмеженого часу оглядач повинен перевірити на кожному вагоні десятки позицій – місць, де можливе утворення несправностей. Тому одночасно з удосконаленням конструкції вагонів вкрай необхідно розробляти засоби технічного діагностування для використання в процесі технічного обслуговування вагонів [50, 55, 56].

У 1980-х роках науково-дослідними організаціями залізничного транспорту було сформовано концепцію створення комплексу засобів технічного діагностування вантажних вагонів у процесі їх технічного обслуговування на ПТО. Основною метою цієї концепції було підвищення

якості контролю технічного стану вагонів через часткову автоматизацію функцій оглядачів без збільшення чисельності персоналу.

Із розвитком систем технічного контролю рухомого складу було розроблено та впроваджено низку засобів технічного діагностування, призначених для використання в парках прибуття сортувальних станцій [55]. Зазначене обладнання забезпечувало більш повне та об'єктивне виявлення несправностей вагонів у русі та під час їх зупинки. Зокрема, було створено такі технічні засоби:

– системи автоматичного контролю механізму автозчепу;

– апаратуру реєстрації несправностей вагонів під час проходження поїзда з ходу;

– пристрої для контролю геометричних параметрів колісних пар, зокрема товщини гребенів;

– автоматизовані системи виявлення несправностей упряжних пристроїв автозчепа;

– прилади для фіксації витікань повітря з гальмової магістралі поїзда;

– системи контролю перевантаження вагонів;

– апаратуру для контролю габаритів кузова у верхній частині та виявлення перекосів;

– установки для виявлення гальм, що не попустили під час відправлення поїзда.

Незважаючи на технічну доцільність, зазначені засоби тривалий час не набули широкого практичного застосування, що було зумовлено економічними обмеженнями та скороченням обсягів перевезень.

У подальшому було розроблено регламент технічного оснащення ПТО вантажних вагонів мережевого значення, який передбачав застосування автоматизованого діагностичного комплексу в районі вхідних сигналів парків прибуття сортувальних станцій [57]. Згідно з

регламентом, такий комплекс мав включати близько 20 окремих діагностичних пристроїв, однак на практиці було реалізовано лише обмежену кількість підсистем.

Після реформування залізничної галузі і створення АТ «Укрзалізниця» концепція розвитку мережевих ПТО не отримала подальшого системного розвитку. Розробляють і впроваджують нові засоби технічного діагностування для технічного обслуговування вантажних вагонів обмежено, і це не має комплексного характеру.

Водночас у довгостроковій перспективі розвитку вагонного господарства зменшення кількості відмов вантажних вагонів на гарантійних дільницях, особливо в умовах їх подовження, можливе лише за умови реалізації комплексу взаємопов'язаних заходів, що включають:

– модернізацію парку вантажних вагонів через проєктування та виробництво рухомого складу з підвищеними показниками надійності, безвідмовності та ремонтопридатності, а також з урахуванням вимог механізації і автоматизації процесів технічного обслуговування;

– забезпечення контролепридатності вагонів, тобто їхньої конструктивної пристосованості до діагностування технічного стану з використанням сучасних автоматизованих і дистанційних засобів контролю;

– розроблення та впровадження інтегрованого комплексу засобів технічного діагностування, здатного виконувати основну частину функцій із контролю технічного стану вагонів із мінімальною участю людського чинника.

У сучасних умовах розвиток системи технічного обслуговування вантажних вагонів доцільно орієнтувати на впровадження цифрових технологій, зокрема інтегрованих систем дистанційного моніторингу технічного стану рухомого складу. Такі системи базовані на використанні шляхових і бортових сенсорів, автоматизованих пунктів контролю та

єдиних інформаційних платформ оброблення експлуатаційних даних. Їх застосування забезпечує безперервне накопичення інформації про технічний стан вагонів у процесі експлуатації і створює передумови для переходу від регламентного технічного обслуговування до обслуговування, орієнтованого на фактичний технічний стан [50].

Інтеграція автоматизованих засобів технічного діагностування в систему технічного обслуговування дає змогу підвищити об’єктивність оцінювання технічного стану вагонів, знизити вплив людського чинника, своєчасно виявляти зародження дефектів. Це особливо важливо в умовах подовження гарантійних дільниць і зростання вимог щодо безпеки руху поїздів.

Отже, подальший розвиток системи технічного обслуговування вантажних вагонів має бути ґрунтований на поєднанні конструктивних рішень, спрямованих на підвищення надійності рухомого складу, і впровадженні сучасних автоматизованих і цифрових засобів технічного діагностування. Реалізація такого підходу дасть змогу гарантувати безпечну експлуатацію вагонів на подовжених гарантійних дільницях, оптимізувати витрати на технічне обслуговування, підвищити ефективність функціонування вагонного господарства в цілому.

Основними напрямами підвищення безвідмовності вагонів на гарантійних дільницях є:

– підвищення якості технічного обслуговування;

– оптимізація чисельності та завантаження бригад ПТО;

– впровадження засобів технічного діагностування;

– використання цифрових систем моніторингу технічного стану.

Контрольні запитання

1. Що розуміють під надійністю вантажного вагона в експлуатації?
2. Які основні показники використовують для оцінювання надійності?
3. Що таке ймовірність безвідмовної роботи і для чого вона потрібна?
4. Як визначають напрацювання вантажного вагона?
5. Чому напрацювання доцільно вимірювати у вагоно-кілометрах?
6. Що називають гарантійною дільницею?
7. Які чинники впливають на довжину гарантійної дільниці?
8. Як пов’язана довжина гарантійної дільниці з імовірністю безвідмовної роботи?
9. Які припущення лежать в основі експоненціальної моделі надійності?
10. Що характеризує інтенсивність відмов вагона?
11. Як інтенсивність відмов впливає на форму функції надійності?
12. У яких умовах експоненціальна модель є доцільною?
13. Які обмеження має застосування експоненціального закону надійності?
14. Як зміна умов експлуатації впливає на параметри надійності?
15. Як саме результати розрахунків можна використати в системі ТОР?
16. Чому подовження гарантійних дільниць підвищує вимоги щодо технічного стану вагонів?
17. Яку роль відіграє технічне обслуговування для забезпечення безвідмовної роботи?
18. Як результати оцінювання надійності враховують для планування ТО?

19. Яке значення має статистика відмов для уточнення моделей надійності?

20. Як пов’язані між собою надійність і безпека руху поїздів?

21. Чому оцінювання надійності є важливим для експлуатації вагонів на великих плечах обігу?

22. Які переваги дає кількісне оцінювання ризику відмов?

23. Як результати розрахунків можуть впливати на економічну ефективність експлуатації?

24. Чому науково обґрунтовані міжремонтні пробіги є критично важливими?

25. Які напрями подальших досліджень у сфері надійності вантажних вагонів є перспективними?

26. Як розрахунки надійності допомагають вирішувати, коли робити ремонт вагона?

РОЗДІЛ 5
ВИМОГИ ЩОДО СХЕМИ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНУ ВАГОННОГО ДЕПО

5.1. Загальні положення та призначення генерального плану вагонного депо

Генеральний план являє собою раціональне, комплексне технологічне та будівельно-архітектурне рішення планування вагонного депо, що визначає взаємне розташування будівель, споруд, рейкових і безрейкових доріг, наземних і підземних інженерних комунікацій, зелених насаджень і огороджень, що пов’язані зі схемою виробництва та місцевими умовами (рельєф, конфігурація майданчика, орієнтація за сторонами світу, примикання до основних транспортних магістралей тощо) [50].

Генеральний план є основним планувальним документом, який визначає просторову організацію території вагонного депо, взаємне розташування виробничих, допоміжних і складських будівель і споруд, а також транспортних та інженерних комунікацій. Його розробляють з урахуванням перспективного розвитку підприємства, можливостей розширення виробничих потужностей і впровадження сучасних технологій ремонту і обслуговування вагонів [51-54].

Раціонально сформований генеральний план забезпечує узгодженість технологічних процесів, мінімізацію внутрішньовиробничих переміщень рухомого складу і матеріальних потоків, а також створює умови для безпечної та ефективної роботи персоналу.

Генеральний план тісно пов’язаний із технологічною схемою роботи вагонного депо, оскільки від взаємного розташування його елементів залежить послідовність виконання ремонтних операцій, час перебування вагонів у ремонті, загальна пропускна спроможність підприємства.

Недоліки планувальних рішень можуть призводити до перехрещення транспортних потоків, збільшення простоїв вагонів і зростання експлуатаційних витрат.

Крім того, формуючи генеральний план, обов'язково враховують вимоги щодо охорони праці, пожежної безпеки та екологічної безпеки, що є особливо важливим для підприємств залізничного транспорту з підвищеним рівнем виробничих ризиків.

Призначення генплану – дати чітке уявлення про використання існуючої ситуації на ділянці забудови, природні умови, взаємне розташування та зв'язки об'єктів, що проєктують, – виробничих, санітарно-побутових будівель, споруд, транспортних та інших інженерних мереж, їхніх загальних габаритів і розмірів усіх елементів генплану.

Розрізняють генплани, що входять у робочі і типові проєкти. На відміну від перших, генплани для типових проєктів розробляють без визначення на місцевості ділянки забудови. На них відсутні будь-які дані про топографію, природні умови і інші конкретні обставини. Генплани, що розглядають у навчальному процесі, виконують на рівні вимог щодо генпланів, що входять до складу типових проєктів. Крім того, на них не передбачено зображення інженерних мереж, крім залізничних колій, доріг для безрейкового транспорту, пішохідних доріг і спеціальних транспортних сполучень (тунелів, підвісних транспортерів, підкранових естакад тощо).

Отже, генеральний план вагонного депо – це не лише графічне відображення території підприємства, а і комплексне інженерно-планувальне рішення, яке визначає ефективність функціонування депо, рівень безпеки виробничих процесів і можливості його подальшого розвитку.

Проєктують генеральний план вагонного депо відповідно до вимог чинних будівельних норм, державних стандартів і галузевих нормативних документів залізничного транспорту [58-61]. Зазначені документи

регламентують склад і зміст генерального плану, вимоги щодо розміщення будівель і споруд, організації транспортних та інженерних мереж, а також питання безпеки, охорони праці та навколишнього середовища [62-64].

Зважаючи на різноманіття функціонального призначення, умов розміщення та обсягів виробничої діяльності вагонних депо, виникає необхідність класифікації генеральних планів, що допомагає систематизувати можливі планувальні рішення.

5.2. Класифікація генеральних планів вагонних депо

Генеральні плани вагонних депо можуть суттєво розрізнятися між собою залежно від призначення підприємства, обсягів виконуваних робіт, типу рухомого складу, що обслуговують, а також умов розміщення депо в межах залізничного вузла. У зв'язку з цим виникає необхідність їх класифікації, щоб систематизувати планувальні рішення, спростити процес проєктування та обґрунтовано вибрати оптимальний варіант генерального плану для конкретних виробничих умов.

Класифікація генеральних планів вагонних депо ґрунтована на сукупності техніко-економічних і планувальних ознак, які відображають характер забудови території, рівень розвитку виробничої інфраструктури та перспективи подальшого розвитку підприємства.

З урахуванням зазначених ознак генеральні плани вагонних депо доцільно систематизувати за основними класифікаційними критеріями, наведеними в табл. 5.1.

Подана класифікація генеральних планів вагонних депо має умовний характер і застосована з навчальною метою. На практиці проєктні рішення формують з урахуванням поєднання декількох класифікаційних ознак, що дає змогу забезпечити адаптацію генерального плану до конкретних виробничих умов і перспектив розвитку підприємства.

Таблиця 5.1

Класифікація генеральних планів вагонних депо

Ознака класифікації	Види генеральних планів
За призначенням депо	вантажні; пасажирські
За характером виконуваних робіт	депо деповського ремонту; депо капітального ремонту; комбіновані
За типом проєктного рішення	типові; індивідуальні
За умовами розміщення	у межах залізничного вузла; позавузлові
За характером забудови території	компактні; розосереджені
За перспективою розвитку	без розширення; із можливістю поетапного розвитку
За масштабом виконання плану	1:500; 1:1000

Під час розроблення генерального плану вагонного депо необхідно забезпечити раціональне розміщення будівель, споруд і транспортних комунікацій з урахуванням технології ремонту рухомого складу, вимог щодо безпеки праці, санітарно-гігієнічних та екологічних норм, а також перспектив подальшого розвитку підприємства [59, 64].

Взаємне розташування будівель і споруд має забезпечувати потоковість виробничого процесу та найкоротші шляхи пересування вагонів, що ремонтують, а також транспортування запасних частин і матеріалів. Раціональне планування виробничих дільниць і колій дає змогу організувати послідовний рух вагонів відповідно до технології ремонту,

зменшити кількість зустрічних і перехресних переміщень, скоротити тривалість ремонтного циклу та підвищити пропускну спроможність депо.

Важливою вимогою є можливість максимального об'єднання виробничих приміщень і обладнання в одній будівлі депо, яку проєктують у вигляді блока виробничих дільниць і відділень. Таке рішення допомагає скоротити внутрішньовиробничі переміщення, зменшити втрати енергії, підвищити зручність організації технологічних процесів і забезпечити раціональне використання площі території.

Розташування будівель і споруд депо відносно сторін світу і переважаючих напрямків вітру має забезпечувати сприятливі умови природного освітлення та аерації виробничих приміщень. Орієнтація головного корпусу та інших будівель із урахуванням кліматичних умов сприяє покращенню мікроклімату робочих зон і зменшенню витрат електроенергії на освітлення та вентиляцію.

Раціонального переміщення вантажів технологічним транспортом досягають оптимальним розміщенням складів, виробничих дільниць і під'їзних шляхів, а також мінімізацією довжини енергетичних комунікацій. Це дає змогу зменшити експлуатаційні витрати, підвищити надійність інженерних мереж і спростити їхнє технічне обслуговування.

Проєктування генерального плану депо потрібно здійснювати з обов'язковим дотриманням вимог щодо пожежної безпеки, санітарно-технічних і світлотехнічних норм, правил охорони навколишнього середовища і безпеки під час надзвичайних ситуацій. Зокрема, склади легкозаймистих матеріалів і деревообробну дільницю доцільно розміщувати з навітряного боку відносно інших будівель, що знижує ризик поширення пожежі та шкідливих викидів [58-61, 63].

Під час проєктування генерального плану необхідно передбачати можливість подальшого розширення будівель, насамперед головного

корпусу, із мінімальними витратами без порушення загальної планувальної концепції та знесення раніше зведених капітальних споруд.

Особливу увагу приділяють організації пішохідного руху на території депо. Пішохідні маршрути мають бути максимально короткими та безпечними, із мінімальною кількістю перетинів із потоками руху вагонів і технологічного транспорту, що знижує ризик травматизму і підвищує ефективність виробничої діяльності.

Зазвичай вагонне депо має двостороннє примикання до залізничної станції без перетинання головних колій і утворення кутових потоків під час подавання вагонів у ремонт і їх прибирання після ремонту. Таке рішення забезпечує гнучкість маневрової роботи і підвищує пропускну спроможність залізничного вузла.

У процесі розроблення генерального плану попередньо визначають перелік основних будівель і споруд депо, встановлюють їхні габаритні розміри в плані та площі забудови, а також передбачають майданчики для складування запасних частин, пиломатеріалів та іншої продукції, зберігання якої допускають на відкритих територіях. Допоміжні приміщення зазвичай розміщують у прибудовах виробничих будівель.

Будівлі, обладнані світло-аераційними ліхтарями, зокрема головний корпус депо, проєктують так, щоб осі ліхтарів були перпендикулярні або розташовані під кутом 45° до переважаючого напрямку вітрів. Для визначення такого напрямку використовують «троянду вітрів», яка графічно відображає напрямки і тривалість вітрів протягом року (рис. 5.1).

За кожним напрямком у вибраному масштабі з однієї точки відкладають у відсотках сумарну тривалість дії вітрів. Кінці отриманих відрізків з’єднують ламаною лінією, яка формує контур «троянди вітрів», при цьому сумарне значення всіх напрямків становить 100 %.

Узагальнення основних вимог щодо генерального плану вагонного депо наведено в табл. 5.2.

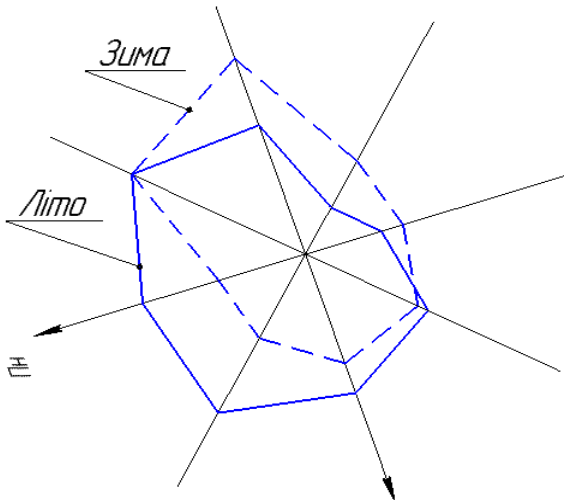


Рис. 5.1. Вигляд діаграми «троянда вітрів», що характеризує переважаючі напрямки вітру в районі розташування підприємства

Таблиця 5.2

Основні вимоги щодо генерального плану вагонного депо

Вимога	Сутність і призначення
1	2
Об’єднання виробничих приміщень	Скорочення внутрішньовиробничих переміщень, підвищення компактності забудови
Орієнтація будівель	Забезпечення природного освітлення і аерації виробничих приміщень
Раціональні транспортні зв’язки	Зменшення довжини шляхів транспортування та енергетичних комунікацій
Дотримання нормативних вимог	Забезпечення пожежної, санітарної, екологічної та техногенної безпеки
Розміщення пожежонебезпечних об’єктів	Зменшення ризиків поширення пожежі та шкідливих викидів

Продовження табл. 5.2

1	2
Раціональне використання території	Досягнення оптимальних значень коефіцієнтів забудови та використання площі
Можливість розвитку депо	Забезпечення умов для розширення та реконструкції
Безпека пішохідного руху	Мінімізація перетинів пішохідних і транспортних потоків
Примикання до залізничної станції	Підвищення пропускної спроможності та безпеки руху
Інженерні та транспортні мережі	Забезпечення надійного функціонування інфраструктури
Архітектурна цілісність	Формування єдиного архітектурного ансамблю депо

Зазначені вимоги щодо генерального плану вагонного депо тісно пов’язані між собою та мають бути реалізовані комплексно. Їх одночасне врахування на стадії проєктування забезпечує раціональну організацію виробничих процесів, безпечну експлуатацію об’єктів і ефективне використання території підприємства. Генеральний план у цьому випадку є базовим інженерним документом, який визначає просторову структуру депо, взаємне розташування будівель і споруд, а також умови подальшого розвитку підприємства з урахуванням перспектив збільшення обсягів ремонтних робіт.

Вибрана схема генерального плану визначає характер планувальних і транспортних рішень на території депо, які безпосередньо впливають на організацію виробничих процесів і ефективність переміщення рухомого складу.

5.3. Планувальні і транспортні рішення на території вагонного депо

Планувальні і транспортні рішення на території вагонного депо є важливим елементом його генерального плану, оскільки вони визначають раціональність переміщення вагонів, матеріалів, обладнання та персоналу в процесі експлуатації та ремонту рухомого складу. Від правильності організації внутрішніх залізничних колій, автомобільних проїздів і пішохідних маршрутів залежать пропускна спроможність депо, рівень безпеки та ефективність виробничої діяльності [50, 59].

Під час проєктування планувальних і транспортних рішень на території вагонного депо передбачають раціональну організацію руху вагонів, технологічного транспорту і персоналу з метою забезпечення безперебійного виконання виробничих процесів і підвищення рівня безпеки. Основу транспортної схеми депо становлять внутрішні залізничні колії, автомобільні проїзди і пішохідні маршрути, які мають бути функціонально розмежовані та взаємоузгоджені.

Ширину автомобільних доріг (проїздів) на території депо приймають такою: за умов двостороннього руху 6 м, одностороннього руху 4,5 м.

Ширина залізничних в'їздів 4,8 м.

Пішохідні доріжки з двостороннім рухом людей повинні мати ширину для кожної смуги по 0,75 м.

Значення параметрів внутрішніх проїздів і пішохідних маршрутів приймають відповідно до вимог будівельних норм і стандартів безпеки руху з урахуванням інтенсивності транспортних і пішохідних потоків, типу технологічного транспорту і умов експлуатації депо [59, 62].

На схемі генплану передбачають майданчики відпочинку працівників депо, у тому числі спортивні, майданчики для збереження транспортних засобів (автомобілів, мотоциклів і велосипедів).

Схема генплану вагонного депо для ремонту вантажних вагонів наведена на рис. 5.2, а пасажирського депо на рис. 5.3.

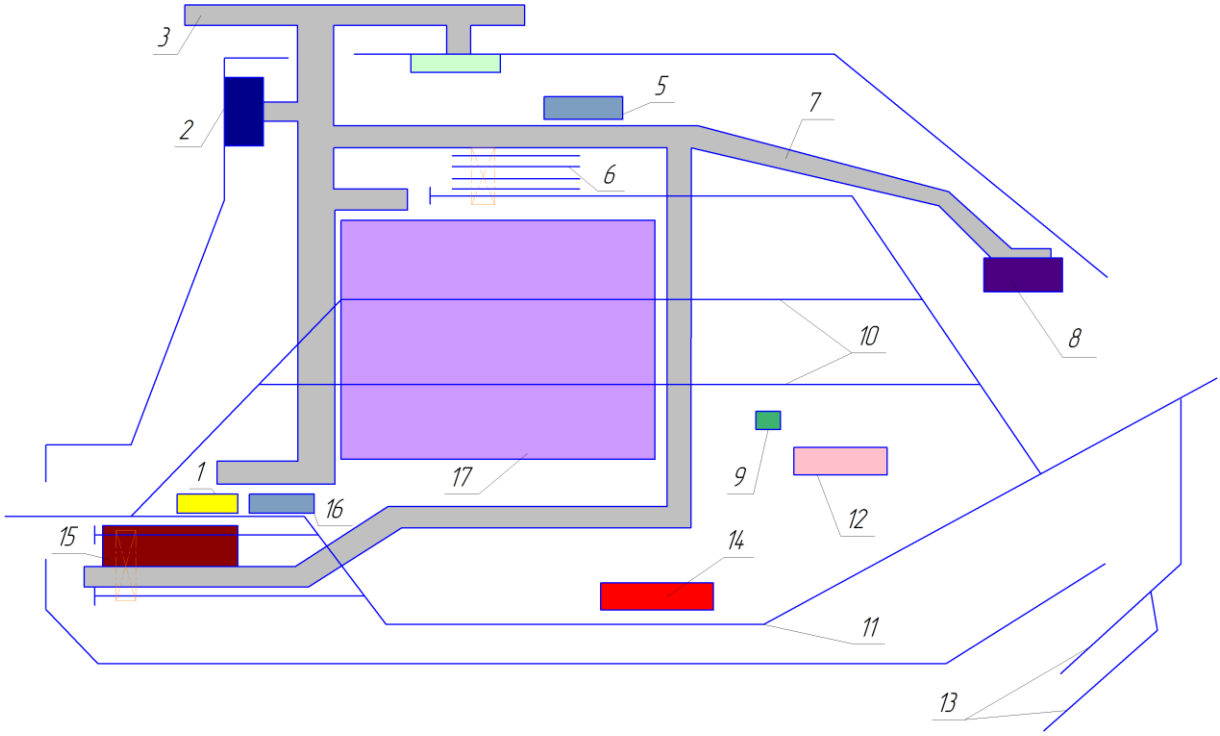


Рис. 5.2. Схема генерального плану вантажного вагонного депо:
1 – склад лісоматеріалів; 2 – гараж; 3 – шосейна дорога; 4 – адміністративний корпус; 5 – водоочисні споруди; 6 – колії для зберігання колісних пар; 7 – автомобільні внутрішні шляхи; 8 – котельна; 9 – трансформаторна підстанція; 10 – ремонтні колії; 11 – тракційні колії; 12 – їдальня; 13 – колії парку станції; 14 – склад пально-мастильних матеріалів; 15 – механізована дільниця з розбирання вагонів у металобрухт; 16 – комора запчастин; 17 – головний виробничий корпус

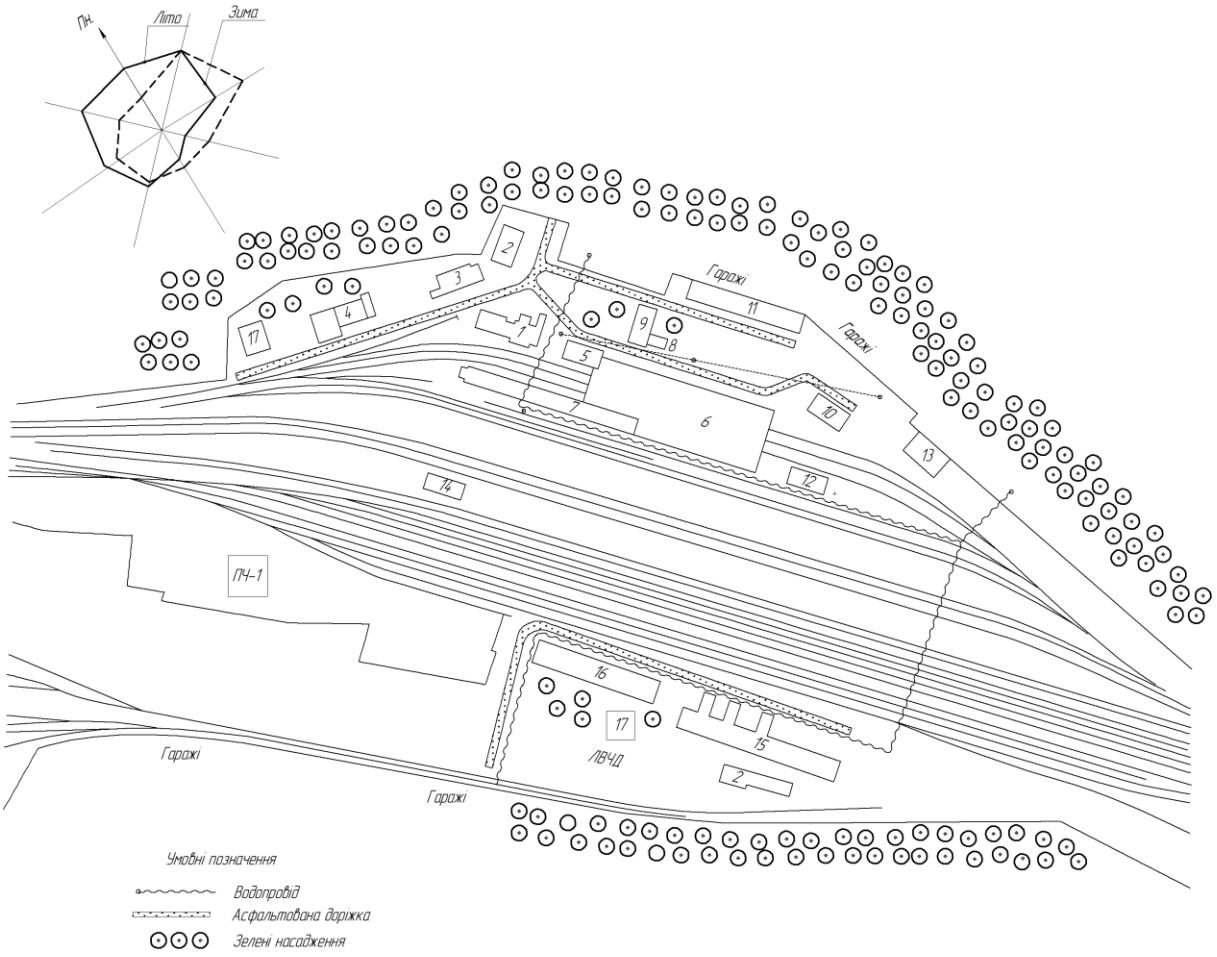


Рис. 5.3. Схема генерального плану пасажирського вагонного депо:

1 – котельня; 2 – гараж; 3 – майстерня; 4 – їдальня; 5 – експериментальна дільниця; 6 – ремонтна дільниця; 7 – колісно-роликова дільниця; 8 – полімерна дільниця; 9 – електродільниця; 10 – торговельно-побутова будівля; 11 – адміністративно-побутова будівля; 12 – склад металу і тари; 13 – склад металопрокату; 14 – службово-побутова будівля; 15 – будівля ПТО; 16 – база обслуговування пасажирів; 17 – зона відпочинку

Озеленення території депо має складати 10-15 %.

Схему генплану депо виконують у масштабах 1:500 або 1:1000.

На території депо передбачають різні колії:

– для введення та виведення вагонів із головного корпусу депо;

– екіпірування;

– обмивання і розташування вагономийних машин з очищення вагонів;

– відстою вагонів, що очікують ремонту і готують до нього;

– відстою відремонтованих вагонів;

– обгону та поточного прямування вагонів по території депо.

На території депо, крім головного корпусу, розташовані котельна; обмивальні пристрої; парк колісних пар і візків; складські та допоміжні будівлі; інженерні споруди тощо [50].

Внутрішні залізничні колії забезпечують приймання вагонів у ремонт, їх переміщення між виробничими дільницями, а також своєчасне виведення після завершення ремонтних робіт. Колійний розвиток формують з урахуванням типу вагонного депо, обсягів ремонту і необхідності мінімізації маневрових операцій.

Основні елементи транспортної інфраструктури депо та їхнє функціональне призначення наведено в табл. 5.3.

Таблиця 5.3

Основні елементи транспортної інфраструктури вагонного депо

Елемент інфраструктури	Призначення	Особливості розміщення
Приймально-відправні колії	Приймання і передавання вагонів у ремонт	Примикають до станційних колій
Ремонтні колії	Розміщення вагонів під час ремонту	Розташовані в головному корпусі
Маневрові колії	Переміщення вагонів між дільницями	Забезпечують мінімальну кількість маневрів
Колії для відстою	Тимчасове зберігання вагонів	Розміщені поза виробничою зоною
Технологічні проїзди	Переміщення допоміжного транспорту	Забезпечують під’їзд до дільниць

Автомобільні проїзди на території депо призначені для транспортування матеріалів, запасних частин, обладнання та виконання допоміжних технологічних операцій. Їх розташування має забезпечувати зручний під'їзд до виробничих корпусів, складів і допоміжних споруд за умови мінімального перетину із залізничними коліями. Основні вимоги щодо організації автомобільного руху на території вагонного депо наведено в табл. 5.4.

Таблиця 5.4

Основні вимоги щодо організації автомобільного руху на території вагонного депо

Вимога	Характеристика
Мінімізація перетинів	Зменшення кількості перетинів із коліями
Безпека руху	Чітке зонування та огородження
Зручність під'їзду	Забезпечення доступу до всіх дільниць
Пропускна спроможність	Можливість одночасного руху транспорту
Умови експлуатації	Урахування сезонних і кліматичних чинників

Пішохідні маршрути проєктують так, щоб гарантувати безпечне та найкоротше пересування персоналу між побутовими приміщеннями, адміністративними будівлями та робочими місцями. За можливості вони мають бути відокремлені від транспортних потоків або мати мінімальну кількість перетинів із залізничними коліями та автомобільними дорогами. Комплексне поєднання залізничних, автомобільних і пішохідних шляхів сприяє підвищенню пропускної спроможності депо, скороченню простою вагонів і покращенню умов праці персоналу.

Раціональні планувальні і транспортні рішення на території вагонного депо є необхідною умовою ефективної організації виробничих

процесів, підвищення безпеки руху і створення сприятливих умов праці персоналу. Вони забезпечують узгодженість роботи всіх виробничих дільниць і сприяють зниженню експлуатаційних витрат.

Реалізація раціональних планувальних і транспортних рішень має бути здійснювана з обов'язковим урахуванням вимог безпеки руху та охорони праці, що зумовлює необхідність комплексного підходу щодо організації виробничого середовища вагонного депо.

5.4. Вимоги щодо безпеки та охорони праці на території вагонного депо

Безпека та охорона праці на території вагонного депо є одним із пріоритетних напрямів під час його проєктування та експлуатації. Особливості виробничих процесів, наявність рухомого складу, технологічного транспорту, підйомно-транспортного обладнання та інженерних комунікацій зумовлюють підвищені вимоги щодо організації безпечних умов праці персоналу.

Вимоги щодо безпеки та охорони праці з проєктуванням та експлуатацією вагонних депо визначені законодавством України з охорони праці, галузевими правилами безпеки на залізничному транспорті та нормативними документами з пожежної і техногенної безпеки [60, 63-65].

Планувальні рішення генерального плану депо мають забезпечувати чітке розмежування виробничих, транспортних і побутових зон, що дає змогу зменшити кількість небезпечних перетинів потоків і мінімізувати ризик виникнення транспортних подій. Особливу увагу приділяють організації руху вагонів і технологічного транспорту, облаштуванню пішохідних маршрутів, освітленню території, встановленню засобів сигналізації.

Важливою складовою системи охорони праці є дотримання вимог пожежної безпеки, які передбачають правильне розміщення будівель і

споруд, наявність протипожежних розривів, забезпечення під'їздів для пожежної техніки та обладнання території засобами пожежогасіння. Основні чинники небезпеки, характерні для території вагонного депо, наведено в табл. 5.5.

Таблиця 5.5

Основні чинники небезпеки на території вагонного депо

Чинник небезпеки	Характеристика
Рух вагонів	Маневрові операції, подавання та прибирання вагонів
Технологічний транспорт	Переміщення матеріалів і обладнання
Підйомно-транспортні механізми	Крани, талі, домкрати
Електрообладнання	Контактні мережі, силові установки
Пожежонебезпечні матеріали	Пально-мастильні матеріали, лакофарбові вироби
Несприятливі умови	Погодні чинники, недостатнє освітлення

Для гарантування безпечних умов праці на території депо застосовують комплекс організаційних і технічних заходів, що охоплюють планування території, використання засобів колективного та індивідуального захисту, а також проведення регулярних інструктажів і навчання персоналу [50, 64]. Основні заходи з охорони праці та безпеки руху на території вагонного депо наведено в табл. 5.6.

Зонування території вагонного депо з урахуванням вимог безпеки та охорони праці наведено на рис. 5.4.

Таблиця 5.6

Основні заходи з охорони праці та безпеки руху

Захід	Призначення
Зонування території	Розмежування виробничих і пішохідних потоків
Освітлення території	Гарантування безпечної роботи в темний час
Сигналізація і знаки	Попередження про небезпечні зони
Протипожежні заходи	Запобігання та ліквідація пожеж
Навчання персоналу	Зниження ризику виробничого травматизму
Контроль технічного стану	Своєчасне виявлення несправностей

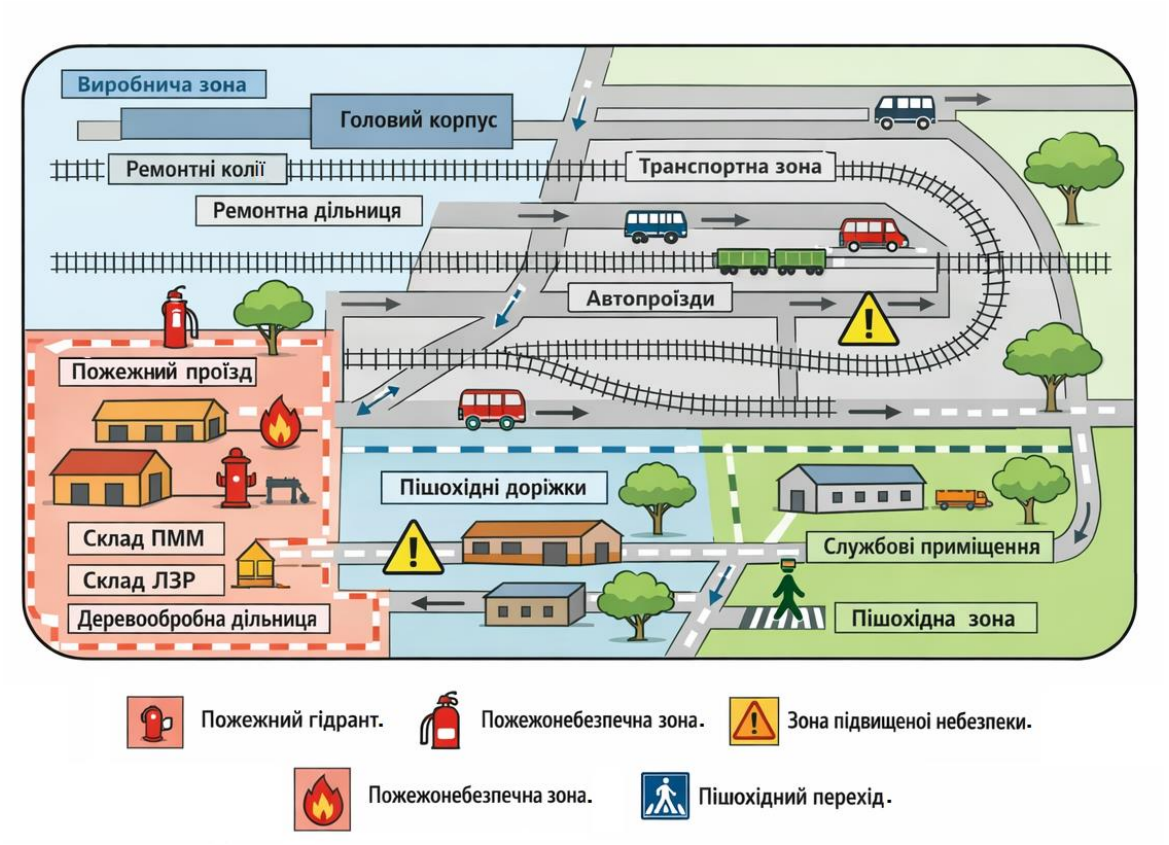


Рис. 5.4. Схема зонування території вагонного депо за вимогами безпеки

На рис. 5.4 показано принципову схему зонування території вагонного депо з урахуванням вимог щодо безпеки та охорони праці. Розмежування виробничих, транспортних і пішохідних зон допомагає зменшити кількість небезпечних перетинів потоків і підвищити рівень безпеки під час виконання ремонтних робіт. Виділення пожежонебезпечних зон і забезпечення спеціальних проїздів для аварійно-рятувальних служб сприяє оперативному реагуванню в разі надзвичайних ситуацій.

Комплексне впровадження заходів з охорони праці та безпеки на території вагонного депо сприяє зниженню рівня виробничого травматизму, підвищенню надійності технологічних процесів і створенню безпечних умов експлуатації рухомого складу. Дотримання нормативних вимог і системний підхід щодо організації безпеки є необхідною умовою ефективної роботи депо.

Додатково на території вагонного депо передбачено функціональне зонування за рівнем виробничої небезпеки з виділенням зон руху рухомого складу, технологічного транспорту і пішохідних маршрутів. Межі таких зон позначають відповідними сигнальними знаками, дорожньою розміткою та огородженнями. Важливу роль відіграє достатнє штучне і природне освітлення території депо, що гарантує безпечні умови праці в темний час доби і за несприятливих погодних умов. Реалізація зазначених заходів допомагає знизити рівень виробничого травматизму і підвищити загальну культуру безпеки на підприємстві.

Разом із гарантуванням безпечних умов праці важливим аспектом проєктування та експлуатації вагонного депо є мінімізація негативного впливу виробничої діяльності на навколишнє середовище.

5.5. Вимоги щодо охорони навколишнього середовища на території вагонного депо

Охорона навколишнього середовища є важливою складовою під час проєктування та експлуатації вагонного депо. Виробнича діяльність депо пов’язана з утворенням відходів, використанням пально-мастильних матеріалів, впливом шуму, вібрацій і можливими викидами забруднюючих речовин, що зумовлює необхідність впровадження комплексу природоохоронних заходів.

Генеральний план вагонного депо має передбачати раціональне розміщення виробничих дільниць, складів і допоміжних споруд з урахуванням санітарно-захисних зон, напрямків переважаючих вітрів і вимог чинних екологічних нормативів. Особливу увагу приділяють організації місць зберігання пально-мастильних матеріалів, збору та тимчасового зберігання виробничих відходів, а також облаштуванню очисних споруд для стічних вод.

Значну роль у системі охорони навколишнього середовища відіграє організація екологічного контролю на території вагонного депо. До його основних завдань належать моніторинг стану атмосферного повітря, контроль якості стічних вод, спостереження за станом ґрунтів і зелених насаджень, а також облік утворення та руху виробничих відходів. Проведення систематичного екологічного контролю дає змогу своєчасно виявляти потенційні джерела забруднення та вживати корегувальних заходів [66].

Екологічні вимоги щодо розміщення та експлуатації вагонних депо встановлені природоохоронним законодавством України та санітарними нормами, які визначають допустимі рівні впливу виробничої діяльності на атмосферне повітря, водні ресурси та ґрунти.

Важливим напрямом зниження негативного впливу на довкілля є впровадження ресурсозберігаючих і маловідходних технологій ремонту вагонів. Застосування сучасних матеріалів, автоматизованих систем дозування пально-мастильних матеріалів і багаторазового використання технічних рідин сприяє скороченню обсягів відходів і зменшенню ризику забруднення навколишнього середовища.

Окрему увагу приділяють благоустрою території вагонного депо, що передбачає озеленення, упорядкування відкритих майданчиків і організацію водовідведення. Зелені насадження виконують не лише естетичну функцію, а і сприяють зниженню рівня шуму, очищенню повітря та покращенню мікроклімату виробничої території. Раціональне поєднання природоохоронних і планувальних рішень гарантує екологічну безпеку депо та його гармонійне функціонування в навколишньому середовищі.

Зменшення негативного впливу на довкілля досягають застосуванням екологічно безпечних технологій ремонту, використанням сучасних очисних систем, герметизацією технологічного обладнання та контролем за станом інженерних мереж. Основні джерела екологічного впливу та заходи з їх мінімізації на території вагонного депо наведено в табл. 5.7.

Таблиця 5.7

Основні джерела екологічного впливу та природоохоронні заходи

Джерело впливу	Характер впливу	Основні заходи
1	2	3
Виробничі відходи	Забруднення ґрунтів і території	Сортування, тимчасове зберігання, утилізація
Пально-мастильні матеріали	Ризик витоків і забруднення	Герметичні ємності, піддони, контроль

Продовження табл. 5.7

1	2	3
Стічні води	Забруднення водних ресурсів	Локальні очисні споруди
Шум і вібрація	Негативний вплив на персонал і довкілля	Обмеження зон, шумозахисні заходи
Викиди в атмосферу	Забруднення повітря	Фільтрація, вентиляція

Дотримання вимог щодо охорони навколишнього середовища на території вагонного депо сприяє зменшенню негативного впливу виробничої діяльності на довкілля, підвищенню екологічної безпеки та відповідності підприємства чинним нормативним вимогам [63-66]. Комплексний підхід щодо екологічних питань є невід'ємною складовою сучасного проєктування та експлуатації об'єктів залізничного транспорту.

Ухвалені планувальні, технічні та природоохоронні рішення мають бути економічно обґрунтованими, що зумовлює необхідність оцінювання генерального плану за допомогою системи техніко-економічних показників.

5.6. Техніко-економічні показники генерального плану вагонного депо

Техніко-економічні показники генерального плану є важливим інструментом оцінювання раціональності ухвалених планувальних рішень вагонного депо. Вони допомагають кількісно охарактеризувати ефективність використання території, співвідношення між забудованими та вільними площами, а також відповідність генерального плану вимогам чинних нормативних документів [58, 59, 61, 62, 67].

До основних техніко-економічних показників генерального плану вагонного депо належать площа території, площа забудови, коефіцієнт щільності забудови, коефіцієнт використання території, протяжність внутрішніх транспортних комунікацій, а також забезпеченість виробничих і допоміжних дільниць інженерними мережами. Аналіз зазначених показників дає змогу оцінити компактність розміщення будівель і споруд, зручність організації виробничих процесів та умови подальшого розвитку депо.

Раціонально спроєктований генеральний план має забезпечувати мінімальні витрати на будівництво та експлуатацію підприємства за умови дотримання вимог щодо безпеки, охорони праці та навколишнього середовища. Оптимізації техніко-економічних показників досягають за рахунок скорочення довжини внутрішніх залізничних колій і автомобільних проїздів, зменшення протяжності інженерних мереж, а також максимального об'єднання виробничих дільниць у межах одного або кількох компактно розташованих корпусів [58-61].

Основні техніко-економічні показники генерального плану вагонного депо та їхні нормативні значення наведено в табл. 5.8.

Таблиця 5.8

Основні техніко-економічні показники генерального плану вагонного депо

Показник	Позначення	Характеристика
1	2	3
Площа території депо	S	Загальна площа земельної ділянки
Площа забудови	S_a	Сумарна площа будівель і споруд
Коефіцієнт щільності забудови	$k_з$	Відношення S_a до S

Продовження табл. 5.8

1	2	3
Коефіцієнт використання території	$k_в$	Частка корисно використаної площі
Протяжність колій	$L_к$	Сумарна довжина залізничних колій на території депо
Протяжність проїздів	$L_п$	Довжина автомобільних доріг
Резерв території	$S_р$	Площа для перспективного розвитку

Оцінювання техніко-економічних показників генерального плану дає змогу обґрунтувати доцільність ухвалених планувальних рішень і визначити рівень ефективності використання території вагонного депо. Досягнення оптимальних значень цих показників сприяє зниженню капітальних та експлуатаційних витрат, підвищенню виробничої ефективності, створенню умов для подальшої модернізації і розвитку підприємства.

Техніко-економічні показники генерального плану тісно пов’язані з ухваленими планувальними та архітектурними рішеннями, зокрема орієнтацією будівель відносно сторін світу і переважаючих напрямків вітру. Результати аналізу «троянди вітрів» безпосередньо впливають на вибір розташування основних виробничих корпусів, допоміжних будівель і відкритих майданчиків, що у свою чергу визначає компактність забудови та ефективність використання території депо [50, 67].

Раціональна орієнтація будівель дає змогу покращити умови природного освітлення і аерації виробничих приміщень, зменшити потребу в штучній вентиляції та освітленні, а також скоротити експлуатаційні

витрати. Це має позитивний вплив на такі техніко-економічні показники, як коефіцієнт щільності забудови, коефіцієнт використання території та загальна довжина інженерних комунікацій.

Для кількісного оцінювання ухвалених планувальних рішень у проєкті генерального плану вагонного депо виконують відповідні розрахунки техніко-економічних показників. Вони базовані на визначенні площі території депо, площі забудови, протяжності внутрішніх транспортних комунікацій і резервів території для перспективного розвитку. Розрахункові залежності та графічні матеріали дають змогу обґрунтувати доцільність вибраної схеми генерального плану і підтвердити її відповідність нормативним вимогам [58-62].

Для оцінювання раціональності ухвалених планувальних рішень отримані техніко-економічні показники порівнюють із рекомендованими нормативними значеннями. Зокрема, коефіцієнт щільності забудови території вагонного депо зазвичай має перебувати в межах 0,25-0,40, а коефіцієнт використання території – не бути менше 0,7-0,8. Дотримання зазначених меж свідчить про компактність забудови, ефективне використання площі та відповідність генерального плану вимогам чинних будівельних норм. Відхилення показників від нормативних значень потребує корегування планувальних рішень або додаткового техніко-економічного обґрунтування.

На кресленні схеми генерального плану наносять основний напис за вимогами ЄСКД (для графічної частини). Над основним написом наводять відомості про основні показники генплану:

а) площа території вагоноремонтного підприємства, виділена огородженням;

б) сумарна площа забудови;

в) коефіцієнт забудови (відношення сумарної площі забудови до площі території: *б/а*);

г) довжина залізничних колій, м;

д) площа, зайнята залізничними коліями, м^2;

е) довжина шляхів для безрейкового транспорту, м;

ж) площа, зайнята шляхами для безрейкового транспорту, м^2;

и) сумарна площа, займана майданчиками з навісом, майданчиками, що мають тверде покриття, і майданчиками, які обладнані кранами, м^2;

к) загальна площа, яка зайнята під забудову та інші споруди, – це пункти (*б+д+ж+и)*, м^2;

л) коефіцієнт використання території – це пункти ($\frac{б+д+ж+и}{а}$) ;

м) озеленення.

Основні техніко-економічні показники генерального плану визначають за розрахунковими формулами, що враховують площі забудови, загальну площу території та параметри транспортної інфраструктури депо. Результати розрахунків використовують для побудови відповідних графічних матеріалів і схем, які наочно відображають ефективність планувальних рішень.

Для кількісного оцінювання раціональності планувальних рішень генерального плану використовують систему техніко-економічних показників, значення яких визначають розрахунком. Методику розрахунку зазначених показників застосовують для виконання курсових і дипломних проєктів, за допомогою неї порівнюють різні варіанти генеральних планів [50-54].

Коефіцієнт озеленення вказує щільність зелених насаджень і дерев і являє собою відношення суми площі, яка зайнята зеленими насадженнями і деревами, до загальної площі вантажного вагонного депо:

$$K_{оз} = \frac{S_{оз}}{S}, \qquad (5.1)$$

де $S_{оз}$ – сумарна площа зелених насаджень і дерев вагонного депо, га;

S – загальна площа території вагонного депо, га.

Уздовж периметра вагонного депо, огородженого парканом, а також уздовж магістральних і виробничих доріг розташовані газони, засаджені деревами і чагарниками.

Коефіцієнт забудови вказує щільність забудови депо і являє собою відношення суми площі, зайнятої будівлями та спорудами, до загальної площі:

$$K_з = \frac{S_z}{S}, \tag{5.2}$$

де S_z – сумарна площа будівель і критих приміщень вагонного депо, га.

Коефіцієнт використання площі характеризує ступінь використання території підприємства і являє собою відношення площі, яка зайнята всіма наземними спорудами, до загальної площі:

$$K_в = \frac{S_o}{S}, \tag{5.3}$$

де S_o – площа, зайнята всіма наземними спорудами, га.

Отже, система техніко-економічних показників генерального плану дає змогу комплексно оцінити ефективність використання території вагонного депо, ступінь компактності забудови і раціональність планувальних рішень. Отримані значення коефіцієнтів є основою для порівняльного аналізу різних варіантів генерального плану, а також обґрунтування ухвалених проєктних рішень з урахуванням вимог щодо безпеки, експлуатаційної доцільності та перспектив розвитку підприємства.

Генеральний план вагонного депо визначає просторову організацію виробничих процесів, умови безпеки праці та ефективність використання території підприємства. Водночас ухвалення проєктних рішень про подальший розвиток вагонного господарства потребує не лише обґрунтування планувальних рішень, а і виконання техніко-економічного аналізу варіантів реконструкції існуючих депо або будівництва нових об’єктів. Це зумовлює необхідність порівняння виробничої потужності депо, програм ремонту вагонів і показників простою рухомого складу, що є предметом розгляду наступного розділу.

Контрольні запитання

1. Що таке генеральний план вагонного депо та яке його основне призначення?
2. Які елементи включає схема генерального плану вагонного депо?
3. Як генеральний план пов’язаний із технологічною схемою роботи депо?
4. Які природні та місцеві умови враховують під час розроблення генплану?
5. За якими ознаками класифікують генеральні плани вагонних депо?
6. Які типи вагонних депо розрізняють за призначенням?
7. У чому полягає різниця між типовим та індивідуальним генеральним планом?
8. Які основні вимоги висувають щодо взаємного розташування будівель і споруд депо?
9. Чому важливо забезпечувати потоковість руху вагонів на території депо?
10. Які вимоги встановлюють щодо орієнтації будівель відносно сторін світу і вітрів?

11. Яке призначення «троянди вітрів» для проєктування генерального плану?

12. Як будують «троянду вітрів» на схемі генерального плану?

13. Які вимоги висувають щодо розміщення пожежонебезпечних об’єктів?

14. Які нормативні значення коефіцієнта щільності забудови території депо?

15. Які нормативні значення коефіцієнта використання території?

16. Які основні елементи транспортної інфраструктури вагонного депо?

17. Які вимоги встановлюють щодо ширини автомобільних проїздів і пішохідних доріжок?

18. Які колії передбачають на території вагонного депо та яке їхнє призначення?

19. Які основні чинники небезпеки характерні для території вагонного депо?

20. Які заходи з охорони праці застосовують на території депо?

21. У чому полягає значення зонування території відносно безпеки?

22. Які основні джерела негативного впливу депо на навколишнє середовище?

23. Які природоохоронні заходи передбачені на території вагонного депо?

24. Які техніко-економічні показники використовують для оцінювання генплану?

25. Яке значення мають техніко-економічні показники для обґрунтування планувальних рішень?

РОЗДІЛ 6
ОСНОВИ ПРОЄКТУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВАГОННОГО ДЕПО

6.1. Стадії проєктування

Основою створення вагонного депо є послідовне виконання проєктних робіт, що охоплюють низку взаємопов'язаних стадій та інженерних рішень. Раціональна організація цих стадій забезпечує формування виробничо-технологічної структури підприємства з урахуванням обсягів ремонту, вимог щодо експлуатації та нормативних обмежень. Зміст і призначення основних стадій проєктування, склад технічного завдання та послідовність розроблення проєктних рішень у системі вагоноремонтного виробництва розглянуто в роботах [1-5].

Проєктування вагонного депо виконують за технічним завданням Замовника (залізниці), яке затверджено АТ «Укрзалізниця». Технічне завдання визначає основні параметри майбутнього об'єкта, його функціональне призначення та виробничу потужність. Окремо встановлено обмеження, пов'язані з умовами розміщення об'єкта, екологічними та санітарними нормами. Від якості та повноти технічного завдання значною мірою залежить ефективність подальшої експлуатації депо, рівень безпеки праці, стабільність технологічних процесів ремонту вагонів [64].

До основних стадій проєктування вагонного депо належать передпроєктні роботи, ескізне проєктування, розроблення робочого проєкту і авторський нагляд за реалізацією проєктних рішень. На стадії передпроєктних робіт аналізують вихідні дані, оцінюють потреби в ремонті рухомого складу, визначають доцільність будівництва нового депо або реконструкції існуючого. Особливу увагу приділяють аналізу

транспортних потоків, наявної інфраструктури та перспектив розвитку залізничної мережі. Результати такого аналізу використовують для вибору місця розташування депо, визначення його виробничої потужності та формування генерального плану [50].

На стадії ескізного проєктування формують загальну концепцію вагонного депо, визначають його планувальну структуру, склад основних виробничих дільниць і взаємозв'язки між ними. На цій стадії обґрунтовують основні технологічні схеми ремонту вагонів, попередньо визначають потребу в обладнанні та чисельності персоналу.

Робоче проєктування є завершальною стадією проєктних робіт і включає детальне опрацювання архітектурно-будівельних, технологічних, інженерних та організаційних рішень. Саме на цій стадії розробляють робочі креслення, специфікації обладнання та кошторисну документацію, що є підставою для виконання будівельно-монтажних робіт.

У процесі реалізації проєкту важливу роль відіграє авторський нагляд, який забезпечує контроль відповідності виконуваних робіт проєктним рішенням. Авторський нагляд дає змогу своєчасно виявляти відхилення, вносити обґрунтовані корегування і забезпечувати досягнення запланованих техніко-економічних показників вагонного депо.

До складу технічного завдання входять такі дані, кожен компонент яких безпосередньо впливає на ухвалення планувальних і технологічних рішень для проєктування вагонного депо:

– найменування депо (вантажне, пасажирське);

– підстава для проєктування та вид будівництва (нове або яке підлягає реконструкції);

– місце будівництва;

– типи вагонів, що ремонтують, і вид ремонту;

– річна програма ремонту в натуральному та вартісному вираженні;

– режим роботи депо;

– спеціалізація та кооперування з іншими підприємствами;

– джерела забезпечення електроенергією, теплом, газом, стиснутим повітрям і водою;

– терміни будівництва (реконструкції);

– вимоги щодо екології;

– вимоги щодо організації управління депо та виробничими процесами;

– питомі показники ефективності капітальних вкладень;

– вартість будівництва.

На підставі наведених у технічному завданні вихідних даних розраховують виробничі параметри вагонного депо. Так, типи вагонів, що підлягають ремонту, визначають склад і спеціалізацію виробничих дільниць, перелік необхідного обладнання, а також вимоги щодо габаритів ремонтних позицій і підйомно-транспортних засобів [68, 69].

Разом із типами вагонів річна програма ремонту є одним із головних показників, оскільки саме вона визначає виробничу потужність депо, кількість ремонтних позицій, чисельність персоналу та режим роботи підприємства. Невідповідність розрахункової програми фактичним потребам призводить до порушення оптимального режиму роботи виробничих дільниць і нераціонального використання ресурсів. Отже, річна програма ремонту є базовим параметром, що поєднує технічні, організаційні та економічні аспекти проєктування вагонного депо [50].

Режим роботи депо та організація змінності персоналу впливають на вибір технологічних схем, тривалість виробничих циклів і вимоги щодо побутових приміщень. При цьому особливу увагу приділяють безпеці праці, раціональному чергуванню змін і дотриманню норм охорони праці.

Вартість будівництва та економічні обмеження зумовлюють необхідність пошуку оптимальних проєктних рішень, які поєднують технічну доцільність з економічною ефективністю. На цій підставі

вибирають типові або уніфіковані конструктивні рішення, застосовують серійне обладнання та передбачають можливості подальшої модернізації депо.

Отже, повнота і обґрунтованість вихідних даних технічного завдання є визначальним чинником для ухвалення раціональних проєктних рішень і створення ефективного вагонного депо, здатного забезпечити стабільну роботу залізничного транспорту.

Перед технічним завданням розробляють оптимальні схеми проєктованого депо і включають акт обстеження майданчика для будівництва; будівельний паспорт, який є основним документом, що характеризує ділянку, яка відведена під будівництво (реконструкцію) вагонного депо.

Під час реконструкції депо до складу необхідних для проєктування матеріалів включають:

– існуючий генеральний план депо;

– плани і розрізи будівель і споруд;

– складське господарство;

– дані про технічний стан будівель та інженерних комунікацій;

– дані, що характеризують виробничу діяльність:

а) обсяг і технологія робіт депо;

б) випуск вагонів із ремонту;

в) досягнута собівартість ремонту;

г) трудомісткість ремонту, кількість і склад працівників депо;

д) режим роботи депо;

е) виконання норм;

ж) основні фонди і їхній стан;

и) робочі креслення облаштування дільниць і відділень обладнанням;

к) планування депо.

Визначена потреба вагонного парку в планових видах ремонту є вихідною інформацією для формування виробничої програми вагонного депо. Саме узгодження обсягу ремонтних робіт із наявними виробничими можливостями допомагає забезпечити ритмічність роботи ремонтних підрозділів і дотримання встановлених термінів відновлення вагонів.

6.2. Проєктування перспективної технологічної схеми вагонного депо

Вибір перспективної технологічної схеми ремонту вагонів є одним із головних етапів проєктування вагонного депо, оскільки саме від неї залежать продуктивність підприємства, тривалість простою вагонів у ремонті та ефективність використання виробничих площ і обладнання. Раціонально вибрана технологічна схема забезпечує узгодженість роботи всіх виробничих дільниць, зменшує кількість внутрішніх переміщень вагонів і сприяє підвищенню якості ремонтних робіт [50, 70].

Формують перспективну технологічну схему вагонного депо з урахуванням прогнозованих обсягів ремонтних робіт, ухваленої системи технічного утримання вагонів і вимог щодо організації виробничих процесів: типів вагонів, що ремонтують, обсягу річної програми, методу ремонту і рівня механізації й автоматизації виробничих процесів.

У сучасних умовах проєктування вагонних депо особливу увагу приділяють впровадженню потокових і потоково-позиційних методів ремонту, які допомагають скоротити тривалість ремонтного циклу та підвищити пропускну спроможність підприємства. Вибір конкретної технологічної схеми має забезпечувати можливість гнучкого реагування на зміну виробничої програми, а також передбачати резерви для подальшого розвитку та модернізації депо.

Розробляючи технологічну схему ремонту, необхідно враховувати вимоги нормативних документів, умови безпеки праці, санітарно-гігієнічні норми та екологічні обмеження. Важливим чинником є також раціональне розміщення дільниць і обладнання, щоб мінімізувати зустрічні потоки вагонів і забезпечити безперервність виробничого процесу [71].

Організація технологічної схеми ремонту вагонів у вагонному депо передбачає раціональне розміщення виробничих дільниць з урахуванням послідовності виконання ремонтних операцій і мінімізації внутрішньоцехових переміщень рухомого складу. Побудова схеми має забезпечувати безперервність виробничого процесу, зменшення простоїв вагонів у ремонті та ефективне використання виробничих площ.

Для формування технологічної схеми важливим є узгодження роботи основних і допоміжних дільниць депо. Основні дільниці забезпечують виконання основних ремонтних операцій, тоді як допоміжні дільниці створюють умови для їх безперебійного функціонування через підготовку матеріалів, комплектуючих і технічного обслуговування обладнання. Такий підхід дає змогу уникнути перехресних потоків вагонів і персоналу, що позитивно впливає на безпеку праці та загальну організацію виробництва [50, 54].

Технологічна схема ремонту має також враховувати можливість поетапного виконання робіт із чітким розмежуванням зон відповідальності між дільницями. Це сприяє підвищенню якості ремонту, спрощує контроль за виконанням технологічних операцій і забезпечує дотримання встановлених нормативів часу на виконання робіт. Раціональний рух вагонів між дільницями зменшує втрати часу на транспортування та підвищує пропускну спроможність депо [68, 69].

Особливу увагу з проєктуванням технологічної схеми приділяють безпечним умовам праці. Розміщення дільниць і проходів має відповідати нормативним вимогам щодо мінімальних відстаней між вагонами,

обладнанням і будівельними конструкціями. Це дає змогу створити безпечні робочі місця, забезпечити вільний доступ до обладнання та знизити ризик виникнення транспортних подій і виробничого травматизму.

Також технологічна схема має передбачати можливість адаптації до змін виробничої програми та впровадження нових технічних рішень. Наявність резервних площ і гнучкість планувальних рішень створюють передумови для модернізації вагонного депо без суттєвого порушення існуючого виробничого процесу. Реалізація ухваленої технологічної схеми передбачає раціональне поєднання окремих виробничих дільниць і послідовності виконання ремонтних операцій, що забезпечує узгодженість технологічних і транспортних процесів у межах депо.

Під час розміщення виробничих дільниць і відділень у головному корпусі депо слід керуватися:

– технологічними вимогами;

– оптимізацією транспортної схеми.

Ця схема має враховувати як організацію міждільничного передавання вагонних деталей і скомплектованих вузлів на позиції ремонту вагонів, так і раціональне пересування працівників у межах будівлі.

У зв’язку з цим під час проєктування планів виробничих дільниць і відділень необхідно дотримуватися таких основних вимог:

– подавати вагони у вагоноскладальну дільницю потрібно з одного кінця будівлі головного корпусу депо, а випускати з ремонту з іншого за принципом наскрізного потоку;

– дільниці та відділення, що забезпечують ремонт деталей і вузлів вагонів, потрібно розміщувати якомога ближче до позицій, де їх заміняють або після ремонту знову встановлюють на ремонтовані вагони (наприклад візкова дільниця, контрольний пункт автозчепу тощо);

– відділення, у яких виконують термічну обробку деталей або їх ремонт із попереднім підігріванням у печах, необхідно розміщувати в

одній групі та ізолювати від інших відділень вогнестійкою перегородкою (наприклад ковальсько-пружинне відділення, контрольний пункт автозчепу, відділення кришок люків і торцевих дверей напіввагонів, електрозварювальне відділення);

– дільницю ремонту електрообладнання суцільнометалевих вагонів у пасажирських депо з усіма його відділеннями (низьковольтного та високовольтного обладнання, акумуляторне тощо) потрібно розташовувати в одному місці з торцевого боку будівлі, причому акумуляторне та просочувальне відділення необхідно ізолювати і передбачити для них достатню припливно-витяжну вентиляцію;

– під час проєктування та реконструкції пасажирського депо передбачають відділення з ремонту установок для кондиціонування повітря з розташуванням їх поруч з електродільницею;

– інструментально-роздавальну комору потрібно розташовувати в середній частині будівлі;

– столярне відділення повинно мати окремі виходи до прилеглої території, тому його доцільно розташовувати з торцевого боку будівлі;

– у депо з ремонту вантажних вагонів малярне відділення може бути розташоване на продовженні вагоноскладальної дільниці, але з обов’язковим огородженням тамбуром-шлюзом шириною не менше 6 м, а в депо з ремонту пасажирських вагонів малярне відділення має бути розташоване в будівлях, що стоять окремо;

– підготовку вагонів до ремонту і їх розбирання потрібно проводити поза головним корпусом на спеціально виділеному майданчику.

Вагонні депо, що реконструюють, повинні мати три-чотири потокових лінії, причому у вантажних депо на одну позицію бажано встановлювати по два вагони, а кількість позицій на одній лінії – чотири-шість.

Наведені вимоги щодо перспективної технологічної схеми ремонту вагонів спрямовані на забезпечення безперервності виробничого процесу та раціональної організації праці. Забезпечення послідовного руху вагонів між ремонтними позиціями допомагає уникнути зайвих маневрових операцій, зменшити тривалість простою рухомого складу, підвищити пропускну спроможність депо.

Раціональне розміщення виробничих дільниць і обладнання має суттєвий вплив на ефективність роботи депо. Зокрема, розташування візкової, колісної дільниць і контрольного пункту автозчепу поблизу основних ремонтних позицій сприяє скороченню транспортних операцій і зменшенню трудомісткості ремонту. При цьому враховують габарити вагонів, масу вузлів і можливості підйомно-транспортних механізмів.

Важливою вимогою є гарантування умов безпеки праці та дотримання санітарно-гігієнічних норм. Це передбачає достатню освітленість робочих місць, вентиляцію, зниження рівня шуму та вібрації, а також організацію безпечних маршрутів пересування персоналу. Виконання цих вимог не лише підвищує безпеку працівників, але і позитивно впливає на якість ремонтних робіт [64].

Отже, дотримання вимог щодо перспективної технологічної схеми ремонту вагонів є необхідною умовою створення ефективного, безпечного та економічно обґрунтованого вагонного депо.

Під час вибору перспективної технологічної схеми ремонту вагонів у вагонному депо враховують методи організації ремонтних робіт, описані в підрозд. 2.5. Застосування того чи іншого методу ремонту визначає послідовність виконання технологічних операцій, характер переміщення вагонів між ремонтними позиціями та вимоги щодо планувального розміщення виробничих дільниць.

Так, використання індивідуального або позиційного методів ремонту зумовлює необхідність формування універсальних ремонтних позицій із

підвищеними вимогами щодо площі та оснащення. У цьому випадку технологічна схема депо передбачає більшу гнучкість, проте має відносно меншу пропускну спроможність.

Застосування потокового або потоково-позиційного методу ремонту потребує чіткої послідовності розташування виробничих дільниць, синхронізації ремонтних операцій і забезпечення ритмічності виробничого процесу. За таких умов перспективна технологічна схема набуває лінійного або кільцевого характеру, що сприяє скороченню простою вагонів у ремонті та підвищенню продуктивності депо.

Вибирати перспективну технологічну схему ремонту вагонів потрібно і тісному взаємозв'язку з ухваленим методом ремонту, що забезпечує раціональну організацію виробничого процесу та ефективне використання ресурсів вагонного депо.

Отже, вибір перспективної технологічної схеми ремонту вагонів є комплексним завданням, що ґрунтований на врахуванні методів ремонту, річної програми, типів вагонів і організаційно-технологічних особливостей роботи вагонного депо. Раціонально сформована технологічна схема забезпечує узгоджену роботу виробничих дільниць, скорочення простою вагонів у ремонті та підвищення ефективності використання виробничих площ і обладнання. Ухвалені проєктні рішення мають відповідати чинним нормативним вимогам і створювати умови для подальшого розвитку та модернізації депо.

Наведені показники не є самодостатніми, їх потрібно розглядати у взаємозв'язку з умовами експлуатації вагонного парку та організацією ремонтного виробництва. Їх аналіз допомагає не лише оцінити поточний стан системи технічного утримання, а і визначити напрями її подальшого вдосконалення.

Реалізація виробничої програми депо може бути безпосередньо позначена на часових показниках перебування вагонів у ремонті.

Тривалість простою вагонів є одним з узагальнюючих критеріїв ефективності організації ремонтного виробництва та допомагає оцінити відповідність фактичних умов роботи депо запланованим показникам.

Отже, перспективна технологічна схема вагонного депо є основою для ухвалення планувальних і організаційних рішень, визначення складу виробничих дільниць і раціональної побудови внутрішніх технологічних зв'язків. Її обґрунтування забезпечує узгодження виробничих можливостей депо з прогнозованими обсягами ремонтних робіт [50].

6.3. Вибір обладнання у виробничих дільницях депо

Вибирають обладнання у виробничих дільницях депо на основі ухваленої технологічної схеми ремонтних процесів і визначених обсягів виконання робіт. Вибір обладнання для вагонного депо є одним із вирішальних етапів проєктування, оскільки саме обладнання визначає технічні можливості виконання ремонтних робіт, рівень механізації та продуктивність праці. Раціонально підібране обладнання забезпечує виконання технологічних операцій у встановлені терміни, підвищує якість ремонту вагонів і створює безпечні умови праці для персоналу [68, 69].

Технологічне обладнання вагонного депо відіграє головну роль у забезпеченні якості та ефективності виконання ремонтних робіт. Його вибирають з урахуванням типів вагонів, що підлягають ремонту, обсягів виробничої програми та ухваленої технологічної схеми. Раціонально підібране обладнання допомагає скоротити тривалість ремонтного циклу і знизити трудомісткість основних операцій.

Залежно від функціонального призначення обладнання вагонного депо доцільно поділяти на основне, допоміжне та підйомно-транспортне. Основне обладнання використовують безпосередньо для виконання ремонтних операцій, допоміжне забезпечує підготовку матеріалів і

комплектуючих, а підйомно-транспортне обладнання призначене для переміщення вузлів, деталей і агрегатів у межах виробничих дільниць.

Розміщення технологічного обладнання у виробничих приміщеннях має відповідати вимогам чинних нормативних документів про відстані між обладнанням, вагонами та будівельними конструкціями. Це гарантує безпечні умови праці, вільний доступ до робочих зон і можливість обслуговування обладнання без порушення технологічного процесу. Дотримання нормативних відстаней також сприяє раціональному використанню виробничих площ.

Обладнання вибирають з урахуванням рівня механізації та можливості його подальшої модернізації. Використання уніфікованого обладнання і стандартних технічних рішень спрощує експлуатацію, ТОР обладнання, а також знижує витрати на його утримання. Наявність резерву продуктивності обладнання забезпечує стабільну роботу депо в разі зростання обсягів ремонтних робіт.

Крім загальних вимог щодо рівня механізації, під час вибору обладнання враховують типи вагонів, що підлягають ремонту, річну програму депо, ухвалену технологічну схему і метод ремонту. Важливими чинниками є також рівень уніфікації обладнання, можливість його модернізації, відповідність чинним нормативним вимогам і сумісність із наявними виробничими процесами.

Сучасні тенденції розвитку вагоноремонтного виробництва передбачають широке застосування механізованого і автоматизованого обладнання, щоб знизити трудомісткість робіт, підвищити точність виконання операцій і забезпечити стабільну якість ремонту. Особливу увагу приділяють впровадженню засобів неруйнівного контролю, універсальних стендів і автоматизованих діагностичних систем [50, 57].

Комплектують виробничі дільниці обладнанням з урахуванням досвіду роботи передових вагонних депо. Потрібно застосовувати сучасне високопродуктивне обладнання.

Технологічна оснастка та обладнання, що використано на вагоноремонтних підприємствах, умовно можна поділити на групи з урахуванням виконуваних робіт:

– діагностика та неруйнівний контроль;

– верстатне обладнання;

– зварювально-наплавлювальне обладнання;

– стенди для розбирання, комплектування та монтажу основних вузлів;

– вантажопідйомні механізми та обладнання;

– мийні машини;

– інше технологічне обладнання та оснастка (разом із нестандартним).

Підйомно-транспортне обладнання використовують для операцій підіймання, переміщення та встановлення вагонів і їхніх вузлів у процесі ремонту. До цієї групи належать домкрати, крани, талі та спеціалізовані підйомні пристрої, вибір яких визначено масою вагонів і габаритами ремонтних позицій.

Зварювальне обладнання застосовують під час відновлення елементів рами, кузова та інших металевих конструкцій вагонів. Вибираючи, ураховують типи зварювальних робіт, вимоги щодо якості з’єднань і необхідність гарантування безпечних умов праці.

Контрольне та діагностичне обладнання призначене для перевірки технічного стану вузлів і деталей вагонів до і після ремонту. Його застосування дає змогу своєчасно виявляти дефекти, підвищувати надійність рухомого складу, знижувати ризик транспортних подій.

Кількість необхідної оснастки і обладнання дільниць (відділень) вагоноремонтних підприємствах визначають на основі розробленої технології та норм часу за операціями або іншими нормативними показниками, що характеризують його продуктивність [57, 68, 69].

Вихідними даними для розрахунків є:

– річна програма випуску виробів дільницею (відділенням);

– нормативні показники (норма часу, добова або годинна продуктивність, трудовитрати, норма витрат матеріалів) на одиницю продукції за кожною операцією, що виконують із використанням технологічного обладнання;

– дійсний річний фонд робочого часу обладнання;

– технологічний процес виготовлення або ремонту.

Під час розрахунку необхідної кількості обладнання використовують декілька методик.

Необхідна кількість визначеного обладнання в загальному вигляді розраховують за формулою

$$O = \frac{N_в \cdot C_a}{F_{е\ об} \cdot \eta_o}\ , \qquad (6.1)$$

де $N_в$ – річна програма ремонту виробів, од.;

C_a – агрегатомісткість або верстатомісткість ремонту одиниці виробу (довідкові матеріали);

$F_{е\ об}$ – ефективний річний фонд робочого часу обладнання (довідкові матеріали), год;

η_o – коефіцієнт використання робочого часу обладнанням.

Розрахункове значення «О» потрібно округлити до цілого числа в більший бік.

Розрахункову кількість обладнання, що використовують під час ремонту вагона, його вузла чи деталі, визначають:

– за нормою часу $T_{шт}$ на операцію

$$O_{вр} = \frac{N_в \cdot T_{шт}}{F_{ео} \cdot m}\ , \qquad (6.2)$$

де $T_{шт}$ – штучний час на оброблення виробу на певному типі обладнання (довідкові матеріали), люд. год;

$F_{ео}$ – ефективний річний фонд робочого часу обладнання для роботи в одну зміну (довідкові матеріали), год;

m – кількість змін роботи обладнання за добу;

– ***продуктивністю обладнання***

$$O_{вр} = \frac{N_в}{B \cdot F}, \tag{6.3}$$

де B – кількість одиниць виробів, що діагностують за добу, од.;

F – річний фонд робочого часу обладнання, доба.

Отже, вибирати обладнання для вагонного депо потрібно з урахуванням технологічної схеми ремонту, методів організації виробничого процесу та вимог нормативних документів. Комплексний підхід щодо формування складу обладнання дає змогу забезпечити ефективну роботу депо, підвищити продуктивність праці, створити умови для подальшого розвитку виробничої бази.

Ухвалені технологічні та планувальні рішення, а також склад і розміщення технологічного обладнання безпосередньо впливають на організацію виробничого процесу у вагонному депо. Це зумовлює необхідність обґрунтованого визначення чисельності виробничого персоналу, здатного забезпечити виконання ремонтних робіт у встановлені терміни з дотриманням вимог безпеки та якості.

6.4. Розрахунок робочої сили дільниці (відділення) вагонного депо

Ухвалені технологічні та планувальні рішення безпосередньо впливають на формування чисельності виробничого персоналу вагонного депо, що обумовлює необхідність її обґрунтованого з урахуванням річної програми ремонту і трудомісткості виконання ремонтних операцій. Обґрунтована чисельність персоналу є необхідною умовою стабільної роботи підприємства.

Під час визначення чисельності працівників у вагонному депо враховують річну програму ремонту, ухвалену технологічну схему, методи організації ремонтних робіт, рівень механізації та автоматизації виробничих процесів. Важливу роль відіграє також режим роботи депо, кількість змін і умови праці на окремих виробничих дільницях [64, 71].

Залежно від характеру функцій, що виконують, промислово-виробничий персонал будь-якого підприємства, зокрема і вагонного депо, поділяють на чотири категорії: працівники; інженерно-технічні працівники (ІТП); обчислювально-конторський персонал (ОКП або службовці) і молодший обслуговуючий персонал (МОП).

Залежно від виконання основних чи допоміжних виробничих процесів, працівників поділяють на основних і допоміжних. Як основні, так і допоміжні працівники складають групи за професіями і спеціальностями, а також кваліфікаційними розрядами.

Основними вважають працівників, що безпосередньо виконують технологічні операції, пов’язані з випуском продукції, яка входить до номенклатури депо чи дільниці (відділення), – це слюсарі з ремонту рухомого складу, слюсарі з ремонту електрообладнання пасажирських вагонів, зварювальники, столяри, верстатники тощо.

До допоміжних працівників відносять тих, хто безпосередньо не бере участі в технологічних операціях (транспортні працівники, комірники тощо).

ІТП здійснюють функції загального і технічного управління. До цієї групи належать керівники (начальник депо, головний інженер, замісники начальника депо, старші майстри, майстри, бригадири), фахівці (інженери і техніки відділів).

До ОКП або службовців відносять обчислювально-бухгалтерський персонал, нормувальників, діловодів тощо.

До МОП належать працівники з догляду за службовими приміщеннями (двірники, прибиральники), працівники з догляду за обслуговуючими приміщеннями і службовими (гардеробники) та ін.

Вихідними даними для розрахунку потреби в робочій силі дільниці (відділення) вагонного депо є технологічний процес з нормами часу на операції та виробнича програма ремонту вагонів або вузлів.

Розрізняють обліковий і явочний склад працівників. Обліковий склад характеризує загальну кількість працівників дільниці (відділення).

Явочна чисельність працівників характеризує кількість працівників, які безпосередньо присутні на робочих місцях і виконують виробничі операції у зміні. Цей показник визначають з урахуванням трудомісткості ремонтних робіт і тривалості зміни і використовують для оцінювання реальної потреби в працівниках на кожній виробничій дільниці.

Облікова чисельність включає загальну кількість працівників, необхідних для забезпечення безперервної роботи депо з урахуванням вихідних днів, відпусток, тимчасової непрацездатності та інших поважних причин відсутності персоналу. Перехід від явочної до облікової чисельності здійснюють із застосуванням відповідних коефіцієнтів, що відображають реальні умови експлуатації підприємства.

Розраховують чисельність працівників на основі трудомісткості виконання ремонтних операцій і ефективного фонду робочого часу одного працівника за формулою

$$P_{яв}^{осн} = \frac{\mathrm{N}_в \cdot T}{F_н \cdot к_н}, \tag{6.4}$$

де $F_н$ – номінальний фонд робочого часу працівника за рік, год;

$k_н$ – коефіцієнт виконання норми, $k_н$ = 1,1...1,3;

T – нормативні витрати часу на один виріб, люд. год.

Трудомісткість робіт характеризує сумарні витрати робочого часу на виконання операцій ремонту вагонів на відповідній дільниці. Ефективний фонд робочого часу одного працівника враховує тривалість робочої зміни, кількість робочих днів у році, а також втрати часу, пов'язані з регламентованими перервами та відпустками.

Облікову чисельність основних працівник визначають за формулою

$$P_{об}^{осн} = P_{сп}^{осн} \cdot K_{об}, \tag{6.5}$$

де $K_{об}$ – коефіцієнт, що враховує співвідношення облікового і явочного фонду часу одного працівника в рік, $K_{об}$ = 1,1...1,2.

Облікова кількість працівників, тобто тих, хто знаходяться в штаті депо, більше за явочну. Це зроблено для того, щоб можна було підмінити працівників, які знаходяться в чергових відпустках або відсутні через хворобу тощо.

Розрахунок кількості допоміжних працівників ведуть за нормативами у відсотках облікової кількості (15 %) або за

диференційованими нормами обслуговування. Отже, облікову чисельність допоміжних працівників визначають за формулою

$$P_{об}^{доп} = P_{об}^{осн} \cdot \kappa_{доп}, \tag{6.6}$$

де $\kappa_{доп}$ – коефіцієнт, який враховує співвідношення допоміжних працівників до основних, $\kappa_д = 0{,}15$.

Кількість ІТП, ОКП і МОП визначають з урахуванням фактичної потреби в них відповідно до ухваленої схеми управління або у відсотковому відношенні до облікової кількості основних працівників

$$P_{об}^{ІТП} = P_{об}^{осн} \cdot \kappa_{ІТП}, \tag{6.7}$$

$$P_{об}^{ОКП} = P_{об}^{осн} \cdot \kappa_{ОКП}, \tag{6.8}$$

$$P_{об}^{МОП} = P_{об}^{МОП} \cdot \kappa_{МОП}, \tag{6.9}$$

де $\kappa_{ІТП}$, $\kappa_{ОКП}$, $\kappa_{МОП}$ – коефіцієнти, що враховують співвідношення ІТП, ОКП, МОП до основних працівників, $\kappa_{ІТП} = 0{,}06$; $\kappa_{ОКП} = 0{,}06$; $\kappa_{МОП} = 0{,}03$.

Коефіцієнти, що використовують для розрахунку чисельності робочої сили, ураховують організаційні та виробничі особливості роботи вагонного депо. Так, коефіцієнт змінності відображає кількість змін роботи персоналу протягом доби, а коефіцієнт спискового складу дає змогу врахувати планові та позапланові втрати робочого часу.

Правильний вибір значень коефіцієнтів є необхідною умовою отримання обґрунтованих результатів розрахунку чисельності персоналу. Завищення або заниження цих показників може призвести до порушення ритмічності виробничого процесу та зниження ефективності роботи депо.

Визначають чисельність виробничого персоналу вагонного депо з урахуванням річної програми ремонту, трудомісткості виконання окремих операцій і схваленого режиму роботи підприємства. При цьому враховують коефіцієнти використання робочого часу, змінності роботи і можливих перерв, що впливають на фактичну зайнятість працівників у виробничому процесі.

Раціонально сформований склад персоналу безпосередньо впливає на ефективність функціонування вагонного депо. Недостатня чисельність працівників може призвести до порушення термінів ремонту вагонів, тоді як надлишкова чисельність зумовлює нераціональне використання трудових ресурсів і зростання експлуатаційних витрат. Тому для визначення чисельності персоналу необхідно забезпечити баланс між виробничими потребами та економічною доцільністю.

Чисельність персоналу також тісно пов’язана з планувальними рішеннями та розмірами виробничих приміщень. Кількість робочих місць, ширина проходів і розміщення обладнання мають забезпечувати можливість одночасного виконання ремонтних операцій без порушення вимог безпеки праці. Це особливо важливо для виконання робіт із використанням підйомно-транспортних засобів і великогабаритних вузлів вагонів.

Крім того, під час проєктування вагонного депо доцільно враховувати можливість зміни чисельності персоналу залежно від коливань виробничої програми. Запровадження гнучких режимів роботи і резерву робочих місць дає змогу адаптувати виробничий процес до змін обсягів ремонту без істотного впливу на стабільність роботи депо.

Визначати чисельність робочої сили у вагонному депо потрібно з урахуванням річної програми ремонту, ухваленої технологічної схеми та організаційних умов роботи підприємства. Раціонально сформований склад персоналу забезпечує своєчасне виконання ремонтних робіт, підвищення продуктивності праці та дотримання вимог безпеки під час експлуатації рухомого складу.

6.5. Розрахунок основних розмірних параметрів дільниці (відділення) депо

Визначення габаритів виробничих приміщень і площ вагонного депо є важливим етапом проєктування, що забезпечує можливість раціонального розміщення обладнання, організації робочих місць і безпечного виконання ремонтних робіт. Габаритні параметри приміщень мають відповідати типам вагонів, що ремонтують, ухваленій технологічній схемі та вимогам чинних нормативних документів [58-63].

Недостатні розміри приміщень ускладнюють виконання технологічних операцій, обмежують використання підйомно-транспортних механізмів і негативно впливають на умови праці персоналу. І навпаки, надмірне збільшення площ призводить до нераціонального використання виробничих ресурсів і зростання вартості будівництва, що також враховують із проєктуванням вагонного депо.

Для більшості дільниць і відділень депо основні розміри (довжина, ширина, висота) є уніфікованими, їх приймають за нормами технологічного проєктування. Основні розміри вагоноскладальної дільниці (ВСД) залежать від обсягу та організації ремонту вагонів, тому її розраховують окремо для кожного конкретного випадку.

Для визначення розмірних параметрів дільниці необхідно дотримуватися вимог чинних будівельних і санітарних норм, а також нормативів з охорони праці та пожежної безпеки [64].

Основні розмірні параметри дільниці визначають на основі кількості робочих місць, габаритів обладнання і нормативних відстаней між елементами виробничого простору.

Довжину вагоноскладальної дільниці вагонного депо, м, за умов потокового методу ремонту вагонів визначають за формулою

$$L_{ВСД} = L_{ск} + L_{М}\,, \tag{6.10}$$

де $L_{СК}$ – довжина дільниці без урахування довжини малярного відділення, м,

$$L = 2l_1 + l_n \cdot \theta_n \cdot k_в + l_{тр} + 2l_2\,, \tag{6.11}$$

де l_1 – відстань від крайньої позиції до торцевої стіни дільниці, l_1 = 3 м;

l_n – довжина ремонтної позиції, яка припадає на один вагон, що ремонтують (табл. 6.1);

$к_в$ – кількість вагонів на одній позиції;

$l_{тр}$ – ширина поперечного транспортного проїзду в середині ВСД, $l_{тр}$ = 6 м;

l_2 – відстань між ремонтними позиціями для викочування та підкочування візків, м (табл. 6.1);

θ_n – кількість позицій на одній потоковій лінії;

$L_м$ – довжина малярного відділення, м,

$$L_м = 2l_3 + l_в \cdot n_в + l_4(n_в - 1)\,, \tag{6.12}$$

де l_3 – відстань від крайнього вагона до торцевої стіни малярського відділення, l_3;

$l_в$ – довжина вагона за осями зчеплення автозчепом, м (табл. 6.1);

$n_в$ – кількість вагонів, що знаходяться в малярному відділенні на одній лінії;

l_4 – відстань між вагонами (з урахуванням механізованого фарбування стін вагона), l_4 = 4 м.

Таблиця 6.1

Нормативні значення відстаней

Тип вагона	Параметр, м		
	$l_п$	l_2	$l_в$
Чотиривісний напіввагон	16,7	3	13,92
Чотиривісний критий вагон	16,7	3	14,73
Чотиривісна платформа	16,7	3	14,62
Чотиривісна цистерна	14,2	3	12,02
Восьмивісна цистерна	23,1	7	21,12
Рефрижераторний вагон	24,8	6	22,80
Пасажирський вагон	27,0	6	24,54

Ширину ВСД визначають за формулою

$$B_{ск} = (n_к - 1)в_1 + 2в_2, \qquad (6.13)$$

де $n_к$ – кількість колій (потокових ліній) у дільниці;

$в_1$ – відстань поміж осями сусідніх ремонтних колій (7 м для двоколійної, 8 м для триколійної дільниці);

$в_2$ – відстань від подовжньої стіни або колони будівлі до осі найближчої ремонтної колії, $в_2$ = 5 м.

Відповідно до будівельних норм довжина має бути кратна 6, а ширина – 3. Відстань між колонами – 6 або 12 м.

Висоту ВСД встановлюють виходячи з умови: якщо там працює мостовий кран вантажопідйомністю 10 т, то її приймають рівною від верху головки рейок до низу конструкції перекриття 9,6 м. Висоту інших виробничих приміщень депо приймають за нормами технологічного проєктування.

Площу інших виробничих дільниць і відділень визначають виходячи з кількості основного технологічного обладнання, його розмірів і з урахуванням проходів, проїздів і складів.

Наведені в табл. 6.1 нормативні значення відстаней визначають мінімально допустимі проміжки між вагоном, елементами обладнання, будівельними конструкціями та проходами для персоналу у виробничих приміщеннях вагонного депо. Дотримання цих відстаней є обов'язковою умовою гарантування безпечного виконання ремонтних робіт і нормальної експлуатації технологічного обладнання.

Нормативні відстані встановлено з урахуванням габаритів вагонів, характеру виконуваних ремонтних операцій, а також необхідності забезпечення проходів і проїздів для навченого персоналу та підйомно-транспортних засобів [68, 69, 72]. Недотримання встановлених значень може призвести до ускладнення технологічного процесу, підвищення ризику травматизму, зниження ефективності організації виробництва.

Площа дільниці характеризує виробничий простір, необхідний для розміщення обладнання та гарантування безпечного виконання ремонтних операцій. Ширину і довжину дільниці визначають з урахуванням габаритів рухомого складу, обладнання та нормативних відстаней, що забезпечують зручність і безпеку праці.

За умов виконання збільшених розрахунків площі дільниць і відділень вагонного депо $S_д$, м^2, визначають за формулою

$$S_д = \sum_{i=1}^{m} n_{об.i} \cdot f_{об.i}, \qquad (6.14)$$

де m – кількість типів обладнання i-го виду;

$n_{об.\,i}$ – кількість одиниць i-го обладнання;

$f_{об.i}$ – питома площа на i-ту одиницю обладнання з урахуванням проходів і проїздів, м^2.

Питому площу для вагонного депо приймають відповідно до норм технологічного проєктування.

Ширину виробничих дільниць приймаємо рівною 18 м, а висоту від низу конструкції перекриття для приміщень, що мають підвісні крани або кран-балки, – 7,2 та 8,4 м, для приміщень, що не мають кранового обладнання, – 4,8 м.

Відповідно до норм технологічного проєктування депо з ремонту вантажних і пасажирських вагонів, мінімальні та максимальні норми (залежно від потужності депо) площ, м^2, виробничих дільниць і відділень наведені в табл. 6.2. Наведені значення площ уточнюють під час планування виробничих підрозділів з урахуванням конкретних умов.

Таблиця 6.2

Нормативні площі виробничих дільниць і відділень депо

Дільниця (відділення)	Вантажне депо		Пасажирське депо	
	min	max	min	max
1	2	3	4	5
Вагоноскладальна дільниця	за розрахунком			
Дільниця ремонту колісних пар	756	1140	648	648
Дільниця ремонту візків	720	1440	1008	1008
Дільниця ремонту буксових вузлів	288	324	288	288
Контрольний пункт автозчепу	432	432	за кооперацією	
Відділення з ремонту гальмового обладнання	за розрахунком			
Механічне відділення	180	300	180	210
Електрогазозварювальне відділення	54	84	96	108
Відділення з ремонту кришок люків і торцевих дверей напіввагонів	216	252	-	-

Продовження табл. 6.2

1	2	3	4	5
Відділення з ремонту бортів платформ	144	192	-	-
Відділення з ремонту дверей критих вагонів	144	168	-	-
Відділення з ремонту арматури котлів цистерн	108	108	-	-
Відділення з ремонту елементів ресорного підвішування	648	648	360	360
Ковальське відділення	180	228	150	180
Слюсарно-комплектувальне відділення	-	-	244	270
Гальванічне відділення	-	-	216	216
Відділення з ремонту редукторів	-	-	144	162
Відділення з ремонту полімерних виробів	-	-	144	144
Відділення з ремонту приладів опалення	-	-	144	180
Відділення з ремонту приладів вентиляції	-	-	144	180
Відділення з ремонту дверних замків	-	-	144	180
Відділення з ремонту гідравлічних гасників коливань	-	-	48	54
Відділення з ремонту холодильного обладнання	-	-	360	360
Відділення з ремонту кип’ятильників та унітазів	-	-	112	135

Продовження табл. 6.2

1	2	3	4	5
Деревообробне відділення	240	360	240	360
Відділення з ремонту електричних машин	-	-	324	324
Відділення з ремонту електроапаратури	-	-	72	72
Відділення з ремонту радіоапаратури	-	-	64	72
Відділення з ремонту акумуляторних батарей	-	-	360	360
Ремонтно-механічна дільниця	81	108	108	108
Інструментальне відділення	108	168	72	108
Відділення з ремонту електросилового обладнання	72	72	72	72
Відділення з ремонту електрокарів та автонавантажувачів	72	96	48	72
Ремонтно-господарча дільниця	72	72	72	72
Компресорне відділення	72	72	72	72
Комора запасних частин	216	348	208	235

Наведені в табл. 6.2 нормативні площі виробничих дільниць і відділень вагонного депо визначають мінімально необхідні розміри приміщень для забезпечення раціональної організації ремонтних робіт. Прийняті значення враховують характер виконуваних технологічних операцій, кількість і габарити встановлюваного обладнання, а також необхідність розміщення робочих місць і допоміжних зон.

Нормативні площі встановлюють з урахуванням вимог щодо безпеки праці, забезпечення нормативних проходів для персоналу та можливості

використання підйомно-транспортних засобів. Дотримання зазначених значень сприяє підвищенню продуктивності праці, зниженню внутрішньодільничних переміщень і створенню умов для ефективної експлуатації та подальшої модернізації вагонного депо [1].

У цьому розділі розглянуто основні питання проєктування вагонного депо з урахуванням вимог сучасного вагоноремонтного виробництва. Проаналізовано стадії проєктування, визначено роль технічного завдання та обґрунтовано вибір перспективної технологічної схеми ремонту вагонів у взаємозв’язку з методами організації виробничого процесу.

Розглянуто підходи щодо вибору технологічного обладнання та визначення чисельності робочої сили, що дає змогу забезпечити ефективну організацію ремонтних робіт і раціональне використання виробничих ресурсів. Окрему увагу приділено обґрунтуванню нормативних значень відстаней і площ виробничих дільниць і відділень депо, що є необхідною умовою дотримання безпеки праці та виконання чинних нормативних вимог.

Прийняті в розділі проєктні рішення створюють передумови для стабільної роботи вагонного депо, підвищення продуктивності праці та можливості подальшого розвитку і модернізації виробничої бази.

Результати аналізу показників роботи системи технічного утримання вагонів допомагають оцінити ефективність використання виробничих можливостей вагоноремонтних підрозділів і виявити основні чинники, що впливають на тривалість простою вагонів у ремонті. Отримані висновки можуть бути використані як вихідні дані для обґрунтування заходів з удосконалення організації ремонтних процесів і ухвалення рішень про подальший розвиток ремонтної бази.

Контрольні запитання

1. Яке призначення цього розділу в структурі курсу з організації вагонного господарства?

2. Які основні завдання вирішують під час аналізу системи технічного утримання вагонів?

3. Що розуміють під ефективністю системи ТОР вагонів?

4. Які чинники визначають потребу вагонів у планових видах ремонту?

5. Як взаємопов’язані технічний стан вагонів і умови їх експлуатації?

6. Яку роль відіграє виробнича програма депо в системі технічного утримання вагонів?

7. Які показники використовують для оцінювання роботи вагоноремонтних підрозділів?

8. У чому полягає відмінність між загальним і безпосереднім простоєм вагона в ремонті?

9. Які чинники впливають на тривалість простою вагона під час деповського ремонту?

10. Як визначають потребу вагонного парку в планових видах ремонту?

11. Яке значення має ритмічність роботи ремонтних підрозділів?

12. Як впливає організація технологічного процесу на ефективність ремонту вагонів?

13. Які недоліки в системі технічного утримання можуть призводити до збільшення простою вагонів?

14. Які організаційні заходи сприяють зниженню втрат робочого часу під час ремонту?

15. Яке значення має забезпечення ремонтного виробництва матеріалами і запасними частинами?

16. Як рівень механізації та автоматизації впливає на показники роботи депо?

17. Які показники доцільно використовувати для порівняльного оцінювання роботи різних депо?

18. Як результати аналізу цього розділу можуть бути використані для планування розвитку депо?

19. Які передумови свідчать про необхідність удосконалення системи технічного обслуговування вагонів?

20. У чому полягає взаємозв’язок між системою технічного утримання та виробничою потужністю депо?

21. Яке значення має скорочення простою вагонів для ефективності експлуатації парку?

22. Як результати аналізу використовують для реконструкції вагонного депо?

23. Які обмеження потрібно враховувати для оцінювання можливостей ремонтної бази?

24. Як результати цього розділу пов’язані з формуванням генерального плану депо?

25. Яку роль відіграє цей розділ для ухвалення рішень про розвиток вагоноремонтної інфраструктури?

Бібліографічний список

1. ДСТУ 9050:2020. Система технічного обслуговування та ремонтування техніки. Терміни та визначення понять. Чинний від 2021-01-01. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020. 34 с.

2. СТП 04-010:2018. Вагони вантажні. Система технічного обслуговування та ремонту за технічним станом: затв. Наказом АТ «Укрзалізниця» від 08.08.2019 р. № 519. Київ, 2018. 25 с.

3. СТП 04-000:2018. Вагони пасажирські. Правила технічного обслуговування: затв. Наказом АТ «Укрзалізниця». Київ, 2018. 133 с.

4. СТП 04-021:2020. Вагони вантажні залізниць колії 1520 мм. Правила з технічного обслуговування з відчепленням: затв. рішенням правління АТ «Укрзалізниця» від 01.10.2020 р. № Ц-45/83. Київ, 2020. 65 с.

5. СТП 04-102: 2021. Вагони вантажні. Технічне обслуговування правила з підготовки вантажних вагонів до перевезень: затв. рішенням правління АТ «Укрзалізниця» від 20.05.2021 р. № Ц-56/56. Київ, 2021. 58 с.

6. Kienzle Apparate GmbH. Kifos überläßt die Fertigungsablaufsteuerung dem Sachbearbeiter – Einstiegspunkt für jede Prioritätenfolge. *Computerwoche.de.* 30 Apr. 1982. URL: https://www.computerwoche.de/article/2863086/einstiegspunkt-fuer-jede-prioritaetenfolge.html (дата звернення: 02.01.2026).

7. DIN EN 17023:2019. Bahnanwendungen. Instandhaltung von Eisenbahnfahrzeugen – Erstellung und Änderung von Instandhaltungsplänen; Deutsche Fassung EN 17023:2018. Berlin: Beuth Verlag, 2019. URL: https://www.beuth.de/de/norm/din-en-17023/292719289 (дата звернення: 02.01.2026).

8. Rocha R. L., Siravenha A. C. Q., Gomes A. C. S., Serejo G. L., Silva A. F. B., Rodrigues L. M., Braga J., Dias G., Carvalho S. R., De Souza C.

R. B. A deep-learning-based approach for automated wagon component inspection. Pau, France: Proceedings of the 33rd Annual ACM Symposium on Applied Computing (SAC 2018). 2018. P. 276-283. DOI: 10.1145/3167132.3167157. URL: https://dl.acm.org/doi/10.1145/3167132.3167157 (дата звернення: 02.01.2026).

9. Japan International Cooperation Agency. Rolling Stock Maintenance Manuals. Tokyo: JICA, 2017. URL: https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/11945623_02.pdf (дата звернення: 10.11.2025).

10. Japan International Cooperation Agency. Technical Regulatory Standards on Japanese Railways: Rolling Stock. Tokyo: JICA, 2007. URL: https://pdfcoffee.com/011-technical-regulatory-standards-on-japanese-railways-rolling-stock-pdf-free.html (дата звернення: 10.11.2025).

11. JGLOBAL. Private Freight Rolling Stock Maintenance Practices in Japan. URL: https://jglobal.jst.go.jp/en/public/202502233112380425 (дата звернення: 10.11.2025).

12. UIC. Leaflet 345: Life Cycle Cost for Railway Rolling Stock. Paris: International Union of Railways (UIC), 2002. 64 p. URL: https://uic.org (дата звернення: 02.01.2026).

13. White P., Nash C. Privatization of British Rail: Assessing the Results. *Transport Reviews*. 2002. Vol. 22, No. 2. P. 137-155. URL: https://doi.org/10.1080/01441640110075638 (дата звернення: 02.01.2026).

14. Association of American Railroads. Manual of Standards and Recommended Practices Tables of Content. Washington, D.C.: AAR, 2023. URL: https://aar.com/standards/MSRPs/MSRP-A1.pdf (дата звернення: 10.11.2025).

15. Federal Railroad Administration. 49 CFR Part 215 Railroad Freight Car Safety Standards. Washington, DC: U.S. Department of Transportation, 2023. URL: https://www.ecfr.gov/current/title-49/subtitle-B/chapter-II/part-215 (дата звернення: 10.11.2025).

16. Association of American Railroads. Freight Rail Safety Inspections Fact Sheet. Washington, DC: AAR, 2023. URL: https://www.aar.org/wp-content/uploads/2023/06/AAR-Safety-Inspections-Fact-Sheet.pdf (дата звернення: 10.11.2025).

17. Carmi Subdivision Kettle Valley Railway. Touring the KVR. URL: https://thekvr.com/carmi-subdivision.php (дата звернення: 10.11.2025).

18. Knorr-Bremse AG. Locations and contacts worldwide. URL: https://rail.knorr-bremse.com/en/de/about-us/locations-and-contacts-worldwide (дата звернення: 10.11.2025).

19. Knorr-Bremse AG. RailServices. URL: https://rail.knorr-bremse.com/en/de (дата звернення: 10.11.2025).

20. The Greenbrier Companies. Company profile. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/The_Greenbrier_Companies (дата звернення: 10.11.2025).

21. TrinityRail. Mobile Repair Units. URL: https://www.trinityrail.com (дата звернення: 10.11.2025).

22. Stadler Rail. Locations. URL: https://www.stadlerrail.com/company/locations (дата звернення: 10.11.2025).

23. Amsted Rail. Global presence. URL: https://www.amstedrail.com/global-presence (дата звернення: 10.11.2025).

24. GATX Corporation / GATX Europe. Our Partner Network. URL: https://www.gatx.eu/services/our-partner-network (дата звернення: 10.11.2025).

25. Watco Companies. Company profile. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Watco (дата звернення: 10.11.2025).

26. European Union Agency for Railways. Commission Regulation (EU) No 321/2013 of 13 March 2013 on the technical specification for interoperability relating to the subsystem «rolling stock freight wagons» (TSI

WAG). Brussels: European Union, чинна редакція. URL: https://www.era.europa.eu (дата звернення: 02.01.2026).

27. Federal Railroad Administration. Freight Car Safety Standards Overview (49 CFR Part 215). Washington, DC: U.S. Department of Transportation, 2024. URL: https://railroads.dot.gov (дата звернення: 02.01.2026).

28. European Commission. Rail freight transport statistics rolling stock age structure. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2023. URL: https://ec.europa.eu/eurostat (дата звернення: 02.01.2026).

29. Federal Railroad Administration. Evaluation of Extended Service Life of Freight Railcars. Washington, DC: U.S. Department of Transportation, 2022. URL: https://railroads.dot.gov (дата звернення: 02.01.2026).

30. European Union Agency for Railways. Axle load limits and infrastructure compatibility in the European railway network. *Valenciennes*. 2023. URL: https://www.era.europa.eu (дата звернення: 02.01.2026).

31. Association of American Railroads. Railroad Freight Car Safety Standards (49 CFR Part 215). Washington, DC: AAR, 2024. URL: https://www.ecfr.gov/current/title-49/subtitle-B/chapter-II/part-215 (дата звернення: 02.01.2026).

32. Association of American Railroads. Manual of Standards and Recommended Practices. Section G: Wheels and Axles. Washington, DC: AAR, 2023. URL: https://www.aar.com/standards (дата звернення: 02.01.2026).

33. Railway Gazette International. Wheel maintenance technologies for freight wagons. London, 2023. URL: https://www.railwaygazette.com (дата звернення: 02.01.2026).

34. Hegenscheidt-MFD GmbH. Underfloor Wheelset Lathes for Freight and Passenger Rail Vehicles. Erkelenz, Germany, 2024. URL: https://www.hegenscheidt.com/en/machine-portfolio/machines-for-wheelset-machining/underfloor-wheelset-lathes/ (дата звернення: 02.01.2026).

35. European Union Agency for Railways. Technical Specifications for Interoperability Freight Wagons (TSI WAG). *Valenciennes*. 2023. URL: https://www.era.europa.eu (дата звернення: 02.01.2026).

36. UIC International Union of Railways. Leaflet 510-2: Technical approval of freight wagons. Paris, 2022. URL: https://uic.org (дата звернення: 02.01.2026).

37. Loram Technologies. Wheelset Maintenance and Diagnostic Systems. Hamel, MN, USA, 2022. URL: https://loram.com (дата звернення: 02.01.2026).

38. GMI Research. Freight Railcar Repair Market Size and Forecast. 2024. URL: https://www.gminsights.com/industry-analysis/freight-railcar-repair-market (дата звернення: 02.01.2026).

39. JIS Z8101-1:2015. Statistics – Vocabulary and symbols – Part 1: General statistical terms and terms used in probability. Tokyo: Japanese Standards Association (JSA), 2015. URL: https://www.all-standards.com/en/standard/jis/z8101-1-2015/20.10.2015/ (дата звернення: 18.01.2026).

40. JIS Z8101-2:1999. Statistics – Vocabulary and symbols – Part 2: Applied statistics. Tokyo: Japanese Standards Association (JSA), 1999. URL: https://www.intertekinform.com/en-us/standards/jis-z-8101-2-2015-624725_saig_jsa_jsa_1434655/ (дата звернення: 18.01.2026).

41. JIS Z8101-3:1999. Statistics – Vocabulary and symbols – Part 3: Design of experiments. Tokyo: Japanese Standards Association (JSA), 1999. URL: https://shop.standards.ie/en-ie/standards/jis-z-8101-3-1999-625623_saig_jsa_jsa_1436515/ (дата звернення: 18.01.2026).

42. ISO 9000:2015. Quality management systems – Fundamentals and vocabulary. Geneva: International Organization for Standardization (ISO), 2015. URL: https://www.iso.org/standard/45481.html (дата звернення: 18.01.2026).

43. ISO 9001:2015. Quality management systems – Requirements. Geneva: International Organization for Standardization (ISO), 2015.

URL: https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:en (дата звернення: 18.01.2026).

44. ISO 31010:2019. Risk management – Risk assessment techniques. Geneva: International Organization for Standardization (ISO), 2019. URL: https://www.iso.org/standard/72140.html (дата звернення: 18.01.2026).

45. EN 15628:2014. Maintenance – Qualification of maintenance personnel. Brussels: European Committee for Standardization (CEN), 2014. 18 p. URL: https://standards.cen.eu (дата звернення: 02.01.2026).

46. ISO 55000:2024. Asset management – Vocabulary, overview and principles. Geneva: International Organization for Standardization (ISO), 2024. 20 p. URL: https://www.iso.org/standard/84771.html (дата звернення: 02.01.2026).

47. EN 13306:2017. Maintenance – Maintenance terminology. Brussels: European Committee for Standardization (CEN), 2017. 34 p. URL: https://standards.cen.eu (дата звернення: 02.01.2026).

48. ISO 55000:2024. Asset management – Vocabulary, overview and principles. Geneva: International Organization for Standardization (ISO), 2024. 20 p. URL: https://www.iso.org/standard/84771.html (дата звернення: 02.01.2026).

49. ISO 55001:2024. Asset management – Management systems – Requirements. Geneva: International Organization for Standardization (ISO), 2024. 34 p. URL: https://www.iso.org/standard/84772.html (дата звернення: 02.01.2026).

50. Борзилов І. Д. Технологія технічного обслуговування та ремонту вагонів: підручник. Харків: УкрДАЗТ, 2003. Т. 1. 246 с.

51. Равлюк В. Г. Передовий досвід технічного утримання вагонів: конспект лекцій. Харків: УкрДУЗТ, 2018. Ч. 1. 58 с.

52. Шамагін В. О., Ареф’єв М. Ф., Пасько В. Н. Технологія ремонту рухомого складу: навч. посіб.: у двох томах. Київ: Дельта, 2008. Т. 1. 479 с.

53. Шамагін В. О., Ареф’єв М. Ф., Пасько В. Н. Технологія ремонту рухомого складу: навч. посіб.: у двох томах. Київ: Дельта, 2008. Т. 2. 396 с.

54. Борзилов І. Д., Равлюк В. Г., Рибін А. В. Технологія вагонобудування та ремонту вагонів. Змістовний модуль 1 «Технологія ремонту основних вузлів вагонів»: конспект лекцій. Харків: УкрДУЗТ, 2018. 61 с.

55. Равлюк В. Г. Передовий досвід технічного утримання вагонів: конспект лекцій. Харків: УкрДУЗТ, 2018. Ч. 2. 58 с.

56. Равлюк В. Г. Передовий досвід технічного утримання вагонів: конспект лекцій. Харків: УкрДУЗТ, 2021. Ч. 3. 99 с.

57. Методичні вказівки по технічному оснащенню виробничих підрозділів вагонного господарства з ремонту та експлуатації вантажних вагонів: метод. вказівки. Київ: 2003. 106 с.

58. ДБН А.2.2-3:2014. Склад та зміст проєктної документації на будівництво. Чинний від 2014-06-04 (зі змінами). Київ: Мінрегіон України, 2014. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3143805908987937985 (дата звернення: 05.02.2026).

59. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій. Чинний від 2019-04-26. Київ: Мінрегіон України, 2019. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/b_2_2_12/1-1-0-1802 (дата звернення: 05.02.2026).

60. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об’єктів будівництва. Загальні вимоги. Чинний від 2016-10-31. Київ: Мінрегіон України, 2016. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3080743763845318619 (дата звернення: 05.02.2026).

61. ДБН В.2.2-28:2010. Будинки та споруди. Будівлі промислові. Чинний від 2011-10-01. Київ: Мінрегіон України, 2010. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3080029223885211423?doc_type=2 (дата звернення: 05.02.2026).

62. ДСТУ Б В.2.2-10:2016. Будівлі і споруди. Промислові підприємства. Основні положення. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 10 с.

63. ДСанПіН 173-96. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. Чинний від 2019-06-19 (у чинній редакції): затв. Постановою Головного державного санітарного лікаря України від 19.06.1996 р. № 173. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96#Text (дата звернення: 05.02.2026).

64. Катренко Л. А., Кіт Ю. В., Пістун І. П. Охорона праці: навч. посіб. Вид. 3-тє, перероб. і доп. Суми: ВТД «Університетська книга», 2009. 540 с.

65. Про охорону праці: Закон України від 14.10.1992 р. № 2694-XII (зі змінами та доповненнями). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws /main/2694-12#Text (дата звернення: 05.02.2026).

66. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25.06.1991 р. № 1264-XII (зі змінами та доповненнями). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text (дата звернення: 05.02.2026).

67. ЦШ-0001. Правила технічної експлуатації залізниць України: затв. Наказом Міністерством транспорту та зв'язку України від 20.12.1996 р. № 411. Київ: ТОВ «Видавничий дім «Сам», 2003. 133 с.

68. Мартинов І. Е., Равлюк В. Г. Вагоноремонтні машини та обладнання: навч. посіб. Харків: УкрДАЗТ, 2012. Ч. 1. 156 с.

69. Мартинов І. Е., Равлюк В. Г. Вагоноремонтні машини та обладнання: навч. посіб. Харків: УкрДАЗТ, 2013. Ч. 2. 108 с.

70. Балака Є. І., Зоріна О. І., Колеснікова Н. М., Писаревський І. М. Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті: навч. посіб. Харків: УкрДАЗТ, 2005. 210 с.

71. Волошин Д. І., Волошина Л. В. Організація та планування виробництва в умовах вагоноремонтних підприємств: навч. посіб. Харків: УкрДУЗТ, 2021. Ч. 1. 145 с.

72. Горбенко А. П., Мартинов І. Е. Конструювання та розрахунок вагонів: навч. посіб. Харків: УкрДАЗТ, 2007. 150 с.

73. Колісні пари вагонів магістральних залізниць колії 1520 мм (конструкція, технічне обслуговування та ремонт): підручник / С. В. Панченко, А. О. Каграманян, І. Е. Мартинов та ін. Харків: УкрДУЗТ, 2018. 367 с.

74. Борзилов І. Д., Ніколаєнко А. О. Основи технічного обслуговування вагонів: конспект лекцій. Ч. 2. Організація деповського ремонту вагонів. Харків: УкрДАЗТ, 2013. 45 с.

75. Козар Л., Бабенко А. Студентська навчальна звітність. Загальні вимоги щодо побудови, викладення та оформлення текстової частини: метод. посіб. [Електронне видання]. Вид. 2-ге, перероб. та доп. Харків: УкрДУЗТ, 2025. 64 с.

Підручник

Равлюк Василь Григорович

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ВАГОНІВ

Частина 1

Відповідальний за випуск Равлюк В. Г.

Редактор Ібрагімова Н. В.

Підписано до друку 17.04.2026 р.
Умовн.-друк.арк. 11,75. Тираж . Замовлення № .

Видавець і виготовлювач Український державний університет
залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Феєрбаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.