

Б.Є. БОДНАР, М.І. КАПІЦА, Є.Б. БОДНАР

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЛОКОМОТИВІВ ТА ЛОКОМОТИВНЕ ГОСПОДАРСТВО

ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ ЛОКОМОТИВІВ
ТА ЛОКОМОТИВНИХ БРИГАД

2024
ДНІПРО

УДК 629.41.083 (075.8)
Б 75

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

Рекомендовано вченою радою УДУНТ
Протокол № 8 від 03.04.2024 р.

Б 75 Боднар, Б. Є. Експлуатація локомотивів та локомотивне господарство. Організація роботи локомотивів та локомотивних бригад : підручник / Б. Є. Боднар, М. І. Капіца, Є. Б. Боднар ; за ред. д-ра техн. наук, проф. Б. Є. Боднара ; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Електрон. вид. – Дніпро : УДУНТ, 2024. – 158 с.

ISBN 978-617-8314-27-9 (PDF)

У підручнику розглянуто: організацію та технологію експлуатації локомотивів; показники використання локомотивів; планування та організація роботи локомотивних бригад; енергозаощаджуючі режими ведення поїздів; автоматизована система управління локомотивним господарством та організація системи утримання локомотивів під час експлуатації. Викладено методи розрахунку: потреби локомотивного парку при перспективному та оперативному плануванні; показників використання локомотивного парку; штату локомотивних бригад. Також запропонована методика оцінки впливу чисельності парку локомотивів на їх систему утримання.

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

Лл. 30, табл. 23, бібліограф. 49 назв.

УДК 629.41.083 (075.8)



Цей твір ліцензовано на умовах Ліцензії Creative Commons [«Attribution-NonCommercial-ShareAlike» 4.0 International \(CC BY-NC-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) («Із зазначенням авторства – Некомерційна – Поширення на тих самих умовах» 4.0 Міжнародна)

ISBN 978-617-8314-27-9 (PDF)
DOI 10.15802/978-617-8314-27-9

© Боднар Б. Є., Капіца М. І., Боднар Є. Б., 2024
© Укр. держ. ун-т науки і технологій, 2024

ЗМІСТ

| | |
|--|-----------|
| ВСТУП..... | 5 |
| РОЗДІЛ 1. ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЛОКОМОТИВІВ | 6 |
| 1.1. Графіки руху поїздів | 6 |
| 1.2. Обслуговування поїздів локомотивами | 8 |
| 1.3. Оборот локомотива | 10 |
| 1.4. Методи розрахунку потреби локомотивного парку | 20 |
| 1.5. Розрахунок потреби локомотивів при перспективному плануванні | 24 |
| 1.6. Розрахунок потреби локомотивів при оперативному плануванні | 34 |
| 1.7. Розрахунок потреби поїзних локомотивів з урахуванням нерівномірності руху поїздів | 39 |
| 1.8. Графоаналітичні методи розрахунку потреби локомотивів | 46 |
| РОЗДІЛ 2. ПОКАЗНИКИ ВИКОРИСТАННЯ ЛОКОМОТИВІВ..... | 59 |
| 2.1. Планові та розрахункові показники | 59 |
| 2.2. Методи визначення розрахункових показників..... | 61 |
| 2.3. Удосконалення показників використання локомотивів..... | 84 |
| РОЗДІЛ 3. ЛОКОМОТИВНІ БРИГАДИ, ПЛАНУВАННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ЇХНЬОЇ РОБОТИ..... | 87 |
| 3.1. Склад, підготовка та обов'язки локомотивних бригад | 87 |
| 3.2. Організація роботи та відпочинку локомотивних бригад | 91 |
| 3.3. Способи обслуговування локомотива бригадами..... | 95 |
| 3.4. Розташування пунктів зміни бригад | 98 |
| 3.5. Визначення штату бригад..... | 98 |
| 3.6. Методи організації явки локомотивних бригад на роботу | 102 |
| 3.7. Будинки відпочинку для локомотивних бригад | 103 |
| РОЗДІЛ 4. ЕНЕРГОЗАОЩАДЖУЮЧІ РЕЖИМИ ВЕДЕННЯ ПОЇЗДІВ. 105 | |
| 4.1. Умови раціонального ведення поїздів | 105 |
| 4.2. Розробка режимної карти | 107 |
| 4.3. Фактори, що впливають на витрату електричної енергії..... | 107 |
| 4.4. Методи економії електричної енергії при веденні поїздів | 108 |
| 4.5. Форми та методи навчання локомотивних бригад раціональним режимам водіння поїздів..... | 108 |

| | |
|--|------------|
| 4.6. Види режимних карт | 109 |
| РОЗДІЛ 5. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЛОКОМОТИВНИМ ГОСПОДАРСТВОМ | 114 |
| 5.1. Мета створення та призначення системи автоматизованого управління локомотивним господарством | 114 |
| 5.2. Існуючий стан інформаційної технології | 116 |
| 5.3. Напрямки автоматизації інформаційних технологій управління | 117 |
| РОЗДІЛ 6. ОРГАНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УТРИМУВАННЯ ЛОКОМОТИВІВ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ..... | 121 |
| 6.1. Основи організації технічного обслуговування локомотивів в експлуатації | 121 |
| 6.2. Система технічного обслуговування..... | 122 |
| 6.3. Перспективи розвитку та напрямки покращення системи утримування тягового рухомого складу | 131 |
| 6.4. Організація роботи пунктів технічного обслуговування..... | 135 |
| РОЗДІЛ 7. ОЦІНКА ВПЛИВУ ЧИСЕЛЬНОСТІ ПАРКУ ТА ЗМІНИ МІЖРЕМОНТНИХ ІНТЕРВАЛІВ НА СИСТЕМУ УТРИМУВАННЯ ЛОКОМОТИВІВ | 139 |
| 7.1. Оцінка впливу чисельності парку на систему утримування локомотивів | 139 |
| 7.2. Аналіз впливу зміни міжремонтних інтервалів на систему утримування ТРС..... | 145 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 154 |

ВСТУП

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

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

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

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

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

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

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

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

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

РОЗДІЛ 1. ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЛОКОМОТИВІВ

1.1. Графіки руху поїздів

Підвищення ефективності та якості експлуатації локомотивів забезпечується кращим використанням рухомого складу по потужності та в часі. Ефективність визначається тією роботою в тонно-кілометрах бруто, що виконує локомотив в одиницю часу, тобто його *продуктивністю*. Якість роботи локомотивів, крім того, визначається також величиною витрат (трудових, енергетичних, матеріальних) на одиницю виконаної роботи та рівнем безпеки руху [1, 2, 3].

Експлуатаційна діяльність залізничного транспорту регламентується [4, 5] графіком руху поїздів, який поєднує роботу всіх підрозділів залізниць: станцій, локомотивних і вагонних депо, пунктів технічного обслуговування локомотивів та вагонів, ділянок енергопостачання, дистанцій сигналізації і зв'язку, колії та ін.

У Правилах технічної експлуатації залізниць України зазначено, що графік руху поїздів повинен забезпечувати: виконання плану перевезень пасажирів і вантажів; безпеку руху поїздів; найбільш ефективне використання пропускну і провізної здатності ділянок та переробної спроможності станцій; високопродуктивне використання рухомого складу; дотримання встановленої тривалості безперервної роботи локомотивних бригад; можливість проведення робіт з поточного утримання колії, споруджень пристроїв СЦБ, зв'язку та енергопостачання.

Графік – разова (однозначна) модель руху поїздів на ділянці, розроблена для строго визначених параметрів та умов. Організація експлуатації локомотивів будується з урахуванням конкретного графіка руху, а сам графік руху повинен відображати особливість експлуатації локомотивів, а саме: час ходу по перегонах, технологічні норми часу перебування локомотивів на сортувальних і ділянкових станціях, а також на станціях обороту, екіпірування і технічного обслуговування, розрахункову масу та довжину поїзда.

З врахуванням цих основних положень організується експлуатація локомотивів, визначається потреба в рухомому складі [7]. Рух поїздів строго за параметрами графіка забезпечують: правильна організація і точне виконання технологічних процесів роботи станцій, тягових підстанцій, вагонних та локомотивних депо, пунктів технічного обслуговування рухомого складу та інших підрозділів.

В залежності від експлуатаційних умов графіки руху поїздів підрозділяються на одно-, дво- та багатоколіїні; за співвідношенням розмірів руху в парному і непарному напрямках – на парні та непарні; за співвідношенням швидкостей руху поїздів різних категорій – на паралельні та непаралельні; за розташуванням поїздів попутного слідування – на звичайні, пачкові та пакетні. Тип графіка і його показники впливають на організацію експлуатації локомотивів, визначаючи, наприклад, простої локомотива в пунктах обороту в очікуванні поїздів попутного та зворотного прямування, простої по схрещенню, подачу

локомотивів на технічне обслуговування та екіпірування, пропускну здатність перегонів і ін.

При складанні графіка руху поїздів передбачається відповідність інтервалів прибуття і відправлення поїздів зустрічного і попутного напрямків встановленим технологічним нормам стоянок локомотивів у пунктах обороту та на станціях зміни бригад. Так, наприклад, для виключення простоїв локомотивів в очікуванні поїздів інтервал між прибуттям у пункт обороту поїздів зустрічного напрямку $I_{\text{пр}}$ повинен бути рівним різниці між технологічними нормами стоянок локомотивів $t_{\text{л}}$ і поїздів $t_{\text{с}}$:

$$I_{\text{пр}} = t_{\text{л}} - t_{\text{с}}.$$

При різних технологічних нормах стоянок поїздів і локомотивів зустрічних напрямків необхідно прагнути дотримуватися наступної залежності:

$$AI_1 = t_{\text{л}}^{\text{п}} + t_{\text{л}}^{\text{мп}} + (t_{\text{с}}^{\text{п}} + t_{\text{с}}^{\text{мп}}),$$

де A – ціле число;

I_1 – інтервал прибуття попутних поїздів, хв.;

$t_{\text{л}}^{\text{п}}, t_{\text{л}}^{\text{мп}}$ – технологічні норми стоянок локомотивів, які відправляються відповідно з непарними і парними поїздами, хв.;

$t_{\text{с}}^{\text{п}}, t_{\text{с}}^{\text{мп}}$ – те ж поїздів, хв.

За графіком руху визначається максимальне число вантажних поїздів, які за умовами використання пропускну здатності можливо прокласти на графіку:

$$N_{\text{max}} = \frac{(1440 - \sum T_3)}{T_{\text{р}}}, \quad (1.1)$$

де 1440 – число хвилин у добі (24×60);

$\sum T_3$ – частина доби (у хвиликах), зайнята пропусканням пасажирських і збірних поїздів (залежить від числа пасажирських і збірних поїздів та коефіцієнта знімання показника зайняття перегону одним таким поїздом);

$T_{\text{р}}$ – розрахунковий період графіка руху поїздів, тобто можливого інтервалу (у хвиликах) між попутним відправленням поїздів (залежить від лімітованої ділянки, середньої швидкості руху поїздів по цій ділянці та системи засобів зв'язку, тобто часу на зв'язок між роздільними пунктами ділянки).

Періодом графіка на одноколійних ділянках називають час заняття перегону повторюваною групою поїздів, на двоколійних при пакетному русі –

інтервал між поїздами в пакеті, при не пакетному – час зайняття перегону одним поїздом.

Графік руху поїздів є вихідними даними для розрахунків на ЕОМ кількості локомотивів, локомотивних бригад і раціонального планування їхньої роботи. Експлуатація локомотивів повинна бути організована так, щоб безперервно виконувалися всі «замовлення» графіка руху по перевезенню поїздів, забезпечувалися ефективно використання локомотивів та висока продуктивність праці локомотивних бригад.

1.2. Обслуговування поїздів локомотивами

Обслуговування поїздів, тобто їхнє пересування на залізницях, відбувається за визначеною системою, виробленою практикою і теорією організації експлуатації локомотивів [5]. У залежності від: розташування на лінії основних і оборотних депо, транзитності вантажопотоку, типу графіка руху поїздів застосовують різні способи роботи локомотивів з поїздами і вибирають відповідні ділянки обороту локомотивів.

Якщо до основного депо примикає лише одна ділянка обороту (або одне тягове плече, коли основне депо розташоване на границі ділянки обертання), то локомотиви обслуговують поїзда по способу *плечової їзди* (рис. 1.1, а). Зі збільшенням ділянок обороту плечова їзда стала застосовуватися досить часто. При розташуванні основного депо на сортувальній станції відчеплення локомотивів від поїздів для заходу в депо для екіпірування, виконання технічного обслуговування і поточних ремонтів співпадають з розформуванням поїзда, що в свою чергу інтенсифікує використання локомотивів. Якщо до основного депо примикають мінімум дві ділянки обороту і високий коефіцієнт транзитності поїздопотоку по станції основного депо, то досить ефективною буде кільцева їзда локомотивів.

При *кільцевому способі* роботи (рис. 1.1, б) локомотив слідує з поїздом від пункту **В** до станції основного депо **А** і далі без відчеплення від поїзда – на іншу ділянку до пункту обороту **Б**. Тут виконується перечеплення локомотива до поїзда зустрічного напрямку, і цикл роботи повторюється. Таким чином, локомотив працює до чергового технічного обслуговування ТО-3, що виконується в основному депо.

Кількість рейсів, здійснених локомотивом між заходами на територію основного депо, залежить від тривалості роботи його між ТО-3, довжини ділянки обороту і технічного стану локомотива. Екіпірування локомотива в залежності від потреби можуть виконуватися в пунктах обороту – одному або обох, на станції основного депо і навіть на проміжних станціях (при необхідності). Екіпірування локомотива на станції основного депо при кільцевій їзді звичайно здійснюються без відчеплення від поїзда, для чого на станційних коліях споруджуються екіпірувальні пристрої для постачання піском, а при тепловозній тязі, крім того, для постачання дизельним паливом, мастилом і водою. У ряді випадків комплекс екіпірувальних пристроїв розташовується біля спеціальних колій станції, поблизу парків прийому та відправлення поїздів, і для екіпірування локомотив

відчіплюється від поїзда, а потім знову причіпляється до цього ж або іншого поїзда.

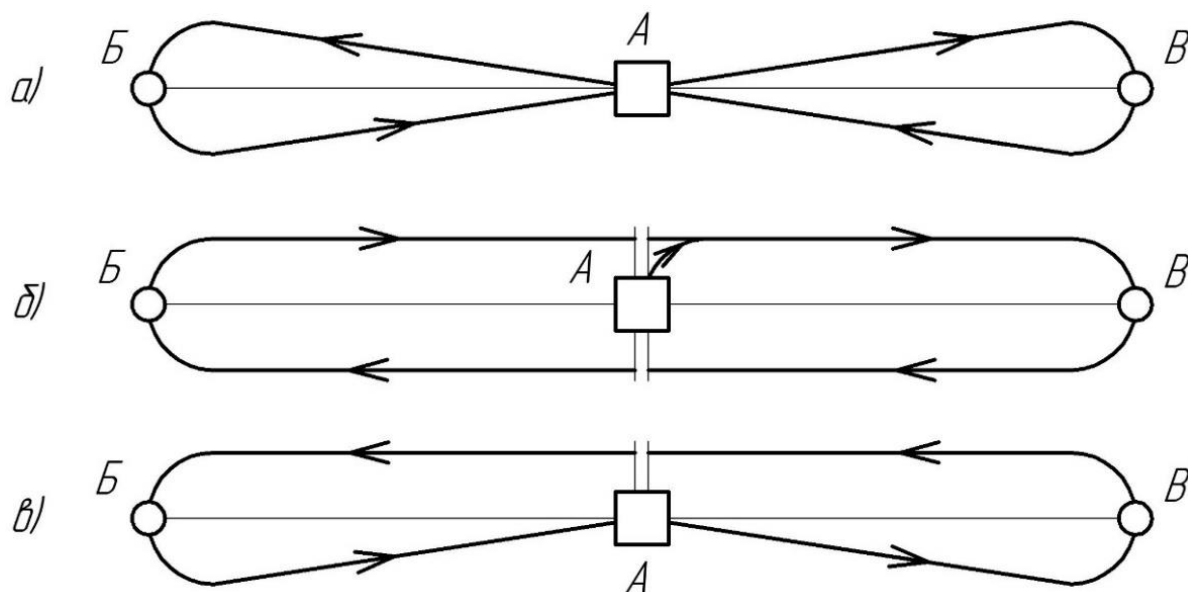


Рис. 1.1. Способи обслуговування, поїздів локомотивами:

а – плечовий; б – кільцевий; в – петлевий; А – основне депо; Б, В – оборотне депо

При кільцевому способі роботи локомотивів знижується завантаження горловин приймально-відправних парків станцій основних депо, збільшується пропускна здатність станцій та скорочується простій поїздів.

Різновидом кільцевого способу обслуговування поїздів локомотивами є **петлевий спосіб** (рис. 1.1,в). При цьому способі локомотив, вийшовши з основного депо **А**, обслуговує поїзд на ділянці **АВ** і з зустрічним поїздом слідує в пункт обороту **Б** (без заходу в основне депо). При зворотному проходженні (з пункту **Б**) локомотив відчіплюється від поїзда в пункті **А** і заходить в основне депо для екіпірування або технічного обслуговування.

Петлевий спосіб доцільний при необхідності переформування поїздів, нераціональному розташуванні парків відправлення на сортувальній станції основного депо, відсутності екіпірувальних пристроїв у станційному парку, виконання технічного обслуговування локомотива тільки в основному депо.

На ділянках значної довжини та у зонах обороту складної конфігурації (рис. 1.2) між двома заходами в основне депо на технічне обслуговування ТО-3 локомотиви можуть зробити декілька плечових, кільцевих і петлевих поїздов.

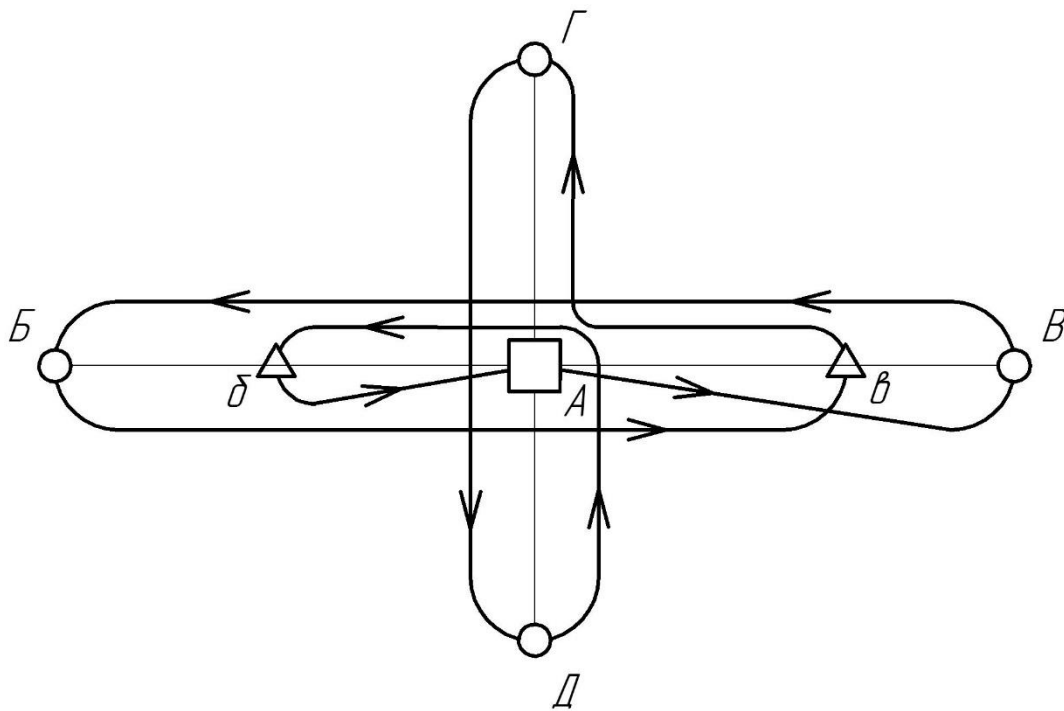


Рис. 1.2. Обслуговування поїздів локомотивами в зоні обороту:

А – основне депо, *Б, В, Г, Д* – оборотні депо, *б, в* – пункти зміни локомотивних бригад

1.3. Оборот локомотива

Час роботи локомотива на ділянці *АБ* (рис. 1.3), обмеженій основним і оборотним депо, тобто на тяговому плечі *Л*, складається з ряду елементів. Локомотив починає роботу в основному депо *А* з моменту виходу після екіпірування і технічного обслуговування на контрольний пост для слідування до поїзда, проби автогальм і одержання машиністом дозволу на відправлення; потім він за графіком відправляється з поїздом на ділянку до станції *Б*. Після прибуття на станцію *Б* локомотив відчіплюється від поїзда і слідує або у парк відправлення для зворотного рейсу з поїздом на станцію *А*, або в оборотне депо станції *Б* для екіпірування і технічного обслуговування, після чого в парк відправлення до поїзда, що слідує на станцію *А*.

Після прибуття на станцію *А* локомотив відчіплюється від поїзда і направляється, як правило, у депо для екіпірування і технічного обслуговування, після чого знову надходить на контрольний пост цієї станції, і цикл його роботи повторюється з новою парою поїздів. За певних умов експлуатації локомотив, прибувши на станцію *А*, може не заходити на територію депо, а після відчеплення від поїзда слідувати в парк відправлення для причеплення до наступного поїзда або після технічного обслуговування прибулого поїзда та екіпірування, (якщо в цьому є необхідність), виконаного на станційних коліях, продовжувати кільцевий рейс на новому тяговому плечі. Таким чином, у період між двома

поспідовними виходами з основного депо (або зі станції основного депо) локомотив обслуговує одну пару поїздів.

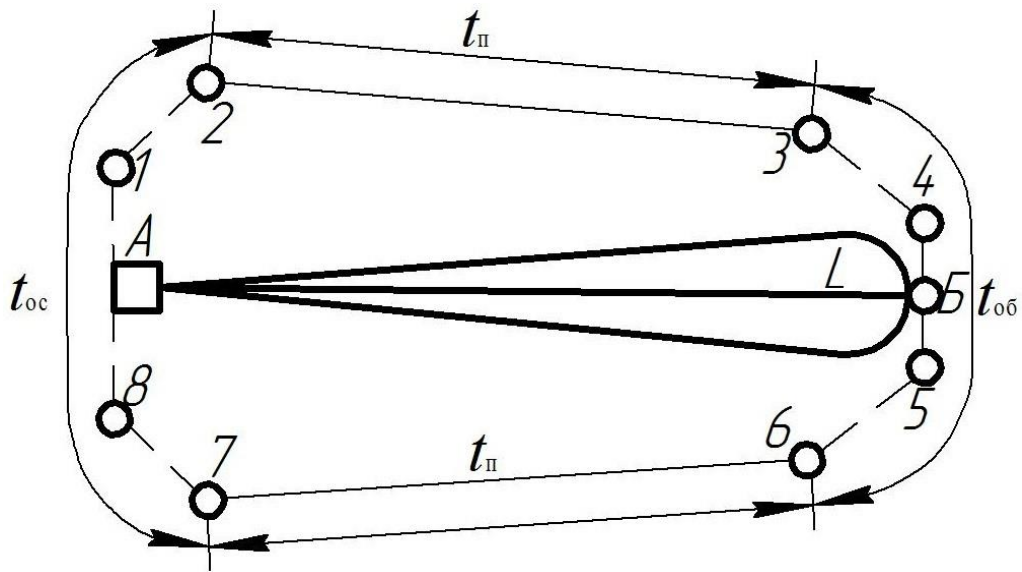


Рис. 1.3. Схема повного обороту локомотива:

A – основне депо; *B* – оборотне депо; *L* – довжина тягового плеча; t_{oc}^A – простій локомотива в основному депо на станції *A* (1–2, 7–8 – власне на станції, 8–1 – на території депо); t_{oc}^B – простій локомотива в оборотному депо на станції *B* (3–4, 8–6 – власне на станції, 4–5 – на території, депо); $t_{п}'$ та $t_{п}''$ – час слідування по ділянці *AB* відповідно туди і назад.

Час, що витрачає локомотив на обслуговування пари поїздів на тяговому плечі, що включає простой локомотива в пунктах (станціях) основного та оборотного депо і час проходження між цими пунктами в обох напрямках, називається **повним оборотом локомотива**. У період повного обороту включаються тільки ТО-2 та ті непланові види обслуговування і ремонтів, тривалість яких не збільшує встановлену норму часу на простой в пунктах (депо) обороту. Час повного обороту локомотива в локомотиво-годинах

$$\Theta = \frac{2L}{V_{д\text{ср}}} + t_{oc}^A + t_{oc}^B, \quad (1.2)$$

де $\frac{2L}{V_{д\text{ср}}}$ – час перебування локомотива на тяговому плечі в обох напрямках з урахуванням стоянок на проміжних та ділянкових станціях і станціях зміни бригад;

t_{oc}^A , t_{oc}^B – час перебування локомотива відповідно в пункті основного (t_{oc}) та оборотного ($t_{об}$) депо і на коліях станцій *A* та *B* після прибуття ($t_{ст}^{II}$, $t_{ст}^{IV}$) і при відправленні ($t_{ст}^I$, $t_{ст}^{III}$);

$$t_{oc}^A + t_{ob}^B = t_{oc} + t_{ob} + \sum_I^{IV} t_{ct} \quad (1.3)$$

При значній довжині ділянок обороту локомотивів, що складаються з декількох ділянок обслуговування (роботи) локомотивних бригад, можливий оборот різного числа пар поїздів на кожній такій ділянці обслуговування на ділянкових станціях, які обмежують ці ділянки, можуть виконуватися відчеплення і причеплення локомотивів до поїздів. Для таких умов експлуатації локомотивів введено поняття

ділянковий оборот локомотива:

$$\Theta_{di} = \frac{2 \cdot l_{br i}}{V_{дср i}} + t_{ai} + t_{bi}, \quad (1.4)$$

де $l_{br i}$ – довжина i -ої ділянки обслуговування;
 $V_{дср i}$ – ділянкова швидкість на i -ій ділянці обслуговування;
 t_{ai} – простої локомотива в пункті зміни бригад на ділянковій станції **a**;
 t_{bi} – те ж на ділянковій станції **b**.

Ділянкова станція **a** чи **b** може співпадати з основним або оборотним депо. Схема ділянкового обороту локомотива на ділянці **a-b** наведена на рис. 1.4.

Повний оборот локомотива на ділянці обороту чи тяговому плечі визначається як сума ділянкових оборотів.

При наявності даних про витрати локомотиво-годин $\sum t_{ли}$ обслуговування N_i пар поїздів на i -ій ділянці обслуговування ділянковий оборот може бути визначений з виразу

$$\Theta_{yi} = \frac{\sum t_{ли}}{N_i}. \quad (1.5)$$

Починаючи з моменту **1** (рис. 1.3) виходу локомотива на контрольний пост станції основного депо **A** і до моменту **8** проходження контрольного поста після повернення на станцію того ж депо **A** локомотив знаходиться в розпорядженні служби руху. Цей час складає **експлуатаційний оборот локомотива** Θ_e . Він не включає час, який затрачається локомотивом на екіпірування та інші простої в основному депо:

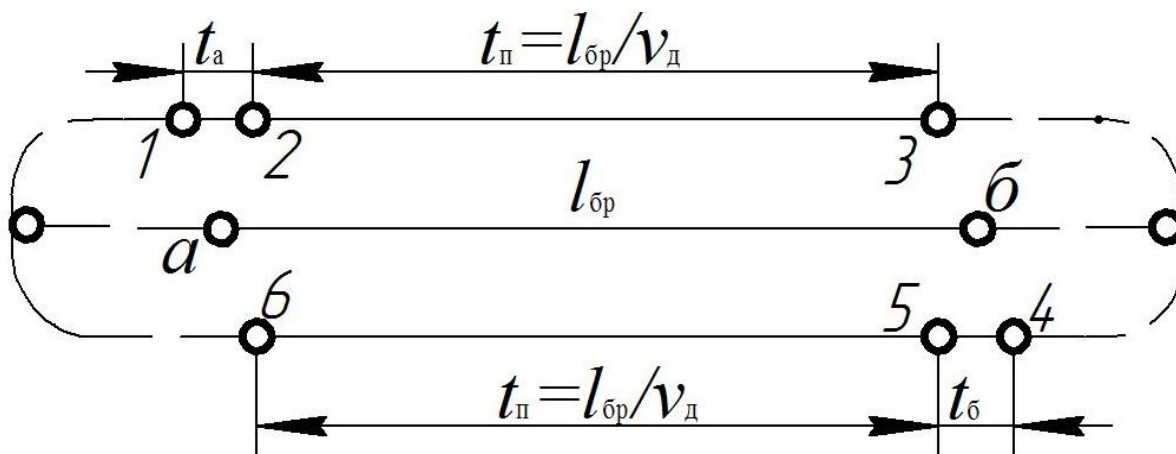


Рис. 1.4. Схема ділянкового обороту локомотива:

a, б – станції зміни бригад; t_a, t_b – часи простою локомотива в пунктах *a* та *б* відповідно, $t'_п, t''_п$ – час слідування по ділянці обслуговування бригади туди і назад

$$\Theta_e = \Theta - t_{oc}, \quad (1.6)$$

де $t_{oc} = t_{oc}^A - (t'_{ct} + t''_{ct})$ – час перебування локомотива в основному депо від моменту проходження контрольного поста при заїзді на територію депо до моменту виходу на контрольний пост при слідуванні до поїзда. Простої на станції основного депо t'_{ct} і t''_{ct} не враховуються.

Оборот локомотивів на ділянці L при швидкості $V_{д\text{ср}}$ і буде різним при різних способах обслуговування локомотивами цієї ділянки та варіантах розташування депо та пунктів обороту (табл. 1.1).

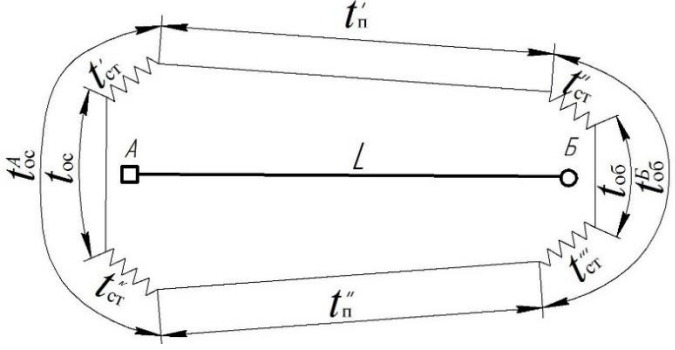
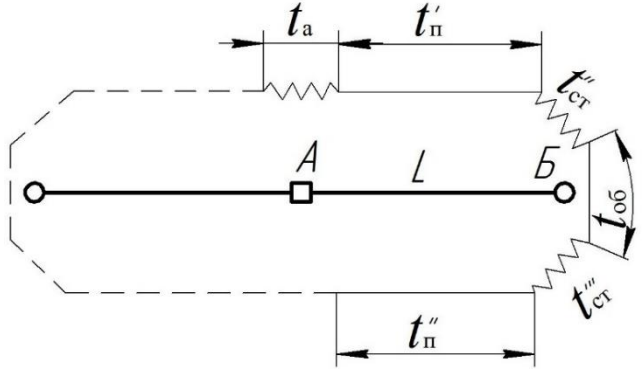
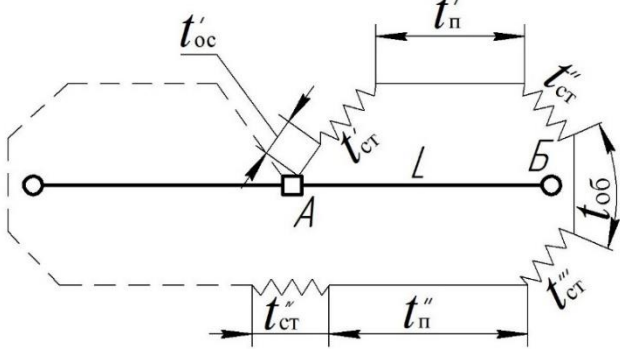
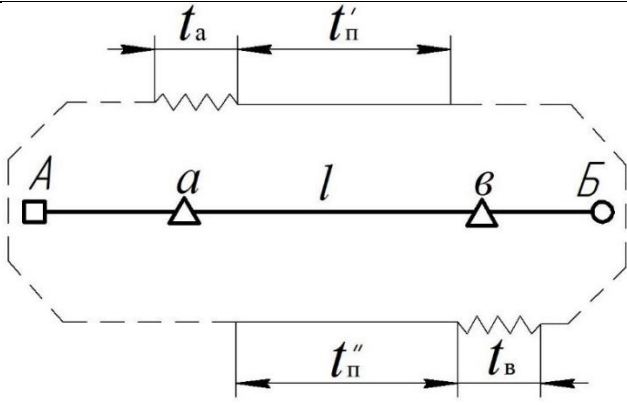
Величина $t_{oc}^{\text{дод}}$, що входить у формулу для підрахунку обороту локомотива при другому варіанті, представляє частку часу, що відводиться на один оборот, від затрати всього часу $t_{\text{зах}}$ на захід в основне депо для виконання технічного обслуговування ТО-2, якщо воно виконується в цьому депо

$$t_{oc}^{\text{дод}} = \frac{t_{\text{зах}} \cdot 2 \cdot L}{L_{\text{зах}}} = \frac{t_{\text{зах}}}{m}, \quad (1.7)$$

де $L_{\text{зах}}$ – пробіг між двома заходами локомотива в основне депо;

m – число повних оборотів між двома заходами локомотива в основне депо.

Таблиця 1.1

| Варіанти схем роботи локомотивів | Формули для підрахунку обороту локомотива |
|--|--|
| <p style="text-align: center;">1</p>  | <p style="text-align: center;">2</p> $\Theta_1 = \frac{2L}{V_{\text{д ср}}} + t_{\text{oc}} + t_{\text{об}} + \sum_I^{IV} t_{\text{cr}}.$ |
|  | $\Theta_2 = \frac{2 \cdot L}{V_{\text{д ср}}} + t_{\text{об}} + \sum_I^{III} t_{\text{cr}} + t_a + t_{\text{oc}}^{\text{доп}}.$ |
|  | $\Theta_3 = \frac{2 \cdot L}{V_{\text{д ср}}} + t_{\text{об}} + \sum_I^{III} t_{\text{cr}} + \frac{t'_o + t_{\text{cr}} + t_{\text{cr}}^{IV}}{2}.$ |
|  | $\Theta_4 = \frac{2 \cdot l}{V \partial_{y \text{ ср}}} + t_a + t_b.$ |

Для аналізу та оцінки обороту локомотива необхідний більш детальний розгляд його складових елементів. Час перебування локомотива на ділянкових станціях:

- для пунктів обороту локомотивів, якими можуть бути як основні так і оборотні депо:

$$t_{oc} = t_{об} = t_o^{cp} + t_{TO}^{cp} + t_{оч о}; \quad (1.8)$$

- для пунктів перечеплення локомотивів або зміни бригад, якими можуть бути також і основні депо при кільцевій їзді:

$$t_{oc} = t_{ст пер} = (t_{тр} + t_{оч тр}) \cdot \alpha_{тр} + (t_{пер}^{cp} + t_{TO пер}^{cp} + t_{оч пер}) \cdot (1 - \alpha_{тр}). \quad (1.9)$$

Середній час перебування локомотива в пункті обороту (без врахування часу технічного обслуговування та екіпірування)

$$t_o^{cp} = t_{пп}^{cp} + t_{зч от}^{cp} + t_{гал} + t_{від}. \quad (1.10)$$

У формулах (1.8), (1.9), (1.10) прийняті наступні позначення:

t_{TO}^{cp} , $t_{TO пер}^{cp}$ - середній час, необхідний для технічного обслуговування відповідно в пунктах обороту і перечеплення локомотива;

$t_{оч о}$, $t_{оч пер}$, $t_{оч тр}$ - середній час простою локомотива в очікуванні відправлення з поїздом відповідно в пунктах обороту, на станціях перечеплення локомотивів, у пунктах стоянки транзитних поїздів без відчеплення локомотивів;

$t_{тр}$ - тривалість технічного огляду транзитних поїздів та зміни бригад;

$t_{пер}^{cp}$ - тривалість операцій з локомотивами в пунктах перечеплення (без врахування часу технічного обслуговування та екіпірування);

$t_{пп}^{cp}$ - середній час слідування по станційних коліях;

$t_{зч от}^{cp}$ - середній час на причеплення і відчеплення локомотива;

$t_{гал}$ - час на випробування автогальм;

$t_{від}$ - час на відправлення.

Коефіцієнт транзитності

$$\alpha_{тр} = \frac{2 \cdot \sum N_{г тр}}{\sum N_{г пр} + \sum N_{г от}}, \quad (1.11)$$

де $N_{г тр}$ - число вантажних поїздів, що проходять станцію транзитом у всіх напрямках без відчеплення локомотива;

$N_{в пр}$, $N_{г від}$ – загальне число відповідно прибуваючих і поїздів, що відправляються (з врахуванням транзитних) зі станції на всі прилягаючі перегони даної ділянки обороту локомотивів.

Значення t_o^{cp} , $t_{пер}^{cp}$, $t_{тр}$, $t_{ТО пер}^{cp}$ залежать від прийнятої технології обробки поїздів та технічного обслуговування локомотивів на станціях і можуть прийматися відповідно до типового технологічного процесу роботи станції. Вони можуть визначатися на підставі хронометражу або розрахункових норм, а також методом експертних оцінок, при цьому їхні середні значення \bar{t} одержують з виразу

$$\bar{t} = \frac{t_{опт} + 4 \cdot t_{cp} + t_{пес}}{6},$$

де $t_{опт}$ – оптимальне (найкраще) експертне значення;

t_{cp} – середнє експертне значення;

$t_{пес}$ – песимістичне (найгірше) експертне значення.

Значення елементів t_o^{cp} та $t_{пер}^{cp}$ залежать також від віддаленості парків прибуття і відправлення від деповської території, зручності проїзду локомотивів на територію депо або з парку прийому поїздів в парк відправлення, організації випробування автогальм, тривалість якого при наявності автоматизованного контрольного пункту значно скорочується (до 3÷5 хв). Середні тривалості процесів, з яких складаються t_o^{cp} та $t_{пер}^{cp}$, наведений у табл. 1.2 (за даними методичних вказівок по проектуванню норм виробітку для локомотивних бригад вантажного руху).

Час простою локомотивів в очікуванні відправлення залежить від пропускної здатності ділянки, ступеня її заповнення, тобто числа пар поїздів, що знаходяться на ній (вантажних і пасажирських), та інших факторів. Він визначається або аналітично, або за результатами графічного ув'язування роботи локомотивів по пунктах їхнього обороту. В основі аналітичного розрахунку лежить статистичний аналіз фактичних простоїв локомотивів на станціях обороту в очікуванні роботи (чергового поїзда) чи теоретичний розрахунок на основі теорії імовірності.

В усіх формулах залежність $t_{оч} = f(N)$ має гіперболічний характер. Для насиченого паралельного графіка руху поїздів можна користуватися формулою

$$t_{оч} = \frac{12}{N},$$

де N – число пар поїздів.

Таблиця 1.2

| Процеси | Тривалість, хв. | | | |
|--|--|------------|------------------------|----------------|
| | в пункті обороту | | в пунктах перечеплення | |
| Слідування від контрольного поста до поїзда | 5–10 | t_o^{cp} | - | $t_{пер}^{cp}$ |
| Причеплення | 2 | | 2 | |
| Випробування автогальм у поїзді: скорочене з перевіркою стану гальмівної магістралі по дії гальм хвостових вагонів; | 3–4 | | 3–4 | |
| | повне з перевіркою стану гальмівної магістралі та дії гальм у всіх вагонів | | 7–10 | |
| Відправлення | 1 | | 1 | |
| Відчеплення | 1 | | 1 | |
| Слідування від поїзда до контрольного поста або іншого поїзда | 5–10 | | 5–10 | |

Для наближених розрахунків часу очікування роботи можна користуватися формулами, наведеними в дослідженнях В. І. Некрашевича:

- для пунктів обороту локомотивів

$$t_{оч\ o} = \frac{12}{N_B} \cdot \left[1 + \frac{c \cdot \varepsilon_{пс} \cdot N_{п} \cdot I_p}{(2 - \gamma) \cdot (N_{п} + d)} \right]; \quad (1.12)$$

- для пунктів транзитного проходження поїздів

$$t_{оч\ o} = \frac{[11 + (t_{тр} + 0,1) \cdot N_{п}] \cdot \varepsilon_{пс} \cdot I_p}{1440 - [N_{п} \cdot \varepsilon_{пс} + N_{зб} \cdot (\varepsilon_{зб} - 1)] \cdot I_p}; \quad (1.13)$$

- для пунктів перечеплення локомотивів

$$t_{\text{оч о}} = \frac{8,4}{N_{\text{в}} \cdot (1 - \alpha_{\text{тр}}^2)} \cdot \left[0,5 + \frac{c \cdot \varepsilon_{\text{пс}} \cdot N_{\text{п}} \cdot I_{\text{р}} \cdot (1 + 0,004 \cdot N_{\text{в}} \cdot \alpha_{\text{тр}})}{(2 - \gamma) \cdot (N_{\text{п}} + d)} \right], \quad (1.14)$$

де $N_{\text{в}}$, $N_{\text{п}}$, $N_{\text{зб}}$ – число відповідно вантажних, пасажирських і збірних поїздів на ділянці, що примикає до даної станції;

c , d – коефіцієнти, що враховують вплив технічного розвитку й оснащення залізничних ліній на час простою локомотивів в очікуванні відправлення поїздів зі станцій (для двоколієних ділянок: $d = 15,0$; $c = 0,9$ при автоблокуванні та $c = 0,35$ без автоблокування; для одноколієних ділянок: $d = 3,0$, $c = 0,08$);

$\varepsilon_{\text{пс}}$, $\varepsilon_{\text{зб}}$ – коефіцієнти знімання пропускної здатності відповідно пасажирськими та збірними поїздами;

$I_{\text{р}}$ – міжпоїзний інтервал вантажних поїздів у пакеті, хв.

Коефіцієнт заповнення пропускної здатності

$$\gamma_{\text{тр}} = \frac{[N_{\text{в}} + N_{\text{зб}} \cdot (\varepsilon_{\text{зб}} - 1) + N_{\text{п}} \cdot \varepsilon_{\text{пс}}]}{1440} \quad (1.15)$$

Приклад. Визначити $t_{\text{оч}}$ при наступних даних: розміри руху в парах поїздів: кількість транзитних поїздів без переробки по станціях у парному напрямку 30, у непарному - 40; $I_{\text{р}} = 7$ хв.; $\varepsilon_{\text{пс}} = 1,8$; $\varepsilon_{\text{зб}} = 2,0$; тривалість стоянки транзитних поїздів на станції $t_{\text{тр}} = 0,48$ год.; приймаємо $c = 0,9$; $d = 15,0$.

Знаходимо за формулою (1.11) коефіцієнт транзитності поїздопотоків по станціях:

$$\alpha_{\text{тр}} = \frac{2 \cdot (30 + 40)}{(80 + 80) + (80 + 80)} \cong 0,44$$

Коефіцієнт заповнення пропускної здатності визначаємо за формулою (1.15):

$$\gamma = \frac{[80 + 5 \cdot (2 - 1) + 12 \cdot 1,8] \cdot 7}{1440} = 0,518$$

Простої локомотивів в очікуванні поїзда в пунктах їхнього обороту, перецеплення і транзитного проходження [формули (1.12), (1.13), (1.14)]:

$$t_{\text{оч о}} = \frac{12}{80} \cdot \left[1 + \frac{0,9 \cdot 1,8 \cdot 12 \cdot 7}{(2 - 0,518) \cdot (12 + 15)} \right] = 0,66 \text{ год.};$$

$$t_{\text{оч пер}} = \frac{8,4}{80 \cdot (1 - 0,44^2)} \cdot \left[0,5 + \frac{0,9 \cdot 1,8 \cdot 12 \cdot 7 \cdot (1 + 0,004 \cdot 80 \cdot 0,44)}{(2 - 0,518) \cdot (12 + 15)} \right] = 0,57 \text{ год.}$$

$$t_{\text{оч тр}} = \frac{[11 + (0,48 + 0,1) \cdot 12] \cdot 1,8 \cdot 7}{1440 - [12 \cdot 1,8 + 5 \cdot (2 - 1)] \cdot 7} = 0,18 \text{ год.}$$

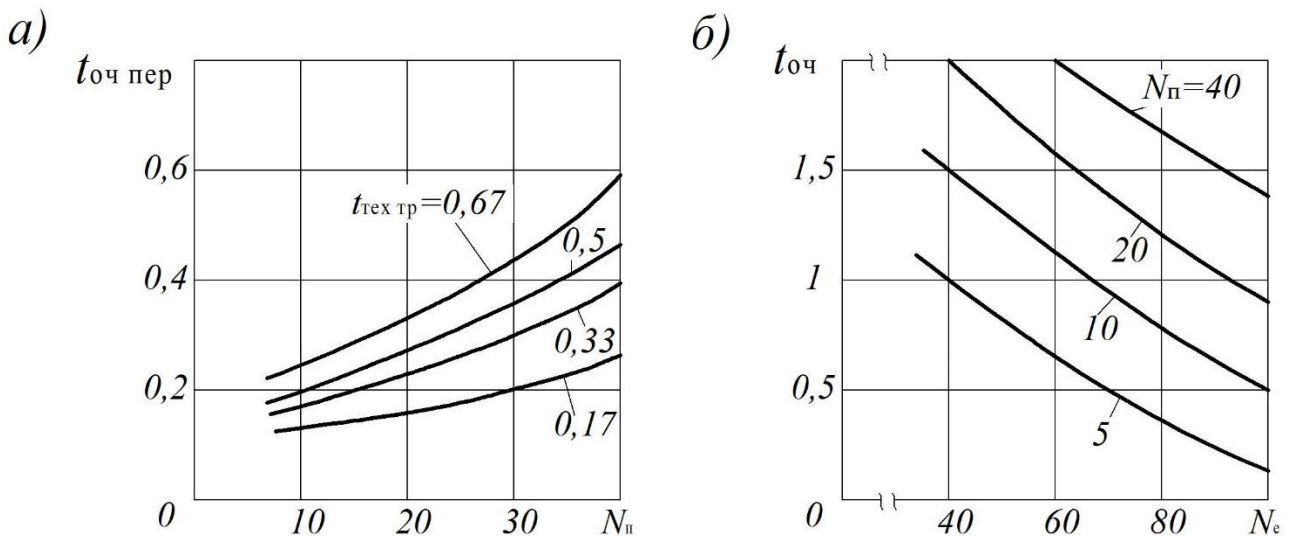


Рис. 1.5. Залежність простоювання вантажних локомотивів в очікуванні відправлення з транзитними поїздами на двоколійних лініях з автоблокуванням, числа пар поїздів:

- а) в пунктах зміни бригад при проходженні локомотива без відчеплення поїзда;
 б) в пунктах обороту з відчепленням від поїзда;
 $N_{\text{п}}$, $N_{\text{г}}$ – число пар відповідно пасажирських і вантажних поїздів; $t_{\text{тех тр}}$ – технологічна норма простою транзитних поїздів

Простої вантажних локомотивів в очікуванні відправлення з транзитними поїздами в пунктах зміни бригад (при слідуванні локомотивів без відчеплення від поїзда) і в пунктах обороту можна визначити за графіками (рис. 1.5), побудованими за формулами (1.13) та (1.12).

Відношення $\frac{\Theta}{24}$ позначається через $K_{\text{д}}$ і називається коефіцієнтом потреби локомотивів на одну пару поїздів, а $\frac{\Theta_{\text{д}}}{24} = K_{\text{д}}$ – ділянковим коефіцієнтом потреби.

Оборот локомотива визначає більшість якісних показників роботи локомотивів. Прискорення обороту, що приводить до поліпшення цих показників і скороченню потреби в експлуатаційному парку локомотивів, може бути досягнуте низкою технічних та організаційних заходів, збільшенням ділянкової швидкості, збільшенням тягових пліч, ділянок обороту локомотивів та зон обслуговування, скороченням простоїв локомотива в пунктах обороту. Дослідження показали що найбільший економічний ефект досягається скороченням простоїв локомотивів у пунктах обороту і на ділянкових станціях та подовженням тягових пліч.

Оптимальні рішення організації експлуатації локомотивів зводяться до загальної задачі лінійного програмування, тобто до пошуку мінімуму цільової функції F :

$$F = e_1 \cdot c_{\text{л}} \cdot M + e_2 \cdot \sum K_{\text{лг}} + c_{\text{л}}(M) + c_{\text{б}}(M) + \mathcal{E}_{\text{ен}} \rightarrow \min,$$

де e_1 - нормативний термін окупності капіталовкладень у локомотивний парк;
 e_2 - те ж у споруди локомотивного господарства (депо, ремонтні майстерні, екіпірувальні пристрої, бригадні будинки відпочинку та ін.);

$c_{\text{л}}$ - вартість одного локомотива;

M - інвентарний парк локомотивів при даному варіанті організації їхньої експлуатації;

$\sum K_{\text{лг}}$ - загальні капіталовкладення в споруди локомотивного господарства при даному варіанті організації експлуатації локомотивів;

$c_{\text{л}}(M)$ - річні витрати на утримання M локомотивів, що включають витрати на технічне обслуговування, ремонти та екіпірування;

$c_{\text{б}}(M)$ - річні витрати на утримання локомотивних бригад для обслуговування M локомотивів;

$\mathcal{E}_{\text{ен}}$ - річні енергетичні витрати на M локомотивів.

Оптимальне рішення як загальної, так і часткових задач організації експлуатації локомотивів може бути знайдене з розгляду варіантів, що відрізняються серією локомотива, а виходить, швидкістю руху і масою поїзда, довжиною ділянок обороту локомотивів, довжиною ділянок обслуговування (роботи) локомотивних бригад, розташуванням основних і оборотних депо, пунктів екіпірування та технічного обслуговування локомотивів, пунктів змін і проживання локомотивних бригад і ін. У цьому випадку для рішення поставленої задачі варто користуватися ЕОМ.

1.4. Методи розрахунку потреби локомотивного парку

Парк локомотивів, що необхідний для освоєння встановлених обсягів перевезень вантажів і пасажирів, визначає потужність всіх елементів тягового господарства, штат депо, енергетичні та матеріальні витрати на перевезення [5]. Від відповідності наявного парку локомотивів, їхній розрахунковій потребі залежить чітке виконання графіка руху поїздів. Потреба парку локомотивів визначається окремо для виконання вантажних і пасажирських перевезень, передатної, вивізної, маневрової, господарської та іншої роботи:

- для вантажного руху визначається за формулою

$$M_{\text{ов}} = (M_{\text{в}} + M_{\text{г}}) \cdot (1 + \kappa_{\text{в}}) + M_{\text{вз}} + M_{\text{вар}}; \quad (1.16)$$

- для пасажирського руху

$$M_{\text{оп}} = M_{\text{п}} \cdot (1 + \kappa_{\text{п}}) + M_{\text{пз}} + M_{\text{пар}}; \quad (1.17)$$

- для маневрової роботи

$$M_{\text{ом}} = M_{\text{м}} \cdot (1 + \kappa_{\text{м}}) + M_{\text{мз}} + M_{\text{мар}}, \quad (1.18)$$

де $M_{\text{в}}$, $M_{\text{г}}$, $M_{\text{п}}$, $M_{\text{м}}$ - потреба в локомотивах відповідно для поїзного вантажного (включаючи передатні та вивізні поїзди), господарського, пасажирського руху та маневрової роботи;

$M_{\text{вз}}$, $M_{\text{пз}}$, $M_{\text{мз}}$, - кількість відповідно вантажних, пасажирських та маневрових локомотивів, що знаходяться в запасі;

$M_{\text{вар}}$, $M_{\text{пар}}$, $M_{\text{мар}}$ - кількість відповідно вантажних, пасажирських та маневрових локомотивів, що знаходяться в оренді промислових та інших підприємств;

$\kappa_{\text{в}}$, $\kappa_{\text{п}}$, $\kappa_{\text{м}}$ - коефіцієнти, які враховують додаткову потребу відповідно у вантажних, пасажирських і маневрових локомотивах при тимчасовому збільшенні розмірів руху (у зв'язку з нерівномірністю перевезень) і для заміни не експлуатованого парку (резерву управління залізниці, локомотивів, що знаходяться в технічному обслуговуванні ТО-3, ремонті, переміщенні та ін.).

Загальний парк локомотивів і складе інвентарний парк мережі залізниць, дороги і депо, що обчислюється у фізичних одиницях окремо по серіях та видах руху .

Відповідно до розподілу локомотивів за станом інвентарний парк M_{i} включає:

$$M_{\text{i}} = M_{\text{е}} + M_{\text{р}} + M_{\text{з}} + M_{\text{рез}} + M_{\text{ком}}. \quad (1.19)$$

Частка експлуатаційного парку $M_{\text{з}}$ в інвентарному складає приблизно 70÷80 % (інші складові розглянуті нижче). Методи визначення потреби локомотивних парків підрозділяються на аналітичні та графоаналітичні. Розрахунки проводять за допомогою ЕОМ.

1.4.1. Аналітичні методи застосовують при визначенні потреби локомотивів для вантажних і пасажирських перевезень на перспективу в цілому по мережі залізниць, по полігонах тяги і напрямках (перспективне планування), а також для поточних потреб по відділеннях залізниць і депо (оперативне планування)

В залежності від вихідних даних та їхньої деталізації *перспективне планування* здійснюється двома способами. При наявності даних про вантажообіг (у млрд. ткм) і пасажирообороті (у млрд. пасажиро-км чи локомотиво-км) розрахунок ведеться по полігонах тяги в цілому відповідно по продуктивності локомотива за розрахунковий рік і по середньодобовому пробігу локомотива. При заданих розмірах вантажного і пасажирського (на місяць максимальних перевезень) руху в парах поїздів розрахунок ведеться по ділянках обороту локомотивів,

що входять у полігон тяги; при цьому застосовується коефіцієнт потреби локомотивів $K_{л}$ на пару поїздів.

При *оперативному плануванні* на більшості доріг мережі експлуатаційний парк локомотивів на добу визначається:

- за коефіцієнтом потреби локомотивів $K_{л}$ на пару поїздів по ділянках обороту в межах відділень і залізниць (похибка до 10 %);
- за коефіцієнтом потреби локомотивів на один вагон робочого парку $K_{ваг}$ (похибка до 20 %, поширення цей метод не отримав);
- за середньодобовим пробігом локомотивів;
- за продуктивністю локомотивів (похибка до 15 %). Для врахування коливання розмірів руху і нерівномірності інтервалів між прибуттям та відправленням поїздів доцільно потребу локомотивів представляти у вигляді двох частин - основної та додаткової і вести розрахунок кожної частини окремо, що забезпечує підвищення точності та у більшій мірі відбиває конкретні експлуатаційні умови організації руху поїздів.

1.4.2. Графоаналітичний метод визначення експлуатаційного парку локомотивів застосовується при оперативному плануванні для ділянок обороту в межах відділення залізниці. Розрахунок ведеться за графіком чи відомістю обороту локомотивів, в основі складання яких лежить графік чи розклад руху поїздів. Точність розрахунку досить велика і визначається стійкістю прийнятого графіка чи розкладу руху поїздів. Графік обороту локомотивів є не тільки розрахунковим документом, але й планом роботи локомотивів та всього локомотивного господарства на період дії графіка руху поїздів.

Розрахунок парку маневрових локомотивів виконується: в цілому по мережі при наявності даних про вантажообіг у розрахунковому році; по кожній станції в залежності від обсягів і видів маневрової роботи. Такими ж методами розраховується потреба парку локомотивів для господарської, вивізної та іншої роботи.

Існуючі методи розрахунку парку локомотивів систематизовані на схемі (рис. 1.6).

Число локомотивів, що одночасно знаходяться в технічних обслуговуваннях і ремонтах і тих, які очікують їх, M_p , тобто фронт ремонту, можна визначити за формулою

$$M_p = \beta_n \cdot M_e,$$

де β_n – частка несправних локомотивів з урахуванням тих, які очікують технічне обслуговування та ремонт, які слідують на ремонтні заводи та в інші депо ($\beta_n \cong 0,08 \div 0,12$).

Можна визначити фронт ремонту як суму:

$$M_p = \sum_i \sum_j f_{ij} = \sum_i \sum_j \frac{M_{ij}^B \cdot t_{ij}}{T_i}, \quad (1.20)$$

де f_{ij} – фронт i -го виду ремонту і ТО локомотивів j -ї серії, локомотиво-діб;

M_{ij}^B – річна програма i -го виду ремонту і ТО локомотивів j -ї серії;

t_{ij} – простой j -ї серії локомотива в i -му виді ремонту і ТО, робочі дні (при пересиланні в ремонт на завод чи інше депо в недіючому стані вимірюються в календарних днях з урахуванням днів пересилання);

T_i – число робочих днів у році для ремонтних ділянок депо (календарних днів при виконанні ремонтів в інших депо чи на заводі).

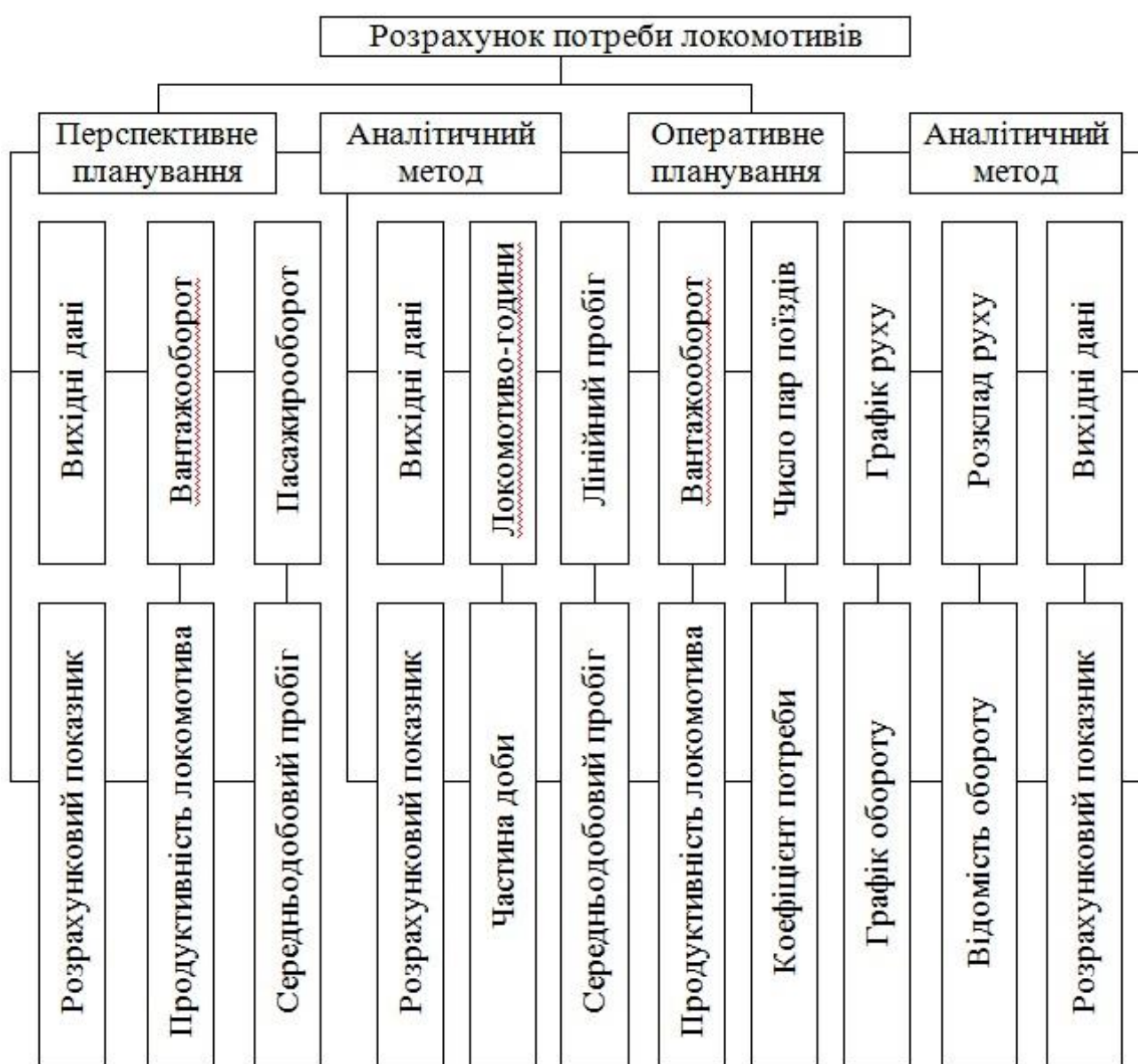


Рис. 1.6. Методи розрахунку потреби локомотивів

Число локомотивів, що знаходяться в запасі Укрзалізниці (M_3) та відрядженнях ($M_{\text{ком}}$), встановлюється Укрзалізницею. Розміри резерву залізниці ($M_{\text{рез}}$) визначаються управлінням залізниці.

Для забезпечення своєчасного вивозу готових поїздів із сортувальних та ділянкових станцій в умовах нерівномірності руху необхідно здійснювати оперативне регулювання локомотивним парком і мати для цього в пунктах перечеплення та обороту локомотивів певний технологічний резерв локомотивів, що враховується в резерві управління залізниці.

1.5. Розрахунок потреби локомотивів при перспективному плануванні

Розрахунковий парк локомотивів по мережі залізниць є основою для планування постачань нових локомотивів і перспективного розвитку локомотивного господарства. Його розрахунок ведеться по полігонах тяги в цілому. Доцільно нормувати не експлуатаційний парк локомотивів, а загальний, тобто експлуатаційний з урахуванням несправних локомотивів і локомотивів, що знаходяться в процесі переміщення в ремонті на заводи та в інші депо[5].

Розрахунок ведеться окремо для поїзної роботи у вантажному і пасажирському русі, для господарської, маневрової та іншої роботи.

1.5.1. Розрахунок потреби парку поїзних локомотивів. Потреба парку локомотивів для полігона тяги (мережі в цілому) визначається за формулами:

- для вантажного руху

$$M_B = \frac{\sum PL \cdot 10^9 \cdot k_B}{365 \cdot \gamma_B \cdot W \cdot (1 - \beta_{\text{сп}}) \cdot (1 - \beta_H)}; \quad (1.21)$$

- для пасажирського руху

$$M_{\text{п}} = \frac{\sum AL \cdot 10^9 \cdot k_{\text{п}}}{365 \cdot S_{\text{п}} \cdot H \cdot (1 - \beta_{\text{доп}}) \cdot (1 - \beta_{\text{сп}}) \cdot (1 - \beta_H)}, \quad (1.22)$$

де $\sum PL$, $\sum AL$ – річний вантажообіг та пасажирооборот на розглянутому полігоні тяги в розрахунковому році відповідно, *млрд. т-км* та *млрд. пасажиро-км*;

γ_B – співвідношення вантажообігу *нетто* і *брутто*;

W – середньодобова продуктивність локомотивів за результатами роботи за рік, *т-км. брутто*;

$\beta_{\text{сп}}$ – частка справних локомотивів, що знаходяться в переміщенні з ремонту в депо;

H – середня населеність пасажирського поїзда;

S_{Π} – середньодобовий за результатами роботи за рік пробіг локомотивів у пасажирському сполученні, км;

$\beta_{\text{доп}}$ – частка допоміжного пробігу пасажирських локомотивів у загальному їхньому пробігу.

Середньодобова продуктивність локомотивів за результатами роботи за рік

$$W = Q_{\text{ср}} \cdot S_{\Pi} \cdot \psi_{\Pi} \quad (1.23)$$

де $Q_{\text{ср}}$ – середня маса поїзда брутто, т;

S_{Π} – середньодобовий за результатами роботи за рік пробіг локомотивів у вантажному русі, км;

ψ_{Π} – коефіцієнт продуктивності локомотивів.

Значення $Q_{\text{ср}}$ та S_{Π} приймаються з урахуванням вивізних і передаточних поїздів. Відношення $\frac{\sum AL \cdot 10^9}{H}$ являє собою річний пробіг пасажирських поїздів на розглянутому полігоні тяги в розрахунковому році, тобто $\sum (NL)_{\Pi}$. З урахуванням цього вираз (1.22) приймає вигляд

$$M_{\Pi} = \frac{\sum (NL)_{\Pi} \cdot k_{\Pi}}{365 \cdot S_{\Pi} \cdot (1 - \beta_{\text{доп}}) \cdot (1 - \beta_{\text{сп}}) \cdot (1 - \beta_{\text{н}})} \quad (1.24)$$

Складові наведених формул визначаються або розрахунковим шляхом, або як середньостатистичні величини по мережевій звітній інформації з виправленнями, що враховують конкретні умови експлуатації.

Середньодобовий пробіг локомотива

$$S_{\Pi} = \frac{24}{\frac{1}{V_{\text{д}}} + \tau_t} \quad (1.25)$$

де $V_{\text{д}}$ - середня ділянкова швидкість руху поїздів, запланована на полігоні тяги в розрахунковому році, км/год;

τ_t - питомий час простою локомотива в пунктах його обороту (на технічних станціях), віднесений до 1 км пробігу, год/км.

В. І. Некрашевич, А. М. Баранов на основі дослідних даних встановили залежність

$$\tau_t = \frac{a}{V_d} + b, \quad (1.26)$$

де a, b – коефіцієнти емпіричного рівняння.

В цілому по мережі при перебуванні локомотивів у резерві управління до 10 діб для електровозних полігонів тяги $a = 0,534$, $b = 0,0059$; для тепловозних $a = 0,522$, $b = 0,0071$; при перебуванні в резерві управління до 3 діб - відповідно $a = 0,974$, $b = 0,0058$ та $a = 0,46$, $b = 0,0069$.

Величина β_n приймається за фактичними даними вихідного року з урахуванням можливої зміни в розрахунковому році і складає приблизно $0,08 \div 0,11$.

Коефіцієнт продуктивності ψ_d на основі аналізу фактичних мережевих даних можна прийняти для електричної тяги 0,867, а для тепловозної – 0,913.

При наявності даних по окремих залізницях коефіцієнти k_b і k_{Π} можна визначити за формулами:

$$k_b = k_{mb} \cdot (1 + \alpha_p) \cdot k_{\Pi}; \quad (1.27)$$

$$k_{\Pi} = k_{m\Pi} \cdot k_b, \quad (1.28)$$

де k_{mb} , $k_{m\Pi}$ – коефіцієнти місячної нерівномірності відповідно для вантажного і пасажирського рухів;

α_p – частка парку справних локомотивів, що відставляються в резерв управління залізниці в середньому за місяць максимальних перевезень у зв'язку з внутрішньо-місячною нерівномірністю руху;

k_b – коефіцієнт, що враховує внутрішньо-добову нерівномірність потреби локомотивів.

Для електричної тяги

$$k_{mb} = 1,07 + 0,8 \cdot f_{oy}; \quad \alpha_p = 0,12 + 0,03 \cdot f_{oy};$$

для тепловозної тяги

$$k_{mb} = 1,08 + 0,8 \cdot f_{oy}; \quad \alpha_p = 1,14 + 0,003 \cdot f_{oy},$$

де f_{oy} – частка одноколійних ліній і одноколійних з двоколійними вставками на розглянутому полігоні тяги.

Значення $k_{m\Pi}$ встановлюються за звітними даними про розміри руху на ділянках з урахуванням їх частки в загальній довжині полігона тяги. У цілому по

мережі $k_{мп}$ для полігонів електротяги приймається [5] рівним 1,29, тепловозної тяги – 1,25.

Підставивши приведені дані, отримаємо: для електричної тяги $k_T = 1,23 + 0,12 \cdot f_{oy}$; для тепловозної тяги $k_T = 1,26 + 0,12 \cdot f_{oy}$.

Середньо-мережеві значення коефіцієнтів $k_B, k_{п}, \beta_{сп}, \beta_{доп}$, підраховані за звітними даними, наведені в табл. 1.2а.

Таблиця 1.2а.

| Розрахункові коефіцієнти | Електрична тяга | Тепловозна тяга |
|---|-----------------------|-----------------------|
| $k_B, k_{п}$ | $\frac{1,22}{1,29^*}$ | $\frac{1,27}{1,25^*}$ |
| $\beta_{сп}$ | $\frac{0,02}{0,02}$ | $\frac{0,03}{0,04}$ |
| $\beta_{доп}$ | $\frac{-}{0,03}$ | $\frac{-}{0,02}$ |
| * у чисельнику – для вантажного руху, у знаменнику – для пасажирського. | | |

Середня населеність пасажирського поїзда H з урахуванням коефіцієнта використання представлених місць, що дорівнює 0,75, складає 548 пасажирів. Величина γ_B – співвідношення вантажообігу нетто і бруто – є досить стійкою і може прийматися для полігонів, що обслуговуються електричною тягою, 0,58, а тепловозною – 0,56. Середня маса складу поїзда $Q_{ср}$ визначається за звітними даними за вихідний рік і при необхідності корегується. Експлуатаційний середньодобовий за результатами роботи за рік парк локомотивів для поїзного вантажного руху може бути визначений за номограмою (рис. 1.7).

Парк локомотивів, приписаних до всіх депо полігона даної залізниці

$$M_{вд} = \frac{M_B \cdot (1 - \gamma_{вд})}{1 - \gamma_{ву}}, \quad (1.29)$$

де $\gamma_{вд}$ – частка вантажообігу, освоювана на даній залізниці локомотивами сусідніх залізниць;

$\gamma_{ву}$ – частка локомотивного парку даної залізниці, виділена для роботи на сусідніх залізницях.

ΣPL , тис. млрд. т км бруто

$W_{л}$, млн т км бр/добу

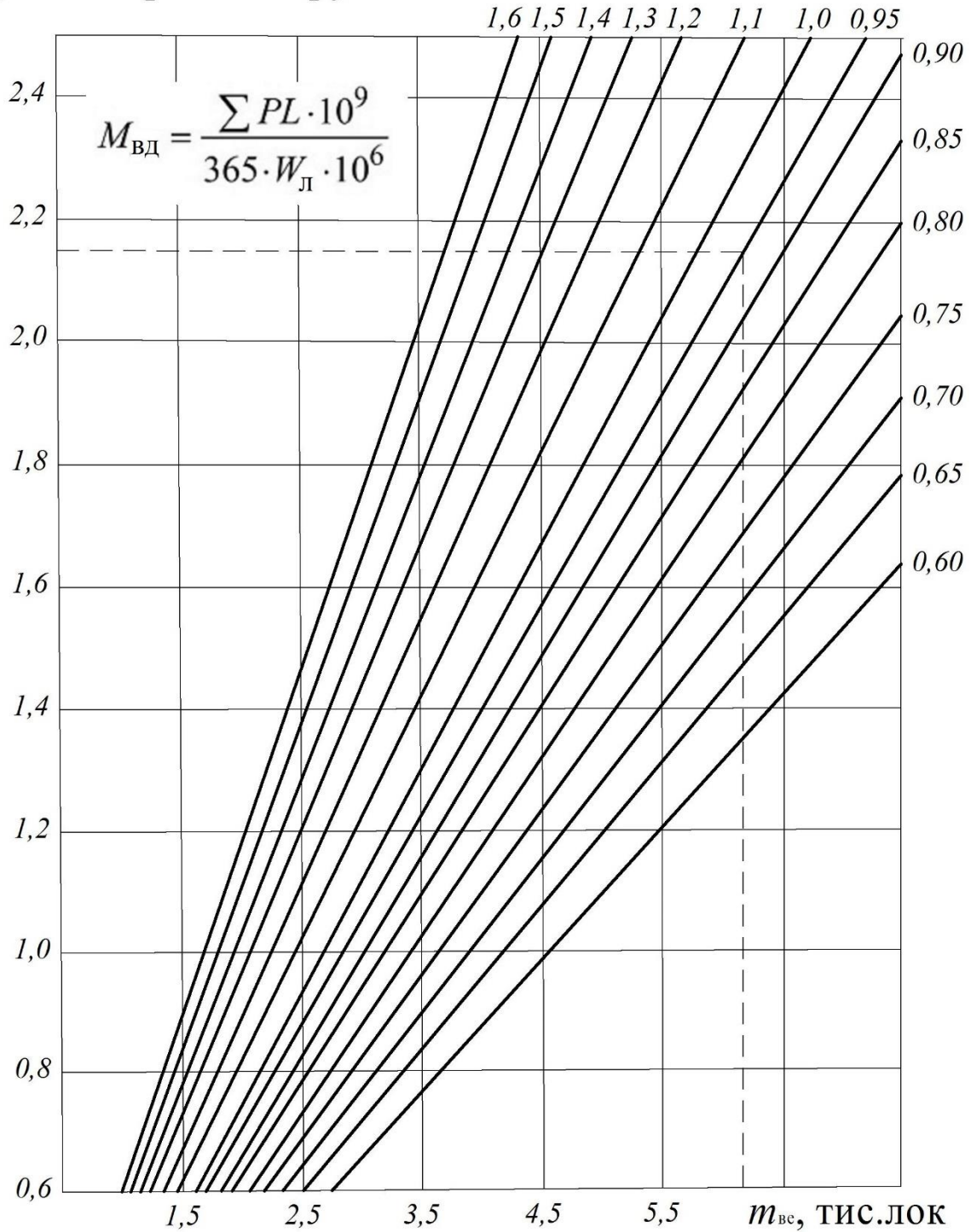


Рис. 1.7. Номограма для визначення експлуатаційного середньодобового за результатами роботи за рік парку локомотивів для вантажного руху:

$M_{вс}$ – експлуатаційний парк локомотивів; ΣPL – річний вантажообіг бруто; $W_{л}$ – середньодобова за результатами роботи за рік продуктивність локомотивів

Приклад. Визначити необхідний парк електровозів для вантажного руху в цілому для полігона тяги.

Задано: вантажообіг $\sum PL = 2000$ млрд. т·км. нетто; ділянкова швидкість $V_{\text{д}} = 44 \frac{\text{км}}{\text{год}}$; середня маса складу вантажного поїзда брутто $Q_{\text{бр}} = 4000$ т; коефіцієнт $\gamma_{\text{в}} = 0,585$; $k_{\text{в}} = 1,19$; $\beta_{\text{сп}} = 0,02$; $\beta_{\text{н}} = 0,05$. Мінімальний час перебування електровозів у резерві управління залізниці - 1 доба; коефіцієнт продуктивності $\psi_{\text{л}} = 0,687$.

Приймаємо $a = 0,534$; $b = 0,0059$, тоді питомий час простою електровоза в пунктах обороту [формула (1.26)]

$$\tau_t = \frac{0,534}{44} + 0,0059 = 0,018 \frac{\text{год}}{\text{км}}$$

Середньодобовий пробіг електровоза [формула (1.25)]

$$S_{\text{л}} = \frac{24}{\frac{1}{44} + 0,018} \cong 589 \text{ км}$$

Середня по депо продуктивність електровоза [формула (1.23)]

$$W = 589 \cdot 4000 \cdot 0,867 = 2\,042\,652 \frac{\text{т} \cdot \text{км брутто}}{\text{добу}}$$

Потреба електровозів складає [формула (1.21)]

$$M_{\text{в}} = \frac{2000 \cdot 10^9 \cdot 1,19}{365 \cdot 0,585 \cdot 2\,042\,652 \cdot (1 - 0,02) \cdot (1 - 0,05)} \cong 5\,570 \text{ електровозів}$$

З них експлуатований середньодобовий за рік парк складе

$$M_{\text{э}} = \frac{2000 \cdot 10^9}{365 \cdot 0,585 \cdot 2\,042\,652} \cong 4\,359 \text{ електровозів}$$

Розрахунок парку локомотивів по ділянках обороту, коли відомі зони і ділянки обороту локомотивів, ділянки обслуговування (роботи) бригад, розміри руху в парах поїздів, зводиться до визначення суми парків локомотивів, необхідних для освоєння заданих розмірів руху по кожній ділянці обороту в межах залізниці, напрямки і мережі залізниць в цілому.

Потреба парку магістральних локомотивів для вантажного і пасажирського руху для ділянки їхнього обороту

$$M_{y_j} = \frac{b_j \cdot (1 + \alpha_{тj}) \cdot \left(\sum_1^m N_j \cdot K_j \right) \cdot (1 + \alpha_{pj})}{1 - \beta_n}, \quad (1.30)$$

де b_j – коефіцієнт, що враховує кратність тяги на j -ій ділянці (у вантажному русі $b \geq 1$, у пасажирському $b = 1$);

$\alpha_{тj}$ – коефіцієнт, який враховує виконання технічного обслуговування (ТО-2) та екіпірування локомотивів на j -ій ділянці;

m – число j -их ділянок обслуговування бригад в межах ділянки обороту локомотивів;

N_j – число пар поїздів (вантажних або пасажирських) на j -ій ділянці в місяці максимальних перевезень;

K_j – коефіцієнт потреби локомотивів на 1 пару поїздів на j -ій ділянці обслуговування (роботи) бригад;

α_{pj} – частка парку справних вантажних локомотивів, що компенсує внутрішньо-місячну (добову) нерівномірність, яка забезпечує оперативне регулювання на місяць максимальних перевезень (у пасажирському русі $\alpha_p = 0$);

β_n – частка несправних локомотивів з урахуванням локомотивів, які очікують технічне обслуговування та ремонт, що знаходяться в процесі переміщення на ремонтні заводи й в інші депо.

При наявності на ділянці обороту двох вагових категорій поїздів, одна з яких обслуговується одиночною тягою, а друга – кратною, потрібний парк магістральних локомотивів визначається за формулою

$$M_d = M_{од} + M_{кр},$$

де $M_{од}$, $M_{кр}$ – парки локомотивів для обслуговування поїздів: відповідно одиночною та кратною тягою, які визначаються за формулою (1.30).

1.5.2. Розрахунок потреби локомотивів для обслуговування передаточних поїздів, вивізної, господарської та маневрової роботи:

для вивізної роботи [5]

$$M_B = \frac{\sum_1^m N_{vi} \cdot K_{vi} \cdot (1 + \alpha_{pv})}{(1 - \beta_{нв}) \cdot (1 - \alpha_{тв})}, \quad (1.31)$$

де m – число ділянок обороту вивізних локомотивів;

$N_{вi}$ – середньодобове число вивізних поїздів на місяць максимальних перевезень на розрахунковій ділянці;

$K_{вi}$ – коефіцієнт потреби локомотивів для вивізного руху (при розрахунку $K_{вi}$ враховується середній час виконання локомотивом маневрової роботи в пунктах обороту, при цьому можна прийняти $t_{тех}$ на технічній станції 0,8 год., на проміжній станції 0,5 год., $t_{оч}$ приймається 1,8÷2,3 год.);

$\alpha_{рв}$ – частка парку справних вивізних локомотивів, що знаходяться в резерві в зв'язку з внутрішньо - місячною (добовою) нерівномірністю й оперативним регулюванням на місяць максимальних перевезень ($\alpha_{рв} = 0,1 + \frac{0,4}{N_{в}}$);

$\beta_{нв}$ – частка несправних вивізних локомотивів;

$\alpha_{тв}$ – коефіцієнт, що враховує виконання технічного обслуговування й екіпірування локомотивів для вивізної роботи (в залежності від місця розташування ПТОЛ коливається від 0,02 до 0,09).

Потрібне число локомотивів, необхідне для освоєння заданих розмірів руху **передаточних поїздів** в межах вузла, визначається по розрахункових ділянках від вузлової станції до вантажної, на якій закінчується шлях проходження поїздів за коефіцієнтом потреби аналогічно наведеному вище розрахунку потреби локомотивів для вивізної роботи

При визначенні коефіцієнта потреби $K_{пв}$ передатних локомотивів $t_{тех}$ може бути прийняте для вузлової станції 0,7 год., для вантажної – 0,5 год.; $\alpha_{пр} = \alpha_{рв}$; $t_{оч пер}$ визначається за формулою

$$t_{оч пер} = \frac{12 \cdot c}{N_{пер}} \cdot \left(0,1 + \frac{1}{N_{пер} + 0,5} \right),$$

де $N_{пер}$ – число передаточних поїздів;

c – коефіцієнт, рівний 1 для вузлових станцій і 0,5 – для вантажних.

Для **господарського руху розрахунок** ведеться за формулою

$$M_{г} = \frac{M_{ге} \cdot k_{мг}}{1 - \beta_{н}}, \quad (1.32)$$

де $M_{ге}$ – експлуатаційний парк локомотивів у господарському русі в середньому за рік;

$$M_{ге} = \frac{\sum P \cdot L_r}{365 \cdot W_{лр}} \quad (1.33)$$

Тут $\sum P \cdot L_r$ – запланований (заданий) обсяг роботи в господарському русі, т-км брутто;

$W_{лр}$ – середньодобова продуктивність локомотивів у господарському русі, т-км брутто за локомотиво-діб (приймається на основі аналізу звітних даних з урахуванням запланованих на розрахунковий період змін в організації експлуатації та потреби в перевезеннях).

1.5.3. Розрахунок потреби маневрових локомотивів. Розрахунок необхідного парку маневрових локомотивів для мережі в цілому ведеться за формулою [5]

$$M_m = \frac{M_{ме}}{1 - \beta_{н}} \quad (1.34)$$

де $M_{ме}$ – експлуатаційний справний парк маневрових локомотивів з урахуванням резерву управління залізниці

За даними ВНДІЗТ для мережі

$$M_{ме} = \frac{10^3}{\frac{16790}{\sum PL} + 8,4} \cdot \frac{k'_m}{1 - \beta_{сп}} \cdot (1 + \beta_{ін}) \quad (1.35)$$

де k'_m – коефіцієнт переходу від середньорічного експлуатаційного парку маневрових локомотивів до загальної потреби справних локомотивів, зайнятих на маневрах (характеризує величину резерву управління залізниці маневрових локомотивів і дорівнює 1,05);

$\beta_{ін}$ – частка маневрових локомотивів, зайнятих на інших роботах.

Значення $\beta_{ін}$ та $\beta_{сп}$ приймаються за звітними даними останнього року. В середньому для мережі можна прийняти $\beta_{сп} = 0,02$, $\beta_{ін} = 0,03$.

Потрібний парк маневрових локомотивів для залізниці

$$M_{мд} = \frac{(n_{н} + n_{р} + n_{т}) \cdot k'_m \cdot (1 + \beta_{ін})}{365 \cdot B \cdot (1 - \beta_{сп}) \cdot (1 - \beta_{н})} \quad (1.36)$$

де $n_{н}$, $n_{р}$ – відповідно річне завантаження і розвантаження вагонів у розрахунковому році;

n_t – річна кількість транзитних вагонів з переробкою в розрахунковому році;

B – середня кількість вагонів, що переробляються одним маневровим локомотивом за добу (розраховується за спеціальною методикою).

Парк справних маневрових локомотивів може бути визначений за номограмою (рис. 1.8).

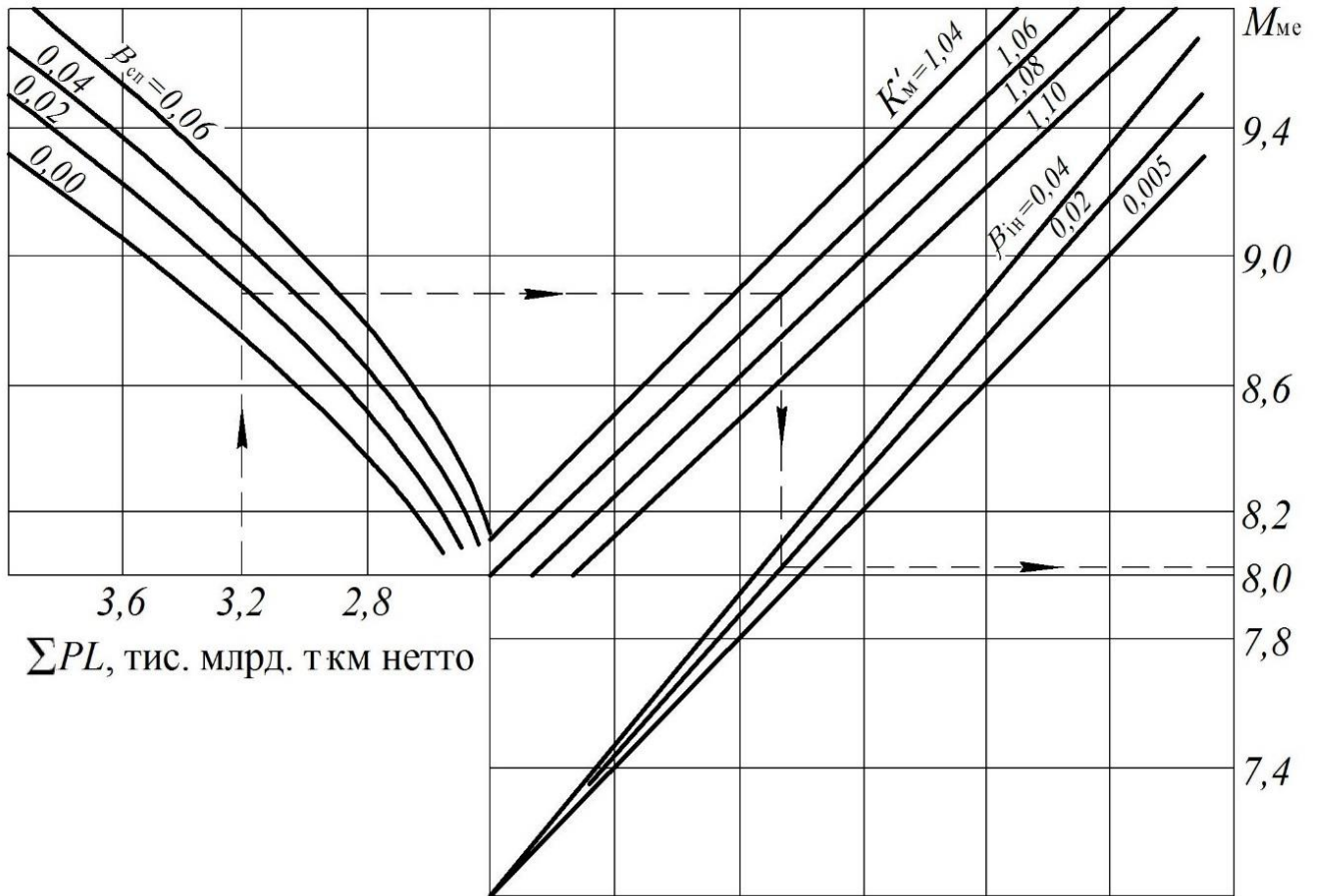


Рис. 1.8. Номограма для визначення парку справних маневрових локомотивів:

M_{mc} – парк справних маневрових локомотивів; $\sum PL$ – річний вантажообіг нетто; $\beta_{сп}$ – частка справних маневрових локомотивів, що знаходяться в переміщенні на обслуговування і ремонт; $\beta_{ін}$ – частка маневрових локомотивів, зайнятих на інших роботах; $\kappa'_м$ – коефіцієнт переходу до загальної потреби локомотивів (інвентарний парк)

1.6. Розрахунок потреби локомотивів при оперативному плануванні

1.6.1. Потреба локомотивів для поїзної роботи. Загальна потреба в локомотивах, що знаходяться в розпорядженні депо для освоєння перевезень в межах зони або ділянки обороту може визначатися за формулою [5]

$$M = \frac{M_e \cdot (1 + \alpha_p)}{1 - \beta_n}, \quad (1.37)$$

де M_e – середня розрахункова величина потрібного експлуатаційного парку на місяць максимальних перевезень;

α_p – частка додаткового парку локомотивів на місяць максимальних перевезень, необхідна для покриття середньомісячної добової нерівномірності руху поїздів і збільшених простоїв в очікуванні підсилення локомотивів, що направляються по оперативному регулюванню.

Необхідний експлуатований парк поїзних локомотивів визначається окремо для виконання вантажних і пасажирських перевезень.

Основні методи розрахунку локомотивів парку експлуатації:

а) за коефіцієнтом потреби локомотивів на пару поїздів

$$M_e = b \cdot \sum_1^n N_i K_i, \quad (1.38)$$

де b – коефіцієнт, що враховує кратність тяги на ділянці;

N_i – заплановані розміри руху в парах поїздів на i -ій ділянці обслуговування бригад або обороту локомотивів;

K_i – коефіцієнт потреби локомотивів на пари поїздів для i -ої ділянки обслуговування бригад чи обороту локомотивів за розрахунковими нормами;

б) за середньодобовим пробігом локомотивів

$$M_e = \frac{\sum MS_{л}^{лін}}{S_{л}}, \quad (1.39)$$

де $\sum MS_{л}^{лін}$ – загальний планований пробіг локомотивів, локомотиво-км;

$S_{л}$ – середньодобовий пробіг локомотивів, км.

До недоліків цього способу відносяться: нестійкість середньодобового пробігу локомотивів і необхідність попереднього визначення очікуваних розмірів руху поїздів для розрахунку планованого пробігу;

в) за середньодобовою продуктивністю вантажних локомотивів

$$M_e = \frac{\sum PL}{365 \cdot W}; \quad (1.40)$$

г) за витратою загальної добової кількості локомотиво-годин на обслуговування заданої кількості пар поїздів на ділянці обороту:

$$M_e = \frac{\sum T}{24}; \quad (1.41)$$

$$\sum T = T_{чр} + T_{пр} + T_{осн} + T_{зб} + T_{об},$$

де $T_{чр}$, $T_{пр}$, $T_{осн}$, $T_{зб}$, $T_{об}$ – сумарний за добу час відповідно в русі, простої на проміжних станціях, на станціях основного депо, на станціях зміни бригад і станціях обороту локомотивів, локомотиво-год.

З розглянутих аналітичних способів розрахунків за коефіцієнтом потреби локомотивів на пари поїздів є найбільш точним і досить простим.

З формули (1.37) видно, що потрібний парк локомотивів, що знаходяться в розпорядженні депо, складається з власне експлуатаційного парку M_e та додаткового, який включається в експлуатаційний і який складає від нього частку α_p .

Наявність додаткових локомотивів значно скорочує число невивезених составів (їхні простої в кожному пункті обороту), що накопичуються в умовах середньодобової нерівномірності руху в місяці максимальних перевезень. Однак додаткове число локомотивів збільшує капітальні витрати на їхнє придбання та експлуатаційні витрати на їхнє утримування. Оптимальна величина додаткового парку локомотивів знаходиться по мінімуму приведених річних витрат E , що враховують як витрати на придбання і утримування локомотивів, так і на простої поїздів та одиночні пробіги локомотивів

$$E = 8\,760 \cdot M_{\text{дод}} \cdot e_{\text{л}} + \sum N \cdot t_{\text{оч}}^{\text{ван}} \cdot e_{\text{с}} + \sum M_{\text{дод}}^{\text{р}} L_{\text{р}} \cdot e_{\text{р}} \rightarrow \min, \quad (1.42)$$

де $M_{\text{дод}}$ – кількість додаткових локомотивів, які виділяються на дану ділянку обороту на місяць максимальних перевезень;

$e_{\text{л}}$ – вартість однієї локомотиво-год., грн.;

$\sum N \cdot t_{\text{оч}}^{\text{ван}}$ – простої вантажних составів за рік у пунктах обороту і перечеплення локомотивів (можуть бути визначені за методикою ВНДІЗТу);

$e_{\text{с}}$ – вартість 1 год. простою вантажного состава, грн.;

$M_{\text{дод}}^{\text{р}}$ – число локомотивів, що направляються протягом року в ремонт на заводи та в інші депо;

$L_{\text{р}}$ – середня дальність, пробіг локомотивів у ремонт на заводи й в інші депо, км;

e_p – вартість 1 локомотиво-км резервного пробігу (без урахування капіталовкладень), грн.

Залежність потреби додаткового парку локомотивів $M_{\text{дод}}$, що приходить на 1 км довжини ділянки обороту, від його довжини L (рис. 1.9) доводить, що зі збільшенням ділянок обслуговування величина $M_{\text{дод}}$ спочатку скорочується, а потім росте. Довжина ділянки обороту локомотивів при мінімальному $M_{\text{дод}}$ буде оптимальною. Такий характер зміни $M_{\text{дод}}$ пояснюється тим, що зі збільшенням ділянок обороту скорочується (у питомому вимірі) експлуатаційний парк тепловозів та електровозів, але одночасно росте додатковий парк локомотивів, пов'язаний з неточністю регулювання.

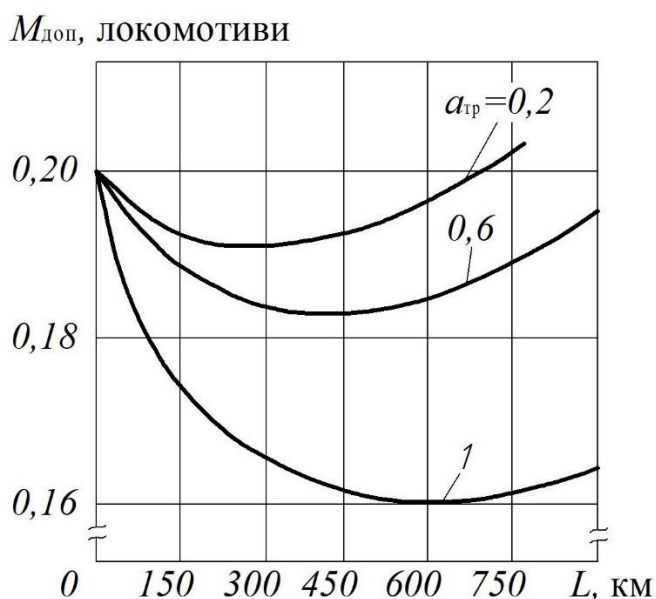


Рис. 1.9. Потреба додаткового парку локомотивів на 1 км довжини ділянки обороту в залежності від його довжини L і коефіцієнта транзитності $\alpha_{\text{тр}}$.

1.6.2. Потреба в маневрових локомотивах. Кількість маневрових локомотивів залежить від обсягу (розмірів) маневрової роботи кожної станції, ділянки і може бути визначена за формулою [5]

$$M_e^{\text{ман}} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^c n_{ij} \cdot t_{ij}^B}{1440 - (t_{\text{ек}} + t_{\text{зм бр}} + t_{\text{тв}})}, \quad (1.43)$$

де m – число станцій;

c – число видів маневрової роботи;

n_{ij} – число вагонів, які переробляються на i -й станції по j -му виду роботи;

t_{ij}^B – розрахункова норма часу для переробки одного вагона по j -му виду роботи на i -й станції;

$t_{ек}$ – час на екіпірування локомотива;

$t_{зм бр}$ – час на зміну локомотивної бригади;

$t_{ТВ}$ – технологічні втрати (час на звільнення маршруту).

Суму $t_{ек} + t_{зм бр} + t_{ТВ}$ для тепловозів і електровозів приймають рівною 30 хв. на добу.

При відсутності даних про розмір (обсяг) маневрової роботи на станції потребу в маневрових локомотивах приблизно можна визначити за формулою

$$M_e^{\text{ман}} = \frac{L^P \cdot \delta_{\text{ман}}}{365 \cdot S_{\text{л}}^{\text{ман}} \cdot 100}, \quad (1.44)$$

де L^P – річний пробіг усіх поїзних локомотивів депо приписки, км;

$\delta_{\text{ман}}$ – заданий відсоток річного пробігу маневрових локомотивів від річного пробігу всіх поїзних локомотивів депо (для депо з великою маневровою роботою 20–25 %; для депо, які обслуговують транзитний потік, 4–12 %);

$S_{\text{л}}^{\text{ман}}$ – середньодобовий пробіг маневрового тепловоза, км (визначається з умовної швидкості руху локомотива 5 км/год і часу роботи локомотива 23,5 год в добу: $S_{\text{л}}^{\text{ман}} = 23,5 \cdot 5 = 117,5$ км).

Найбільш точно потреба маневрових локомотивів може бути визначена за графіками технологічного процесу маневрової роботи відповідних станцій, що обслуговуються локомотивами даного депо. На деяких залізницях застосовують методику нормування експлуатаційного парку маневрових локомотивів за коефіцієнтом їхньої потреби на один вагон робочого парку і наявності вагонів у цьому парку або за продуктивністю локомотивів у вагоно-км і запланованій роботі також у вагоно-км.

1.6.3. Потреба локомотивів для господарських поїздів. Найбільш точний розрахунок ведеться по відомості і графіку обороту так само, як і для вантажного та пасажирського руху. Наближено кількість локомотивів для господарського руху можна визначити за формулою [5]

$$M_e^{\text{гос}} = \frac{L^P \cdot \delta_{\text{гос}}}{365 \cdot S_{\text{л}}^{\text{гос}} \cdot 100}, \quad (1.45)$$

де $\delta_{\text{гос}}$ – заданий відсоток річного пробігу локомотивів для господарських поїздів від річного пробігу поїзних локомотивів депо;

$S_{\text{л}}^{\text{гос}}$ – середньодобовий пробіг локомотивів для господарських поїздів (приймається в залежності від місцевих умов 200÷300 км).

1.6.4. Потреба локомотивів для підштовхування. Підштовхування може бути:

- 1) до визначеного кілометра перегону з поверненням підштовхуючого локомотива назад на станцію;
- 2) на один або декілька перегонів.

У першому випадку потреба визначається з розрахунку один локомотив на пункт підштовхування з урахуванням підміни на час екіпірування, технічного обслуговування і зміни бригад, у другому підраховується за формулою [5]

$$M_{\text{пдш}} = \frac{N_{\text{в пдш}} \cdot K_{\text{пдш}} \cdot (1 + \alpha_{\text{рн}})}{(1 - \alpha_{\text{пдш}}) \cdot (1 - \beta_{\text{пдш}})}, \quad (1.46)$$

де $N_{\text{в пдш}}$ - кількість вантажних поїздів на ділянці в напрямку підштовхування на місяць максимальних перевезень;

$K_{\text{пдш}}$ - коефіцієнт потреби локомотивів для підштовхування пари поїздів;

$\alpha_{\text{рн}}$ - частка парку локомотивів, що вимагається для погашення добової нерівномірності руху на місяць максимальних перевезень;

$\alpha_{\text{пдш}}$ - коефіцієнт, що враховує виконання ТО-2 і екіпірування штовхачів;

$\beta_{\text{пдш}}$ - частка несправних штовхачів з обліком тих, що очікують ТО-3 і ремонти, тих, що знаходяться в процесі переміщення на ремонтні заводи й інші депо.

При визначенні $K_{\text{пдш}}$ враховується довжина ділянки підштовхування і середня ділянкова швидкість руху поїздів і наступного в зворотному напрямку штовхача на ділянці штовхання. Середній час перебування локомотива-штовхача на проміжних станціях початку і кінця штовхання при зупинці поїзда – $0,2 \div 0,3 \text{ год}$, при організації штовхання без зупинки поїзда – $0,1 \div 0,15 \text{ год}$.

1.6.5. Потреба локомотивів для передатного руху. Потрібне число локомотивів, необхідних для освоєння заданих обсягів передатного руху в межах розглянутого вузла, визначається так само, як при перспективному плануванні .

Середньодобове число передаточних поїздів у місяці максимальних вантажних перевезень задається або визначається за номограмою ВНДІЗТу в залежності від числа пар поїздів та коефіцієнта нерівномірності руху.

Технологічні норми перебування передатного локомотива в пунктах обороту, що враховуються при розрахунку коефіцієнта потреби локомотивів на пари поїздів $K_{\text{пер}}$, встановлюються відповідно до технологічного процесу роботи станції. При відсутності таких даних можна приймати їх для вузлової станції $0,7 \text{ год}$, для вантажної – $0,5 \text{ год}$.

1.6.6. Потреба локомотивів для вивізного руху. Розраховується за методикою визначення потреби локомотивів у передатному русі. Середньодобове число вивізних поїздів на місяць максимальних перевезень визначається за графіком руху або розрахунком.

1.6.7. Потреба електросекцій та дизель-поїздів. Розрахунок ведеться за формулою [2]

$$M_{\text{прим}} = \frac{\sum_{j=1}^m N_{\text{прим } j} \cdot K_{\text{прим } j}}{1 - \beta_p}, \quad (1.47)$$

де m – число зонних станцій в межах приміської ділянки;
 $N_{\text{прим } j}$ – середнє число пар приміських поїздів в j -й зоні їхнього обороту на місяць літніх перевезень;
 $K_{\text{прим } j}$ – коефіцієнт потреби рухомого складу для обслуговування однієї пари приміських поїздів, які слідуєть від головної до j -ї зонної станції (тобто для j -ї зони);
 β_p – частка електро- або дизель-поїздів, що знаходяться у всіх видах ремонту.

1.7. Розрахунок потреби поїзних локомотивів з урахуванням нерівномірності руху поїздів

При розрахунках в потребі локомотивів можна розділити їх на дві частини: основну і додаткову [5].

Основна частина – це мінімальне число локомотивів, яке необхідне для обслуговування заданого числа вантажних поїздів, які слідуєть з визначеною частотою в ідеальних умовах, тобто коли графік руху забезпечує виконання розрахункового мінімального часу обороту локомотива.

Додаткова частина виникає внаслідок збільшення простоїв локомотивів у пунктах обороту понад прийняті технологічні норми через очікування поїзда. Обидві частини потреби після розрахунку повинні бути збільшені з урахуванням нерівномірності руху, яка викликаєтьсє добовими коливаннями вагонопотоків.

1.7.1. Основна потреба в локомотивах

$$M_o = \frac{\Theta_p \cdot N}{24}, \quad (1.48)$$

де Θ_p – розрахунковий оборот локомотива, год.;

N – середні розрахункові розміри вантажного руху, пари поїздів;

$$\Theta_p = \frac{2 \cdot L}{V_d} + \left(\frac{2 \cdot L}{L_{\text{тех}}} - 2 \right) \cdot t_{\text{тех}} + t'_o + t''_o + \frac{2 \cdot L}{L_{\text{ек}}} \cdot t_{\text{ек}}, \quad (1.49)$$

де L – довжина ділянки, на якій обертається локомотив;

V_d – ділянкова швидкість;

$t_{\text{тех}}, L_{\text{тех}}$ – відповідно час стоянки транзитного поїзда на технічних станціях без зміни локомотива і відстань між цими станціями;

t'_o, t''_o – мінімальний (розрахунковий) технологічний час перебування локомотивів у пунктах обороту;

$t_{\text{ек}}, L_{\text{ек}}$ – відповідно час на екіпірування локомотива на технічних станціях і відстань пробігу між пунктами екіпірування.

Основний необхідний парк локомотивів можна визначати через середній інтервал $I_{\text{сп}}$ (хв.), з яким слідують вантажні поїзди в проміжках між пасажирськими:

$$M_o = \frac{\Theta_p}{I_{\text{сп}}} \cdot \frac{1}{60}. \quad (1.50)$$

На довгих ділянках обороту $I_{\text{сп}} = \frac{1440}{N}$, на коротких

$$\min I_{\text{сп}} = \frac{1440 - [(\varepsilon_{\text{п}} + 1) \cdot I_{\text{п}} \cdot N_{\text{п}}]}{N},$$

де $\varepsilon_{\text{п}}$ – коефіцієнт заміни вантажних поїздів пасажирськими;

$I_{\text{п}}$ – інтервал між пасажирськими поїздами при не пакетному графіку, хв.;

$N_{\text{п}}$ – число пасажирських поїздів.

Збільшення основної потреби в локомотивах на $M_o^{\text{н}}$ через добову нерівномірність руху як результат коливання вагонопотоків можна врахувати за допомогою коефіцієнта добової нерівномірності вагонопотоків y , тобто $M_o^{\text{н}} = M_o \cdot y$. Коливання вагонопотоків дорівнюють півтора значення середнього квадратичного відхилення між максимумом і мінімумом вагонопотоків σ , тобто

$$y = \frac{1,5 \cdot \sigma}{u},$$

Тоді
$$I'_{\text{cp}} = \frac{I_{\text{cp}}}{1 + y}, \quad (1.51)$$

де y – середні розміри вагонопотоку на планований період;

I'_{cp} – середній інтервал проходження вантажних поїздів з урахуванням нерівномірності.

Загальна потреба локомотивів з урахуванням нерівномірності руху

$$M'_o = M_o + M_o^H.$$

Підставивши значення M_o з формули (1.48), отримаємо

$$M'_o = \frac{\Theta_p \cdot N \cdot (1 + y)}{24}.$$

1.7.2. Додаткова потреба в локомотивах $M_{\text{дод}}$ складається з двох частин:

$M_{\text{дод}}^{\text{об}}$, необхідність якої викликана розбіжністю часу закінчення технологічних операцій з інтервалом відправлення вантажних поїздів, а також з нерівномірністю прибуття і відправлення вантажних поїздів через пропуск пасажирських, тобто із затримками в пунктах обороту; $M_{\text{дод}}^H$, обумовленою необхідністю забезпечити вивіз поїздів з оборотних станцій на довгих ділянках обороту при нерівномірному русі поїздів. Для ділянок, всередині яких знаходиться кілька тягових пліч,

$$M_{\text{дод}}^H = \frac{\sum T_{\text{дод}}}{24 + 0,5 \cdot P}, \quad (1.52)$$

де P – число пунктів обороту, включаючи станції, що обмежують ділянку обороту;

$\sum T_{\text{дод}}$ – сумарні додаткові затримки локомотивів у всіх пунктах обороту;

$$\sum T_{\text{дод}} = \frac{\left[24 \cdot k_c - \sum t_{\text{ст}}^{\text{об}} + 2 \cdot N_{\text{п}} \cdot (t_{\text{об}} + \varepsilon_{\text{п}} \cdot I_{\text{н}} - I'_{\text{cp}}) \right]}{I'_{\text{cp}}} \times \left[(\varepsilon_{\text{п}} + 1) \cdot I_{\text{н}} - I'_{\text{cp}} \right], \quad (1.53)$$

де k_c – коефіцієнт рівномірності прокладання на графіку пасажирських поїздів; орієнтовно

$$k_c = 0,8 + 0,2 \cdot N_{\text{п}}; \quad (1.54)$$

$\sum t_{\text{ст}}^{\text{об}}$ – час стоянки пасажирських поїздів у пункті обороту локомотивів;
 $\varepsilon_{\text{п}} \cdot I_{\text{п}}$ – час заміни вантажних поїздів пасажирським.

Для пунктів, які обмежують ділянку обороту, береться половина $\sum t_{\text{ст}}^{\text{об}}$.
 Методика аналітичного визначення $\sum t_{\text{ст}}^{\text{об}}$ досить складна, тому краще користуватися дослідним шляхом (наприклад, хронометражем).

Додаткова кількість локомотивів, необхідна для забезпечення добового збільшення розмірів руху при нерівномірному русі,

$$M_{\text{дод}}^{\text{н}} = \frac{\Theta_{\text{п}} \cdot N_{\text{у}}}{24} \cdot \left(\frac{\Theta_{\text{п}}}{t_{\text{п}}} - 1 \right), \quad (1.55)$$

де $t_{\text{п}}$ – період планування роботи локомотивів; передбачається, що $\Theta_{\text{п}} \geq t_{\text{п}}$.

Загальна потреба в локомотивах складається з основної і додаткової частин:

$$M = M'_{\text{о}} + M_{\text{дод}}^{\text{об}} + M_{\text{дод}}^{\text{н}}.$$

Додаткові затримки локомотивів у пункті обороту почнуть виникати, якщо число вантажних поїздів перевищить деяку критичну величину

$$N_{\text{кр}} \geq \frac{1440 - (\varepsilon_{\text{п}} + 1) \cdot I_{\text{п}} \cdot N_{\text{п}}}{(\varepsilon_{\text{п}} + 1) \cdot I_{\text{п}}}. \quad (1.56)$$

Відділенням експлуатації залізниць ВНДІЗТу за участю інженерно-технічних працівників технічного відділу Управління по експлуатації локомотивів ЦД і Головного Управління локомотивного господарства Укрзалізниці розроблені інструктивні вказівки з розрахунку парку локомотивів. Багато розрахунків виконуються із застосуванням номограм та розрахункових графіків. У вказівках наведені числові значення коефіцієнтів розрахункових формул [5].

Нижче наведено приклад розрахунку потрібного парку електровозів з урахуванням нерівномірності руху поїздів.

Приклад. Для ділянки обороту електровозів **AB** (рис. 1.10) прийняті наступні експлуатаційні показники (табл. 1.3).

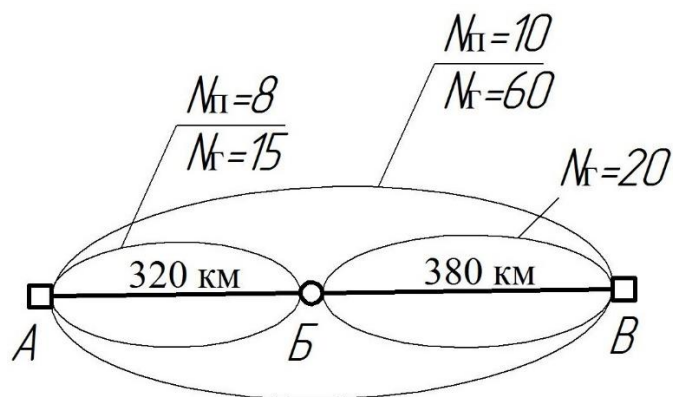


Рис. 1.10. Схема зони і ділянок обороту локомотивів.

Таблиця 1.3

| Найменування показника | Тягові плечі | | |
|---|--------------|-----------|-----------|
| | <i>AB</i> | <i>AB</i> | <i>BB</i> |
| Довжина L , км | 700 | 320 | 380 |
| Число пар вантажних поїздів N_v , пар | 60 | 15 | 20 |
| Число пар пасажирських поїздів N_n , пар | 10 | 8 | - |
| Ділянкова швидкість вантажного руху V_d в, км/год. | 50 | 50 | 50 |
| Інтервал у пакеті між пасажирськими поїздами I_n , год. | 0,166 | 0,166 | - |

Число збірних поїздів $N_{зб} = 3$ пари; середнє число вагонів у поїзді $m = 60$; середні квадратичні відхилення вагонопотоків $\sigma_{AB} = 312$, $\sigma_{AB} = 128$, $\sigma_{BB} = 112$ вагонів; час на обслуговування локомотива включаючи екіпірування, приймання та здавання $t_A = t_B = t_{об} = 2,0$ год.; $t_B = 0,6$ год.; коефіцієнт знімання вантажних поїздів пасажирськими $\varepsilon_n = 3,0$, збірними $\varepsilon_{зб} = 4,0$; стоянка пасажирського поїзда на технічній станції $t_{ст} = 0,15$ год.; планований період роботи електровозів $t_n = 24$ год. Відстань між технічними станціями $L_{тех} = 350$ км, простій $t_{тех} = 0,5$ год. Визначити потрібний експлуатаційний парк електровозів для обслуговування вантажних поїздів на ділянці **AB**.

1. Розрахунковий оборот електровозів по тягових плечах **AB**, **AB**, **BB** [формула (1.49)]:

$$\Theta_p^{AB} = \frac{2 \cdot 700}{50} + \left(\frac{2 \cdot 700}{350} - 2 \right) \cdot 0,5 + 2 + 2 = 33,0 \text{ год.};$$

$$\Theta_p^{AB} = \frac{2 \cdot 320}{50} + 2 + 0,6 = 15,4 \text{ год.};$$

$$\Theta_p^{BB} = \frac{2 \cdot 380}{50} + 0,6 + 2 = 17,8 \text{ год.}$$

2. Основна потреба електровозів M_0 визначається за формулою (1.48). Результати наведені в табл. 1.4.

Таблиця 1.4

| Ділянка | y | Θ_p | M_0 | M'_0 | $M_{\text{дод}}^{\text{об}}$ | $M_{\text{дод}}^{\text{н}}$ | M |
|-----------|------|------------|-------|--------|------------------------------|-----------------------------|-------|
| <i>AB</i> | 0,13 | 33,0 | 82,5 | 93,2 | 22 | 4 | 119,2 |
| <i>AB</i> | 0,21 | 15,4 | 9,6 | 11,6 | - | - | - |
| <i>BB</i> | 0,14 | 17,8 | 14,8 | 16,9 | - | - | - |

3. Добова нерівномірність вагонопотоків викличе збільшення основної потреби локомотивів на величину $y + 1$, тобто $M'_0 = M_0 \cdot (y + 1)$. Коефіцієнт добової нерівномірності вагонопотоків

$$y = \frac{15 \cdot \sigma}{U} = \frac{15 \cdot \sigma}{N \cdot m};$$

$$y^{AB} = \frac{15 \cdot 312}{60 \cdot 60} = 0,13; \quad y^{AB} = \frac{15 \cdot 128}{15 \cdot 60} = 0,21; \quad y^{BB} = \frac{15 \cdot 112}{20 \cdot 60} = 0,14$$

Величини M'_0 для заданих ділянок наведені в табл. 1.4.

4. Додаткові затримки електровозів виникнуть у пунктах (станціях) **A** та **B**, тому що розміри руху на підході до цих станцій вище критичних, підрахованих за формулою (1.56), і складають для ділянки **AB** $N_B^{AB} = 60 + 15 = 75$ пар вантажних поїздів, для ділянки **BB** $N_B^{BB} = 60 + 20 = 80$ пар вантажних поїздів. Розрахунки потреби електровозів для ділянок **AB** та **BB** ведуться аналогічно приведеному нижче розрахунку для ділянки **AB**: результати розрахунків дані в табл. 1.4.
5. Для розрахунку $M_{\text{дод}}^{\text{об}}$ визначимо за формулою (1.53) додаткові затримки $\sum T_{\text{дод}}$ в пунктах **A** і **B**, для чого розрахуємо по ділянках **AB** та **AB** коефіцієнт, що характеризує рівномірність прокладання на графіку пасажирських поїздів, k_c за формулою (1.54) і середній інтервал, з яким слідують

вантажні поїзди в проміжках між пасажирськими, $I'_{\text{ср}}$ за формулою (1.51).

Для ділянки **АВ** $k_c^{AB} = 0,8 + 0,2 \cdot (10 + 8) = 4,4$;

$$I_{\text{ср}}^{AB'} = \frac{1440 - (3+1) \cdot 10 \cdot 18}{75 \cdot (1+0,21)} = 8 \text{ хв.} \cong 0,133 \text{ год.}$$

Для ділянки **АВ** $k_c^{AB} = 0,8 + 0,2 \cdot 10 = 2,8$;

$$I_{\text{ср}}^{AB'} = \frac{1440 - (3+1) \cdot 10 \cdot 10}{80 \cdot (1+0,13)} = 11,5 \text{ хв.} \cong 0,191 \text{ год.}$$

Додаткові затримки на станції **А** складуть

$$\sum T_{\text{дод}}^A = \left[\frac{24 \cdot 4,4 - 0,15 \cdot (10+8) \cdot 2 + 2 \cdot (10+8) \cdot (2+3,0 \cdot 0,166 - 0,133)}{0,133} \right] \times \\ \times [(3+1) \cdot 0,166 - 0,133] \cong 740 \text{ локомотиво-год.}$$

Додаткові затримки на станції **В** складуть

$$\sum T_{\text{дод}}^B = \left[\frac{24 \cdot 2,8 - 0,15 \cdot 10 + 2 \cdot 10 \cdot (2+3,0 \cdot 0,166 - 0,191)}{0,191} \right] \times \\ \times [(3+1) \cdot 0,166 - 0,191] \cong 277 \text{ локомотиво-год.}$$

Середні значення для обох пунктів

$$\sum T_{\text{дод}}^{AB} = \frac{740 + 277}{2} = 508,5 \text{ локомотиво-год.}$$

Додаткова потреба локомотивів у зв'язку з нерівномірністю прибуття і відправлення вантажних поїздів через пропуск пасажирських складе (за формулою (1.52))

$$M_{\text{дод}}^{\text{об}} = \frac{508,5}{24} + 0,5 \cdot P \cong 22 \text{ електровози}$$

Оскільки розрахунковий оборот локомотивів для всієї ділянки обороту **АВ** складає 33 год., тобто перевищує період планування (24 год.), в умовах нерівномірності руху виникає деяка складність регулювання, для усунення якої потрібно додаткову кількість електровозів на ділянці **АВ**. Розрахунок її ведемо за формулою (1.55):

$$M_{\text{дод}}^{\text{н}} = \frac{33 \cdot 60 \cdot 0,13}{24} \cdot \left(\frac{33}{24} - 1 \right) = 4 \text{ електровози}$$

Електровози по депо *A* та *B* (основне депо) варто розподіляти пропорційно загальному обороту електровозів кожного депо.

1.8. Графоаналітичні методи розрахунку потреби локомотивів

1.8.1. Розрахунок по відомості обороту. При наявності розкладу руху поїздів і технологічних норм обслуговування локомотивів у пунктах їхнього обороту розрахунок ведуть за відомістю обороту. Для упорядкування розрахунків розроблені спеціальні розрахункові відомості (форми ЦДЛ № 1, 2, 5, 13 і ін.), а також відповідна методика. На підставі розрахункових відомостей, складених по всіх оборотних пунктах і основному депо, визначаються показники для наступних розрахунків потреби експлуатаційного локомотивного парку [5].

Основний показник для розрахунку – загальний час роботи локомотивів за добу

$$\sum_1^m T_{\text{лок}} = \sum t'_{\text{ст}} + \sum t''_{\text{ст}} + \sum t_{\text{пр}} + \sum t'_{\text{п}} + \sum t''_{\text{п}} \quad (1.57)$$

де $\sum t'_{\text{ст}}, \sum t''_{\text{ст}}$ – загальний час простою (перебування) локомотивів на станції відповідно основного й оборотного депо за добу, год.;

$\sum t_{\text{пр}}$ – загальний час простою (перебування) локомотивів на станціях зміни бригад за добу, год.;

$\sum t'_{\text{п}}, \sum t''_{\text{п}}$ – час проходження по ділянці відповідно туди і назад, год.;

m – число ділянок обслуговування бригадами.

Число локомотивів експлуатаційного парку

$$M_{\text{е}} = \frac{\sum_1^m T_{\text{лок}}}{24}$$

Додаткове число локомотивів, що знаходяться в очікуванні роботи, визначається аналітичним методом, розглянутим вище.

На підставі аналізу виконаного графіка руху і плану формування поїздів визначається кількість поїздів, які «гасяться» і «зароджуються» на всіх ділянкових і проміжних станціях залізниці. Для кожного основного та оборотного депо визначається кількість заїздів локомотивів на тягову територію депо для екіпірування, технічного обслуговування і на приймання та здавання локомотива. Після цієї попередньої роботи, виходячи з розкладу або графіка руху поїздів, у

відповідності зі схемою ділянкових оборотів для кожної ділянки обороту локомотива або роботи бригад заповнюються розрахункові відомості роботи локомотивів (форма ЦДЛ №1), що складаються з 26 граф (табл. 1.5).

Для локомотивів, що відчіплюються від составів, по всіх станціях їхнього обороту складається спеціальна відомість обороту локомотива [форми ЦДЛ №2]. У цій відомості відображене ув'язування роботи кожного локомотива з розкладом руху поїздів.

Відомість обороту (форма ЦДЛ №2) складається із шести граф. Графи 1, 2, 4, 5 заповнюються даними з розкладу або графіка руху поїздів; у графі 3 відображене ув'язування роботи локомотивів із поїздами, що прибувають та відправляються, з урахуванням норми простою локомотива в даному пункті. Робота локомотивів по пунктах їхнього обороту погоджується шляхом зіставлення часу прибуття локомотива з поїздом у даний пункт із часом відправлення локомотива з поїздом з даного пункту, при цьому період між прибуттям локомотива з поїздом і наступним відправленням повинен бути достатнім для всіх необхідних технічних операцій по обслуговуванню локомотива: здавання та приймання, екіпірування та технічного обслуговування ТО-2. Оптимальне ув'язування роботи локомотивів повинно дати мінімальний сумарний час простоїв локомотивів по пунктах обороту. Це досягається при «паралельному» поєднанні (ув'язуванні) поїздів, що прибувають і відправляються з даного пункту, при обов'язковому дотриманні у всіх випадках розрахункової норми простою локомотива.

Якщо на всіх ділянках обслуговування (роботи) бригад, що складають ділянку обороту локомотива, рухається однакове число поїздів, то відомості обороту складають не для кожного пункту зміни бригад, а тільки по основному та оборотному депо. Фактичний час перебування локомотива в пункті обороту t_{oj} заноситься в графу 6 відомості:

$$t_{oj} = t_{відп\ j} - t_{приб\ j},$$

де $t_{приб\ j}$ – час прибуття локомотива в пункт (депо) j ;

$t_{відп\ j}$ – час відправлення локомотива з пункту j .

Потім визначають витрату локомотиво-годин на виконання заданого об'єму перевезень у межах кожної з ділянок обслуговування (роботи) локомотивних бригад. Цей час складається з витрат на рух по ділянці з урахуванням простоїв на проміжних станціях і в пунктах обороту. Підсумовуючи потрібну кількість локомотивів експлуатаційного парку по окремих ділянках, що складає зону обертання локомотив даного депо, одержують загальний експлуатаційний парк локомотивів даного депо.

Таблиця 1.5

**Розрахункова відомість
на ділянці**

| роботи локомотивів депо | | на ділянці | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|--------------------------------------|---|--|-------------|-----------------------|--------|--|-------------------------|---|--|------------------------------------|---|-------------------------------------|-----------|---|---|--|--|---|-------------|-----------------------|--------|---|--|-------------------------------------|--|--|
| № поїздів | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | | |
| Час прибуття на станцію зміни бригад | | Час прибуття на станцію зміни бригад | Простий поїздів (локомотивів) на станції зміни бригад (гр.4 - гр.2) | Час відправлення зі станції депо приписки для зміни бригад | На перетоні | На проміжних станціях | Всього | Час прибуття на станцію оборотного депо або зміни бригад | Час роботи бригади туди | Максимально допустимий час знаходження бригади в пункті II обороту (гр.9 + повна робота в пункті обороту) | Можливий час відправлення (гр.8 + гр.10) | Додатковий час роботи бригади туди | Додатковий час до відпочинку простій локомотива в оборотному депо | Додатковий час роботи бригади назад | № поїздів | Час прибуття поїзда на станцію зміни бригад | Простий поїзда (локомотива) на станції зміни бригад (гр.18 - гр.16) | Час відправлення з пункту обороту або зміни бригад | Простий локомотива на станції обороту (гр.18 - гр.8) | Загальний час знаходження бригади на станції II обороту | На перетоні | На проміжних станціях | Всього | Час прибуття на станцію основного депо або зміни бригад | Час роботи бригади назад (гр.23 + гр.14 або гр.23 + гр.14 + гр.17) | Робота бригади за оборот локомотива | | |
| Час в дорозі туди | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Час в дорозі назад | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Додатковий час роботи бригади туди | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Додатковий час роботи бригади назад | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Для забезпечення надійності розрахунків по відомості обороту в останню варто включати поїзди стійкого обороту, тобто «ядро». З урахуванням місячної і внутрішньо-добової нерівномірності руху в «ядро» включають до 70 % вантажних поїздів. Кількість локомотивів для обслуговування поїздів, що не ввійшли в «ядро», визначається аналітичним методом.

1.8.2. Приклад складання відомості обороту електровозів і розрахунку потреби експлуатаційного парку. Прийmemo, що число пар поїздів на всій ділянці *АБ*, що складається з трьох ділянок обороту локомотивних бригад, не змінюється і складає 9. Тоді всі розрахунки можна вести не по окремих ділянках роботи бригад, а по всій ділянці обороту електровозів *АБ*. З розкладу руху поїздів на ділянці *АБ* (табл. 1.6) беремо дані для заповнення в хронологічному порядку, починаючи з нуля годин, граф 1, 2, 4, 5 відомостей обороту електровозів (форма ЦДЛ №2) по основному депо *А* (табл. 1.7) і оборотному депо *Б* (табл. 1.8).

Таблиця 1.6

| Станція основного депо <i>А</i> | | | | Станція оборотного депо <i>Б</i> | | | |
|---------------------------------|----------|--------------|----------|----------------------------------|----------|--------------|----------|
| Прибуття | | Відправлення | | Прибуття | | Відправлення | |
| № поїзда | год.-хв. | № поїзда | год.-хв. | № поїзда | год.-хв. | № поїзда | год.-хв. |
| 2306 | 01-00 | 2219 | 00-30 | 2385 | 04-10 | 2402 | 00-40 |
| 2410 | 01-45 | 2401 | 02-05 | 2227 | 06-30 | 2302 | 02-50 |
| 2318 | 03-10 | 2329 | 03-16 | 2491 | 10-50 | 2416 | 05-00 |
| 2328 | 06-30 | 2417 | 06-20 | 2219 | 12-30 | 2384 | 08-40 |
| 2402 | 12-10 | 2343 | 07-40 | 2401 | 14-05 | 2406 | 12-00 |
| 2302 | 14-20 | 2441 | 10-30 | 2329 | 15-16 | 2306 | 13-30 |
| 2416 | 16-30 | 2385 | 16-10 | 2417 | 18-20 | 2410 | 14-10 |
| 2384 | 20-10 | 2227 | 18-30 | 2343 | 19-40 | 2318 | 15-40 |
| 2406 | 23-30 | 2491 | 22-50 | 2441 | 22-30 | 2328 | 19-00 |

Таблиця 1.7

| Прибуття | | Ув'язка локомотивів по основному депо А | Відправлення | | Час простою локомотивів на станції основного депо, год-хв |
|----------|-------------|---|--------------|-------------|---|
| № поїзда | Час, год-хв | | № поїзда | Час, год-хв | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 2306 | 1-00 | | 2219 | 0-30 | 4-20 |
| 2410 | 1-45 | | 2401 | 2-05 | 2-35 |
| 2318 | 3-10 | | 2329 | 3-16 | 2-16 |
| 2328 | 6-30 | | 2417 | 6-20 | 4-35 |
| 2402 | 12-10 | | 2343 | 7-40 | 4-30 |
| 2302 | 14-20 | | 2441 | 10-30 | 4-00 |
| 2416 | 16-30 | | 2385 | 16-10 | 4-00 |
| 2384 | 20-10 | | 2227 | 18-30 | 4-10 |
| 2406 | 23-30 | | 2491 | 22-50 | 6-20 |
| Всього | | | | | 36-46 |

Таблиця 1.8.

| Прибуття | | Ув'язка локомотивів по основному депо Б | Відправлення | | Час простою локомотивів на станції основного депо, год-хв |
|----------|-------------|---|--------------|-------------|---|
| № поїзда | Час, год-хв | | № поїзда | Час, год-хв | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 2385 | 4-10 | | 2402 | 0-40 | 6-20 |
| 2227 | 6-30 | | 2002 | 2-50 | 7-10 |
| 2491 | 10-50 | | 2416 | 5-00 | 6-30 |
| 2219 | 12-30 | | 2384 | 8-40 | 4-30 |
| 2401 | 14-05 | | 2406 | 12-00 | 5-30 |
| 2329 | 15-16 | | 2306 | 13-30 | 2-40 |
| 2417 | 18-20 | | 2410 | 14-15 | 1-45 |
| 2343 | 19-40 | | 2318 | 15-40 | 1-35 |
| 2441 | 22-30 | | 2328 | 19-00 | 3-44 |
| Всього | | | | | 39-44 |

Потім у графі 3 відзначаємо «ув'язування» поїздів по мінімуму часу простою електровозів в основному (2 год. 16 хв.) і оборотному депо (1 год. 30 хв.). Час слідування поїзда зі станції *A* на станцію *B* складає за розкладом 12 год., а зі станції *B* на станцію *A* - 11 год. 30 хв.

Графу 6 відомості обороту заповнюють шляхом зіставлення часу прибуття і відправлення електровозів по деповських станціях (графи 2 – 4). За даними, занесеним у графі 6, підраховують сумарний час простоїв в основному й оборотному депо; воно складає відповідно 36 год. 46 хв. і 39 год. 44 хв.

Загальний час роботи локомотивів за добу

$$\sum T_{\text{лок}} = 36\text{год. } 46\text{хв.} + 39\text{год. } 44\text{хв.} + \\ + (12\text{год. } 00\text{хв.} + 11\text{год. } 30\text{хв.}) \cdot 9 = 288 \text{ год.}$$

$$\text{Експлуатаційний парк } M_9 = \frac{288}{24} = 12 \text{ електровозів.}$$

При різному числі пар пасажирських поїздів за добу по днях тижня (чи двох тижнів) відомість обороту складається не за добовим розкладом, а по тижневому чи двотижневому, потім загальну витрату часу на обслуговування всіх поїздів приводять до добової витрати.

1.8.3. Розрахунок за графіком обороту. Графік обороту – це динамічна модель роботи локомотивів на ділянках обороту [5]. Він являє собою графічне зображення відомості обороту, прив'язаної до масштабної добової сітки. У графіку обороту в обраному масштабі відзначається час проходження кожного поїзда між пунктами обороту локомотива, час простоїв локомотивів у цих пунктах з урахуванням фактичних ув'язувань часу прибуття, і відправлення з поїздами за розкладом за умови дотримання нормованого часу на технічне обслуговування, приймання та здавання локомотивів по кожному пункті обороту.

Графік обороту локомотивів складається як технологічна основа оперативної роботи локомотивів, що обслуговують «ядро» поїздів, на період дії графіка руху поїздів з урахуванням надання «вікон» для ремонтно-колійних робіт, указівкою послідовності постановки локомотивів на технічне обслуговування ТО-2 і екіпірування.

Графік обороту локомотивів розраховується як база місячного планування постановки локомотивів на поточні ремонти і технічне обслуговування ТО-3 і ТО-4. При цьому передбачається принцип рівно чисельного обміну локомотивів між службами руху і локомотивного господарства, тобто при заході локомотивів у депо на ремонт або технічне обслуговування ТО-3 і ТО-4 замість нього з депо повинен надійти в експлуатацію справний локомотив.

Графік обороту локомотивів, що обслуговують «ядро» поїздів, повинен складатися з урахуванням його резервування шляхом збільшення на 15÷20 хв. технологічної норми часу перебування локомотива в пунктах обороту і перечеплення. Резервування захищає графік від впливів на нього випадкових збурень,

що виникають в ході перевізного процесу, забезпечує працездатність (нормальне функціонування) розглянутої системи експлуатації локомотивного парку.

Вихідними даними для побудови графіка обороту є: графік або розклад руху поїздів з виділенням поїздів постійного обороту («ядра»); нормований час технічного обслуговування локомотива в пунктах обороту.

Методика побудови графіка обороту локомотивів полягає в наступному. Одним умовним локомотивом у встановленій послідовності перевозять на ділянці обороту всі задані пари поїздів з дотриманням прийнятих умов ув'язування обороту локомотива: тривалості технічного обслуговування, здачі і приймання локомотива в пунктах обороту (станціях основного й оборотного депо) – t_{oc} і $t_{об}$. Лінії часу руху локомотива з поїздом і простоїв у пунктах обороту проектується в прийнятому масштабі на горизонтальну лінію довжиною в масштабі 24 год. При заповненні 24 год. першої доби робота локомотива переноситься на другу, потім на третю добу і т. д., поки не будуть обслужені (перевезені) усі поїзди. Число діб, необхідних на обслуговування всіх поїздів одним умовним локомотивом (тобто число паралельних горизонтальних 24 годинних у масштабі рядків), буде відповідати числу локомотивів парку експлуатації, необхідних для обслуговування заданого числа пар поїздів протягом 1 доби. Побудований графік обороту називається типовим. Він має дві основних властивості:

- є добовим планом роботи всіх включених у нього локомотивів. Номер горизонтального рядка графіка відповідає порядковому номеру одного з локомотивів, включених у графік. Поїзди, що потрапили на цей рядок, обслуговуються в розглянуту добу даним локомотивом;
- має властивість повторюваності, тобто i -й локомотив, що має порядковий I -й номер, у першу добу обслуговує поїзди, зазначені на i -му рядку графіка, у другу добу – поїзди, зазначені в $i + 1$ -му горизонтальному рядку, на третю добу – в $i + 2$ -му і т.п. Завдяки цій властивості типовий графік можна розглядати як розклад роботи даного I -го локомотива на весь період дії графіка або як розклад роботи всіх локомотивів, включених у графік на дану i -ту добу.

Якщо графік роботи умовного локомотива після обслуговування всіх поїздів замикається на той же поїзд, з якого він починався, то такий типовий графік називається *єдиним*. Графік, що замикається раніше, ніж локомотив обслужить усі поїзди, називається *груповим*. Груповий графік виходить у тому випадку, якщо загальне число пар поїздів у графіку обороту і число пар поїздів в інтервалі між двома суміжними рейсами локомотива з того самого депо мають загальний найбільший дільник.

Властивості графіка обороту дозволяють розглядати його не тільки як розрахункову модель, але і як план роботи локомотивів, локомотивних бригад та всього локомотивного господарства в цілому на весь час дії прийнятого розкладу руху поїздів. Найменші збої в графіку руху поїздів (скасування або призначення поїзда, запізнення і т.п.) і в роботі ремонтних ділянок депо порушують графік обороту.

Графіки обороту використовуються в основному для розрахунку потреби експлуатаційного парку локомотивів при визначених розмірах руху. Для стійкого пасажирського руху і частини вантажного («ядра») графік обороту стає фактичним планом роботи локомотивів цих видів руху. За графіком обороту можуть бути визначені основні показники використання локомотивів.

Розробляють і складають графік обороту локомотивів у нерозривному зв'язку з графіком руху поїздів з урахуванням прийнятих методів експлуатації локомотивів. Локомотиви, не включені в графік обороту, працюють за добовим нарядом-розкладом.

Приклад побудови графіка обороту пасажирських тепловозів. Основне локомотивне депо **В** обслуговує пасажирські поїзди приписаними до нього тепловозами серії ТЕП60 на ділянці **В-Г** довжиною 755 км, обладнаній автоблокуванням. На ділянці постійного обороту 8 пар поїздів із середньою ділянковою швидкістю $V_y = 68 \frac{\text{км.}}{\text{год.}}$.

Після обслуговування двох пар поїздів на ділянці тепловоз надходить на технічне обслуговування ТО-2. Час перебування тепловоза в пункті основного депо **В** (де передбачені ТО-2 і повне екіпірування) прийнято 2,5 год., а в пункті оборотного депо **Г** (де виконується часткове екіпірування і зміна бригад) – 2,0 год.

На підставі розкладу поїздів на ділянці **В-Г** (табл. 1.9) складають відомість обороту локомотивів для основного **В** і оборотного депо **Г** (табл. 1.10) у відповідності з приведеною раніше методикою. Відомість обороту складається об'єднанням двох типових форм ЦДЛ №2: основного депо **В** та оборотного **Г**, що спрощує подальшу побудову графіка обороту.

Раціональний оборот локомотивів, тобто порядок обслуговування поїздів тепловозами, відзначається лініями зв'язку в графах 4 та 10 відомості. У графі 1 відомості обороту зазначена послідовність обслуговування одним локомотивом усіх включених у графік поїздів, інакше кажучи, зазначена послідовність здійснюваних оборотів локомотива. Графік обороту вийшов двох груповим: у першій групі обслуговуються поїзди 61 - 60 - 57 - 16 - 95 - 14 - 15 - 56, у другій 93 - 74 - 75 - 112 - 113 - 9 - 2 - 33 - 32.

Після заповнення усієї відомості обороту дані по кожному рядку графі 7, 8, 13, 14 складаються. Загальна сума підсумків цих граф дає час, необхідний для обслуговування одним локомотивом усіх поїздів, працюючих за графіком:

$$\sum T = 34\text{год. } 40\text{хв.} + 89\text{год. } 20\text{хв.} + 28\text{год. } 00\text{хв.} + 88\text{год. } 00\text{хв.} = 240 \text{ год.}$$

Цей час, розділений на число годин у добі, дає ціле число, що відповідає кількості тепловозів ТЕП60, необхідних для обслуговування всіх поїздів, що знаходяться в щодобовому обороті: $M_3 = \frac{240}{24} = 10$ Це ж число тепловозів отримується з графіка обороту, що будується за складеною відомістю обороту. На сітці

графіка (рис. 1.11) прямою лінією позначається час проходження локомотива з поїздом від станції основного депо **B** до станції оборотного депо **Г** і назад. Над кожною лінією ходу вказується номер поїзда. На початку і наприкінці лінії відзначаються хвилини відправлення і прибуття поїздів по деповських станціях та хід цих станцій.

Таблиця 1.9

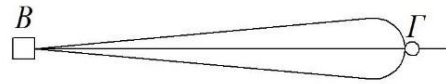
| Станція В | | | | Станція Г | | | |
|-----------|---------------|--------------|---------------|-----------|---------------|--------------|---------------|
| Прибуття | | Відправлення | | Прибуття | | Відправлення | |
| № поїзда | Час, год.-хв. | № поїзда | Час, год.-хв. | № поїзда | Час, год.-хв. | № поїзда | Час, год.-хв. |
| 61 | 00-30 | 32 | 02-10 | 112 | 01-40 | 95 | 04-30 |
| 93 | 03-00 | 60 | 05-40 | 14 | 06-40 | 113 | 07-00 |
| 57 | 06-40 | 74 | 08-50 | 92 | 08-30 | 15 | 10-00 |
| 75 | 10-10 | 16 | 12-10 | 56 | 11-00 | 33 | 11-30 |
| 95 | 15-30 | 112 | 14-30 | 32 | 13-20 | 61 | 13-30 |
| 113 | 18-00 | 14 | 19-30 | 60 | 16-50 | 93 | 16-00 |
| 15 | 21-00 | 92 | 21-20 | 74 | 20-00 | 57 | 19-40 |
| 33 | 22-30 | 56 | 23-50 | 16 | 23-20 | 75 | 23-10 |

Часу перебування локомотива в пунктах основного **B** та оборотного депо **Г** відповідають проміжки між лініями ходу. Після нанесення на сітку графіка всіх поїздів отримане число горизонтальних рядків графіка буде відповідати кількості діб, необхідних для обслуговування в послідовному порядку одним локомотивом усіх графікових поїздів, або кількості локомотивів, необхідних для обслуговування всіх графікових поїздів протягом 1 доби.

1.8.4. Складання розгорнутого плану роботи локомотивів. Використовуючи властивості типового графіку обороту, можна скласти розгорнутий графік роботи локомотивів, тобто календарний розклад їхньої роботи на будь-який період часу [5]. Існує кілька способів побудови розкладів роботи локомотивів, з яких найбільш точний східчастий. Для пасажирських локомотивів календарний розклад складають на 1 місяць, для вантажних – 10 днів. Побудова календарного розкладу зводиться спочатку до визначення графіку роботи тільки першого локомотива. Графік роботи другого локомотива по днях декади (місяця) відносно графіка роботи першого локомотива буде зміщений на один день назад, тобто поїзди, перевезені другим локомотивом у перший день декади (місяця), обслуговуються першим локомотивом у другий день декади і т.п.

Таблиця 1.10

| Послідовність обслуговування поїздів | № поїздів | Оборот тепловоза по ст. В | | | | Час відправлення зі станції В, год-хв | № поїздів | Простій на станції В, год-хв | Рух від станції В до станції Г, год-хв | Прибуття на станцію Г, год-хв | Оборот тепловоза по ст. Г | | | | Час відправлення зі станції Г, год-хв | № поїздів | Простій на станції Г, год-хв | Рух від станції Г до станції В, год-хв |
|--|-----------|------------------------------|---|-------|-----|--|-----------|---------------------------------|---|----------------------------------|------------------------------|---|-------|-----|--|-----------|---------------------------------|---|
| | | 3 | 4 | 5 | 6 | | | | | | 7 | 8 | 9 | 10 | | | | |
| 1 | 61 | 0-30 | | 2-10 | 32 | 3-40 | 11-10 | 13-20 | | | | | 4-30 | 95 | 5-10 | 11-00 | | |
| 1' | 93 | 3-00 | | 5-40 | 60 | 5-10 | 11-10 | 16-50 | | | | | 7-00 | 113 | 5-20 | 11-00 | | |
| 2 | 57 | 6-40 | | 8-50 | 74 | 3-50 | 11-10 | 20-00 | | | | | 10-00 | 15 | 3-20 | 11-00 | | |
| 2' | 75 | 10-10 | | 12-10 | 16 | 5-30 | 11-10 | 23-20 | | | | | 11-30 | 33 | 3-00 | 11-00 | | |
| 3 | 95 | 15-30 | | 14-30 | 112 | 4-20 | 11-10 | 1-40 | | | | | 13-30 | 61 | 2-30 | 11-00 | | |
| 3' | 113 | 11-00 | | 19-30 | 14 | 4-00 | 11-10 | 6-40 | | | | | 16-00 | 93 | 2-40 | 11-00 | | |
| 4 | 15 | 21-00 | | 21-20 | 92 | 3-20 | 11-10 | 8-30 | | | | | 19-40 | 57 | 2-50 | 11-00 | | |
| 4' | 33 | 22-30 | | 23-50 | 56 | 2-50 | 11-10 | 11-00 | | | | | 23-10 | 75 | 3-10 | 11-00 | | |
| Загальний час | | | | | | 34-40 | 89-20 | | | | | | | | 28-00 | 88-00 | | |
| Середній час | | | | | | 4-20 | 11-10 | | | | | | | | 3-30 | 11-00 | | |



| Група | № п/п | Години доби | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|----------|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| 1 | 1 | 61 | 30 | | B | | 40 | | | | 60 | | | | | 50 | | Г | 40 | | | 57 | | |
| | 2 | | | 57 | | | 40 | | | B | | 10 | | | | 16 | | | | | | | 20 | |
| | 3 | | | Г | 30 | | | | | 95 | | | | | 30 | | B | | 30 | | 14 | | | |
| | 4 | | | | 14 | | | 40 | | Г | 0 | | | | 15 | | | | | | 0 | | B | 50 |
| | 5 | | | | | | 56 | | | | 0 | | Г | 30 | | | | | 61 | | | | | |
| 2 | 6 | | 93 | 0 | | B | | | | 50 | | | | 74 | | | | | | 0 | | Г | 10 | |
| | 7 | | | | | 75 | | | | 10 | | | B | | 30 | | | | | 112 | | | | |
| | 8 | | 40 | | | Г | | 0 | | | | | 113 | | | | | 0 | | B | | 20 | 92 | |
| | 9 | | | | | 92 | | | 30 | | Г | 30 | | | | | | 33 | | | | | 30 | |
| | 10 | | B | 10 | | | | 32 | | | | | | | 20 | Г | 0 | | | | | 93 | | |

Рис. 2.11. Груповий графік обороту пасажирських локомотивів

Ця періодичність дає можливість спростити техніку складання розгорнутого плану роботи локомотивів після занесення в графі «дні» номерів поїздів, що обслуговуються першим локомотивом, ці ж номери переносяться по діагоналі справа ліворуч на рядок нижче, що буде характеризувати роботу другого локомотива. Аналогічно визначається робота третього, четвертого та інших локомотивів.

Розгорнутий план роботи локомотивів розробляється заступником начальника депо з експлуатації, затверджується начальником відділка залізниці і вручається для керівництва диспетчерам, черговим по депо і начальникам оборотних депо, У розгорнутому плані роботи відзначається постановка локомотивів в усі види технічного обслуговування і поточні ремонти. Час постановки на технічне обслуговування і поточні ремонти визначається пробігом, що залишився від моменту включення локомотива в план роботи до чергового обслуговування або ремонту, і може бути виражений округленим до цілого числом поїздів, що перевезе даний локомотив за цей період.

Розглянемо приклад складання розгорнутого плану роботи локомотивів. На підставі побудованого типового графіка обороту локомотивів ТЕП60 (див. рис. 1.11) складають розгорнутий план роботи конкретних локомотивів основного депо на ділянці **В-Г** (табл. 1.11). Перший горизонтальний рядок розгорнутого плану являє собою план роботи тепловоза ТЕП60-304 з 1-го до останнього, 10-го дня. Заповнюється вона відповідно до розміщення поїздів у графіку обороту з 1-го рядка до 10-го. Після роботи з поїздом №15 тепловоз направляється на технічне обслуговування ТО-3. Робота інших тепловозів відображується в наступних горизонтальних рядках.

Таблиця 1.11

| Група | № тепловоза | Число плануємого періоду | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------------|--------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | | | | |
| Перша | 304 | -61 | 60-57 | 16-95 | 14-15 | 56-61 | 60-57 | 16-95 | 14-15 | 56-61 | 60-57 | 16-95 | 14-15 | 56-61 | 60-57 | |
| | 134 | -57 | 16-95 | 14-15 | 56-61 | 60-57 | 16-95 | 14-15 | 56-61 | 60-57 | 16-95 | 14-15 | 56-61 | 60-57 | 16-95 | |
| | 111 | -95 | 14-15 | 56-61 | 60-57 | 16-95 | 14-15 | 56-61 | 60-57 | 16-95 | 14-15 | 56-61 | 60-57 | 16-95 | 14-15 | |
| | 157 | -15 | 56-61 | 60-57 | 16-95 | 14-15 | 56-61 | 60-57 | 16-95 | 14-15 | 56-61 | 60-57 | 16-95 | 14-15 | 56-61 | 60-57 |
| | 401 | | 56-61 | 60-57 | 16-95 | 14-15 | 56-61 | 60-57 | 16-95 | 14-15 | 56-61 | 60-57 | 16-95 | 14-15 | 56-61 | 60-57 |
| Друга | 221 | -93 | 74-75 | 112-113 | 92-33 | 32-93 | 74-75 | 112-113 | 92-33 | 32-93 | 74-75 | 112-113 | 92-33 | 32-93 | 74-75 | |
| | 838 | -75 | 112-113 | 92-33 | 32-93 | 74-75 | 112-113 | 92-33 | 32-93 | 74-75 | 112-113 | 92-33 | 32-93 | 74-75 | 112-113 | |
| | 177 | -113 | 92-33 | 32-93 | 74-75 | 112-113 | 92-33 | 32-93 | 74-75 | 112-113 | 92-33 | 32-93 | 74-75 | 112-113 | 92-33 | |
| | 184 | -33 | 32-93 | 74-75 | 112-113 | 92-33 | 32-93 | 74-75 | 112-113 | 92-33 | 32-93 | 74-75 | 112-113 | 92-33 | 74-75 | 112-113 |
| | 370 | | 32-93 | 74-75 | 112-113 | 92-33 | 32-93 | 74-75 | 112-113 | 92-33 | 32-93 | 74-75 | 112-113 | 92-33 | 74-75 | 112-113 |

1.8.5. Добовий план видачі поїзних локомотивів і явки змінних локомотивних бригад по основному депо.

Добовий план-графік видачі локомотивів до поїздів є основним документом, що визначає експлуатаційну діяльність депо на плановану добу. У добовий план-графік включають локомотиви, що обслуговують усі види поїзного руху. Складає цей план черговий по відділенню дороги за 2–3 год. до початку планованої доби, а потім план-графік затверджують начальники локомотивного відділу і відділу перевезень відділення дороги. План-графік передається для виконання диспетчерам відділення, черговим по депо, черговим по станціях, завідувачам екіпіруванням локомотивів і пунктів зміни локомотивних бригад. Вихідними даними для складання добового плану є розгорнутий декадний (місячний) план роботи графікових локомотивів і розгорнутий декадний (місячний) план роботи змінних локомотивних бригад.

Видача додаткових локомотивів задається локомотивному депо оперативно-розподільним відділом служби перевезень через локомотивного диспетчера залізниці на підставі добового плану роботи відділення залізниці і даних про прибуття поїздів.

1.8.6. Ковзні відомості обороту пасажирських локомотивів. Нерідко в розкладі руху пасажирських поїздів окремі поїзди призначаються через день (по парних або непарних числах) чи по визначених днях тижня, і в такий спосіб число пар пасажирських поїздів по днях тижня виходить різним. У цьому випадку складання відомості обороту і графіка обороту має деякі особливості. Відомість обороту складається не за добовим розкладом, а за тижневим (якщо число пар поїздів різна і по тижнях). Така відомість обороту пасажирських локомотивів називається **КОВЗНОЮ**.

Запитання для самоконтролю

1. *Графіки руху поїздів. Типи графіків руху.*
2. *Способи обслуговування поїздів локомотивами.*
3. *Оборот локомотива. Повний оборот.*
4. *Оборот локомотива. Експлуатаційний оборот.*
5. *Оборот локомотива. Ділянковий оборот.*
6. *Аналітичний метод визначення потреби локомотивів для вантажних перевезень.*
7. *Графоаналітичний метод визначення експлуатаційного парку локомотивів.*
8. *Методи розрахунку потреби локомотивів для господарських поїздів.*
9. *Методи розрахунку електро-секцій та дизель-поїздів для приміського руху.*
10. *Методи визначення необхідної кількості локомотивів з урахуванням нерівномірності руху поїздів.*
11. *Формування розгорнутого плану роботи локомотивів.*

РОЗДІЛ 2. ПОКАЗНИКИ ВИКОРИСТАННЯ ЛОКОМОТИВІВ

2.1. Планові та розрахункові показники

Робота локомотивного депо здійснюється на основі плану економічного і соціального розвитку та фінансового плану, що розробляються з урахуванням встановлених довгострокових економічних нормативів та лімітів, норм використання локомотивів, витрати палива, електроенергії, матеріалів та запасних частин, нормативів трудомісткості ремонту локомотивів і т.п. [5]. У багаторічних та річних планах депо затверджуються наступні показники і нормативи (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Планові показники локомотивного депо

2.1.1. Об'ємні (кількісні) показники.

1. Тонно-кілометри брутто загальні, у тому числі по видах руху (вантажний, пасажирський) в межах ділянок обслуговування локомотивними бригадами.
2. Локомотиво-години маневрової роботи.
3. Локомотиво-години господарського руху.
4. Програма поточного ремонту і технічного обслуговування локомотивів і секцій МВРС по видах ремонту та серіях локомотивів, у тому числі для депо інших залізниць та інших міністерств і відомств.

- Експлуатаційний парк рухомого складу, у тому числі по видах руху і роботи (вантажний, пасажирський, маневрова і господарська робота), в межах обороту локомотивів.

2.1.2. Якісні показники.

- Продуктивність праці (відсоток росту, для депо з великим обсягом ремонту (середньозважений чи абсолютне значення).
- Собівартість перевезень.

Крім планових показників, нормативів і госпрозрахункових вимірників експлуатаційної роботи депо, для оцінки діяльності підрозділів локомотивного господарства використовують ряд розрахункових показників, що характеризують якість праці працівників локомотивних депо та ефективність експлуатації локомотивів. До таких показників відносяться (рис. 2.2): середня швидкість руху, середньодобовий пробіг, середньодобова продуктивність локомотива, середня маса поїзда, добовий бюджет часу, відсоток несправних локомотивів.



Рис. 2.2. Розрахункові показники локомотивного депо

Об'ємні показники – тонно-кілометри брутто загальні у вантажному русі і пасажирооборот, тобто пасажиро-кілометри, є визначальними при оцінці роботи локомотивів.

Тонно-кілометри брутто в цілому по депо визначаються за маршрутними листками машиністів чи підраховуються за формулою

$$A_T = \sum^n 2 \cdot l_{\text{бp } i} \cdot N_i \cdot Q_{\text{сep } i} \quad (2.1)$$

де n – число ділянок обслуговування в зоні депо;
 $l_{\text{бp } i}$ – довжина i -ї ділянки обслуговування (роботи) бригад;
 N_i – число пар поїздів на i -й ділянці;
 $Q_{\text{сep } i}$ – середня маса состава на i -й ділянці.

Маса вантажу, що знаходиться у вагонах вантажного поїзда, визначається за натурними листами, а при їх відсутності – за вантажопідйомністю вагонів.

З формули (2.1) видно, що при заданій роботі A_T збільшення середньої маси состава $Q_{\text{сep}}$ приводить до скорочення числа пар поїздів і зниження всіх експлуатаційних витрат на перевезення, пропорційних числу пар поїздів, що курсують на ділянці.

2.2. Методи визначення розрахункових показників

2.2.1. Пробіги локомотивів у локомотиво-кілометрах. Загальний річний пробіг локомотивів експлуатаційного парку депо (відділення залізниці) [5]

$$\sum MS_{\text{л}}^{\text{рiч}} = 365 \cdot \left(\sum MS_{\text{л}}^{\text{гол}} + \sum MS_{\text{л}}^{\text{вТ}} + \sum MS_{\text{л}}^{\text{ман}} + \sum MS_{\text{л}}^{\text{доп}} + \sum MS_{\text{л}}^{\text{ум}} \right). \quad (2.2)$$

Дані для розрахунку складових формули і їхнє позначення приведені в таблиці 2.1.

Добовий лінійний пробіг локомотивів в голові поїзда по i -му виду руху

$$\sum MS_{\text{л } i}^{\text{гол}} = \sum 2 \cdot l_{\text{бp } i} \cdot N_i, \quad (2.3)$$

де $l_{\text{бp } i}$ – довжина i -ї ділянки обслуговування;

N_i – число пар поїздів на i -й ділянці.

Пробіг в голові поїзда можна визначити також розподілом роботи в тонно-кілометрах брутто по кожній ділянці та напрямку руху на відповідну планову середню масу поїзда брутто. Для моторвагонних депо, що експлуатують дизель-поїзди, планують поїздо-кілометри, а для експлуатуючих електропоїзди – секціє-кілометри.

Одиночне проходження локомотивів викликається нерівномірністю руху поїздів по напрямках і періодах доби. В одиночний пробіг включають також проходження локомотивів після подвійної тяги у зворотному напрямку.

Подвійна тяга застосовується для ведення поїздів підвищеної маси, а також для збільшення швидкості руху з метою підвищення пропускної і провізної здатності ліній. Якщо для досягнення зазначеного ефекту силу тяги треба підвищити тільки на окремих перегонах, застосовують підштовхування.

Таблиця 2.1

| Показник | Метод розрахунку | Розрахункова формула |
|--|--|--|
| Лінійний пробіг $\sum MS_{л}^{лін}$ | Складається з пробігів локомотивів в голові поїздів, пробігів других локомотивів, які працюють по системі багатьох одиниць, і допоміжних лінійних пробігів | $\sum MS_{л}^{лін} = \sum MS_{л}^{гол} + \sum MS_{л}^{др} + \sum MS_{л}^{доп}.$ |
| Пробіг в голові поїздів $\sum MS_{л}^{гол}$ | Враховує поїзні (вантажні і пасажирські) приміські, збірні, вивізні і передаточні перевезення | $\sum MS_{л}^{гол} = \sum MS_{л}^{поїзд} + \sum MS_{л}^{прим} + \sum MS_{л}^{зб} + \sum MS_{л}^{вив} + \sum MS_{л}^{пер}.$ |
| Допоміжний лінійний пробіг $\sum MS_{л}^{доп}$ | Включає пробіги локомотивів подвійною тягою, в підштовхуванні та в одиночному слідуванні | $\sum MS_{л}^{доп} = \sum MS_{л}^{подв} + \sum MS_{л}^{під} + \sum MS_{л}^{одн}.$ |
| Умовний пробіг спеціально маневрових локомотивів $\sum MS_{л}^{ман}$ | Число локомотивів, зайнятих в маневровій роботі визначають за нормою умовного пробігу $S'_{умi}$, віднесеного до 1 год. роботи | $\sum MS_{л}^{ман} = \sum M_{ман} \cdot (23,5 \cdot S'_{ум} + 0,5 \cdot 1). *$ |
| Умовний пробіг локомотивів, за винятком спеціально маневрових $\sum MS_{л}^{ум}$ | Число годин роботи локомотивів t_i зі збірними поїздами на проміжних станціях, в господарському русі, простоях з транзитними поїздами на станціях, визначають за нормою умовного пробігу $S'_{умi}$, віднесеного до 1 год. роботи | $\sum MS_{л}^{ум} = \sum t_i \cdot S'_{умi}$ |
| * 23,5 – число годин роботи маневрового локомотива за добу; 0,5 – простій маневрового локомотива за добу, год. | | |

Для визначення умовного пробігу поїзних локомотивів можна користуватися даними таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

| Вид роботи | Одиниця виміру | Умовний пробіг, який відповідає одиниці виміру, км |
|--------------------------------|---|--|
| <i>З транзитними поїздами</i> | 1 год. простою локомотива на станціях, в пунктах зміни бригад і обороту | 1 |
| В господарському русі | 1 год. роботи | 10 |
| Маневрова зі збірними поїздами | 1 год. роботи зі збірними поїздами на проміжних станціях | 5 |
| Спеціальна маневрова | 1 год. роботи | 5 |
| | 1 год. простою | 1 |

При аналізі виконаної роботи пробіги локомотивів підраховують за маршрутами машиністів і графіках виконаного руху. Між пробігами локомотивів і поїздів є залежність

$$\sum MS_{л}^{лін} = \sum NL \cdot (1 + \beta_{д}), \quad (2.4)$$

де $\beta_{д}$ – коефіцієнт допоміжного пробігу локомотивів (відноситься до показників якості роботи):

$$\beta_{д} = \frac{\sum MS_{л}^{доп}}{\sum MS_{л}^{лін}}, \quad \text{або} \quad \beta_{д} = \frac{\sum MS_{л}^{доп}}{\sum MS_{л}^{гол}}. \quad (2.5)$$

Допоміжний пробіг є непродуктивним, і його треба по можливості скорочувати.

Загальний річний пробіг локомотивів експлуатаційного парку депо (відділення, залізниці) використовують у розрахунках програми ремонтів локомотивів, потреби екіпірувальних матеріалів, ремонтних та екіпірувальних засобів.

2.2.2. Робота локомотивів у локомотиво-годинах. ($\sum MT$). Цей показник визначає обсяг роботи локомотивів депо (відділення залізниці) по видах руху і роботи в годинах.

2.2.3. Швидкості руху. *Ходова швидкість* V_x – середня швидкість руху локомотива (поїзда) по перегону або ділянці L без врахування часу стоянок $t_{ст}$

на проміжних станціях, на розгін та уповільнення t_{pc} при зупинках і прослідуюванні проміжних станцій та місць з обмеженнями швидкості:

$$V_x = \frac{L}{t_d - \sum (t_{ct} + t_{pc})}. \quad (2.6)$$

Технічна швидкість V_T – середня швидкість руху без урахування часу стоянок на станціях t_{ct} , але з урахуванням часу на розгін і сповільнення при зупинках і при обмеженні швидкості та на зупинки, не передбачені графіком руху:

$$V_T = \frac{L}{t_d - \sum t_{ct}}. \quad (2.7)$$

Ділянкова швидкість V_d – середня швидкість руху між ділянковими станціями:

$$V_d = \frac{L}{t_d}, \quad (2.8)$$

де L – довжина розглянутої ділянки, км;

t_d – загальний час перебування поїзда (локомотива) на ділянці (у русі та на всіх стоянках), год.

Підвищення ділянкової швидкості приводить до росту продуктивності праці локомотивних бригад, збільшення пропускної здатності залізничних ліній, скорочення капіталовкладень за рахунок вивільнення частини локомотивів.

При плануванні показників та оцінці використання поїзних локомотивів швидкості руху можна визначити за даними звітності, що складається на підставі записів у маршрутах машиніста (табл. 2.3).

Коефіцієнт ділянкової швидкості $\gamma_d = \frac{V_d}{V_T}$ залежить від технічної оснащеності

залізничної лінії та організації руху поїздів. Збільшення γ_d досягається збільшенням ділянок безперервного пробігу поїздів, скороченням числа і тривалості зупинок на проміжних станціях.

Технічна швидкість залежить від тягових властивостей локомотива і можливостей їхнього використання (зняття обмежень швидкості руху по ділянці і при прослідуюванні станцій, вибір оптимальних режимів управління локомотивом, використання кінетичної енергії поїзда, що рухається і т.п.). Для забезпечення високої швидкості руху поїздів велике значення має зниження основного опору руху, що досягається утриманням вагонів і локомотивів у технічно справному стані та правильній підготовці складу до поїздки (закриття дверей і люків вагонів, регулювання гальм і ін.).

Таблиця 2.3

| Показник | Метод розрахунку | Розрахункова формула |
|---------------------|---|--|
| Ходова швидкість | Суму лінійного пробігу локомотивів $\sum MS_{\text{л}}$ ділять на суму часу в русі без урахування стоянок і втрат часу на розгін та сповільнення $\sum t_{\text{pc}}$. | $V_{\text{x}} = \frac{\sum MS_{\text{л}}^{\text{лін}}}{\sum M \cdot t_{\text{л}}^{\text{рух}} - \sum t_{\text{pc}}}$ |
| Технічна швидкість | Суму лінійного пробігу локомотивів ділять на суму часу в русі без урахування стоянок | $V_{\text{т}} = \frac{\sum MS_{\text{л}}^{\text{лін}}}{\sum M \cdot t_{\text{л}}^{\text{рух}}}$ |
| Ділянкова швидкість | Суму лінійного пробігу локомотивів ділять на суму часу в русі з урахуванням простоїв на станціях $\sum M \cdot t_{\text{ст}}$ | $V_{\text{д}} = \frac{\sum MS_{\text{л}}^{\text{лін}}}{\sum M \cdot t_{\text{л}}^{\text{рух}} + \sum M \cdot t_{\text{ст}}}$ |

Таким чином, технічна і ділянкова швидкість – це комплексні показники, що залежать від діяльності всіх служб: локомотивної, перевезень, вагонної, колії, зв'язку і ін. Технічна швидкість руху, що закладається в графік руху поїздів, визначається тяговими розрахунками для заданої маси поїзда, серії локомотива, типом вагонів та їхнім завантаженням.

Технічна швидкість, а виходить, і ділянкова швидкість суттєво впливають на рівень маршрутної швидкості руху. Резервом її підвищення є збільшення довжини ділянок обороту локомотивів і ділянок обслуговування локомотивними бригадами, скорочення витрат часу на технічне обслуговування, екіпірування, приймання та здавання локомотивів.

Ріст швидкості руху приводить до скорочення локомотивів парку експлуатації на

$$\Delta M_{\text{е}} = \frac{\sum MS_{\text{л}}^{\text{річ}}}{365 \cdot 24} \cdot \left(\frac{1}{V_{\text{т}}^3} - \frac{1}{V_{\text{т}}^{\Phi}} \right), \quad (2.9)$$

де $V_{\text{т}}^3$, $V_{\text{т}}^{\Phi}$ – технічна швидкість відповідно задана і фактична, км/год.

Для оцінки впливу швидкості руху на вартість вантажної маси, що знаходиться в поїздах, можна скористатися формулою, запропонованою акад. Т. С. Хачатуровим:

$$\Delta \Pi = k_{\text{o}} \cdot B \cdot \left(\frac{L_{\text{пер}}}{V_{\text{д}}^3} - \frac{L_{\text{пер}}}{V_{\text{д}}^{\Phi}} \right), \quad (2.10)$$

де k_{o} – ціна 1 т вантажу, грн.;

B – маса вантажу, що відправляється за 1 год., т;

$L_{\text{пер}}$ – середня відстань перевезення, км.

2.2.4. Середня маса поїзда (состава). Середня маса вантажного поїзда встановлюється для кожної ділянки обороту окремо в парному і непарному напрямках. Розрізняють середню масу поїзда брутто (маса вантажу і тари вагонів) і нетто (маса вантажу). Середня маса поїзда брутто при $\beta_b = 0$

$$Q_{\text{сер}} = \frac{\sum PL_{\text{л}}}{\sum NL} = \frac{\sum PL_{\text{л}}}{\sum MS_{\text{л}}^{\text{гол}}}, \quad (2.11)$$

де $\sum PL_{\text{л}}$ – вантажопотік, т-км. брутто.

Відношення фактичної середньої маси поїзда брутто $Q_{\text{сер}}^{\phi}$ до розрахункової маси поїзда на даній ділянці $Q_{\text{бр}}$, встановленої тяговими розрахунками з урахуванням наявних обмежень по нагріванню електричних машин електровоза (тепловоза), по довжині приймально-відправних колій станції і ін., називається *коефіцієнтом використання сили тяги локомотива*:

$$k_{\text{лок}} = \frac{Q_{\text{сер}}^{\phi}}{Q_{\text{бр}}}. \quad (2.12)$$

Якщо $\sum PL_{\text{л}}$ задається в т-км. нетто, то маса поїзда виразиться в т нетто.

Середню масу поїзда можна також визначити через середню масу складу і динамічне навантаження:

$$Q_{\text{н сер}} = m_c \cdot P_{\text{дин}}^{\text{вант}} \cdot \frac{1}{g} \cdot (1 - \alpha_{\text{п}}), \quad (2.13)$$

де m_c – середнє число осей у поїзді;

$P_{\text{дин}}^{\text{вант}}$ – динамічне навантаження на вісь навантаженого вагона, кН;

$\alpha_{\text{п}}$ – коефіцієнт порожнього пробігу вагонів (відношення порожнього пробігу вагонів до загального лінійного пробігу);

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

Розрахункову масу состава брутто вантажного поїзда $Q_{\text{бр}}$ як норму в графіку руху поїздів встановлюють в залежності від характеру профілю колії заданої ділянки:

- за розрахунковим підйомом під час руху поїзда з рівномірною швидкістю

$$Q_{\text{бр}} = \frac{F_{\text{др}} - P \cdot (w'_o + w_i)g}{(w''_o + w_i)g} ;$$

- за найважчими підйомами під час руху з несталою швидкістю з урахуванням використання кінетичної енергії поїзда

$$Q_{\text{дин}} = \frac{F_{\text{д.сер}} - P \cdot \left[(w'_{\text{о.сер}} + w_{i_{\text{нв}}}) - \frac{4,17 \cdot (V_{\text{п}}^2 - V_{\text{к}}^2)}{S_{\text{нв}}} \right]}{w''_{\text{о.сер}} + w_{i_{\text{нв}}} - \frac{4,17 \cdot (V_{\text{п}}^2 - V_{\text{к}}^2)}{S_{\text{нв}}}} \quad (2.14)$$

де $F_{\text{др}}, F_{\text{д.сер}}$ – сили тяги локомотива відповідно розрахункова при встановленій розрахунковій швидкості $V_{\text{р}}$ на розрахунковому підйомі і середня в інтервалі швидкостей $V_{\text{п}}$ і $V_{\text{к}}$, кН (значення $V_{\text{р}}$ і $F_{\text{др}}$ регламентуються правилами тягових розрахунків);

P – розрахункова маса локомотива, т;

$w'_o, w''_o, w'_{\text{о.сер}}, w''_{\text{о.сер}}$ – питомі опори локомотива і состава (вагонів) відповідно

при розрахунковій швидкості $V_{\text{р}}$, і середній $\frac{V_{\text{п}} + V_{\text{к}}}{2}$, кН/т;

$w_i, w_{i_{\text{нв}}}$ – опори від підйому відповідно розрахункового і найважчого, кН/т;

$V_{\text{п}}, V_{\text{к}}$ – швидкості руху відповідно при підході до підйому і наприкінці його, км./год.;

$S_{\text{нв}}$ – довжина найважчого підйому, м.

Маса поїзда, розрахована за наведеними формулами, називається **критичною**, тому що вона обмежується тяговими можливостями локомотива або надійністю зчеплення коліс локомотива з рейками. Критичну масу перевіряють у дослідних поїздах.

Якщо характер профілю колії не дозволяє визначити розрахунковий підйом $i_{\text{р}}$ або найважчий $i_{\text{нв}}$, то масу состава вантажного поїзда знаходять методом підбору. Для цього вибирають підйом i , менший, ніж $i_{\text{нв}}$, і розраховують по ньому масу за наведеною вище формулою. Потім аналітичним чи графічним методом перевіряють можливість проведення состава масою $Q_{\text{бр}}$ по елементі профілю колії $i_{\text{нв}}$ з урахуванням використання кінетичної енергії состава. Перевірка може полягати в побудові чи розрахунку довжини ділянки S з підйомом $i_{\text{нв}}$, наприкінці якого состав буде мати швидкість $V_{\text{к}}$, рівну розрахунковій $V_{\text{р}}$ для даної серії локомотива, і порівнянні отриманої довжини S з довжиною заданого підйому $S_{\text{зн}}$. Повинна виконуватися умова

$$S_{зп} \leq S = \frac{4,17 \cdot (V_k^2 - V_{п}^2)}{(f_d - w_o) - w_{i_{зп}}},$$

де $(f_d - w_o)$ – середня питома прискорююча сила, яка діє на поїзд у межах інтервалу швидкостей від $V_{п}$ до V_k .

Розрахункова маса поїзда перевіряється за обмеженнями: на зрушення з місця, за корисною довжиною приймально-відправних колій і за нагріванням електричних машин локомотива. Для перевірки на зрушення з місця визначається максимальний підйом $i_{зруш}$, на якому можливе зрушення з місця поїзда розрахованої маси:

$$i_{зруш} = \frac{F_{зруш}}{Q_{бр}} - w_{зруш} - w_{кр},$$

де $F_{зруш}$ – сила тяги локомотива при зрушенні з місця (визначається по тяговій характеристиці локомотива при $V = 0$), Н;

$w_{зруш}$ – питомий опір состава при зрушенні з місця на площадці, Н/кН;

$w_{кр}$ – опір від кривої, що співпадає з $i_{зруш}$, Н/кН.

Довжина поїзда $l_{п}$ прийнятої маси не повинна перевищувати корисної довжини приймально-відправних колій $L_{ст}$:

$$L_{ст} \geq l_{п} = l_c + n_{л} \cdot l_{л} + 10,$$

де $l_c, l_{л}$ – довжини відповідно состава і локомотива, м.;

$n_{л}$ – число локомотивів у поїзді.

В табл. 2.4 наведені можливі маси поїздів в залежності від довжини приймально-відправної колії. Масу пасажирських составів встановлюють в межах напрямку проходження в залежності від категорії поїзда (швидкий, пасажирський, приміський).

При розрахунках з обмеженням по нагріванню електричних машин визначається температура тягових електродвигунів локомотивів, а також тягових генераторів тепловозів. Найбільша допустима температура перегріву електричних машин при ізоляції класу В приймається 120 °С, при ізоляції класу Н – 160 °С.

Чим більше навантаження (струм) і час роботи електричних машин локомотива, тим більшою буде температура частин, що нагріваються. До значного перегріву приводить рух зі зниженою швидкістю (великий струм) на підйомах. Особливо небезпечне падіння швидкості нижче допустимої розрахункової при повній реалізації потужності. Струм електричних машин електровозів підвищується також при зниженні напруги в контактній мережі.

Таблиця 2.4

| Тип вагонів | Навантаження від колісної пари вагона на рейку, кН | Маса поїзда, т, при довжині приймально-відправних станційних колій, м | | | |
|--------------|--|---|------|------|------|
| | | 720 | 850 | 1050 | 1250 |
| Чотиривісні | 98 | 1850 | 2200 | 2750 | 3300 |
| | 147 | 2750 | 3300 | 4150 | 4450 |
| | 196 | 3700 | 4400 | 5500 | 6600 |
| Восьми вісні | 98 | 2600 | 3100 | 3650 | 4600 |
| | 147 | 3900 | 4650 | 5775 | 6900 |
| | 196 | 5200 | 6200 | 7700 | 9200 |

Чим більше навантаження (струм) і час роботи електричних машин локомотива, тим більшою буде температура частин, що нагріваються. До значного перегріву приводить рух зі зниженою швидкістю (великий струм) на підйомах. Особливо небезпечне падіння швидкості нижче допустимої розрахункової при повній реалізації потужності. Струм електричних машин електровозів підвищується також при зниженні напруги в контактній мережі.

Перегони і ділянки залізничних ліній мають різний профіль колії, отже, даний тип локомотива при повному використанні його потужності може вести на різних ділянках состави різної маси. Однак зміна маси состава перед кожним новим перегонем або ділянкою зовсім недоцільна і практично неможлива (крім збірних поїздів), тому для поїздів, що слідують між станціями формування, встановлюють уніфіковану (єдину) норму маси поїзда. Вона встановлюється по найважчому із перегонів, а потім за рахунок використання економічно доцільних заходів може бути підвищена до оптимальної величини. До таких заходів відносяться застосування на окремих ділянках підштовхування, подвійної тяги, використання потужнішого локомотива, скасування зупинки перед керівним підйомом, зняття обмежень швидкості для накопичення кінетичної енергії поїзда і ін. Техніко-економічну оцінку обраних заходів дають на підставі аналізу профілю колії кожної ділянки і тонно-кілометрової діаграми $Q-S$. Діаграма показує розрахункову масу поїзда для кожної ділянки і дозволяє визначити необхідну величину збільшення цих норм до обраної уніфікованої, а потім на підставі аналізу профілю колії окремих ділянок намітити відповідні заходи для забезпечення уніфікованої норми.

У зв'язку з уніфікацією маси поїздів, що слідують по тому чи іншому напрямку, для локомотивів даного депо встановлюють дві норми: уніфіковану масу (графікову) для маршрутних поїздів і критичну – для місцевих. Перевищення критичної маси не повинно допускатися, тому що це приводить до псування тягових електричних двигунів.

Маса поїзда нетто залежить від середніх для состава коефіцієнта тари вагонів $\alpha_{\text{сеп}}$ і коефіцієнта завантаження вагонів β_3 :

$$Q_H = \frac{Q_{\text{бр}}}{1 + \frac{\alpha_{\text{сеп}}}{\beta_3}}. \quad (2.15)$$

Впровадження великовантажних суцільнометалевих вагонів, контейнерів знижує $\alpha_{\text{сеп}}$ і збільшує β_3 , що приводить до росту Q_H при незмінній $Q_{\text{бр}}$ і, отже, підвищує ефективність перевезень. Значення маси і швидкості поїздів, а також їхнє співвідношення впливають на річні приведені експлуатаційні витрати. Розрахунки показують, що збільшення маси поїзда на 1 % знижує собівартість перевезень на 0,2÷0,3 %. Підвищення маси поїзда на ΔQ шляхом кращого використання потужності локомотива при незмінній ходовій швидкості приводить до зменшення добового пробігу поїздів на ΔNL і локомотивів в голові поїздів на $\Delta MS_{\text{л}}^{\text{гол}}$, але одночасно збільшує витрати, пов'язані з формуванням поїздів великої маси.

Економічний ефект від підвищення маси поїзда на ΔQ

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta NL \cdot e_{\text{пкм}} + \Delta MS_{\text{л}}^{\text{гол}} \cdot e_{\text{лкм}} - \Delta Q \cdot e_Q, \quad (2.16)$$

де $e_{\text{пкм}}$ – вартість одного поїздо-км., грн.;

$e_{\text{лкм}}$ – вартість одного локомотиво-км., грн.;

e_Q – вартість формування поїзда, віднесена до 1 т. його маси, грн.

З ростом середньої маси вантажного поїзда на ΔQ провізна здатність ділянки (у млн. т) збільшується на величину

$$\Delta \Gamma = \frac{365 \cdot \Delta Q \cdot N_{\text{в}} \cdot \gamma_{\text{в}}}{10^6 \cdot k_{\text{н}}}, \quad (2.17)$$

де $\gamma_{\text{в}}$ – середнє співвідношення маси поїзда нетто і бруто у вантажному напрямку;

$k_{\text{н}}$ – коефіцієнт нерівномірності перевезень.

Підвищити середню масу вантажних поїздів можна, як показує досвід роботи залізниць, насамперед за рахунок застосування раціональних режимів водіння поїздів; зменшення неповно вагових і неповносоставних поїздів; зменшення основного опору руху поїздів; умілого використання кінетичної енергії поїзда; подовження станційних колій для прийому, формування і відправлення поїздів. Останнє вимагає значних капіталовкладень; перші чотири заходи в

основному носять організаційно-технічний характер і ґрунтуються на удосконалюванні експлуатації локомотивів, підвищенні кваліфікації та відповідальності локомотивних і ремонтних бригад, вагонників, працівників служб експлуатації, станцій і ін.

При обмеженій пропускній здатності залізничної лінії маса поїзда може задаватися як *директивна норма* $Q_{бр}^{дир}$, обумовлена за заданим державним планом перевезень Γ :

$$Q_{бр}^{дир} = \frac{\Gamma \left(1 + \frac{\alpha_{сер}}{\beta_3} \right)}{365 \cdot N \cdot \gamma'_o}, \quad (2.18)$$

де N – пропускна здатність залізничної лінії, пари поїздів;

γ'_o – коефіцієнт неповно завантаженості складу.

Працівники локомотивного господарства повинні проводити заходи, щодо забезпечення ефективного і надійного водіння поїздів встановленої маси. Вибір заходів визначається співвідношеннями між критичною $Q_{кр}$, уніфікованою $Q_{ун}$ і директивною $Q_{бр}^{дир}$ масами поїзда.

Якщо $Q_{кр} > Q_{бр}^{дир} > Q_{ун}$, то по локомотивному господарству досить проведення в основному організаційних заходів: поліпшення якості технічного обслуговування і ремонтів локомотивів, зміцнення пунктів технічного обслуговування, підвищення кваліфікації локомотивних бригад, встановлення раціональних технологічних карт водіння поїздів. Якщо $Q_{кр} < Q_{бр}^{дир} > Q_{ун}$, то, крім зазначених заходів, слід по можливості більш широко використовувати кінетичну енергію поїзда для подолання важких ділянок профілю за рахунок скасування зупинок перед важкими підйомами, зняття обмежень швидкості руху поїздів, застосовувати штовхачі, подвійну тягу, вводити нові, потужніші локомотиви і т.п.

2.2.5. Середньодобовий пробіг локомотива. Середньодобовий пробіг – це лінійний пробіг, виконаний за добу локомотивами на залізниці, на відділенні, у даному депо чи на ділянці обслуговування в голові поїздів, при подвійній тязі і в одиночному слідуванні, віднесений до одного локомотива експлуатаційного парку, без урахування локомотивів, зайнятих на непоїзній роботі і підштовхуванні. Цей розрахунковий показник визначають розподілом лінійного пробігу всіх локомотивів без урахування зайнятих на непоїзній роботі і підштовхуванні поїздів за добу (декаду, місяць) $\sum MS_{л}^{лін'}$, вимірюваного в локомотиво-км., на загальну витрату локомотиво-годин за той же період $\sum MT$:

$$S_{л} = \frac{24 \cdot \sum MS_{л}^{лін'}}{M_e}. \quad (2.19)$$

Оскільки вираз $\frac{\sum MT}{24}$ являє собою експлуатаційний парк локомотивів без штовхачів і локомотивів, зайнятих на поза поїзній роботі, M'_e , то

$$S_{\text{л}} = \frac{\sum MS_{\text{л}}^{\text{лін}'}}{M'_e}. \quad (2.20)$$

Загальна витрата локомотиво-годин за визначений період часу $\sum MT$ включає локомотиво-години у русі по ділянках і локомотиво-години простоїв на всіх станціях.

Середньодобовий пробіг можна визначити, знаючи час повного обороту Θ і довжину ділянки L , на якому обертаються, локомотиви:

$$S_{\text{л}} = \frac{2L \cdot 24}{\Theta}. \quad (2.21)$$

Після деяких перетворень отримуємо формулу, що відображає вплив елементів обороту локомотива на середньодобовий пробіг:

$$S_{\text{л}} = \frac{24}{\frac{1}{V_{\text{д}}} + \frac{t_{\text{ос}} + t_{\text{об}} + t_{\text{зм}}}{L}} = \frac{24}{\tau_v + \tau_t}, \quad (2.22)$$

де $\tau_v = \frac{1}{V_{\text{д}}}$ – питома витрата часу для пересування локомотива на 1 км, год./км.;

$\tau_t = \frac{t_{\text{ос}} + t_{\text{об}} + t_{\text{зм}}}{L}$ – питома витрата часу на простої локомотива в основному депо ($t_{\text{ос}}$), оборотних депо ($t_{\text{об}}$) і в пунктах зміни бригад ($t_{\text{зм}}$) на 1 км виконаного пробігу, год./км.

Формула (2.22) може бути використана для аналізу роботи як окремих локомотивів, так і всього парку, що знаходиться на ділянках роботи бригад у межах відділень залізниць, а також парку локомотивів, приписаних до депо. Росту $S_{\text{л}}$ можна домогтися шляхом зниження τ_v та τ_t . Більший загальнотранспортний ефект досягається при зниженні τ_t . Це пов'язано з тим, що для зниження τ_v необхідне збільшення швидкості руху, а це можливо тільки при зростанні витрати енергії на тягу поїздів, зміні конструкції рухомого складу і пристроїв, що забезпечують безпеку руху. Зниження τ_t досягається скороченням простоїв локомотивів і поїздів на проміжних станціях, у пунктах зміни бригад і в пунктах обороту локомотивів, що може бути забезпечено проведенням в основному організаційно-технічних заходів і вимагає, як правило, менших матеріальних витрат.

Показник «середньодобовий пробіг» враховує пробіг локомотивів при подвійній тязі та одиночному слідуванні (резервом). Це у значній мірі знижує його об'єктивність з огляду на оцінку ефективності використання локомотивів, тому що резервний пробіг локомотива - пробіг непродуктивний, хоча і неминучий для перевізного процесу.

Підвищення середньодобового пробігу локомотивів з $S'_{л}$ до $S''_{л}$ за рахунок скорочення простоїв зменшує витрати, пов'язані з простоями локомотивів, а також зменшує потрібний експлуатаційний парк локомотивів на величину

$$\Delta M_e = \frac{\sum MS_{л}^{лін'}}{S'_{л}} - \frac{\sum MS_{л}^{лін''}}{S''_{л}}; \quad (2.23)$$

у процентному відношенні $\Delta M_e = 100 \cdot \left(1 - \frac{S'_{л}}{S''_{л}} \right)$.

Якщо вивільнені локомотиви відставляють у запас, то відповідно до їхньої вартості скорочуються відрахування на капітальні ремонти. Ці скорочення представляють реальну річну економію

$$\Delta E = \Delta M_e \cdot C_{л} \cdot \alpha_{рен}^{л}, \quad (2.24)$$

де $C_{л}$ – ціна локомотива, грн.;

$\alpha_{рен}^{л}$ – реноваційні відрахування, %.

Збільшення середньодобового пробігу вивільняє частину локомотивів, забезпечує ріст продуктивності праці локомотивних бригад, дозволяє краще використовувати основні засоби, зменшує експлуатаційні витрати, пов'язані з перевезеннями вантажів, і, в остаточному підсумку, підвищує рентабельність локомотивного господарства й ефективність перевізного процесу.

Найважливішими організаційно-технічними заходами щодо збільшення середньодобового пробігу локомотивів є: збільшення ділянок обороту локомотивів (безвідчіпного пробігу з поїздами), збільшення ділянок роботи локомотивних бригад, поліпшення планування поїзної роботи й оперативного управління рухом поїздів, удосконалення плану формування і графіка руху поїздів, технологічних процесів обробки вагонів і підготовки їх до рейсу, тобто скорочення часу стоянок для технічних потреб.

Розглянемо, зокрема, вплив скорочення часу зупинок на середньодобовий пробіг локомотива і визначимо економічний ефект від цього заходу.

Приклад. Визначити зміну середньодобового пробігу і скорочення потрібного експлуатаційного парку тепловозів при об'єднанні двох тягових пліч в одну ділянку довжиною 620 км, у зв'язку з чим зменшилося число і сумарний час зупинок на всіх станціях ділянки з 9 до 5 год. Ділянкова швидкість зросла з 37 до 38 км./год.

Рішення наведене в табл. 2.5.

Таблиця 2.5

| Показник | До об'єднання тягових пліч | Після об'єднання тягових пліч |
|--|---|---|
| Питомі витрати на пересування локомотива з урахуванням стоянок на проміжних станціях, год./км. | $\tau_v = \frac{1}{37} = 0,027$ | $\tau_v = \frac{1}{38} = 0,0263$ |
| Питомі витрати часу на простої, год./км. | $\tau_t = \frac{9}{620} = 0,0145$ | $\tau_t = \frac{5}{620} = 0,008$ |
| Середньодобовий пробіг, км | $S'_{\text{п}} = \frac{24}{0,027 + 0,0145} \cong 578$ | $S'_{\text{п}} = \frac{24}{0,0263 + 0,008} \cong 698$ |

Потрібний експлуатаційний парк скоротиться на

$$\Delta M_e = 100 \cdot \left(1 - \frac{578}{698} \right) = 17 \%$$

Якщо до об'єднання тягових пліч експлуатаційний парк для обслуговування залізничного напрямку довжиною 620 км складав 120 локомотивів, то економія складе 20,4 локомотиви. У випадку включення цих локомотивів у запас при ціні кожного з них, наприклад, 334 тис. грн. (тепловоз 2ТЕ10Л) і нормі відрахувань 6,2 % реальна економія коштів у рік

$$\Delta E = 20,4 \cdot 344 \cdot 6,2 \cdot 10^{-2} = 435,1 \text{ тис. грн.}$$

Зі збільшенням ділянок обороту локомотивів і переходом на їхнє змінне обслуговування бригадами середньодобовий пробіг значно зріс: з 300 км у 1950 р. до 557 км для електричної і 486 км для тепловозної тяги в 2020 р.

2.2.6. Середньодобова продуктивність локомотива. Середньодобовою продуктивністю локомотива $W_{\text{п}}$ прийнято вважати кількість тонно-кілометрів бруто, що приходяться в середньому за добу на один локомотив парку експлуатації. Цей показник визначають за формулою

$$W_{\text{п}} = \frac{\sum NL \cdot Q}{M'_e}, \quad (2.25)$$

де $\sum NL \cdot Q$ – загальні т-км бруто з урахуванням одиночно прямуючих локомотивів;

M'_e – експлуатаційний парк, включаючи локомотиви одиночно прямування, зайняті на підштовхуванні, що працюють кратною тягою і по системі багатьох одиниць.

Електровози ВЛ22, ВЛ23, ВЛ60, що працюють по системі багатьох одиниць, при визначенні W_l розглядаються, як один локомотив. На середньодобову продуктивність локомотивів впливають найважливіші показники їхнього використання: маса поїзда, середньодобовий і допоміжний пробіги локомотивів. Таким чином, цей показник є узагальнюючим і таким, що характеризує якість роботи депо. Для виявлення резервів збільшення продуктивності локомотивів розрахунок її ведеться за розгорнутою формулою

$$W_l = \frac{Q_{\text{сер}} \cdot S_l \cdot (1 - \beta_{\text{дв}} - \beta_{\text{од}} - \beta_{\text{кр}}) \cdot (1 - \mu_{\text{п}})}{1 - \alpha_{\text{од}}}, \quad (2.26)$$

де $Q_{\text{сер}}$ – середня маса состава вантажного поїзда брутто, т;

S_l – середньодобовий пробіг локомотива, км;

$\beta_{\text{дв}}$ – коефіцієнт подвійної тяги, обумовлений як відношення пробігу локомотивів (у локомотиво-км.) при подвійній тязі до загального лінійного пробігу;

$\beta_{\text{од}}$ – коефіцієнт одиночного прямування, обумовлений як відношення пробігу локомотивів при одиночному прямування до загального лінійного пробігу;

$\beta_{\text{кр}}$ – коефіцієнт кратної тяги, обумовлений як відношення пробігу локомотивів, що працюють по системі багатьох одиниць, до загального лінійного пробігу;

$\mu_{\text{п}}$ – коефіцієнт підштовхування, що визначається як відношення кількості локомотивів, зайнятих на підштовхуванні, до експлуатаційного парку з урахуванням штовхачів;

$\alpha_{\text{од}}$ – частка річного вантажообігу брутто, освоєна одиночно прямуючими локомотивами в загальному вантажообігу.

В усіх розрахунках коефіцієнтів β пробіги штовхачів не враховуються.

Вираз

$$\frac{(1 - \beta_{\text{дв}} - \beta_{\text{од}} - \beta_{\text{кр}}) \cdot (1 - \mu_{\text{п}})}{1 - \alpha_{\text{од}}} = \psi_l. \quad (2.27)$$

являє собою коефіцієнт продуктивності локомотива. Підставивши значення цього виразу у формулу (2.26), отримаємо формулу (2.23).

Середньо мережеві значення $\psi_{л}$ для електричної тяги 0,857, для тепловозної – 0,913.

З наведених виразів випливає, що продуктивність локомотива можна підвищити за рахунок збільшення середньої маси поїзда $Q_{сер}$, середньодобового пробігу $S_{л}$ і коефіцієнта продуктивності локомотива $\psi_{л}$ шляхом зниження коефіцієнтів допоміжної роботи β та $\mu_{п}$. Можливості підвищення $Q_{сер}$ і $S_{л}$ були розглянуті вище. Підвищення продуктивності локомотива за рахунок збільшення маси поїзда ефективніше, ніж підвищення за рахунок збільшення середньодобового пробігу локомотива, тому що в першому випадку збільшення продуктивності веде не тільки до вивільнення визначеної кількості локомотивів, але і до скорочення кількості поїздів; для освоєння заданих розмірів перевезень вантажів, до зниження питомої витрати палива чи електроенергії.

Ефективне підвищення продуктивності локомотивів шляхом зниження пробігу локомотивів в одиночному прямуюванні за рахунок вдосконалення оперативного планування, регулювання локомотивного парку, раціонального розміщення і використання локомотивів, що знаходяться в очікуванні роботи. Зниження коефіцієнтів підштовхування, подвійної і кратної тяги також веде до підвищення продуктивності, але за умови збереження маси поїзда, що може бути забезпечене в даному випадку за рахунок кращого використання потужності локомотивів, зменшення основного і додаткового опору руху, вибору оптимальних режимів ведення поїзда, у тому числі максимального використання кінетичної енергії поїзда, або за рахунок впровадження потужніших локомотивів.

Коефіцієнт продуктивності локомотивів в останні роки росте в основному за рахунок впровадження в експлуатацію більш потужних локомотивів і більш ефективного використання потужності локомотивів в експлуатації. Ріст коефіцієнта продуктивності локомотивів не завжди свідчить про поліпшення використання їхніх тягових властивостей (потужності). Так, наприклад, впровадження потужніших локомотивів і зняття за рахунок цього подвійної тяги або підштовхування підвищує коефіцієнт продуктивності (зменшуються $\beta_{дв}$ чи $\mu_{п}$), однак не гарантує повного використання потужності нового локомотива. Тому при рішенні практичних задач, пов'язаних з вибором оптимальних шляхів виконання плану перевезень, варто враховувати не тільки продуктивність локомотивів, але і всю сукупність факторів, що характеризують експлуатаційну роботу на залізничному напрямку.

Продуктивність маневрових локомотивів виражається числом вантажних вагонів (місцевих і транзитних), перероблених за 1 год. маневрової роботи. Число місцевих вагонів з однією вантажною операцією або зі здвоєними операціями повинно бути за допомогою коефіцієнтів приведено до числа транзитних вагонів з переробкою. При орієнтовних розрахунках: коефіцієнт приймається рівним двом, для точних розрахунків він визначається хронометражем.

2.2.7. Середньодобовий бюджет часу локомотива. Цей показник характеризує якість використання локомотивів за часом, тобто розподіл добового

фонду часу електровозів і тепловозів експлуатаційного парку депо приписки в годинах (чи відсотках від добового фонду) по різних елементах руху по усіх видах простою: на проміжних станціях, на станціях зміни локомотивних бригад, у депо приписки й обороту локомотивів. Для усіх видів тяги середній час перебування локомотива в експлуатаційному парку за добу в годинах – бюджет часу з розподілом по елементах – визначається по відділеннях залізниці й у цілому по залізниці. Бюджет часу визначається без урахування передатних і вивізних поїздів.

Бюджет часу для відділення залізниці

$$24 = \frac{1}{M_e} \cdot \left(\frac{\sum_1^m 2l_{\text{бp } i} \cdot N_i}{V_{\text{T } i}} + \sum_1^a t_{\text{oc } j} \cdot N_{\text{oc } j} + \sum_1^{\text{б}} t_{\text{об } k} \cdot N_{\text{об } k} + \sum_1^{\text{в}} t_{\text{зм } u} \cdot N_{\text{зм } u} + \sum_1^{\text{с}} t_{\text{пр } r} \cdot N_{\text{пр } rj} \right), \quad (2.28)$$

де $\frac{\sum_1^m 2l_{\text{бp } i} \cdot N_i}{V_{\text{T } i}}$ – сумарний за добу час перебування локомотивів у русі на i -х ділянках обслуговування локомотивних бригад в межах відділення залізниці, локомотиво-год.;

$\sum_1^a t_{\text{oc } j} \cdot N_{\text{oc } j}$ – сумарний за добу час перебування всіх локомотивів на j -х станціях основних депо (приписки), локомотиво-год.;

$\sum_1^{\text{б}} t_{\text{об } k} \cdot N_{\text{об } k}$ – те ж на k -х станціях пунктів (депо) обороту локомотивів;

$\sum_1^{\text{в}} t_{\text{зм } u} \cdot N_{\text{зм } u}$ – те ж на u -х станціях зміни бригад;

$\sum_1^{\text{с}} t_{\text{пр } r} \cdot N_{\text{пр } rj}$ – те ж на r -х проміжних станціях;

M_e – експлуатаційний парк локомотивів, що працюють у дану добу в межах відділення залізниці, локомотиво-дів;

$m, a, \text{б}, \text{в}, \text{с}$ – число відповідно ділянок обслуговування (роботи) бригад, станцій депо приписки локомотивів, обороту локомотивів, станцій зміни бригад, проміжних станцій.

Розділивши кожен елемент бюджету часу на M_e , отримаємо середні їхні значення в годинах.

Простої локомотивів підраховують по кожному депо окремо. Сумарний простій локомотивів на проміжних станціях залежить від транзитності поїздопоту (перечеплень локомотивів), технологічних норм простою транзитних поїздів для перечеплення локомотива, норм простою локомотива під екіпіруванням і часу очікування відправлення з поїздом.

Порівняльний аналіз використання локомотивів за часом виконується представленням кожного елемента бюджету часу у відсотках від добового фонду часу (24 год.).

Аналізуючи бюджет часу локомотивів по елементах, можна побачити, що головні втрати часу допускаються на проміжних станціях і в пунктах обороту.

Елемент бюджету «середній час перебування локомотива в русі» розглядається і як самостійний показник, який називається *часом корисної роботи в чистому русі* – $P_{\text{чр}}$. Він може бути підрахований через середньодобовий пробіг і технічну швидкість:

$$P_{\text{чр}} = \frac{S_{\text{л}}}{V_{\text{т}}} \quad (2.29)$$

або розподілом загального часу перебування локомотивів у русі на експлуатаційний парк локомотивів:

$$P_{\text{чр}} = \frac{\sum Mt_{\text{чр}}^{\text{л}}}{M_{\text{е}}}$$

Якщо середньодобовий пробіг розділити на ділянкову швидкість, то отримаємо показник загальний час корисної роботи:

$$P_{\text{к}} = \frac{S_{\text{л}}}{V_{\text{д}}} \quad (2.30)$$

З урахуванням формули (3.22) $P_{\text{д}} = \frac{24}{(\tau_{\text{в}} + \tau_{\text{т}}) \cdot V_{\text{д}}}$, а оскільки $\tau_{\text{в}} \cdot V_{\text{д}} = 1$, то

$$P_{\text{к}} = \frac{24}{1 + \tau_{\text{т}} \cdot V_{\text{д}}}$$

З формули (3.30) видно, що час корисної роботи збільшується, якщо швидкість $V_{\text{д}}$ зменшується. Щоб корисна робота не знижувалася, необхідно разом зі збільшенням швидкості руху домагатися скорочення простоїв локомотивів у пунктах його обороту і відповідно росту середньодобового пробігу.

Збереження значень корисної роботи при рості швидкості руху з $V_{\text{т}}'$ до $V_{\text{т}}''$ буде в тому випадку, якщо $\tau_{\text{т}}' V_{\text{т}}' > \tau_{\text{т}}'' V_{\text{т}}''$.

Цю нерівність можна представити в наступному вигляді:

$$\frac{\tau'_t - \tau''_t}{\tau'_t} > \frac{1}{1 + \frac{V'_T}{V''_T - V'_T}}.$$

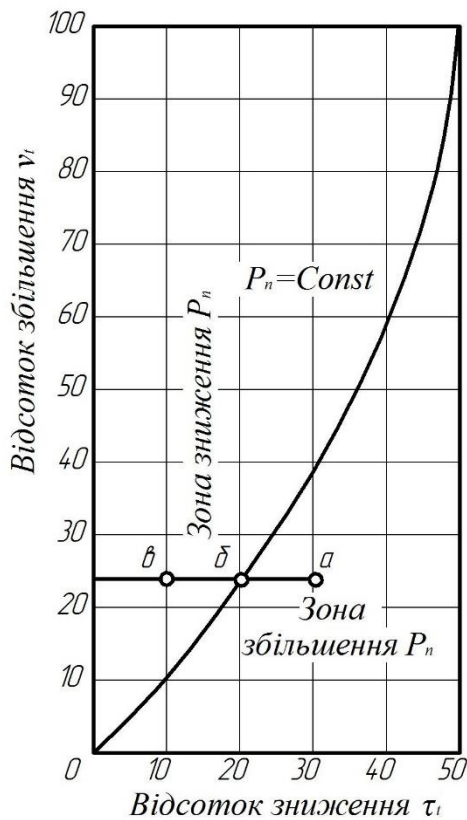


Рис. 2.3. Вплив на корисну роботу локомотива P_k процентних змін швидкості руху V_m та питомого простою на станціях τ_t .

На рис. 2.3 наведено графік, що відображає наведену залежність. Відсоток зниження питомого простою τ_t і відсоток збільшення швидкості V_T можна приймати від будь-якого початкового рівня цих показників. За графіком можна, наприклад, встановити, що при збільшенні швидкості від початкового значення на 24 % і скороченні часу простою на станціях (також від початкової величини) на 30 % корисна робота зростає (точка *a*), а при скороченні простою на станціях на 20 % корисна робота не зміниться (точка *d*). Якщо ж простій на станціях скоротиться тільки на 10 %, то при збільшенні швидкості на 24 % корисна робота знизиться (точка *b*).

При досягненні на заданому залізничному напрямку гранично можливого скорочення питомих простоїв локомотивів подальше підвищення швидкості руху буде супроводжуватися визначеним зниженням часу корисної роботи локомотива, але середньодобовий пробіг і продуктивність локомотива будуть рости.

На практиці можна зіткнутися з такою ситуацією, коли швидкість руху знижується й у зв'язку з цим зростає чисельне значення корисної роботи. Отже, поза зв'язком з іншими якісними показниками і, насамперед, з технічною швидкістю, час корисної роботи локомотива не може характеризувати ефективність і якість експлуатації, локомотивів.

В цілому по мережі залізниць час перебування електровозів у чистому русі за добу складає близько 12 год., а тепловозів – приблизно на 1 год. менше. Корисна робота визначає лише ступінь зайнятості локомотива протягом доби, але не відображає інтенсивність його використання.

Якщо простої локомотивів на станціях їхньої приписки, включаючи час перебування в основному депо, і на станціях обороту (оборотних пунктах), що складають *a* відсотків загальної витрати локомотиво-годин на перевезення $\sum Mt$, зменшаться на *b* відсотків, то експлуатаційний парк скоротиться на

$$\Delta M_e = 0,01 \cdot a \cdot b \cdot \frac{\sum Mt \cdot 24}{24 \cdot \sum Mt} = 0,01 \cdot a \cdot b \quad (2.31)$$

Приклад. Простої в основному депо й оборотних пунктах склали 25 % загальної витрати локомотиво-годин на перевезення. Завдяки прийнятим організаційно-технічним заходам ці простої скоротилися на 20 %. Скорочення потреби експлуатаційного парку електровозів при цьому

$$\Delta M_e = 0,01 \cdot 25 \cdot 20 = 5 \%$$

тобто **5** локомотивів від **100** експлуатованих на ділянці.

Бюджет часу не дає загального рішення при визначенні фактичних витрат локомотиво-годин в рамках добового періоду. Це видно з наступного прикладу.

Припустимо, що на ділянці **АБ** при проходженні туди і назад локомотив знаходився в дорозі 9 год.; у пункті **А** – 2 год., а в пункті **Б** – 1 год.; повний оборот складає 9+2+1=12 год., або 0,5 локомотиво-діб. В результаті збільшення швидкості і скорочення часу зупинок на проміжних станціях час у дорозі скоротився до 8 год. і оборот склав 8+2+1=11 год., або 0,458 локомотиво-діб. Величини складових елементів добового бюджету, віднесені до 24 год. у першому і в другому варіантах, наведені у табл. 2.6.

З таблиці випливає, що скорочення часу перебування локомотива на ділянці **АБ** з 9 до 8 год. призвело, нібито, до збільшення їхніх простоїв у пунктах **А** та **Б**, що не відповідає дійсності і пояснюється лише арифметичним розподілом складових елементів у рамках 24 год.

Таблиця 2.6

| Елементи добового бюджету | 1-й варіант | 2-й варіант |
|---|-------------|--------------|
| Час в русі та простої на проміжних станціях, год. | 9:0,5=18 | 8:0,458=17,4 |
| Час простою в пункті А, год. | 2:0,5=4 | 2:0,458=4,4 |
| Час простою в пункті Б, год. | 1:0,5=2 | 1:0,458=2,2 |
| Всього | 21:0,5=24 | 11:0,458=24 |

2.2.8. Загальний відсоток несправних локомотивів. Цей показник, який виражається у відсотках, визначається як відношення кількості локомотивів (у локомотиво-добах), що одночасно знаходяться в ремонті та в очікуванні ремонту

$\sum_i^n \sum_j^r f_{ij}$, до оперативного парку локомотивів депо (залізниці), що складається з локомотивів, які знаходяться в розпорядженні депо для всіх видів руху і роботи, у всіх видах ремонтного обслуговування:

$$a_n = \sum_i^n \sum_j^r f_{ij} \cdot \frac{100}{\sum_n M_{pdij}}, \quad (2.32)$$

де n – число серій (типів) локомотивів;
 r – число видів ремонтів i -ї серії (типу) локомотива;

$$\sum_n M_{pdij} = \sum_n (M_{ei} + M_{TO-3i} + M_{TO-4i} + M_{IP-1i} + M_{IP-2i} + M_{IP-3i} + M_{KP-1i} + M_{KP-2i} + M_{np i});$$

$$\sum_i^n \sum_j^r f_{ij} = \sum_n (f_{TO-3i} + f_{TO-4i} + f_{IP-1i} + f_{IP-2i} + f_{IP-3i} + f_{KP-1i} + f_{KP-2i} + f_{np i}).$$

У наведених формулах: $f_{TO-3i}, f_{TO-4i}, f_{IP-1i}, f_{IP-2i}, f_{IP-3i}$ – фронт відповідно технічних обслуговувань і поточних ремонтів i -х серій, локомотиво-діб;

f_{KP-1i}, f_{KP-2i} , – фронт капітальних ремонтів відповідно КР-1 і КР-2 локомотивів цих серій, локомотиво-діб;

$f_{np i}$ – фронт непланових ремонтів локомотивів i -х серій, локомотиво-діб;

M_{ei} – експлуатаційний парк локомотивів i -х серій;

$M_{TO-3i}, M_{TO-4i}, M_{IP-1i}, M_{IP-2i}, M_{IP-3i}$ – кількість локомотивів i -х серій, що одночасно знаходяться в деповських ремонтах, чисельно рівне відповідному фронту деповських ремонтів;

M_{KP-1i}, M_{KP-2i} – кількість локомотивів i -х серій, що одночасно знаходяться в заводських ремонтах (КР-1, КР-2), чисельно рівне відповідному фронту заводських ремонтів;

$M_{np i}$ – кількість локомотивів i -х серій, що одночасно знаходяться в непланових видах ремонтів.

Розрізняють відсоток несправних локомотивів загальний і окремо – в заводському і деповському ремонтах.

Фронт ремонтів, що визначає відсоток несправних локомотивів

$$f_j = \frac{\sum^n M_{p\ ij}^{\text{річ}} \cdot (t_{p\ ij} \cdot k_{\text{доб}\ ij} + t_{\text{пер}} \cdot k_{\text{пер}})}{365}, \quad (2.33)$$

де $\sum^n M_{p\ ij}^{\text{річ}}$ – річна програма j -го виду ремонтів i -х серій локомотивів, локомотиво-діб;

$t_{p\ ij}$ – норма простою локомотивів i -х серій на j -му виді ремонту, робочі доби;

$k_{\text{доб}\ ij}$ – коефіцієнт переводу робочих діб в календарні (відношення річного числа календарних діб до робочих по j -му виду ремонту);

$t_{\text{пер}}$ – час пересилання локомотива в пункт ремонту і назад у неробочому стані;

$k_{\text{пер}}$ – відношення числа локомотивів, що пересилаються, до загального числа тих, що ремонтуються.

Річна програма j -го виду ремонтів локомотивів

$$M_{p\ ij}^{\text{річ}} = \frac{365 \cdot \sum MS_{\text{л}} \cdot R_j}{L_p}, \quad (2.34)$$

де $365 \cdot \sum MS_{\text{л}}$ – річний пробіг локомотивів, локомотиво-км;

L_p – пробіг між двома найближчими ремонтними обслуговуваннями в розглянутому ремонтному циклі, км.

Коефіцієнт циклічності для j -го виду ремонту

$$R_j = \frac{m_j}{m_o}, \quad (2.35)$$

де m_j – число j -х ремонтних обслуговувань в розглянутому ремонтному циклі;

m_o – загальне число ремонтних обслуговувань (усіх видів) у ремонтному циклі.

Відсоток несправних локомотивів відображає технічний стан усього парку, характеризує рівень організації ремонту і стан ремонтної бази, а також ступінь надійності локомотивів.

Зниження відсотка несправних локомотивів забезпечується: поліпшенням стану локомотивів, підвищенням їхньої експлуатаційної надійності, в результаті чого скорочуються непланові ремонти і збільшуються пробіги між ремонтами; скороченням простоїв у ремонтах у зв'язку з впровадженням механізації та автоматизації ремонтних процесів, крупноагрегатного потокового методу ремонту,

підвищенням кваліфікації ремонтників, впровадженням бригадних форм організації праці.

Зниження відсотка несправних локомотивів веде до скорочення потреби інвентарного парку локомотивів і в остаточному підсумку – до підвищення ефективності експлуатації локомотивів і локомотивного господарства в цілому. Норми у відсотках несправних локомотивів встановлюється для залізниці наказом УЗ, а для депо – наказом начальника залізниці диференційовано для деповських і заводських видів ремонту.

Ріст середньодобового пробігу локомотивів при незмінних ремонтних показниках (міжремонтні періоди і простої в ремонті) приводить до зростання відсотка несправних локомотивів α_n без збільшення абсолютної їхньої кількості. Це відбувається через те, що при збільшенні середньодобового пробігу $S_{\text{д}}$ скорочується експлуатаційний парк локомотивів M_e , а фронт, тобто кількість одночасно ремонтуваних локомотивів $\sum f$, що залежить від обсягу роботи, не змінюється. Це видно з формул:

$$\alpha_n = \frac{\sum f}{M_e}; \quad (2.36)$$

$$M_e = \frac{\sum 2LN}{S_{\text{д}}}; \quad (2.37)$$

$$\alpha_n = \frac{S_{\text{д}} \cdot \sum f}{\sum 2LN}. \quad (2.38)$$

2.2.9. Кількість видач локомотивів під вантажні поїзди (без передатних і вивізних). Цей показник характеризує роботу депо. План видач локомотивів A_g по ділянці обороту визначається з виразу

$$A_g = A_d + A_c + A_b, \quad (2.39)$$

де A_d, A_c, A_b – число видач локомотивів по станціях, що входить у ділянку обороту, відповідно ділянковим, сортувальним і вантажним.

У фактичне число видач включаються видачі вантажних локомотивів для проходження в голові поїзда, подвійною, потрійною тягою, для роботи по системі багатьох одиниць, одиночного слідування, що причіпляються до поїзда на станції зміни локомотивних бригад з транзитними поїздами.

Не зараховуються як видача локомотиви, що надходять з депо і ПТОЛ для заміни несправних у межах ділянки обороту, під допоміжні, пожежні поїзди і снігоочисники.

У депо й у відділенні залізниці враховують кількість невидач, скасування видач через несвоєчасне закінчення ремонту чи технічного обслуговування, недостачі локомотивних бригад, несправності локомотива, через відмову від локомотива в зв'язку зі скасуванням поїзда.

План видач локомотивів встановлює черговий по відділенню залізниці за 2 год. до початку планованого періоду на найближчі 3÷6 год. роботи і повідомляє його черговому по депо.

2.3. Удосконалення показників використання локомотивів

Розглянуті показники характеризують окремі сторони ефективності використання локомотивів, і навіть такі узагальнюючі, як продуктивність локомотивів і відсоток несправних локомотивів, тільки в поєднанні з іншими показниками дають повну й об'єктивну оцінку організації експлуатації локомотивів [4].

В основу діючої системи нормування й обліку якісних показників використання локомотивних парків покладений принцип віднесення добового об'єму роботи, вираженого в кілометрах, тонно-кілометрах, годинах чи інших величинах, до експлуатаційного парку локомотивів. Така методологія не дає можливості оцінити якісну сторону експлуатації локомотива за місяць, квартал чи рік, тому що добуток будь-якого середньодобового показника на кількість днів розглянутого періоду не дорівнює фактичній роботі, виконуваної локомотивом за той же період.

Пояснюється це тим, що середньодобові показники, які відносяться до експлуатаційного парку локомотивів, не враховують простої локомотивів у технічних обслуговуваннях (крім ТО-2) і ремонтах.

Є рекомендації доповнити існуючі показники більш узагальненими, наприклад місячною (квартальною, річною) продуктивністю (і пробігами) одного локомотива, що знаходиться в розпорядженні депо, з урахуванням локомотивів, що знаходяться в експлуатації, що очікують роботи, що простоюють у технічному обслуговуванні та ремонтах, у тому числі і непланових:

$$W_{\text{л}}^{\text{міс}} = \frac{30 \cdot Q_{\text{сєр}} \cdot L_{\text{л}}}{M_{\text{рд}}}, \quad (2.40)$$

де $L_{\text{л}}$ – добовий лінійний пробіг локомотивів депо;

$M_{\text{рд}}$ – парк локомотивів, що знаходяться в розпорядженні депо;

$$M_{\text{рд}} = M_{\text{є}} + \sum_{i=1}^r M_{\text{р}i} + M_{\text{нр}}; \quad (2.41)$$

$$M_{\text{рд}} = M_{\text{е}} \left(1 + \frac{\sum^r M_{\text{рi}} + M_{\text{нр}}}{M_{\text{е}}} \right); \quad (2.42)$$

$$\frac{\sum^r M_{\text{рi}} + M_{\text{нр}}}{M_{\text{е}}} = k_{\text{рд}}, \text{ тоді}$$

$$W_{\text{лміс}} = \frac{30 \cdot Q_{\text{сер}} \cdot L_{\text{л}}}{M_{\text{е}} (1 + k_{\text{рд}})}, \quad (2.43)$$

де $k_{\text{рд}}$ – коефіцієнт переходу до операційного парку локомотивів, що знаходяться в розпорядженні депо.

Пропонується розглядати і такі показники, як середня дальність безвідчіпного пробігу локомотивів $L_{\text{с}}$ і середні витрати локомотиво-годин на проведений без відчеплення поїзд. Перший показник визначають за даними маршруту машиніста шляхом підсумовування пробігів поїзда між пунктами перечеплення чи відчеплення локомотива:

$$L_{\text{с}} = \frac{\sum 2LN}{n_{\text{від}} + n_{\text{пер}}}, \quad (2.44)$$

де $\sum 2LN$ – локомотиво-км пробігу за розглянутий період (доба);

$n_{\text{від}}, n_{\text{пер}}$ – кількість відповідно відчеплень і перечеплень за розглянутий період (доба).

Періодично піднімається питання про правомірність вимірювати продуктивність праці тонно-кілометрами. Перевізна робота, вимірювана в тонно-кілометрах, представляє аналог механічної роботи і, отже, є енергетичним показником, обумовленим витратами палива й електроенергії на тягу поїздів. А оскільки ці витрати найбільшою мірою відносяться до локомотивного господарства, то показник «тонно-кілометр» найбільш повно і об'єктивно відображає діяльність усіх підрозділів локомотивного господарства.

Більш точне використання локомотива могла б характеризувати питома продуктивність у тонно-кілометрах, віднесених до 1 кВт його потужності. При цьому варто було б враховувати складність ділянки, на якій локомотив експлуатується, чи відносити продуктивність до 1 км віртуальної довжини ділянки. Віртуальна довжина – це умовна довжина такої горизонтальної і прямої ділянки, на якому локомотив затрачає механічну роботу (чи витрачає паливо,

електроенергію), рівну механічній роботі, затрачуваній на переміщення поїзда тієї ж маси з тим же локомотивом на заданій (реальній) ділянці колії.

Цікавим є показник, що представляє відношення механічної роботи A , розрахованої на реальному профілі колії, до перевізної роботи PL , тобто $\eta = \frac{A}{PL}$.

Приблизно механічну роботу поїзда можна визначити за опорами руху:

$$A = \left[(w''_0 + w_i) \cdot Q + (w'_0 + w_i) \cdot P \right] \cdot S, \quad (2.45)$$

де w''_0, w'_0 – питомі опори руху відповідно состава і локомотива при середній швидкості;

w_i – питомий опір від ухилу;

Q, P – вага відповідно состава і локомотива;

S – пройдений шлях.

Запитання для самоконтролю

1. Планові показники роботи локомотивного господарства.
2. Розрахункові показники роботи локомотивного господарства.
3. Удосконалення показників використання локомотивів.

РОЗДІЛ 3. ЛОКОМОТИВНІ БРИГАДИ, ПЛАНУВАННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ЇХНЬОЇ РОБОТИ

3.1. Склад, підготовка та обов'язки локомотивних бригад

3.1.1. Склад локомотивних бригад. Локомотивні бригади призначаються для керування та технічного обслуговування локомотивів, вони є однією із основних і багато чисельних професій на залізничному транспорті [8, 9].

У своїй роботі локомотивні бригади керуються Правилами технічної експлуатації залізниць, Інструкціями із сигналізації, руху поїздів і маневрової роботи, Статутом про дисципліну працівників залізничного транспорту, правилами поточного ремонту локомотивів, наказами і розпорядженнями УЗ, управління і відділення залізниці.

Локомотивна бригада складається з двох осіб: машиніста та його помічника. Очолює локомотивну бригаду машиніст, що відповідає за керування локомотивом і його стан, ведення поїзда або виконання маневрової роботи.

Суперекспреси обслуговуються бригадами, що складаються з двох машиністів, які у процесі руху поїзда періодично підмінюють один одного.

Більшість маневрових локомотивів обслуговуються одним машиністом без помічника («в одну особу»). Підбір таких машиністів ведеться з урахуванням вимог до віку і кваліфікації. Маневровий локомотив при цьому повинен бути обладнаний пристроєм контролю пильності машиніста, другим пультом керування і радіостанцією.

Економічний ефект від переходу на обслуговування маневрових локомотивів одним машиністом можна визначити за формулою

$$E_{\phi} = 12 \left[A_{\text{пм}} (1 + a') - cA_{\text{м}} \right] - (\sum K + O),$$

де $A_{\text{пм}}$ – місячна тарифна ставка помічника машиніста;

a' – коефіцієнт доплати до заробітної платні;

c – коефіцієнт доплати до заробітної платні машиніста за поєднання професій;

$A_{\text{м}}$ – заробітна платня машиніста;

$\sum K$ – сума додаткових річних витрат на обслуговування і ремонт спеціального устаткування маневрового локомотива, обладнаного до обслуговування «в одну особу»;

O – відрахування по капітальних витратах на спеціальне устаткування локомотива.

Приміські електро- і дизель-поїзди обслуговуються бригадами, що складаються з машиніста і помічника машиніста.

3.1.2. Підготовка локомотивних бригад.

До складу локомотивної бригади можуть бути зараховані особи віком не молодші 18 років, які одержали фахову освіту та успішно здали випробування на право управління локомотивом, за станом здоров'я здатні займатися цією трудовою діяльністю.

Підготовку кадрів помічників машиністів здійснюють залізничні училища, що комплектуються молоддю з (дев'ятирічною) загальною освітою .

Підготовка машиністів здійснюється залізничними технічними школами, на навчання в які, направляються помічники машиністів із стажем роботи не менше 18 місяців та мають 3-й слюсарний розряд.

Підготовка кадрів локомотивних бригад може здійснюватися і без відриву від виробництва – на учбово-технічній базі депо.

По закінченню навчання особи, що навчаються проходять теоретичні випробування. Ті з них, що мають вищу інженерну освіту, допускаються до здачі випробувань на право керування локомотивом через 3 місяці з дня початку роботи як помічника машиніста, а із середньо-технічною – через 6 місяців. Для машиністів локомотивів у залежності від теоретичних знань і практичного досвіду встановлені чотири класи кваліфікації – I, II, III, IV; I клас – вищий. Уперше призначеним на роботу машиністам присвоюється IV клас.

Іспити на присвоєння III класу проводяться комісією при локомотивному депо (голова – начальник депо), а на II і I клас – залізничними комісіями (голова – начальник служби локомотивного господарства).

Наступний клас машиністу присвоюється дорожньою комісією після здачі теоретичних іспитів і при наявності стажу роботи на посаді машиніста без аварій і браку протягом наступного терміну: з IV на III клас – 1 рік; з III на II клас – 2 роки (на маневровій та інших видах поза поїзної роботи – 3-х років); з II на I клас – 4 роки.

Посвідчення на право самостійного керування локомотивом (роботи машиністом) видаються окремо на кожен вид локомотива, електро- і дизель-поїзди і поїзди метрополітену.

На посаду помічника машиніста локомотива допускаються особи, що витримали теоретичні іспити в обсязі відповідної програми, у знанні ними правил і документів, зазначених раніше (ПТЕ, інструкцій із сигналізації і руху поїздів і ін.). Іспити проводяться комісією при локомотивному депо.

Підготовка і навчання кадрів локомотивних бригад не обмежується задачею іспитів на класність. У депо постійно ведеться технічне навчання членів локомотивних бригад з метою підвищення навичок керування локомотивом, знань інструкцій, розпоряджень залізниць і наказів УЗ.

Найбільш ефективно навчання локомотивних бригад досягається за допомогою локомотивних тренажерів, що дозволяють імітувати в навчальному класі ведення поїзда на ділянці з відтворенням навколишньої ситуації, розчленувати процес ведення поїзда по елементах: зрушення з місця, розгін і уповільнення, гальмування, рух на вибігу, зміна сигналів, боксування коліс і т. і. Використання тренажерів дозволяє не тільки підвищити якість професійної підготовки, але і

вести професійний добір з метою відсівання осіб, що не придатні до поїзної роботи.

З огляду на постійне відновлення кадрів працівників локомотивних бригад, у депо не менше одного разу на рік проводиться перевірка (залік) знань бригад і практичних навичок в обслуговуванні локомотивів.

Значну роль у повсякденній підготовці бригад відведена машиністу-інструктору, що для бригад одночасно є і наставником, і керівником. Машиністи-інструктори [10] призначаються з числа інженерів, техніків і машиністів I класу з розрахунку один інструктор на кожні 50 бригад. Основні обов'язки машиніста-інструктора представлені на рис. 4.1.

Всі локомотиви депо розподіляються між машиністами-інструкторами для здійснення контролю за їх утриманням з боку змінних бригад.

Основні обов'язки локомотивних бригад. Локомотивна бригада зобов'язана з'явитися на роботу у встановлений час у працездатному стані [5]. Після явки на роботу до чергового по депо бригада знайомиться з останніми наказами і розпорядженнями в книзі наказів і розписується в їхньому ознайомленні, а також робить запис у технічному формулярі про зміст останніх. Потім бригада направляється в медпункт, де після проходження медогляду лікар ставить у маршрут машиніста спеціальний штамп «Медогляд проведений».

При прийманні локомотива в депо машиніст повинен особисто-оглянути екіпажну частину локомотива, ознайомитися з записами в Журналі технічного стану локомотива форми ТУ-152 і переконатися, що усі раніше зазначені в ньому несправності локомотива усунуті, перевірити його відповідність ПТЕ, установити швидкостемірну стрічку і тільки після цього приводити локомотив до руху.

При прийманні локомотива на станційних коліях від прибулої бригади, крім раніше перерахованих робіт бригада, що приймає, перевіряє роботу радіозв'язку, АЛС, фіксує показання лічильників витрати електроенергії та дизельного палива та ін. Крім того бригада, що приймає, оцінює якість технічного обслуговування ТО-1 бригадою, що здала локомотив.

Після прибуття на станцію обороту бригада здає локомотив. Перед здачею машиніст зобов'язаний зробити запис у журналі форми ТУ-152 про виявлені ним несправності, зняти швидкостемірну стрічку, зафіксувати витрати палива або електроенергії.

Після здачі локомотива на станції основного депо бригада прибуває до чергового по депо, здає йому маршрут і уточнює час явки на наступну поїздку, після чого поїздка вважається завершеною, а бригада відправляється додому на відпочинок.

Під час поїздки бригада зобов'язана строго виконувати цикл робіт з підтримки в нормальному технічному стані локомотива, що передбачений технічним обслуговуванням ТО-1. В усіх випадках виходу з ладу агрегатів локомотива, що викликали зупинку поїзда на перегоні або проміжній станції, машиніст доповідає по радіозв'язку поїзному диспетчеру про те, що трапилося, і з урахуванням забезпечення безпеки руху приймає всі міри для проходження локомотива з

поїздом до станції зміни бригад, коли неможливо нічого зробити, вимагає підсилення резервного локомотива.



Рис. 3.1. Основні обов'язки машиніста-інструктора

Контроль за роботою локомотивних бригад здійснюють машиніст-інструктор, заступник начальника депо з експлуатації, працівники ревізорського апарата відділення (РБТ) і управління залізниці (РБ), працівники локомотивного відділу відділення залізниці (НОДТ) і служби локомотивного господарства (Т).

Результати перевірки посадовими особами якості роботи локомотивних бригад фіксуються у формулярі. Формуляри видаються кожному машиністу і його помічнику. Наявність формуляра в бригади під час поїздки обов'язкова. Формуляри періодично перевіряє начальник депо і за результатами записів у них приймає відповідні рішення.

Контроль якості роботи бригад здійснюється також за допомогою талонів-попереджень. Спочатку машиніст і помічник одержують талон № 1 (зеленого

кольору). Якщо машиніст або помічник порушили правила керування локомотивом або ПТЕ, що привели до порушення безпеки руху поїздів, контролюючі посадові особи можуть вилучити в машиніста талон і зробити про це запис у формулярі. Начальник депо особисто розбирає цей випадок, після чого видає машиністу наступний талон – № 2 (жовтий) чи № 3 (червоний).

У випадку грубих порушень наказом начальника відділка залізниці чи начальника залізниці машиністи можуть позбавлятися прав керування локомотивом.

3.2. Організація роботи та відпочинку локомотивних бригад

Місячний бюджет часу бригади, що включена до явочного штату, можна розкласти на наступні складові: робочий час; час відпочинку в оборотному та в основному депо (домашній відпочинок); час вихідних днів [11].

Нормування цих елементів ведеться відповідно до Положення про робочий час і час відпочинку працівників залізничного транспорту та Кодексу законів про працю (КЗППУ).

Розглянемо кожен зі складових місячного бюджету часу локомотивних бригад [5].

3.2.1. Робочий час. Кожна локомотивна бригада зобов'язана відпрацювати протягом місяця норму годин $t_{\text{бр}}^{\text{м}}$, що визначається по кожному конкретному місяцю з розрахунку 40-годинного робочого тижня.

Для всіх локомотивних бригад, крім маневрових, вивізних і господарських, застосовується сумарно-помісячний облік робочого часу, що передбачає підсумовування наростаючим підсумком робочого часу за кожен чергову виконану поїздку. Маневрові, вивізні та господарські бригади працюють за графіками з фіксованим часом початку та закінчення змін, тривалість яких складає 12 год., а в деяких депо – 8 год. КЗППУ допускає можливість перевищення $t_{\text{бр}}^{\text{м}}$ на 24 год., але не більш 120 год. за рік.

Ці перевищення відносяться до понад нормованого робочого часу і вкрай небажані.

Робочим часом бригади вважається період від моменту явки на місце постійної роботи за розкладом (виклику нарядчика) і до здавання локомотива.

Час роботи локомотивної бригади по обслуговуванню пари поїздів $T_{\text{рбр}}$ можна назвати робочим оборотом локомотивної бригади. $T_{\text{рбр}}$, що включає наступні витрати робочого часу:

- основний час t_0 – ведення поїзда по ділянці з урахуванням простоїв на проміжних станціях у год,

$$t_0 = 2l_{\text{бр}} / v_{\text{д}}, \quad (3.1)$$

де $l_{бр}$ – довжина ділянки роботи бригади, км;

v_d – середня ділянкова швидкість на ділянці $l_{бр}$, км/год;

- допоміжний час t_d – пересування локомотива від контрольного посту (включаючи час на оцінку маршруту машиністом на контрольному посту) до складу, причеплення до складу; випробування гальм поїзда; пересування локомотива від складу на контрольного посту оборотного пункту (включаючи час на оцінку маршруту); одержання і здавання вантажних документів на станції, одержання дозволу на відправлення поїзда, довідки про гальма, письмового попередження;
- час регламентованих технологічних перерв $t_{пт}$ – очікування відправлення поїзда після випробування гальм до моменту відправлення, встановленого розкладом;
- підготовчо-заклучний час $t_{пз}$ – приймання, екіпірування і здавання локомотива та інші дії, виконані бригадою в основному депо і пункті обороту до проходу локомотивом контрольного посту при проходженні з депо до складу і після проходу контрольного посту при поверненні локомотива в депо від складу, а також проходження локомотивною бригадою медичного огляду.

При роботі із збірними поїздами в обороті бригади враховується час для маневрової роботи на станціях.

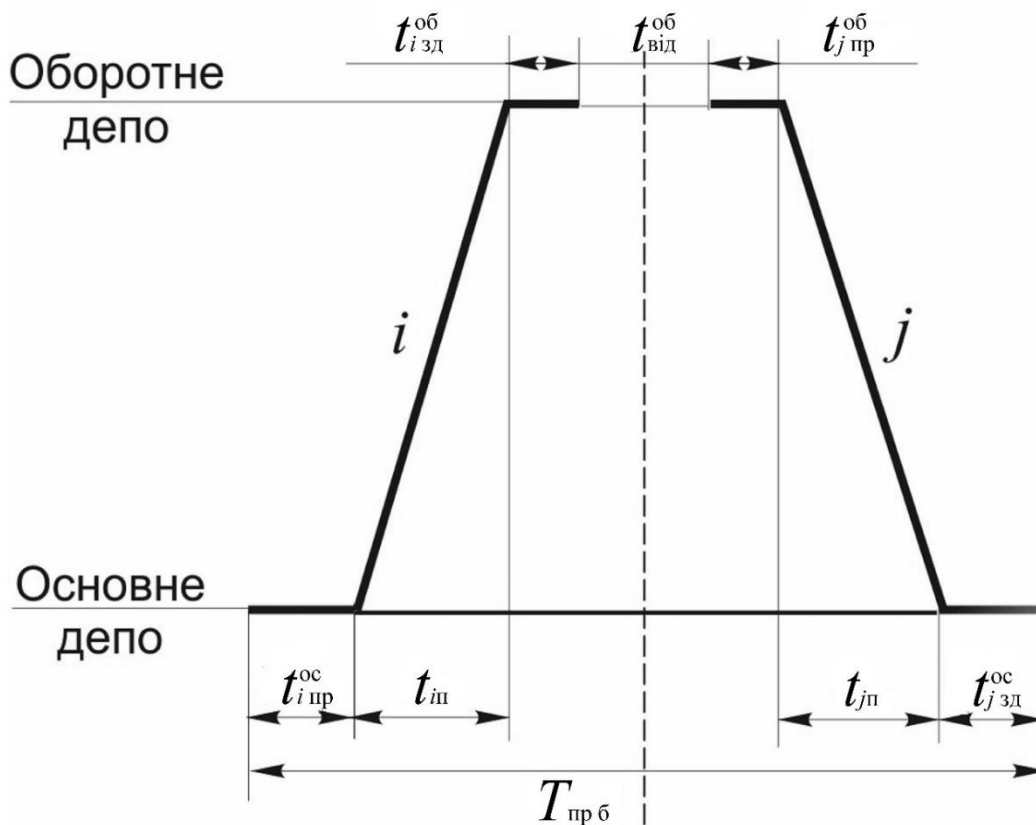


Рис. 3.2 Схема повного обороту бригади

На рис. 3.2 представлена схема повного обороту локомотивної бригади $T_{\text{рбр}}$ по обслуговуванню пари поїздів $i-j$. Цей час обчислюється від моменту приходу бригади на роботу в пункті проживання до моменту закінчення роботи в цьому ж пункті

$$T_{\text{пбр}} = T_{\text{рбр}} + t_{\text{від}}^{\text{об}}, \quad (3.2)$$

тобто включає час відпочинку бригади в пункті її обороту $t_{\text{від}}^{\text{об}}$, якщо такий надається.

На схемі (рис. 3.2):

$t_{i \text{ пр}}^{\text{ос}}, t_{i \text{ зд}}^{\text{об}}$ – час приймання та здавання локомотива відповідно в основному і в оборотному пунктах зміни бригад (поїзд i);

$t_{j \text{ пр}}^{\text{об}}, t_{j \text{ зд}}^{\text{ос}}$ – те ж, але відповідно в оборотному і основному пунктах зміни бригад (поїзд j);

$t_{\text{п}i}, t_{\text{п}j}$ – час проходження по ділянці роботи бригади відповідно з поїздом i та j ;

$t_{\text{від}}^{\text{об}}$ – час відпочинку бригади в оборотному пункті.

Час приймання і здавання локомотива в пунктах зміни бригад включає $t_{\text{в}}$, $t_{\text{рт}}$ і $t_{\text{пз}}$.

Повний оборот бригади

$$T_{\text{п.бр}} = t_{i \text{ пр}}^{\text{ос}} + t_{\text{п}i} + t_{i \text{ зд}}^{\text{об}} + t_{\text{від}}^{\text{об}} + t_{j \text{ пр}}^{\text{об}} + t_{\text{п}j} + t_{j \text{ зд}}^{\text{ос}}. \quad (3.3)$$

В елементах обороту $t_{\text{пр}}^{\text{ос}}$ і $t_{\text{пр}}^{\text{об}}$ може бути час очікування роботи $t_{\text{оч}}$. Цей час визначається за формулами або графіками.

На рис. 3.3 представлений графік для визначення часу очікування роботи локомотивними бригадами вантажного руху в пунктах обороту в залежності від розмірів руху і числа пасажирських поїздів.

Елементи обороту бригади, що додаються, $t_{\text{п}i}$ і $t_{\text{рт}}$ розраховують, а $t_{\text{в}}$ і $t_{\text{пз}}$ установлюють по нормах у залежності від конкретних умов експлуатації.

Ці дані можуть визначатися на основі хронометражних спостережень і математичної обробки статистичних даних і враховують відстані від депо, станцій, колій відстоювання складів до колій приймання і відправлення поїздів, а також типові загально мережеві нормативи на приймання-здавання локомотивів.

Нормативи розробляються і періодично корегуються Центральним органами надзору за заробітною платою, технікою безпеки і т. і. УЗ. На приймання-здавання локомотивів пасажирського руху ТЭП10, ТЭП60 змінними локомотивними бригадами виділяється 28 хв. На приймання і здавання дизель-поїзда на станційних коліях пункту зміни бригад виділяється: для ДР1 при 6 вагонах – 29 хв, а при 12 вагонах – 4 хв; для Д1 при 8 вагонах – 36 хв. Прийом дизель-поїзда після відстоювання займає більше часу – до 95 хв.

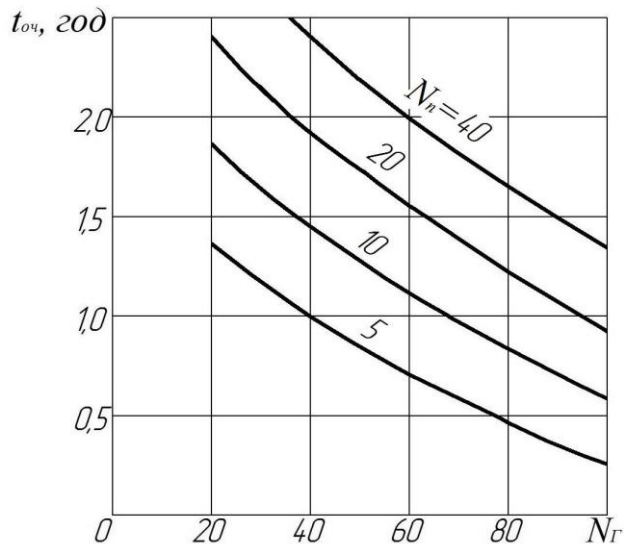


Рис. 3.3. Графік визначення часу чекання $t_{оч}$ відправлення бригади з поїздом у пунктах обороту в залежності від числа пар вантажних і пасажирських поїздів ($N_{в}$ і $N_{п}$)

Час на приймання-здавання електропоїзда ЕР2 і ЕР9 при 6 вагонах складає 11 хв, при 12 вагонах – 21 хв, а після відстою – 61 хв.

Важливим нормативом є тривалість безперервної роботи локомотивної бригади $T_{нр}$. Згідно КЗППУ максимальна тривалість безперервного робочого часу не повинна перевищувати 8 год.

В окремих випадках за узгодженням із профспілками робітників залізничного транспорту і транспортного будівництва час $T_{нр}$ може бути збільшене до 12 год.

Час, витрачений локомотивною бригадою на очікування поїзда для прямування «пасажиром» і прямування «пасажиром», хоча і враховується як робочий час, не включається в безперервну тривалість роботи $T_{бр}$.

Збільшення $T_{бр}$ понад установленого за графіком руху і більш ніж 12 год. не допускається, за винятком випадків стихійних випадків і надзвичайних обставин. У цих випадках збільшення $T_{нр}$ відбувається за наказом начальника відділка залізниці. Підвищення швидкості руху буде вимагати зниження тривалості безперервної роботи до 4–3 год і виконання додаткових заходів щодо створення комфортних умов праці в кабіні управління локомотива (зниження вібрації, шуму, установка пристроїв кондиціонування повітря, поліпшення освітлення, оглядовості та ін.).

3.2.2. Час відпочинку бригади. Відпочинок бригаді [11] в пункті обороту $t_{від}^{об}$ надається, якщо $T_{рбр} > T_{нр}$ тривалістю не менш половини попереднього робочого часу t_i^p :

$$t_i^p \geq t_{\text{від}}^{\text{об}} \geq 0,5t_i^p; \quad t_i^p = t_i^{\text{ос}} + t_{\text{пі}} + t_i^{\text{об}} \quad (3.4)$$

Якщо $t_i^p \leq 4$ год., відпочинок в оборотному депо може надаватися менше половини попереднього робочого часу, але не менше 1 год.

По завершенню чергової поїздки локомотивної бригади надається відпочинок у пункті проживання (відпочинок в основному депо). Тривалість такого відпочинку після обслуговування пари поїздів

$$t_{\text{від}}^{\text{ос}} \geq 2,51T_{\text{рбр}} - t_{\text{від}}^{\text{ос}} \geq 12 \text{ год.} \quad (3.5)$$

У випадку запізнення поїздів, а також з метою регулювання роботи бригад тривалість відпочинку в основному депо може бути скорочена на 25 % з наступною його компенсацією після чергових поїздок, тобто

$$t_{\text{від}}^{\text{ос}} \geq (0,75 \div 1,0) \cdot (2,51T_{\text{рбр}} - t_{\text{від}}^{\text{ос}}) \geq 12 \text{ год.} \quad (3.6)$$

Можливість зміни тривалості відпочинку в основному депо широко використовується при складанні іменних розкладів з метою ліквідації випадків роботи бригад більш двох ночей підряд, що заборонено КЗППУ.

Нічною поїздкою вважається кожна поїздка, робочий час якої попадає в інтервал місцевого часу від 1 год до 5 год ранку.

Щотижневі вихідні дні надаються бригаді рівномірно протягом усього місяця та у кожній із днів тижня. Кількість вихідних днів у місяці дорівнює кількості неділь конкретного місяця.

Тривалість вихідного дня $t_{\text{вих}}$ після завершення поїздки нормується як встановлений час відпочинку в основному депо з додаванням 24 год, тобто

$$t_{\text{вих}} = (t_{\text{від}}^{\text{ос}} + 24) \geq 42 \text{ год.} \quad (3.7)$$

КЗППУ дозволене надання бригадам спарених вихідних днів, якщо цього вимагають місцеві умови. Нормується тривалість такого спареного вихідного, як $t_{\text{вих}} = t_{\text{від}}^{\text{ос}} + 48$, і практикується в депо з короткими плечами обслуговування, коли $(t_{\text{від}}^{\text{ос}} + 24) < 42$ год.

3.3. Способи обслуговування локомотива бригадами

Змінний спосіб, який передбачає обслуговування локомотива змінними бригадами [5], що призначаються на роботу по мірі закінчення відпочинку; **прикріплений**, який передбачає обслуговування локомотива визначеною кількістю постійно прикріплених до нього бригад (1, 2, 3, 4), що змінюються по черзі, після закінчення відпочинку в пункті проживання, де відбувається їхня зміна; **комбінований** – коли кожний локомотив обслуговується на частині ділянки постійно прикріпленими до нього бригадами, а на частині – змінними; **турний** – коли

локомотив обслуговується декількома (звичайно чотирма) постійно закріпленими за ним бригадами, з яких дві знаходяться в поїздах разом з локомотивом, по черзі працюють і відпочивають у спеціально пристосованому для житла бригаад пасажирському вагоні, що прямує увесь час з локомотивом. Цей спосіб обслуговування застосовується при відрядженнях локомотивів із бригадами на інші залізниці, при спорудженні залізниць, при дослідних поїздах.

При змінному обслуговуванні локомотивів можливі наступні способи організації їхньої роботи:

за принципом обслуговування видів руху – *роздільне*, коли вантажний і пасажирський рух обслуговується окремими бригадами, і *спільне*, при якому вантажний і пасажирський рух обслуговується тими ж самими бригадами;

по схемах обслуговування ділянок - плечова і накладна їзда. При плечовій їзді весь обсяг поїзної роботи на ділянці обслуговування виконують локомотивні бригади одного основного депо. При накладній їзді на ділянці працюють бригади двох суміжних основних депо (рис. 3.4).

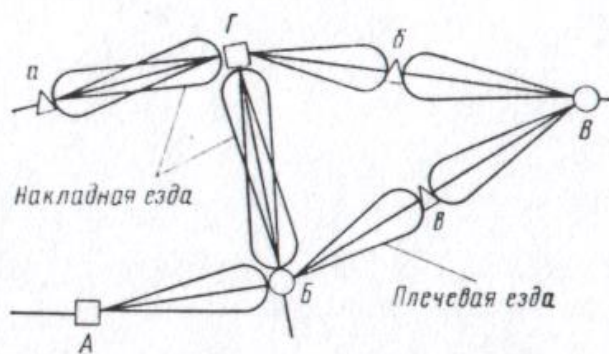


Рис. 3.4. Схема обслуговування залізничних ділянок локомотивними бригадами:

А, Б, В, Г – станції проживання і зміни бригад; *а, б, в* – станції зміни бригад; *А, Г* – основне депо; *Б, В* – оборотні депо

Застосування змінного обслуговування дозволило організувати роботу локомотивів без відчеплення від поїзда на ділянках значної довжини – до 1000 км і більш, вчасно надавати бригадам дні відпочинку нормальної тривалості, відпочинок перед поїздками, забезпечувати рівномірне їхнє завантаження, точно виконувати місячну норму робочих годин, ліквідувати простої локомотивів, зв'язані раніше з наданням бригадам відпочинку в оборотних і основних депо.

При змінному обслуговуванні тепловозів і електровозів для підтримки їх у справному стані була докорінно змінена система їхнього технічного обслуговування.

Локомотиви, зайняті на маневровій, вивізній, господарській роботі, а також електро- і дизель-поїзди, обслуговуються прикріпленими локомотивними бригадами.

Прикріплений спосіб обслуговування локомотивів застосовувався як основний при паровій тязі, при цьому обмежувалася довжина ділянки роботи локомотива без відчеплення від поїзда, а в пунктах обороту, якщо надавався відпочинок бригаді, локомотив був вимушений простоювати.

Конструктивні особливості електровозів і тепловозів, зміцнення і розвиток ремонтної бази і підвищення кваліфікації працівників локомотивного господарства дали можливість перейти до найбільш прогресивного обслуговування локомотивів змінними локомотивними бригадами.

Обслуговування локомотивів вантажного і пасажирського руху прикріпленими бригадами здійснюється з дозволу УЗ. Таке обслуговування доцільне на коротких тягових плечах, коли час обороту локомотива не перевищує припустиму тривалість безперервної роботи бригади (7–8 год). Число бригад, що прикріплюються до одного локомотива

$$m_{\text{бр}} = \frac{30,1 \cdot T_{\text{рбр}} \cdot N}{t_{\text{бр}}^{\text{М}} \cdot M_{\text{е}}}, \quad (3.8)$$

де $T_{\text{рбр}}$ – час робочого обороту бригади, год;

$t_{\text{бр}}^{\text{М}}$ – середньомісячний за рік фонд робочого часу однієї локомотивної бригади, бригадо-год;

$M_{\text{е}}$ – експлуатаційний парк локомотивів.

Прикріплення бригад до локомотивів відбувається за наказом начальника депо. Прикріплені локомотивні бригади несуть відповідальність за технічний стан довіреного їм локомотива, його справність і збереженість відповідно до Статуту про дисципліну працівників залізничного транспорту. Участь локомотивних бригад у технічному обслуговуванні ТО-2 та ТО-3 а також поточних ремонтах прикріплених локомотивів регламентується начальником депо з урахуванням місцевих умов.

Один з найбільш досвідчених, кваліфікованих і авторитетних машиністів прикріплених бригад призначається відповідальним (старшим). Він здійснює керівництво прикріпленими бригадами по догляду за локомотивом, перевіряє повноту і якість технічного обслуговування і поточного ремонту, виконаного слюсарями і локомотивними бригадами, бере участь у прийманні локомотива після поточних ремонтів і ТО-3 і т.п.

Для підвищення відповідальності змінних локомотивних бригад за виконання ТО-1 і стан локомотивів в експлуатації в ряді депо при цьому способі обслуговування вводять посади старших машиністів, до яких прикріплюють кілька локомотивів для проведення періодичного контролю за їх станом. Хороший ефект дає комбінація змінного і прикріпленого способів обслуговування локомотивів бригадами. Для цього в депо створюють невеликі колони локомотивних бригад (до 10 бригад), за якими закріплюють для обслуговування 2–3 локомотиви.

При такому способі обслуговування локомотивів виявляються позитивні сторони обслуговування локомотивів постійно прикріпленими бригадами й у той же час локомотиви не простоюють в пунктах обороту в очікуванні закінчення відпочинку бригад: у цих пунктах локомотив приймає бригада, що вже відпочила, яка прибула сюди раніше з іншим локомотивом, закріпленим за даною невеликою колоною.

3.4. Розташування пунктів зміни бригад

Локомотивні бригади даного депо обслуговують локомотиви на деякому полігоні залізниці, що включає одну або декілька ділянок обслуговування, що примикають до депо (рис. 3.4).

Ділянки обслуговування по довжині розділяють на два види: I – короткі і II – довгі. На коротких ділянках локомотиви обслуговуються бригадами без надання їм відпочинку в пунктах обороту, тому що $T_{\text{пр}}^{\text{бпр}} \geq T_{\text{рбр}}$. Довжина такої ділянки

$$l_I = 0,5 \cdot v_d \left(T_{\text{пр}}^{\text{бпр}} - \sum t_I \right), \quad (3.9)$$

де $T_{\text{пр}}^{\text{бпр}}$ – максимально припустимий час безперервної роботи бригади;

$\sum t_{II}$ – сумарний час роботи бригади в обох пунктах зміни (кінцевих пунктах ділянки обслуговування) з врахуванням часу очікування роботи після виклику в пункті обороту бригад.

На довгих ділянках у пунктах обороту бригадам надається відпочинок установленної тривалості. Довжина такої ділянки

$$l_{II} = v_d \left(T_{\text{пр}}^{\text{бпр}} - \sum t_{II} \right), \quad (3.10)$$

де $\sum t_{II}$ – сумарний час роботи бригади в обох пунктах зміни (кінцевих пунктах ділянки обслуговування).

Техніко-економічні розрахунки показують, що доцільніше роботу бригад організувати на ділянках обслуговування II виду, тому що зменшується число пунктів зміни бригад, збільшується швидкість доставки вантажів. Подовження ділянки обслуговування в 2 рази приводить до збільшення маршрутної швидкості руху поїздів приблизно на 5–6 %. Продуктивність праці локомотивних бригад при переході від ділянок обслуговування I виду до ділянок II виду зростає більш ніж на 9 %, тому що зменшується частка допоміжного і підготовчо-заклучного часу в загальному робочому часі бригади.

3.5. Визначення штату бригад

Розрізняють явочний і за списком штат (контингент) локомотивних бригад. Явочний штат $B_{\text{я}}$ складається з бригад, зайнятих на роботі з поїздами, на маневрах, з локомотивами на станціях і території депо (у процесі приймання-здавання, технічного обслуговування) і тих, що знаходяться на відпочинку після роботи [5].

Штат за списком B_c складають бригади, що оформлені на постійну роботу в даному депо. Він більше явочного на число працівників, що замінюють тих, які знаходяться в черговій і навчальній відпустках, у відрядженнях, що виконують державні і громадські обов'язки та хворих.

Крім постійного штату, у депо є тимчасовий штат, який додається до роботи на період максимальних (сезонних) перевезень. Цей штат комплектується з практикантів – професійно-технічних училищ, студентів коледжів і транспортних ВНЗ, бригад, що прибули у відрядження з інших депо, пенсіонерів.

Застосовуються наступні методи визначення контингенту локомотивних бригад: індексний; торішніх видач (статистичний); по нормах і обсягам роботи; розрахунок за графіком руху поїздів і графічний ДШТу.

3.5.1. Індексний метод полягає в корегуванні звітної чисельності по індексам за плановими обсягами роботи та основними показниками використання локомотивів і застосовується при плануванні штатів на перспективу:

$$B_c = \left[B_0 (1 - \alpha_{\text{доп}}) u_p \right] / u_v u_Q + \left[B_0 \alpha_{\text{доп}} u_p u_\alpha \right] / u_Q, \quad (3.11)$$

де B_0 – фактичний середньорічний за списком контингент минулого року;

u_p, u_v, u_Q, u_α – відповідно індекси зміни обсягу роботи (перевезень), швидкості руху, маси поїзда і допоміжного часу роботи, визначені як відношення запланованих і фактичних величин;

$\alpha_{\text{доп}}$ – доля допоміжного часу в загальному бюджеті робочого часу бригад.

3.5.2. Метод торішніх видач застосовується для розрахунку контингенту локомотивних бригад при значних сезонних коливаннях перевезень

$$B_{\text{я}} = \sum \frac{\left(\frac{2l_{\text{брі}}}{v_{\text{ді}}} + \sum t_{\text{доп}i} \right) n_{i,r}}{t_{\text{бр}}^{\text{М}}}, \quad (3.12)$$

де $\sum t_{\text{доп}i}$ – сума допоміжного і підготовчо-заключного часу роботи бригади при обслуговуванні пари поїздів на i -й ділянці;

$n_{i,r}$ – число видач бригад на i -й ділянка в r -му місяці за минулий рік (з урахуванням поїздок в якості пасажирів);

$t_{\text{бр}}^{\text{М}}$ – середньомісячний за рік фонд робочого часу бригади.

3.5.3. По нормах і обсягах роботи явочне число бригад

$$B_{\text{я}} = \bar{D} \sum_1^y T_{oi} / t_{\text{бр}}^{\text{М}}, \quad (3.13)$$

де \bar{D} – середньорічне число діб на місяць;

$\sum_1^y T_{oi}$ – добовий час роботи бригад, що проживають у даному пункті по обслуговуванню локомотивів парку експлуатації на i -й ділянці;
 y – число ділянок обслуговування, що примикають до даного пункту проживання бригад;

$$T_{oi} = N_i \cdot T_{\text{рбрі}} (1 + b); \quad (3.14)$$

N_i – кількість пар поїздів у добу (за графіком руху) на i -й ділянці роботи бригади;

$T_{\text{рбрі}}$ – час роботи бригади за один оборот на i -й ділянці;

b – коефіцієнт кратності тяги, дорівнює відношенню числа поїздів, що відправляються кратною тягою, до загального числа поїздів за умови що на кожному локомотиві є повна бригада;

$$T_{\text{рбрі}} = l_{\text{брі}} \left(\frac{1}{v'_d} + \frac{1}{v''_d} \right) + \sum t_{\text{доп}}; \quad (3.15)$$

v'_d, v''_d – ділянкова швидкість відповідно за напрямками, км/год.

Число бригад для маневрових, господарських і вивізних локомотивів

$$B_{\text{я}} = \bar{D} \cdot 24 \left(M_{\text{е}}^{\text{М}} + M_{\text{е}}^{\text{Г}} + M_{\text{е}}^{\text{В}} \right). \quad (3.16)$$

Штат локомотивних бригад за списком

$$B_{\text{с}} = 1,15 B_{\text{я}}. \quad (3.17)$$

Для кожної ділянки обслуговування явочне число локомотивних бригад визначають по річному лінійному пробігу локомотивів:

$$B_{\text{я}} = \sum MS_{\text{лін}} / 12 H_{\text{бр}}, \quad (3.18)$$

де $\sum MS_{\text{лін}}$ – річний лінійний пробіг локомотивів у відповідному виді руху (без врахування пробігу інших локомотивів, що працюють по системі багатьох одиниць), локомотиво-км;

$H_{бр}$ – місячна норма виробітки однієї бригади у відповідному виді руху, ЛОКОМОТИВО-КМ;

$$H_{бр} = (2l_{бр} / T_{рбр}) \cdot t_{бр}^M, \quad (3.19)$$

$2l_{бр} / T_{рбр}$ – годинне напрацювання бригади, локомотиво-км.

Число локомотивних бригад можна визначити також, знаючи обсяг роботи на наступний місяць:

$$B_c = \left[\sum PL_M \cdot (1 + \alpha_{бр}) \cdot \tau_{бр} \cdot \psi_{л} \right] / \left[Q \cdot v_{д} \cdot t_{бр}^M \cdot (1 - \varphi_{л}) \right], \quad (3.20)$$

де $\sum PL_M$ – обсяг роботи за місяць, т-км;

$\alpha_{бр}$ – коефіцієнт допоміжного часу роботи локомотивної бригади (прийом-здача локомотива);

$\tau_{бр}$ – коефіцієнт, що враховує заміщення бригади (відпустки, хвороби, відрядження і т. д.);

$\psi_{л}$ – коефіцієнт, що відбиває маневрову роботу, виконувану поїзними бригадами;

$\varphi_{л}$ – коефіцієнт допоміжного пробігу локомотивів у загальному лінійному пробігу.

3.5.4. Розрахунок за графіком руху поїздів. Для визначення явочного штату локомотивних бригад складається графік обороту бригад аналогічно графіку обороту локомотивів.

При ув'язуванні обороту бригад по пунктах зміни мінімальний час перебування їх у цих пунктах (основному та оборотному) $t_{бр}^{oc}$ і $t_{бр}^{об}$ приймається як сума розрахункового часу відпочинку в даному пункті і часу на приймання, здавання локомотива і всі інші операції по його обслуговуванню, включаючи проїзд по станційних і деповських коліях, причеплення, відчеплення, пробу гальм і т.п.

Типовий графік обороту бригади будується з розрахунку обслуговування всіх поїздів однією умовною локомотивною бригадою. Число горизонтальних рядків графіка відповідає необхідному числу бригад (явочному). При побудові графіка через установлені періоди передбачається надання вихідних днів додатком до розрахункового відпочинку 24 год. (одного повного рядка).

Усі відхилення по тривалості відпочинку в оборотних пунктах зміни повинні компенсуватися при плануванні роботи бригад по пункту проживання (основному пункту).

3.5.5. Графічний метод Дніпропетровського інституту інженерів залізничного транспорту (ДІІТ). Планування робіт локомотивних бригад на рівні депо являє собою складний процес із численними ув'язками, що виходять за межі депо і тісно переплітаються з діяльністю служб і підрозділів, що беруть участь у перевізному процесі.

Планування роботи локомотивних бригад здійснюється в два етапи: на першому етапі розробляється глобальний план роботи бригад на весь майбутній планований рік, на другому – поточне планування на кожний наступний місячний період (у виді іменних розкладів).

При розробці річного плану враховуються наступні задачі: прогнозування обсягів роботи бригад (у годинах робочого часу) на планований рік; визначення потрібного облікового штату бригад для виконання цієї роботи; визначення потрібних явочного і тимчасового штатів бригад на кожен місяць планованого року; розрахунок очікуваних основних показників роботи бригад.

3.6. Методи організації явки локомотивних бригад на роботу

3.6.1. Викликова система передбачає явку бригади в поїздку по виклику нарядника при призначенні поїзда [5]. Система дозволяє забезпечити бригадами всі поїзди при будь-яких коливаннях розмірів руху поїздів. Основні недоліки системи – відсутність плану роботи бригад, неможливість планування і прогнозування домашнього відпочинку і вихідних днів, бригада постійно перебуває в стані очікування виклику на роботу, необхідний штат працівників для викликів.

3.6.2. Безвикликова система передбачає таку організацію роботи, коли після чергової поїздки бригаді відразу ж планується наступна явка або до визначеного часу, або до визначеного поїзда. Таке планування здійснюється не менш ніж на 12 год. наперед (тривалість мінімального відпочинку між поїздками). При безвикликовій системі можна планувати відпочинок між суміжними поїздками, однак бригади не знають дати надання вихідних днів і не можуть планувати їх використання.

Інколи застосовується модифікована безвикликова система, що з деяким наближенням дозволяє визначити календарні дні майбутніх вихідних днів.

3.6.3. Робота за іменними розкладами дозволяє видати бригаді план її роботи на майбутній місяць із указівкою номера поїзда, з яким бригада відправляється з основного депо, точного часу початку і закінчення домашнього відпочинку і вихідних днів, планованої місячної виробітки.

Плануванням роботи локомотивних бригад на наступний місяць займається інженер цеху експлуатації, а в окремих депо завідувач локомотивними бригадами чи старший нарядник.

Через наявність внутрішньо місячних коливань обсягів руху поїздів весь контингент бригад не може працювати лише по іменних розкладах, частина бригад (20–40 %) повинна працювати по безвикликовій системі чи по попередньому

запису. Ці бригади – підмінні, що дозволяють компенсувати нерівномірність руху поїздів.

ДШТом розроблена методика складання іменних розкладів як для основних, так і для підмінних бригад.

Апарати відділів і служб руху розробляють оперативні плани, що представляють собою регулювальні заходи на короткочасний період (змінно-добове планування). Змінно-добовий план є завданням працівникам локомотивного господарства на видачу необхідної кількості локомотивів і бригад з конкретизацією по періодам доби.

Планування роботи бригад варто здійснювати комплексно, тобто на двох взаємозалежних рівнях: вищому – відділення, залізниця, напрямок, низовому – депо. На вищому рівні вирішується задача оптимального завантаження локомотивних бригад у всіх депо залізниці, установлюються планові обсяги роботи для кожного основного депо. На низовому рівні вирішується задача складання плану роботи бригад на річний період з конкретизацією по кожному місяцю.

Іменні розклади розробляються в такій послідовності: складається відомість обороту локомотивних бригад на основі розглянутих вище матриць ув'язки поїздів у пари по пунктам зміни (обороту) бригад методом елементів важливості; розробляється графік роботи і відпочинку умовної бригади чи графік обороту локомотивних бригад методом складання графіка обороту локомотивів; складається розгорнутий графік роботи локомотивних бригад, з якого робляться виписки іменних розкладів для кожної бригади з указівкою прикріплених до поїздів локомотивів. У розгорнутому графіку вказується час явки на роботу і час закінчення, ці дані переносяться в іменний графік. Іменні розклади складаються працівниками цеху експлуатації депо – завідуючим локомотивними бригадами, старшим нарядником і затверджуються начальником депо чи його заступником з експлуатаційної роботи. Напередодні наступної звітної доби на основі іменного розкладу роботи складається добовий наряд роботи поїзних локомотивних бригад.

Для планування роботи бригад нарядники депо ведуть спеціальні журнали обліку роботи бригад. Для полегшення розрахунків часу наступної явки бригади на роботу складаються спеціальні таблиці.

3.7. Будинки відпочинку для локомотивних бригад

Будинки відпочинку [12], що споруджують на станціях обороту, для локомотивних бригад по своєму плануванню повинні забезпечити всі умови для повноцінного відпочинку та спокійного сну бригад. Крім кімнат для відпочинку, необхідно передбачити приміщення для зберігання одягу, умивальні кімнати, кімнати приймання їжі, буфет, кухню для індивідуального готування їжі, кімнати для обслуговуючого персоналу та інші допоміжні приміщення. Двомісні кімнати для відпочинку (по чисельності складу локомотивної бригади) забезпечують повноцінний відпочинок. Будинки відпочинку мають телефонний зв'язок із черговим по депо та станції. Населеність будинків відпочинку бригад визначається числом місць для відпочинку

$$H_{\text{від}} = \frac{N_{\text{в}} \cdot t_{\text{в}} + N_{\text{п}} \cdot t_{\text{п}} + N_{\text{зб}} \cdot t_{\text{зб}}}{24} \cdot u_{\text{н}} \quad (3.21)$$

де $N_{\text{в}}$, $N_{\text{п}}$, $N_{\text{зб}}$ – число пар поїздів відповідно вантажних, пасажирських і збірних;
 $u_{\text{н}}$ – коефіцієнт, що враховує нерівномірність руху поїздів.

Час заняття ліжок однією бригадою відповідно вантажних, пасажирських і збірних поїздів

$$t_{\text{в}}, t_{\text{п}}, t_{\text{зб}} = t_{\text{відп}} + t_{\text{очік}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{підг}} \quad (3.22)$$

де $t_{\text{відп}}$ – час відпочинку за графіком;

$t_{\text{очік}}$ – час очікування роботи (поїздів) із розрахунків;

$t_{\text{зм}}$ – час на зміну білизни, прибирання кімнат (20–30 хв);

$t_{\text{підг}}$ – час на підготовку бригади до відпочинку, приймання їжі, заходи гігієни і т.і. (10–20 % власного $t_{\text{відп}}$).

У будинку відпочинку необхідно створити психологічний комфорт, що забезпечується проявом уваги та дружелюбності з боку персоналу, затишком і чистотою в приміщеннях, турботою про харчування і т.і. Будинки відпочинку будуються за типовими проектами і повинні розташовуватися не ближче 300 м від залізничних ліній. Не менш 50 % ширини цієї зони повинна знаходитись під зеленими насадженнями.

Запитання для самоконтролю

1. *Склад та підготовка локомотивних бригад.*
2. *Основні обов'язки локомотивних бригад.*
3. *Організація роботи та відпочинку локомотивних бригад.*
4. *Основні складові робочого часу локомотивних бригад.*
5. *Основні складові часу відпочинку локомотивних бригад.*
6. *Способи обслуговування локомотива бригадами.*
7. *Необхідні умови визначення пунктів зміни локомотивних бригад.*
8. *Методи визначення штату локомотивних бригад.*
9. *Методи організації явки локомотивних бригад на роботу.*
10. *Характеристика будинків відпочинку для локомотивних бригад.*

РОЗДІЛ 4. ЕНЕРГОЗАОЩАДЖУЮЧІ РЕЖИМИ ВЕДЕННЯ ПОЇЗДІВ

4.1. Умови раціонального ведення поїздів

Умови роботи локомотива при веденні поїздів характеризуються безперервною зміною сили тяги та швидкості руху [13, 14, 15]. При цьому потужність локомотива при різних швидкостях непостійна, вона змінюється залежно від реалізованої швидкості. Ці обставини дозволяють реалізувати досить різноманітні режими керування тяговим рухом складом, які відрізняються від рекомендацій, отриманих під час виконання тягових розрахунків.

Режим роботи локомотива визначає ступінь використання потужності та сили тяги, його надійність та економічність в конкретних експлуатаційних умовах. Прагнення до поліпшення використання потужності та сили тяги супроводжується вдосконалюванням режимів ведення поїздів, раціональним використанням паливно-енергетичних ресурсів на тягу поїздів.

При розробці раціональних режимів ведення поїздів велике значення має вивчення та узагальнення досвіду кращих машиністів. Підвищення кваліфікації локомотивних бригад, поліпшення якості ремонту та технічного обслуговування локомотивів необхідні для ефективного використання їхніх тягових властивостей та потужності.

Значний вплив на використання потужності локомотивів має також сформована система експлуатації локомотивів. Важливу роль грає графік руху поїздів, що повинен передбачати найвигідніші умови їхнього пропуску по ділянках. Правильне диспетчерське керівництво рухом поїздів, недопущення обгону та схрещення поїздів на станціях, розташованих на несприятливому профілі, скорочення числа схрещень, своєчасне інформування локомотивних бригад про умови пропуску поїздів, ліквідація затримок їх у закритих сигналів – необхідні умови для раціональних режимів ведення поїздів і високоефективного використання локомотивів.

Для різних умов експлуатації раціональні режими ведення поїздів мають суттєві особливості. Це не дозволяє рекомендувати один режим ведення поїзда як оптимальний для всіх практично можливих умов руху по ділянці, оскільки навіть на тій самій ділянці ці умови часто змінюються. Крім того, характеристики електричних машин і конкретних локомотивів залежно від їхнього технічного стану, можуть у визначених межах відрізнятися від відповідних паспортних даних.

Все це створює труднощі при розробці та практичній реалізації раціональних режимів ведення поїздів. Досвід показує, що навіть при наявності режимних карт і реалізації рекомендованих режимів ведення поїздів, технічно обґрунтованих для деяких середніх експлуатаційних умов, фактична витрата електроенергії та палива в різних машиністів на тих самих ділянках різна, відхилення можуть бути як у більшу, так і у меншу сторону від установленої норми (до 10 %).

Досвідчені, добре підготовлені технічно та глибоко розуміючі основи енергетики роботи локомотива, тяги та руху поїзда, машиністи вміло враховують конкретні експлуатаційні умови, швидко приймають правильні рішення, коректують рекомендації режимних карт і домагаються значної економії електроенергії або палива. Раціональний по витраті паливно-енергетичних ресурсів режим ведення поїзда повинен передбачати й оптимальне використання потужності локомотива за умовами нагрівання тягового електроустаткування, зчеплення коліс із рейками на лімітуючи підйомах ділянки. Звичайно режими ведення поїзда, раціональні за умовами використання потужності локомотивів на лімітуючи підйомах не суперечать режимам, раціональним по витраті електроенергії або палива.

Суттєво на витрату енергоресурсів впливає технічний стан тепловозів, які можуть мати значні розбіжності характеристик паливної економічності, потужності, а також тягових характеристик, внаслідок низької якості ремонту та технічного обслуговування, зміни стану в міжремонтний період, а також неузгодженості ланок системи керування дизель-генераторів. Тому неодмінною умовою ощадливої витрати дизельного палива при тепловозній тязі є високоякісні реостатні випробування після планового ремонту з регулюванням паливної апаратури, електричних апаратів і машин відповідно до діючих вимог.

Значний резерв економії електроенергії прихований у застосуванні рекуперативного гальмування поїздів. Як показують розрахунки та дослідні поїздки, а також практика роботи залізниць застосування рекуперації електроенергії дає велике зниження її витрати навіть на ділянках з рівнинним профілем колії. Значний ефект може бути досягнутий завдяки застосуванню рекуперації електроенергії на електропоїздах і приміського руху.

Раціональний режим ведення поїзда розробляють для заданого часу ходу по перегонах. Це дуже складне завдання яке базується на основі кривої зміни швидкості, отриманої в результаті тягових розрахунків і відповідному заданому часу ходу. Формування раціонального режиму зводиться до вдосконалювання вихідного режиму, тобто внесенню в нього змін, спрямованих на скорочення витрати електроенергії або палива при збереженні заданого часу ходу.

Зменшити витрату паливно-енергетичних ресурсів можна за рахунок зменшення механічної енергії локомотива та втрат енергії при її перетворенні. Значне зниження механічної роботи можна одержати при збільшенні часу ходу по перегонах; однак, як правило, це неприйнятно, оскільки спричиняє скорочення пропускну здатності ділянки. Зменшити механічну роботу можна, знижуючи середню швидкість руху поїзда та швидкість входу його на уклони зі шкідливими спусками, а також нерівномірність швидкості руху, швидкість початку гальмування поїзда. Варто пам'ятати, що зниження середньої швидкості руху при заданому часові ходу неприпустимо.

Зменшення нерівномірності швидкості руху дає помітний ефект в економії електроенергії та палива на рівнинних ділянках колії з відносно нечастими зупинками поїздів. При зміні режиму для вирівнювання швидкості варто враховувати значення ККД локомотива, щоб можливе підвищення втрат енергії на локомотиві було компенсовано економією від вирівнювання швидкості.

Втрати енергії в гальмах поїзда пропорційні довжині шкідливих спусків або квадрату швидкості початку гальмування. Для зменшення цих втрат необхідно, в межах можливого, знижувати швидкість поїзда при вході його на уклони зі шкідливими спусками та швидкість руху на початку гальмування. Це досягається збільшенням часу руху локомотива в режимі вибігу з виключеними тяговими двигунами перед такими уклонами або гальмуваннями. Допустимість таких знижень швидкості руху визначається можливістю її підвищення на іншій частині перегону для забезпечення заданого часу ходу поїзда, а доцільність – різницею між економією енергії або палива завдяки зниженню втрат у гальмах і збільшенням їхньої витрати за рахунок руху з підвищеною швидкістю на деякій частині перегону або ділянки.

Пуск і розгін характеризуються значними втратами енергії в пусковому реостаті на ЕРС постійного струму та роботою при зниженому ККД на ЕРС змінного струму. Щоб скоротити втрати електроенергії в пусковому реостаті, варто реалізувати максимальне можливе прискорення поїзда, для чого необхідно збільшувати середнє значення пускового струму електровоза та застосовувати ослаблення збудження тягових двигунів електровозів постійного струму.

Складеними елементами раціональних режимів ведення поїздів є: використання максимальної можливої сили тяги, реалізація високих значень коефіцієнта зчеплення й раціональне використання запасів кінетичної енергії для подолання підйомів, правильний вибір швидкості початку гальмування, уміле регулювання сили тяги із застосуванням ослаблення збудження тягових двигунів при оптимальному температурному режимі обмоток електричних машин і дизеля.

4.2. Розробка режимної карти

В основу режимної карти повинен бути покладений раціональний та економічно вигідний режим ведення поїзда з дотриманням графіка руху поїздів [16, 18]. Основним чисельним показником раціональності даного режиму ведення поїзда повинна бути питома витрата електричної енергії (дизельного палива) на вимірник перевізної роботи 10^4 т км брутто, що повинен бути нижче, або, принаймні на рівні встановленої середньодобової норми.

Режим ведення поїзда може бути встановлений двома шляхами: або дослідними поїздками із записом режимів водіння поїзда або теоретично на основі тягових розрахунків. Але ні один із них не може бути визнаний оптимальним, тому що на кожному з них позначаються суб'єктивні особливості дослідника в першому випадку та локомотивної бригади в другому.

4.3. Фактори, що впливають на витрату електричної енергії

Основними методами, які дозволяють заощаджувати електричну енергію є [17]: максимальне використання кінетичної енергії поїзда, раціональний вибір позиції контролера машиніста, уміле керування автогальмами та ряд інших методів водіння поїздів.

Розглянемо вплив швидкості руху поїзда на витрату електричної енергії.

Швидкість руху впливає на зменшення питомого опору руху поїзда та електровоза.

На горбистому профілі колії в машиніста з'являються можливості використання кінетичної енергії поїзда для подолання підйомів. У таких випадках виявляється вигідним підвищення швидкості поїзда перед входом на підйом, а викликане цим збільшення витрати електричної енергії з надлишком компенсується економією електричної енергії, одержуваної на підйомі за рахунок використання накопиченої кінетичної енергії поїзда та ККД електровоза.

При водінні поїздів машиністам доводиться робити регульовальні гальмування, зупинки та інші гальмування, які ведуть до непередбачуваних витрат електричної енергії. Усяке гальмування поїзда являє собою втрату накопиченої кінетичної енергії, на заощадження якої затрачається електрична енергія.

Тому вміле й раціональне керування автогальмами є немаловажним чинником, що впливає на витрату електричної енергії.

Одним з можливих шляхів економії електричної енергії на двосекційних електровозах, є водіння поїздів однією секцією, коли вага поїзда менше встановленої вагової норми й на ділянці є площадки, тривалі (затяжні) спуски або відклученням половини двигунів. На ділянках з більшими підйомами при великій вазі поїзда доцільно застосовувати замість подвійної тяги трисекційні електровози, що працюють по системі багатьох одиниць, якщо при подвійній тязі нераціонально використовується сила тяги електровоза. Спосіб секційної їзди широко використовується в ряді депо.

4.4. Методи економії електричної енергії при веденні поїздів

Основними методами з економії електроенергії є [19, 20]: можливо мінімальна витрата часу на розгін поїзда, прагнення працювати на найбільш ошадливих позиціях контролера машиніста, ведення поїзда на спусках при швидкостях, близьких до припустимих, уміле та вдумливе керування автогальмами, точне дотримання перегінного часу ходу, робота без непотрібного нагону часу, використання ККД тягових електродвигунів із застосуванням режиму ослабленого поля, ліквідація позапланових зупинок, завчасне зниження швидкості перед зупинками, своєчасний догляд за електровозом та утримування його у справному стані, знання профілю колії та обмеження швидкостей по всій ділянці, бездоганне знання конструкції локомотива та його тягово-енергетичні можливості.

4.5. Форми та методи навчання локомотивних бригад раціональним режимам водіння поїздів

Зменшення енергоресурсів на тягу поїздів у більшій частині залежить від локомотивних бригад [21]. Важливу роль грає майстерність машиністів, їхнє вміння знайти та реалізувати найбільш вигідний економічний режим ведення поїзда.

Високої майстерності в економії енергоресурсів вимагаються ті машиністи, які не тільки добре знають конструкцію локомотива, профіль ділянки і його особливості, але й вивчили тягово-енергетичні можливості локомотива.

Отже, навчанню локомотивних бригад методам водіння поїздів, вивченню профілю колії, конструкції локомотива і його експлуатації на шляху прямування повинна приділятися особлива увага.

Основними формами та методами навчання локомотивних бригад раціональним режимам водіння поїздів є:

- організація шкіл передового досвіду по водінню поїздів кращими майстрами по економії електроенергії;
- розробка та впровадження місцевих інструкцій і режимних карт, посилення контролю за працездатним станом електровоза.

Однієї із широко розповсюджених і перевірених практикою форм навчання локомотивних бригад раціональному та ощадливому по витраті електроенергії є режимна карта. Вона являє собою графічне або цифрове подання на папері сукупності всіх умов ведення, що характеризують раціональний режим, поїзда по заданій ділянці колії.

4.6. Види режимних карт

Як уже вказувалося, режимна карта повинна містити всю необхідну інформацію, що забезпечує раціональний та економічний режим ведення поїзда по даній ділянці. Відповідно, у ній повинні бути вказані рекомендовані швидкості руху поїздів в ув'язуванні їх з станом колії, про раціональні позиції контролера машиніста та ступенях гальмування, про час ходу по перегонах і про профіль колії [17].

Враховуючи те, що режимна карта розробляється для ведення поїзда з уніфікованою масою та для діючого графіка руху поїздів, то в ній повинна бути вказана швидкість руху поїзда з підв'язкою останньої до кілометрових знаків. Це тим більше необхідно, тому що при автоблокуванні будь-який інший поїзд із масою состава, що відрізняється від уніфікованої норми, необхідно витримувати перегінний час ходу, закладений в графіку, а, отже, швидкості запропоновані в режимній карті, домагаючись досягти цього відповідною зміною позиції контролера машиніста та застосуванням гальмування, зазначених у режимній карті

Таким чином, режимна карта, розроблена з урахуванням цієї обставини й має на своєму зображенні точно підкреслені вказівки про зв'язок швидкості з кілометровими оцінками колії, є більше універсальною і більш придатною для раціонального ведення вантажних поїздів будь-якої ваги.

Для зручності практичного використання режимної карти на локомотиві на шляху прямування її форма повинна бути портативною, легко сприйматися, не повинна бути захаращена зайвою інформацією, простою у виготовленні та тиражуванні.

Практика широкого поширення та використання режимних карт виробила велике різноманіття зовнішньої форми карти як графічних, так і цифрових.

У деяких локомотивних депо перевагу віддають режимній карті у формі равлика, вона являє собою невеликий квадрат паперу, на якому сфотографоване креслення - схематичне зображення ділянки у вигляді спіралі, кожен поділ якої відповідає одному кілометру, а поруч зазначено, з якою швидкістю повинен рухатися машиніст на ділянці, щоб витримати графік і домогтися економії електричної енергії. Як показує досвід найбільше поширення отримала стрічкова карта у вигляді гармошки вкладеної в картонні обкладинки. На стрічці зображений спрямлений профіль із характеристикою кожного елемента, кілометрові оцінки та осі станцій з найменуванням роздільних пунктів, графік швидкості руху поїзда, режими й позиції контролера машиніста, місця гальмування поїзда.

Така форма режимної карти використовується найбільше часто. Пояснюється це тим, що вона в простій і наглядній формі надає машиністові всю необхідну інформацію про колію та відповідну швидкість руху поїзда на даній ділянці, про режим роботи електровоза й про використання гальм. Разом з тим ця форма має й певні недоліки.

При стандартному масштабі колії (1 км – 20 мм) довжина стрічки на ділянці роботи локомотивної бригади довжиною 285 км виходить 6 метрів. Користування такою стрічкою, що складена у вигляді гармошки, пошук на ній потрібного в цей момент часу роздільного пункту або тим більше кілометра, пов'язано з певними труднощами й витратою часу, якого в машиніста який керує поїздом, не так вже і багато на подібні відволікання (рис. 4.1).

Ця форма представляє певні труднощі в перевірці виконання її вказівок машиністом, шляхом порівняння режиму карти та фактично виконаного, записаного на швидкостемірній стрічці. Пояснюється це головним чином тим, що надто велика різниця масштабів колії та швидкостей на цих двох стрічках. Тому бажання наблизити зображення цих двох характеристик призвело до поширення форми режимної карти, на якій запропонований режим ведення поїзда по швидкості та пройденому шляхові зображений у такому ж масштабі в якому самопис швидкостеміра записує ці характеристики на швидкостемірній стрічці.

Така режимна карта зручна своєю портативністю, тому що може бути оформлена у вигляді записної книжки. Однак головною перевагою такої форми режимної карти є зручність контролю за її дотриманням локомотивною бригадою під час поїздки. Разом з тим така форма карти через дрібний масштаб позбавлена необхідної наочності й ускладнює швидке читання цифрового матеріалу карти, що особливо позначиться в умовах експлуатації. Це ж значення швидкості відповідає даній кілометровій відмітці.

Якщо, таким чином, перенести цифрове значення швидкостей відповідним кілометровим відміткам послідовно із планшетки, де прокладена крива швидкості в таблицю спеціальної форми, то така таблиця вже може служити інструкцією машиністові, дотримуючись якої можна точно вести поїзд відповідно до графіка режимної карти. Для більшої повноти інформації така таблиця повинна містити крім стовпчиків цифр кілометрів і відповідних швидкостей, вказівки про позиції контролера машиніста та ступенях гальмування, а також дані про обмеження швидкості по станціях і перегонах. Така таблиця відповідно й буде являти собою цифрову форму режимної карти.

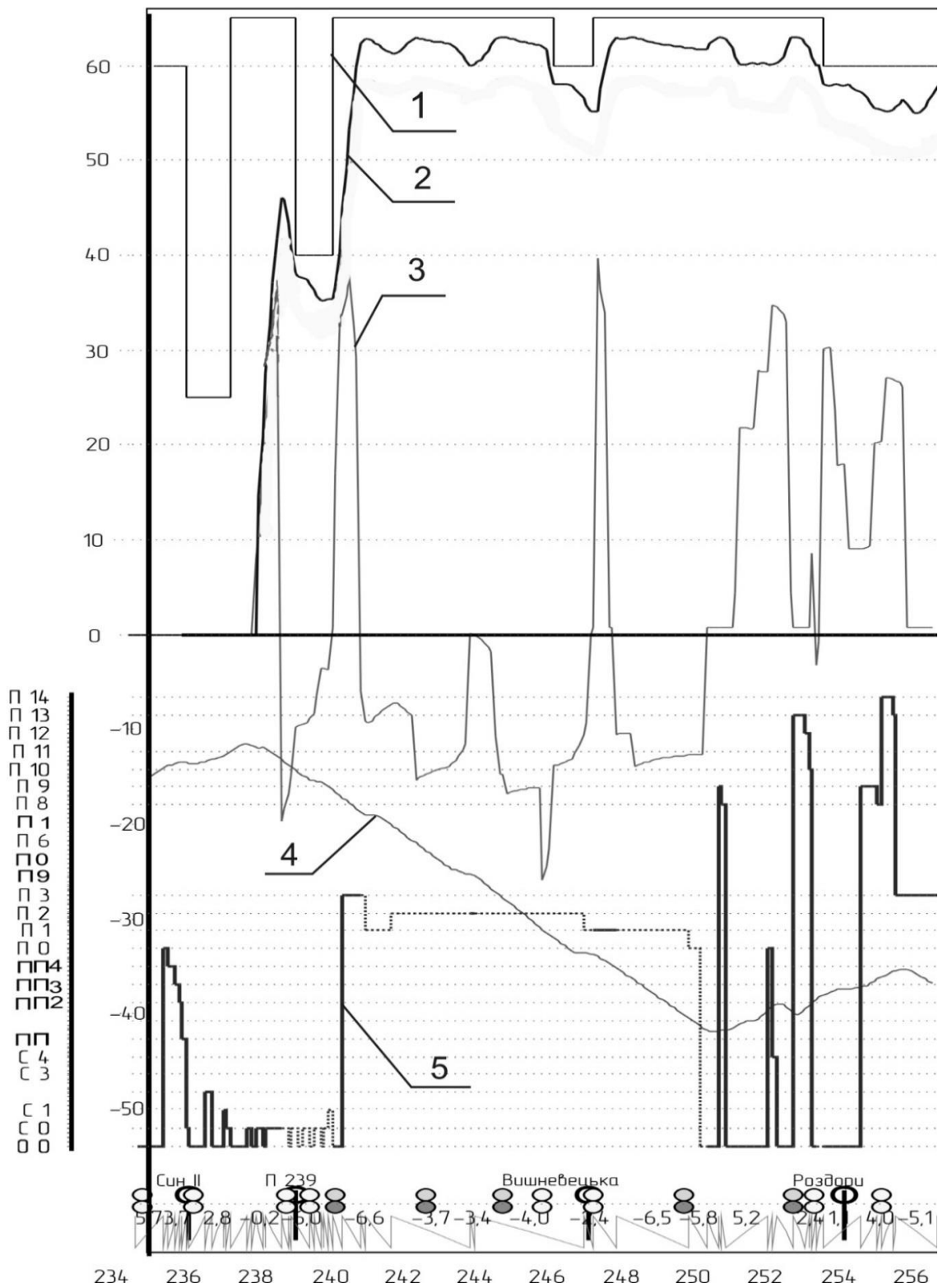


Рис. 4.1. Режимна карта у вигляді планшету

1 – діючі обмеження по швидкості; 2 – запропонована швидкість руху; 3 – розрахунковий струм електровоза; 4 – інтегрований повздовжній профіль колії; 5 – запропоновані позиції контролера машиніста

| Координата км | Швидкість, км/год | Режим | | | Координата, км | Швидкість, км/год | Режим | | |
|---------------|-------------------|-------|----|------|----------------|-------------------|-------|----|------|
| | | тяга | С | пп г | | | тяга | СП | оп3 |
| 311,9 | 0 | тяга | С | пп г | 304,6 | 33,6 | тяга | СП | оп3 |
| 311,7 | 15,3 | тяга | С | пп | 304,5 | 35,8 | тяга | СП | оп4 |
| 311,5 | 17,4 | вибіг | | | 304,3 | 38,9 | тяга | П | пп г |
| 311,2 | 16,4 | тяга | С | пп | 304,0 | 59,9 | рекуп | П | 11 |
| 310,1 | 15,6 | тяга | С | оп1 | 303,9 | 61,9 | рекуп | П | 11 |
| 308,9 | 17,7 | тяга | СП | пп | 303,8 | 63,9 | рекуп | П | 11 |
| 308,8 | 15,9 | вибіг | | | 303,8 | 40,6 | тяга | П | пп г |
| 308,6 | 17,6 | рекуп | С | 10 | 301,3 | 34,5 | тяга | СП | оп4 |
| 308,5 | 17,7 | рекуп | С | 11 | 299,6 | 30,6 | тяга | СП | оп3 |
| 308,1 | 15,4 | рекуп | С | 7 | 298,2 | 33,9 | тяга | СП | оп4 |
| 308,0 | 12,8 | вибіг | | | 296,8 | 31,1 | тяга | СП | оп3 |
| 307,7 | 16 | тяга | С | оп2 | 294,9 | 33,8 | тяга | СП | оп4 |
| 307,6 | 16,1 | тяга | С | оп3 | 293,9 | 39,7 | тяга | П | пп г |
| 307,5 | 16,3 | тяга | С | оп4 | 293,4 | 50,8 | тяга | П | пп |
| 307,2 | 13,6 | тяга | С | оп3 | 293,2 | 54,7 | тяга | П | оп1 |
| 307,1 | 12,7 | тяга | С | оп2 | 293,0 | 60 | рекуп | П | 10 |
| 306,8 | 11,6 | тяга | С | оп1 | 292,8 | 57,9 | тяга | П | оп1 |
| 306,7 | 10,2 | тяга | С | пп | 292,7 | 59,7 | тяга | П | оп2 |
| 306,6 | 11,1 | тяга | С | пп г | 292,5 | 62,7 | тяга | П | оп1 |
| 306,5 | 11 | тяга | С | пп | Ульянівка | | | | |
| 306,1 | 12,6 | тяга | С | оп1 | 292,4 | 60 | вибіг | | |
| 305,9 | 10,4 | тяга | С | пп | 291,4 | 60,4 | тяга | П | пп |
| 305,8 | 10,5 | тяга | С | пп г | 291,2 | 60,3 | тяга | П | оп2 |
| 305,5 | 11,6 | тяга | С | пп | 290,6 | 62,8 | тяга | П | оп1 |
| 305,2 | 14,2 | тяга | С | оп1 | 290,5 | 63 | тяга | П | пп |
| 305,1 | 17,5 | тяга | С | оп3 | 290,4 | 62,8 | тяга | СП | оп4 |
| 305,0 | 21,4 | тяга | СП | пп г | 289,6 | 60,1 | тяга | П | пп |
| 304,8 | 27,6 | тяга | СП | пп | 289,4 | 60,2 | тяга | П | оп1 |
| 304,7 | 31 | тяга | СП | оп2 | 289,1 | 60,1 | тяга | П | оп2 |

Рис. 4.2. Режимна карта у вигляді таблиці

Таблична форма режимної карти зручна своєю портативністю та проста у тиражуванні (рис. 4.2). Вона може бути оформлена у вигляді листівки, надрукована чітким типографічним шрифтом і розмножена у великій кількості екземплярів. У цьому випадку кожна локомотивна бригада може постійно мати при собі таку карту-листівку та керуватися нею при водінні поїздів будь-якої ваги в парному й непарному напрямках. До недоліків такої форми карти варто віднести відсутність наочності відносно поздовжнього профілю колії та характеру зміни швидкості руху поїзда через відсутність кривої швидкості.

Режимна карта розробляється на підставі побудованих кривої швидкості, часу та активного випрямленого струму електровоза. По кривій швидкості визначається швидкість руху, а по тягових характеристиках електровоза визначаються позиції контролера машиніста.

Режимна карта містить наступну інформацію:

- спрямлений профіль колії:
- розташування сигналів автоблокування:
- розташування станцій.
- наявність місць обриву на ділянці:
- припустиму швидкість руху:
- позиції контролера машиніста.
- час ходу по перегонах.

Запитання для самоконтролю

1. *Типи режимних карт для ведення поїздів.*
2. *Фактори, що впливають на витрату енергоресурсів при веденні поїздів.*
3. *Методи економії енергоресурсів при веденні поїздів.*
4. *Методи навчання локомотивних бригад раціональним режимам ведення поїздів.*

РОЗДІЛ 5. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЛОКОМОТИВНИМ ГОСПОДАРСТВОМ

5.1. Мета створення та призначення системи автоматизованого управління локомотивним господарством

Метою створення єдиної системи управління локомотивним господарством (АСУ Т) Укрзалізниці являється забезпечення високої ефективності використання наявного тягового рухомого складу (ТРС). Високої працездатності при мінімально можливому рівні витрат, а також покращення умов і підвищення продуктивності праці управлінського персоналу на підприємствах локомотивного господарства усіх рівнів (рис. 5.1).

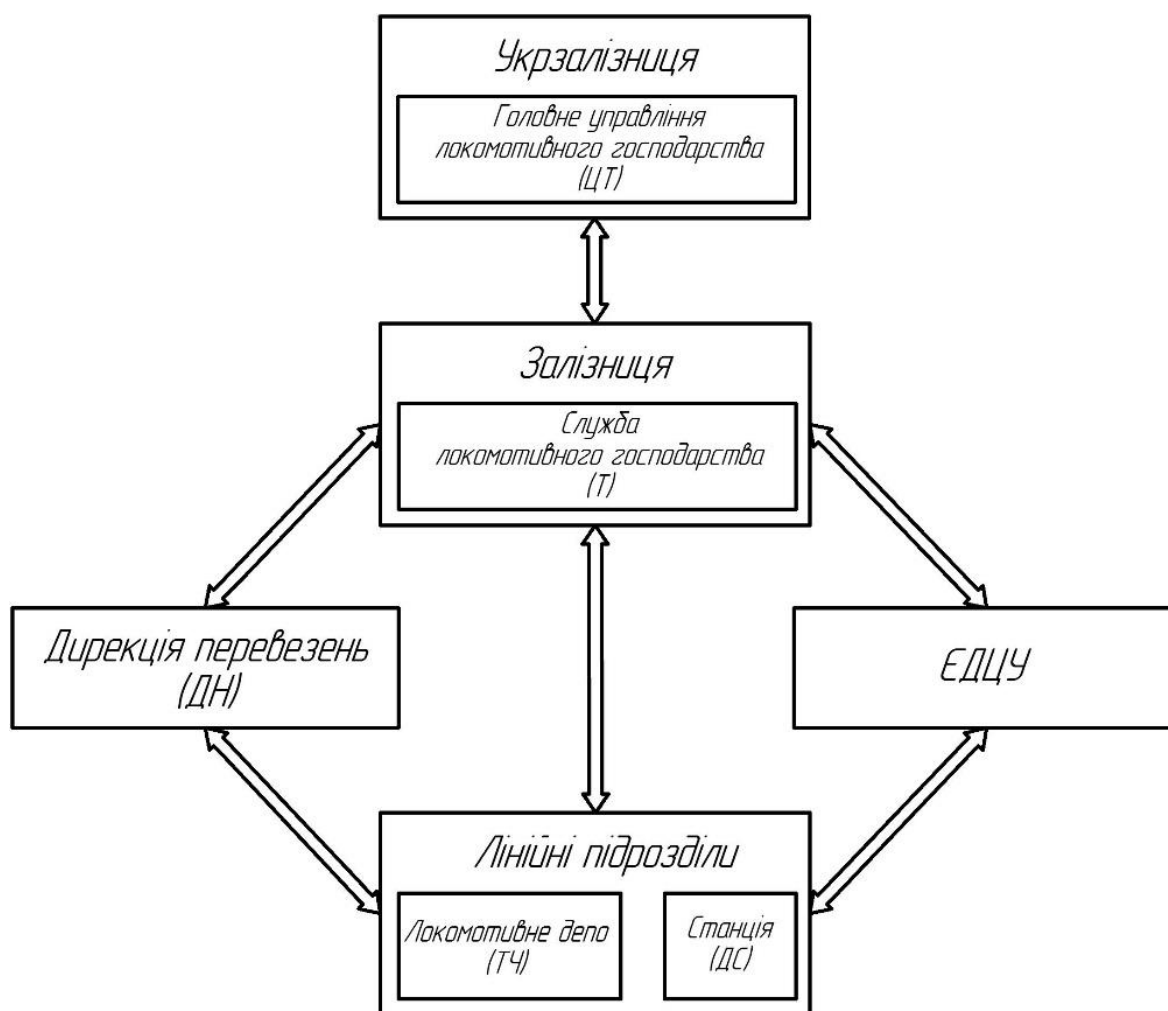


Рис. 5.1. АСУ Т

Для досягнення поставленої мети створюється єдина АСУ Т як автоматизована інформаційно-аналітична і інформаційно-управляюча система, що забезпечує перехід до без паперової технології роботи підприємств господарства та

електронного підпису, а також автоматизований аналіз, контроль і підтримування процесів прийняття управлінських рішень, автоматизацію формування звітності [24, 25].

За рахунок інтегрування в АСУ Т даних про процеси перевезень, усі процеси експлуатації і ремонту ТРС та інша інформація повинна бути інтегрована для запровадження сучасних новітніх технологій управління на залізничному транспорті України, в тому числі в умовах структурного реформування галузі і господарства, яке передбачене Концепцією Державної програми реформування залізничного транспорту, що затвердженою розпорядженням Кабінету Міністрів України від 27.12.2006 №651-р.

Автоматизована система управління АСУ Т призначена для забезпечення сучасного, якісно нового рівня використання інформаційних технологій роботи та процесів управління локомотивного господарства залізниць України на основі єдиної програми інформатизації. За рахунок створення і запровадження автоматизованих технологій і засобів системи АСУ Т підвищиться ефективність управління локомотивним господарством, зменшаться витрати на утримання і обслуговування тягового рухомого складу (ТРС) при забезпеченні високого рівня безпеки руху поїздів, підвищенні продуктивності та покращенні умов праці робітників.

В рамках робіт із створення АСУ Т виконується координація розробок по автоматизації існуючих і створення нових інформаційних технологій роботи локомотивного парку. На основі АСУ Т отримають розвиток автоматизовані системи адміністративного управління роботою локомотивного господарства, планування і обліку експлуатаційної роботи, керування ремонтами з урахуванням їх дійсного технічного стану ТРС на основі збору та обробки діагностичної інформації, керування ресурсами на основі взаємодії з системами автоматичного обліку, системи із контролю стану здоров'я, охорона праці, навчання працівників, відбудеться автоматизація процесів використання технологічного обладнання депо, будуть створені єдині інформаційно-технічні засоби для обробки економічної і технологічної інформації, відбудеться покращення контролю технічного стану об'єктів господарства за рахунок удосконалення і автоматизації систем метрологічного забезпечення та інше.

АСУ Т є системою колективного використання, що містить сукупність адміністративних, методичних, програмних та технічних засобів, що дозволяють виконувати в реальному масштабі часу управління роботою локомотивним парком.

АСУ Т це аналітично-інформаційна керуюча система, що забезпечує:

- удосконалення та оптимізацію роботи усіх підрозділів на основі повного, своєчасного та оперативного задоволення ринкового попиту на транспортні послуги;
- реалізацію механізму своєчасних взаєморозрахунків;
- здійснення оперативного аналізу економічних та експлуатаційних показників роботи господарства;
- економне використання матеріальних та енергоресурсів;

- підвищення продуктивності праці, зниження витрат на підготовку документів стосовно товарно-грошового обігу та реалізації транспортного процесу.
- забезпечення неухильного виконання внутрішнього законодавства та міжнародних угод у галузі перевезень;
- забезпечення прозорості засобів автоматизації для органів державного контролю з метою запобігання фінансовим злочинам;
- впровадження державної мови при роботі з системою;
- запровадження державних стандартів та класифікаторів в інформаційному обміні;
- запровадження ефективного захисту від несанкціонованого та некваліфікованого доступу до інформаційних ресурсів системи в цілому;
- оптимізація інформаційних потоків та зниження рівня паперового документообігу в повсякденній діяльності, оптимізація обігу внутрішніх звітних документів;
- забезпечення автоматизації рутинних аналітичних процедур та формалізації процедур інформаційного забезпечення процесів і стадій прийняття управлінських рішень.

5.2. Існуючий стан інформаційної технології

У якості паперової інформаційної технології в структурі Т застосовується система обліку, що містить техніко-економічну характеристику підприємства: «Технічний паспорт основного чи оборотного депо з приписним парком» форми ТУ-50 (оборотного депо, що не має приписного парку, має паспорт форми ТУ-51), а також система документування на базі облікових і звітних форм по різних напрямках діяльності господарства [27, 28, 29].

Джерелами інформації про роботу ТЧ у господарстві є декілька десятків облікових форм, що визначають порядок обробки оперативної інформації в депо, технологію проведення обліку і формування звітності про роботу депо й організують інформаційну модель локомотивного господарства в цілому.

Звітні та облікові форми депо розраховані на ручну технологію обробки інформації, тому не можуть розглядатися як основа для створення комп'ютерної бази даних депо. Однак склад форм, їхній обсяг і порядок взаємодії дозволяють оцінити структуру майбутньої бази та очікуваний обсяг інформації..

Інформація, що надходить, характеризує експлуатаційну роботу депо, ремонтні роботи і технічне обслуговування локомотивів. Зафіксована в облікових формах (ТУ), вона використовується для формування звітних форм (ТЕ) працівниками контори оперативно-технічного обліку. Звітна інформація передається в підрозділи служб і Головних управлінь: на рівень дирекцій з перевезень (ДН), до служби локомотивного господарства (Т), до Інформаційно-статистичних центрів – відділів статистичного обліку і звітності залізниці (ЧУ), до управління статистичного обліку і звітності Укрзалізниці (ЦЧУ), Головного управління локомотивного господарства (ЦТ).

5.3. Напрямки автоматизації інформаційних технологій управління

Системи АСУ Т розвиваються вже кілька десятиріч і охоплюють головним чином два основних напрямки [22, 23, 29]:

- автоматизацію обробки інформації, яка відображує поточний стан та дислокацію локомотивів та бригад, а також результати їх роботи. Цій інформації притаманний високий рівень оперативності і великі обсяги, отже автоматизація тут найбільш актуальна. Здебільшого ці задачі вирішуються на базі інформаційних систем рівня залізниць;
- інформаційна підтримка функцій персоналу шляхом використання АРМ на базі ПЕОМ. Це стосується в першу чергу АРМ персоналу локомотивних депо (зокрема, АРМ ТЧД, ТЧБ, ТЧУ, ремонтних служб), а також АРМ співробітників служб «Т».

Останнім часом також активно розвивається напрямок створення мережових інформаційних ресурсів, які доступні на різних рівнях управління і забезпечують надання інформації по різних аспектам роботи залізничного транспорту і зокрема локомотивного господарства.

5.3.1. Контроль стану та дислокації тягового рухомого складу й локомотивних бригад.

Традиційно ця задача позначена аббревіатурами ОКДЛ та ОКДБ (відповідно «Оперативний контроль дислокації локомотивів» та «Оперативний контроль дислокації локомотивних бригад»). Задача вирішується на рівні залізниць і дозволяє в будь-який момент одержати інформацію про поточний стан та дислокацію локомотивів і бригад, що відібрані за певними критеріями запиту [25].

Перший варіант її реалізації був створений ще в межах системи АСОУП. Нині розроблена та впроваджується на всіх залізницях України реалізація цих задач у вигляді підсистем АСК ВП УЗ із дещо поширеними функціями.

В традиційному варіанті користувач одержує інформацію у вигляді статичної довідки. Останнім часом ДНУЗТ та ПКТБ АСУ створений механізм інтерактивного аналізу даних, який дозволяє користувачу вільно маніпулювати інформацією про стан та дислокацію ТРС та локомотивних бригад, одержуючи дані ОКДЛ-ОКДБ у вигляді інтерактивних таблиць та діаграм. Такий підхід суттєво поширює можливості оперативного аналізу поточної ситуації з використанням ресурсів ТРС.

5.3.2. Автоматизована обробка маршрутних листів машиністів.

Маршрут машиністу (ММ) є одним із найбільш інформативних документів, який містить повні дані про стан поїздки локомотивної бригади. На основі цих даних виконується облік роботи локомотива та витрат палива та електроенергії, а також нараховується заробітна плата локомотивним бригадам. На даний час існує дві технології автоматизованої обробки даних маршруту машиніста [24].

Перша технологія передбачає дворівневу обробку даних з використанням АРМ ТЧУ в окремих локомотивних депо і АРМ зведення звітної інформації встановлених форм рівня залізниці за місяць. Така, так звана ДМСС-технологія, використовувалась на Південній, Придніпровській та Одеській залізницях.

Друга технологія передбачає обробку даних безпосередньо на рівні залізниць. Таке рішення реалізоване в програмних комплексах ІОММ – «Інтегрована обробка маршрутів машиністів», які були розроблені в Україні на Південно-Західній, Донецькій та Львівській залізницях. Наразі ведеться розробка задачі ІОММ на платформі АСК ВП УЗ (рис. 5.2).

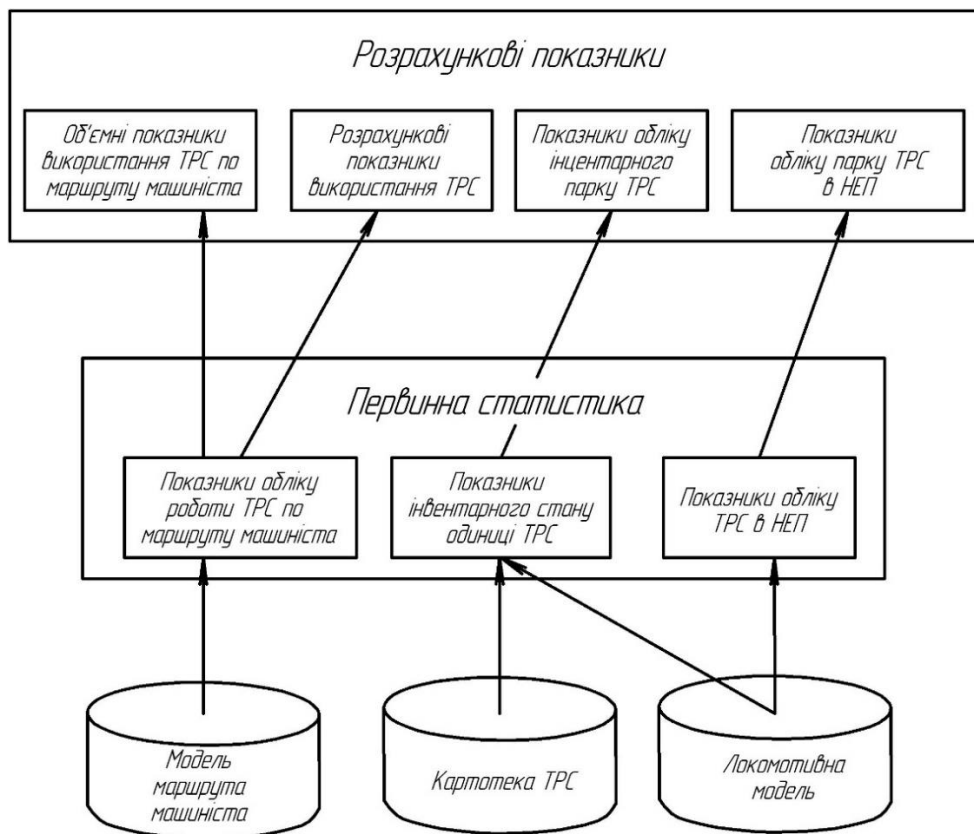


Рис. 5.2.

Недоліком обох цих рішень є суттєве відставання введення даних, оскільки при існуючій технології роботи локомотивних бригад маршрутні листи надходять на обробку із затримкою. Рішення проблеми полягає в створенні «електронного маршруту машиніста» (ЕММ), який має автоматично формуватись в процесі поїздки (зокрема, з використанням бортових накопичувачів інформації локомотивів). Перехід на електронний маршрут машиніста є одною з важливих перспективних задач АСУ Т.

5.3.3. Комплекси АРМ персоналу локомотивних депо.

Комплекси АРМ персоналу локомотивних депо створювались ще в 90-х роках минулого століття за ініціативою окремих депо та залізниць. Ці комплекси включали АРМ ТЧБ (ТЧ НД-Вузол, Дніпро, Жмеринка), ТЧД (ТЧ НД-Вузол, Дніпро), ТЧУ (НД-Вузол, Дніпро, Маріуполь), АРМ нарахування заробітної

платні (ТЧ Дарниця, Жмеринка, Одеса-Сортувальна, НД-Вузол, Дніпро), АРМ складського обліку та матеріально-технічного постачання (ТЧ Знам'янка, Подольськ, Т. Шевченка, Покровськ, Ясинувата-Західне, Волноваха та ін.).

Централізована розробка комплексу АРМ рівня депо виконана на замовлення Укрзалізниці в останні роки в рамках проекту «Локбриг». Цей комплекс включає зокрема АРМ ТЧД, ТЧБ, ТЧУ, ТЧ, ТЧТ, ТЧС (рис. 5.3).

Загальною проблемою системи «Локбриг» у тому вигляді, в якому вона була реалізована – відсутність ефективної взаємодії з інформаційним рівнем залізниці (зокрема, це суттєво обмежує формування значної частини звітів, в яких задіяна інформація від різних депо).

Ще одна проблема, яка виявилася в ході впровадження системи в депо різних залізниць – труднощі впровадження оновлених версій системи в умовах слабкої взаємодії розробників з персоналом депо. Слід наголосити, що це проблема, яка взагалі властива «локальним» АРМ. Принциповим рішенням тут може бути використання так званих «тонких» АРМ, для яких супроводження програмного коду виконується на невеликій кількості серверів під безпосереднім контролем розробників.

Таким чином, комплекс АРМ персоналу депо «Локбриг» в значній мірі реалізує функції автоматизації на рівні депо. Існуючі проблеми його використання та розвитку необхідно вирішувати в ході його інтеграції в загальну систему АСУ Т.

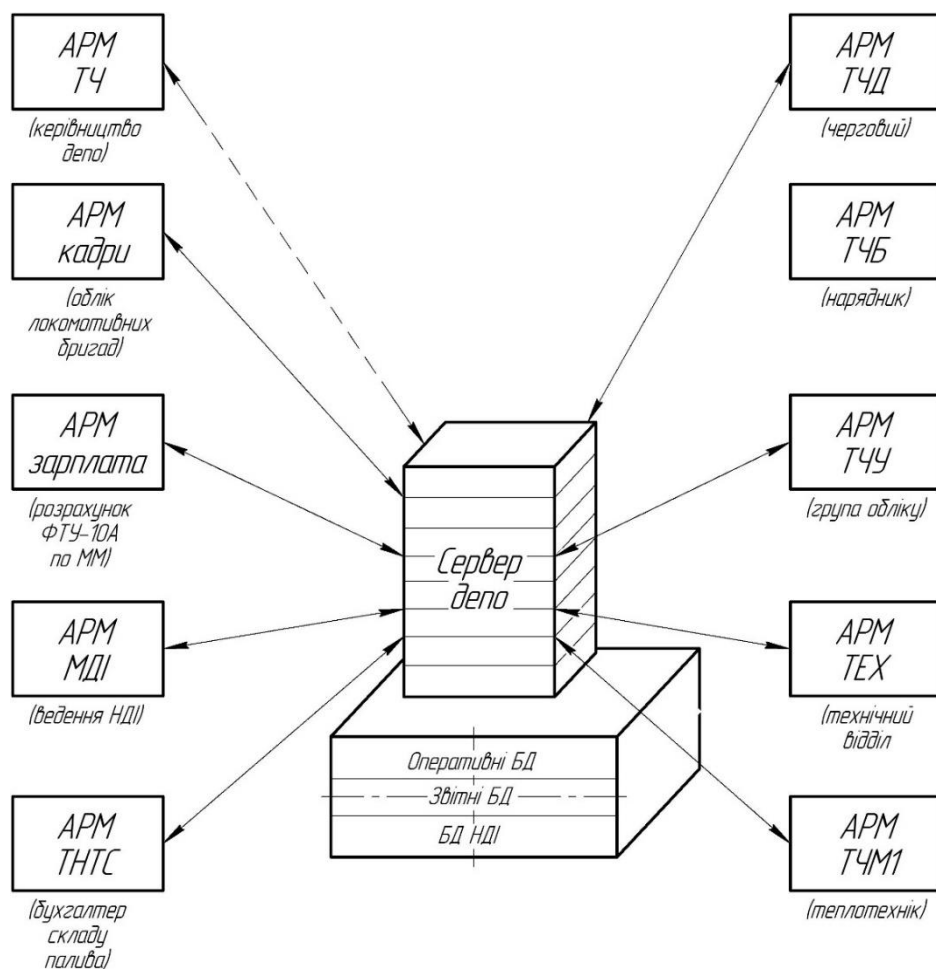


Рис. 5.3.

5.3.4. Автоматизація інших робочих місць.

Практично на всіх залізницях використовуються АРМ окремих фахівців служби Т (відділу ремонту, паливного, техвідділу тощо) розробки як ІОЦ залізниць, так і інших виконавців. Більшість цих АРМ була розроблена протягом 90-х років за «індивідуальними» заявками-постановками фахівців служб і непридатні до тиражування. Разом з тим, технологічні постановки, які були задіяні при створенні найбільш вдалих АРМ, доцільно використовувати при їх створенні в межах АСУ Т.

З іншого боку, для деяких напрямків такі напрацювання є або значно слабкішими, або зовсім відсутні. Це стосується зокрема АРМ диспетчерського апарату дирекцій та залізниць (в тій частині функцій, яка охоплює задачі експлуатації локомотивів та роботу бригад). Щоправда, останнім часом тут виконуються досить перспективні розробки. Так, в межах серверу підтримки оперативного планування та управління використанням ТРС та бригад передбачається автоматизація функцій ТНЦ та ДНЦ (зокрема, контролю готовності локомотивів та призначення локомотивів під поїзди).

В межах цієї роботи зокрема створений механізм інформаційного обслуговування персоналу на базі веб-рішення, який дозволяє створювати АРМ в середовищі серверу застосувань АСК ВП УЗ. Особливості робочих місць користувачів враховуються при заданні «профілю» клієнта, який визначає перелік доступних задач, виділених повноважень та обмеження в наданні інформації згідно із службовою компетенцією користувача. При цьому спеціальне програмне забезпечення зосереджено виключно на сервері застосувань, а на клієнтському комп'ютері використовується лише стандартна програма веб-браузер. Важливо, що сучасний рівень розвитку веб-технологій дозволяє створити досить комфортний інтерфейс користувача, в якому зокрема активно використовуються графічні засоби.

Безумовно, таке рішення не є універсальним. В деяких конкретних випадках більш ефективним може бути використання «товстих» АРМ, в яких спеціальне програмне забезпечення знаходиться на локальному комп'ютері користувача. Однак, такий підхід має бути максимально обмеженим, оскільки він пов'язаний з труднощами супроводження програм.

Запитання для самоконтролю

- 1. Призначення системи автоматизованого управління локомотивним господарством.*
- 2. Інформаційні технології в локомотивному господарстві.*
- 3. Контроль дислокації локомотивів.*
- 4. Контроль дислокації локомотивних бригад.*
- 5. Автоматизовані робочі місця персоналу локомотивних бригад.*

РОЗДІЛ 6. ОРГАНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УТРИМУВАННЯ ЛОКОМОТИВІВ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ

6.1. Основи організації технічного обслуговування локомотивів в експлуатації

У процесі експлуатації локомотива витрачається ресурс надійності, закладений у його конструкцію при проектуванні та виготовленні. Зниження рівня надійності приводить до відмови (псування) локомотива. Відмова (псування) у процесі експлуатації може стати причиною аварії або катастрофи, а значно частіше – порушення графіка руху поїздів, зниження швидкості руху, перевитрат енергоресурсів, зупинки на ділянці обороту і т.п.

Для попередження цих неприпустимих явищ створена та функціонує система технічного обслуговування та ремонтів (ТОР) – комплекс організаційних і технічних заходів, що визначає порядок підтримування локомотивів у технічно справному стані в процесі експлуатації між черговими плановими обслуговуваннями та *ремонтами* [34].

До технічного *обслуговування* локомотивів відноситься також їхнє екіпірування та підготовка до експлуатаційної роботи: постачання локомотивів необхідними матеріалами (паливом, піском, маслами, водою, обтиральними матеріалами), перевірка автостопа, а в разі потреби поворот на 180°.

Час, що витрачається на технічне обслуговування локомотивів з точки зору виконання ними прямого призначення – перевізної роботи, є непродуктивним і може оцінюватися, наприклад, коефіцієнтом готовності $K_{\text{гот}}$.

$$K_{\text{гот}} = \frac{\Phi_{\text{к}} - \sum_{i=1}^P Z_i T_{pi}}{\Phi_{\text{к}}}, \quad (6.1)$$

де $\Phi_{\text{к}}$ – календарний фонд часу локомотива за період між плановими видами ремонтів;

Z_i – кількість ремонтів і обслуговувань i -го виду за той же період;

T_{pi} – тривалість знаходження локомотива на i -му виді ремонту або обслуговуванні;

P – кількість видів ремонтів та обслуговувань.

Структура системи ТОР повинна забезпечувати безвідмовну високоефективну роботу локомотива в експлуатації, максимально можливе збільшення коефіцієнта готовності $K_{\text{гот}}$, і в той же час ця **система** повинна здійснюватися при можливому мінімумі витрат фінансових, матеріальних і трудових.

Рішення цих завдань ґрунтується на положеннях теорії надійності, вивченні умов і методів експлуатації локомотивів. Розглянемо деякі основні положення теорії надійності локомотивів.

Процес виникнення несправностей локомотивів є випадковим і властиві йому закономірності вивчаються із застосуванням імовірнісних методів. Відповідно до прийнятої термінології (ДЕРЖСТАНДАРТ УКРАЇНИ. ДСТУ 2860-94) під надійністю розуміють властивість локомотива виконувати задані тягові функції, зберігаючи свої експлуатаційні параметри протягом необхідного проміжку часу або необхідного наробітку на відмову в заданих умовах експлуатації. Таким чином, *надійність* – це властивість деталей або локомотива в цілому не мати непередбачених змін якості в процесі заданого часу експлуатації.

Надійність локомотива обумовлюється збереженням працездатності, безвідмовністю, швидкістю відновлення після відмови (ремонтпридатністю), схронністю та тривалістю служби, або довговічністю.

У випадку, коли ми говоримо про надійність агрегатів локомотива, що дорівнює 0,9, то це означає, що 90 % агрегатів, що перебувають в експлуатації, працюють у встановлений період без відмови, а 10 % відмовлять.

Відмовою називається повна або часткова втрата працездатності локомотива (агрегату, вузла, деталі). З погляду забезпечення поїзної роботи, відмовою локомотива вважається будь-яка технічна несправність, що викликала раптову зупинку поїзда на ділянці для її усунення.

Несправність – більше широке поняття, що визначає стан локомотива, при якому він не відповідає хоча б одній із вимог ПТЕ. Для оцінки надійності локомотива в експлуатації введено поняття *експлуатаційна надійність*, під яким розуміють властивість агрегату, вузла, деталі та локомотива в цілому безвідмовно працювати протягом певного часу (наробіток) у заданих умовах експлуатації, при дотриманні встановлених норм технічного обслуговування та поточного ремонту, тобто – імовірність нормального функціонування, обумовлена експлуатаційними умовами роботи деталі, вузла, агрегату та локомотива в цілому з врахуванням його реальних навантажувальних режимів і системи обслуговування.

6.2. Система технічного обслуговування

Діюча система технічного обслуговування та планово-попереджувальних ремонтів локомотивів являє собою комплекс взаємозалежних положень і норм, що визначають організацію та порядок проведення робіт з технічного обслуговування та ремонту з метою попередження появи відмови (несправностей) і забезпечення високої якості й ефективності локомотивів в експлуатації.

Розвиток засобів і методів безрозбірного діагностування технічного стану вузлів і агрегатів локомотива дозволяє прогнозувати якість локомотива в експлуатації, залишковий ресурс і гарантований ресурс безвідмовної роботи. З'являється можливість визначити час постановки локомотивів у ремонт по прогнозованих гарантійних строках їхньої роботи, у кожному конкретному випадку з урахуванням напруженості й інших експлуатаційних умов роботи локомотива. Це вносить певні корективи в організацію планово-попереджувальних ремонтів:

підвищується вірогідність ремонтних строків, скорочуються випадки передчасної постановки в ремонт і т.п. [30, 31, 32, 33]

Система технічного обслуговування й ремонту локомотивів (ТОР) включає: технічне обслуговували ТО-1, ТО-2, ТО-3 та ТО-4 для підтримування працездатності, чистоти та належного санітарно-гігієнічного стану локомотивів і моторвагонного рухомого складу, змашування поверхонь тертя деталей у міжремонтний період, особливого контролю за ходовими частинами, гальмовим обладнанням, пристроями автоматичної локомотивної сигналізації, швидкостемірами, приладами пильності та радіозв'язку, що забезпечують безпека руху поїздів, а також обточування бандажів колісних пар без викочування їх з під локомотива;

спеціалізовані технічні обслуговування (ТО-5 та ТО-6), які виконуються за потребою для певних локомотивів та у визначені терміни;

поточні ремонти ПР-1, ПР-2 і ПР-3 для ревізії, заміни або відновлення окремих агрегатів, вузлів, і деталей, а також випробування і регулювання, що гарантують працездатність локомотива між відповідними видами ремонтів.

КР-2 та КР-1 виконуються на спеціальних локомотиворемонтних заводах з вилученням локомотивів на тривалий час із експлуатації.

Схема (рис. 7.1) дає чітке уявлення про систему ТОР, що складається із двох підсистем: підсистеми підтримування експлуатаційної надійності на відповідному (встановленому) рівні, що забезпечує відсутність відмов в експлуатації, і підсистеми відновлення конструктивної надійності, що монотонно знижується в процесі експлуатації.

6.2.1. Технічне обслуговування ТО-1. Цей вид обслуговування називають ще службовим ремонтом. Виконується ТО-1 локомотивними бригадами під час приймання-здавання локомотива на коліях основного та оборотного депо, у пунктах зміни локомотивних бригад, на станційних коліях, при зупинках на проміжних станціях і на шляху прямування, тобто в процесі експлуатації локомотивів і моторвагонного рухомого складу по спеціальному переліку робіт, який значною мірою визначає ефективність експлуатації локомотивів. У цей перелік входять обов'язкові операції по перевірці стану екіпажної частини, вузлів і деталей, справність яких забезпечує безпеку руху локомотивів, огляду буксових підшипників і колісних пар, гальмової системи, пісочниць, швидкостемірів, радіозв'язку, автоматичної локомотивної сигналізації. Крім того, під час приймання локомотива перевіряють наявність пломб у встановлених місцях, наявність і стан інструмента, інвентарю, запасних частин і сигнальних засобів.

В обсяг службового ремонту входить регулювання гальмової важільної передачі, кріплення болтів і гайок, зміна шплінтів і шайб у всіх з'єднаннях механічного та електричного встаткування, ламп що перегоріли, плавких запобіжників, кінцевих і перехідних рукавів, огляд тягових двигунів і допоміжних машин; усунення витоків повітря; кріплення послаблених повітропроводів і ін. Локомотивні бригади повинні періодично продувати повітряні резервуари автогальмової магістралі, бруд збірники та масловіддільники.

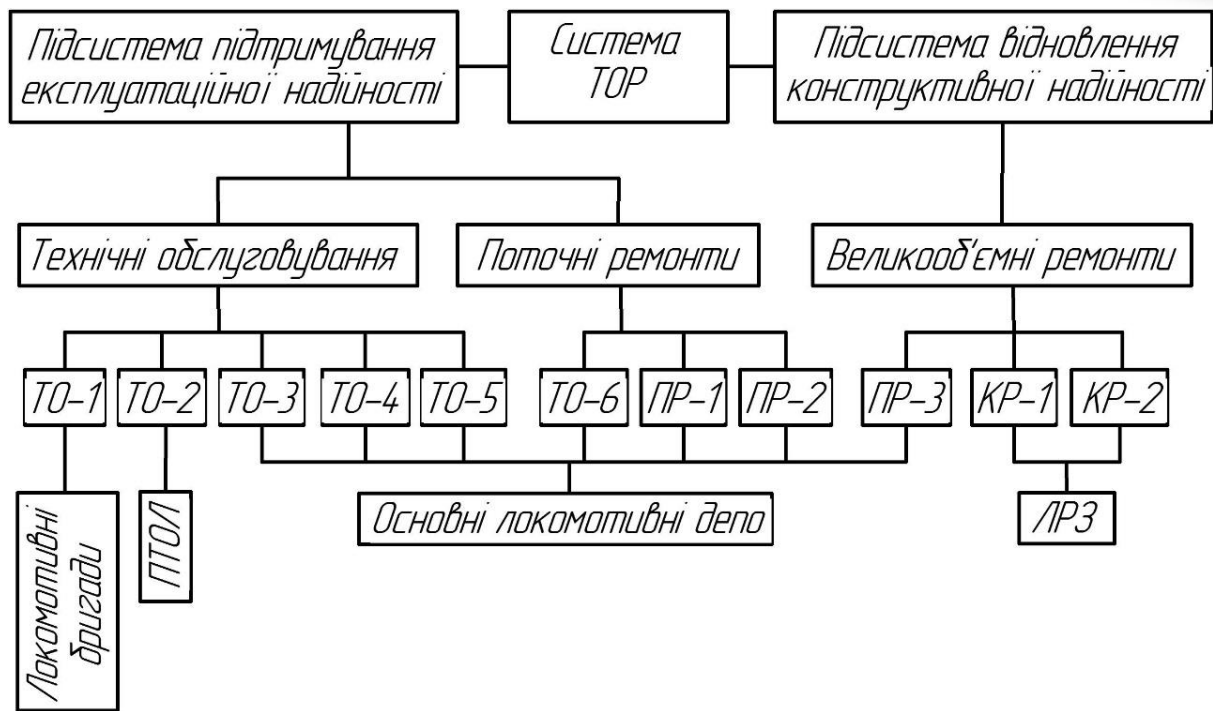


Рис. 6.1. Система технічного обслуговування і ремонту (ТОР).

При огляді та перевірці кріпильних деталей варто пам'ятати, що незначний дефект, вчасно непомічений і не ліквідований на технічному обслуговуванні нерідко переходить у несправність, що вимагає непланового ремонту.

Обслуговування локомотива в експлуатації передбачає операції по визначенню причин появи сторонніх шумів при роботі дизеля (тепловоза) і компресора, у підшипниках електричних машин і т.п. Уважне спостереження ведеться за показаннями вимірювальних приладів, що є по суті вбудованими, штатними діагностуючими пристроями.

Приймання локомотива починається з ознайомлення із записами в «Журналі технічного стану локомотива» (форма ГУ-152) про роботу вузлів і агрегатів у попередній поїздки, а при виїзді з депо або пункту технічного обслуговування перевіряється запис майстра ремонтної бригади про усунення несправностей. Конкретні обов'язки локомотивних бригад при прийманні-здаванні локомотива встановлюються начальником служби локомотивного господарства залежно від місцевих умов експлуатації, виду та типу локомотива.

Нижче наведена форма «Журналу технічного стану локомотива» (у деяких депо його, називають «бортовим журналом»).

Головним у передових методах догляду за локомотивами в експлуатації є попередження появи та розвитку дефектів, що можуть привести до відмов і несправностей локомотива. Досягається це виконанням профілактичних заходів по догляду в експлуатації за агрегатами та вузлами локомотива, вибором правильних режимів керування, чітким дотриманням службового ремонту – *технічного обслуговування ТО-1*.

ЖУРНАЛ

технічного стану _____ серія _____ № _____
 локомотивного депо _____ залізн. 000

| Число, місяць, пункт зміни локомотивної бригади | Прізвище машиніста | | Наявність палива на момент приймання, кг | Зауваження та несправності, виявлені під час руху та при оглядах. Записи машиністів | Дата усунення несправностей (посада, розпис) |
|---|--------------------|----------------------|--|---|--|
| | що здає локомотив | що приймає локомотив | | | |
| 10. VI. 2013, 14.30, Котовськ | Бурлак | Миколів | 2700 | 1. Перегоріла лампа прожектора 2. Пропускає манжета циліндра електропневматичного контактора | 10. VI. 2013 машиніст Миколів 10. VI. 2013 машиніст Білик |

Перелік робіт з догляду за локомотивом, що входять до службового ремонту (ТО-1), у вигляді таблиць знаходиться на стінці кабіни управління локомотива. У таких переліках передбачається візуальна, уважна (відповідальна) перевірка стану машин і агрегатів під час їх роботи, в електровозів, наприклад, головного вимикача (ГВ), струмоприймача, поїзного радіозв'язку, колекторів; і щіткових агрегатів електричних машин (по певній циклічності) кріплень болтових з'єднань, регулювання виходу штоків гальмових циліндрів, перевірка наявності мастила у резервуарах та маслянках і т.п.

Для виконання всіх цих робіт, за досить малий відведений проміжок часу (15–30 хв), розробляються технологічні та маршрутні карти періодичного виконання всіх робіт з ТО-1 і дії кожного члена локомотивних бригад (як тієї що здає, так і тієї що приймає локомотив). Для попередження несправностей машиніст повинен уміло керувати локомотивом, не допускати комутаційних порушень, боксування, ривків і ударів, правильно користуватися охолоджувальними вентиляторами, належну увагу приділяти перевіркам стану системи подачі піску, моторно-осьових підшипників і т.п.

6.2.2. Технічне обслуговування ТО-2. Технічне обслуговування ТО-2 поїзних, маневрових локомотивів та моторвагонного рухомого складу проводиться в пунктах технічного обслуговування (ПТО), як правило, критих, оснащених оглядовими канавами, для ЕРС – естакадами, та укомплектованих висококваліфікованими слюсарями, оснащених необхідним обладнанням, для заправлення ТРС водою, мастилом, паливом, піском, сушіння електричних машин гарячим повітрям, підігріву мастила для заправлення моторно-осьових підшипників пристосуванням та інструментом, забезпечених технологічним запасом деталей та матеріалів.

ПТО електро- та дизель-поїздів повинні мати облаштування для санітарно-гігієнічної обробки, а пункти відстоювання на великих станціях обороту – обладнання для заправлення вагонів водою.

Керівництво ПТО покладається на старшого майстра незалежно від кількості одиниць ТРС, що обслуговуються за одну добу, а керівництво комплексною бригадою – на змінних майстрів.

Технічне обслуговування ТО-2 ТРС при закріпленій їзді виконується слюсарями за участю закріпленої локомотивної бригади.

Технічне обслуговування ТО-2 маневрових, вивізних, господарських локомотивів та МВРС на станціях, віддалених від депо і ПТО, проводиться силами локомотивних бригад.

Тривалість технічного обслуговування ТО-2 установлюється з урахуванням обов'язкового виконання обсягу та технології профілактичних робіт відповідно до наказу №093-ЦЗ від 30.06.2010 р.:

- для пасажирських локомотивів – 2 години;
- для МВРС, якому ТО-2 виконується комплексними бригадами слюсарів з ремонту рухомого складу з урахуванням графіка обертання – не більше 2 годин;
- для вантажних магістральних тепловозів – 1,5 години;
- для всіх інших локомотивів – 1,5 години.

Простій в очікуванні виконання ТО-2, у зв'язку з нерівномірністю підходу ТРС в тривалість ТО-2 не враховується.

Періодичність технічного обслуговування ТО-2 для ТРС установлюється начальником залізниці в межах 24–72 годин (для серій ДСЗ, 2ЕС5К, 2ЕЛ5К – 96 годин) незалежно від пробігу. Для маневрових, вивізних та господарських локомотивів, що забезпечують експлуатаційну роботу на станціях, віддалених від депо і ПТО, періодичність постановки на ТО-2 може бути збільшена згідно з наказом начальника залізниці до 90 годин.

На плановий час виконання ТО-2 локомотив не вилучається з парку експлуатації. У випадку перевищення норми часу виконання ТО-2 локомотив перераховується в парк, що не експлуатується до числа несправних локомотивів (неплановий ремонт). При технічному обслуговуванні ТО-2 локомотивів виконуються наступні основні профілактичні роботи.

По механічному встаткуванню: огляд ходових частин з перевіркою кріплення болтів шапок моторно-осьових підшипників, кожухів зубчастої передачі й ін., огляд піскових труб, колісних пар з перевіркою посадки бандажів, якість змащення поверхонь тертя деталей, огляд ресорного підвішування, важільної системи гальма, гальмових колодок.

По електричній частині: огляд колекторів тягових електродвигунів і тягових генераторів тепловозів, щіток і щіткових апаратів, усунення слідів перекидання колового вогню, продування електричних машин, перевірка справності реле, контакторів, контролерів, резисторів, перевірка чіткості спрацьовування електроапаратів. На електровозах додатково передбачається перевірка роботи струмоприймачів на підйом і опускання, перевірка стану полозів і контактних накладок, шарнірних з'єднань, шунтів, їхнє кріплення цілісність ізоляторів; огляд грозозахисної апаратури; перевірка рівня електроліту в акумуляторних батареях і при нестачі його поповнення, перевірка стану випрямної установки й іншої апаратури.

На тепловозах при працюючому дизелі перевіряють роботу механізмів і агрегатів на відсутність сторонніх стуків і шумів, надходження масла до підшипників повітродувок, турбокомпресорів і редукторів; спадання крапель по сальнику водяного насоса та нагрівання корпусу сальника; роботу редукторів вентилятора холодильника, відключення та закриття жалюзі; щільність трубопроводів масла, палива, **води та повітря; величину** розрідження в картері дизеля по дифманометру; роботу регулятора обертання вала дизеля.

При зупиненому дизелі перевіряють кріплення силових агрегатів механізмів і їхніх приводів, стан ременів і карданних валів, паливних насосів, рівень масла в повітряних фільтрах дизеля, стан вентиляторів холодильника, зливають масло, що зібралось, і паливо з піддонів агрегатів, повертають рукояткою пластинчасто-щілинні фільтри на 2–3 оберти.

Крім зазначеного переліку робіт, слюсарі пункту технічного обслуговування усувають дефекти, виявлені локомотивними бригадами в процесі експлуатації в «Журналі технічного стану локомотива», після чого перевіряється робота всіх вузлів і агрегатів (у тепловоза – при працюючому дизелі, в електровоза – при

піднятому струмоприймачі). Особлива увага приділяється огляду встаткування, від стану якого безпосередньо залежить безпека руху поїздів, протипожежна безпека й ті деталі, де виявлене підвищене зношування або незадовільна робота в процесі експлуатації.

Про виконання технічного обслуговування ТО-2 і усунення несправностей, записаних машиністами, а також про технічний стан і якість догляду за локомотивом з боку локомотивних бригад майстром ПТОЛ робиться запис в «Журналі технічного стану локомотива». Для аналізу надійності вузлів локомотивів і контролю роботи слюсарів ПТОЛ майстри ведуть книгу реєстрації додаткових робіт при виконанні ТО-2 (форма ТУ-29).

6.2.3. Технічне обслуговування ТО-3. В основних локомотивних депо ТО-3 виконується комплексними та спеціалізованими бригадами і призначається для ревізії встаткування локомотивів. Перелік робіт, що виконуються на ТО-3, передбачає огляд відповідальних вузлів і деталей, у тому числі: екіпажної частини з перевіркою кріплення й змащування поверхні тертя деталей, тягових двигунів з перевіркою стану колекторів, обмоток і щіток; допоміжних машин, висковольтної апаратури, пневматичного встаткування.

На електровозах додатково перевіряється випрямна установка, трансформатор (кріплення, уведення, ізолятори), струмоприймач, дахове встаткування, акумуляторні батареї; на тепловозах – кріплення дизеля на рамі, стан шатунних і корінних підшипників, виконується обпресування форсунок, а також зміна й промивання паливних, масляних і повітряних фільтрів.

Обсяги ремонтних робіт під час виконання ПР-1, ПР-2 ПР-3, КР-2 та КР-1 докладно розглядаються в спеціальній літературі з організації та технології ремонту тепловозів і електровозів і наведені в Правилах ремонту електровозів, тепловозів, дизель-поїздів і електропоїздів. Раціональна періодичність виконання технічного обслуговування встановлюється з врахуванням того, щоб сумарні витрати на технічне обслуговування були мінімальними.

На ряді закордонних залізниць замість системи планово-попереджувальних ремонтів застосовується система безперервності контролю технічного стану агрегатів і вузлів і ремонтного обслуговування, що забезпечує найбільш повне використання машин при мінімальних витратах. Характерною рисою такої системи обслуговування є відсутність фіксованих строків ремонту та міжремонтних інтервалів. Наприклад, на залізницях США тяговий рухомий склад оснащується системою контролю, що дозволяє безперервно реєструвати близько 120 параметрів різних елементів локомотива. Отримані дані обробляються в обчислювальному центрі, де й встановлюється необхідність вилучення даного локомотива з експлуатації для виконання ремонту.

6.2.4. Визначення періодів між ТО та ПР.

Величина пробігів між поточними технічними обслуговуваннями та ремонтами для тепловозів вантажного та пасажирського руху, може бути визначена з виразу

$$L = \frac{G}{\varphi}, \quad (6.2)$$

де G – норма витрати тепловозами дизельного палива між окремими видами технічного обслуговування та ремонтами.

Показник використання даної серії тепловозів

$$\varphi = \frac{Aq_{\text{п}} 10^4}{MS^{\text{піч}}}, \quad (6.3)$$

де A – перевізна робота, виконана тепловозами даної серії за рік, ткм брутто;

$q_{\text{п}}$ – питома витрата натурального палива на вимірник тепловозами даної серії за попередній рік, кг/10⁴ ткм брутто;

$MS^{\text{піч}}$ – загальний пробіг локомотивів, виконаний тепловозами даної серії за рік, км.

Норми міжремонтних періодів роботи непоїзних тепловозів

$$t_{\text{р}} = \frac{G_0}{23,5\varphi'}, \quad (6.4)$$

де G_0 – норма витрати дизельного палива між окремими видами технічного обслуговування та ремонтів.

Показник використання потужності непоїзних тепловозів

$$\varphi' = \frac{E_{\text{п}}}{t_3}, \quad (6.5)$$

де $E_{\text{п}}$ – загальні витрати натурального дизельного палива тепловозами даної серії за встановлений період, кг;

t_3 – загальний час роботи тепловозів даної серії в експлуатації за встановлений період часу, год.

Диференційована норма пробігів електровозів між j -м видом технічного обслуговування або ремонтом може визначатися за формулою

$$L_j = L_{\text{о}j} \cdot \frac{k_{F_0}}{k_{F_i}}, \quad (6.6)$$

де L_{oj} – норма пробігу, встановлена наказом №429-Ц від 15.10 2016р. між j -м видом технічного обслуговування або ремонтом;

k_{F_0} – середній коефіцієнт використання сили тяги електровоза з урахуванням рекуперації, по середньо мережевим даним (0,293).

Середній коефіцієнт використання сили тяги для локомотивів даної залізниці або депо

$$k_{F_i} = \frac{\alpha_L \cdot (1 + 2,3k_p)}{\alpha_{L_H}}, \quad (6.7)$$

де α_L – середня питома витрата електроенергії електровозом на 1 км пробігу, що визначається по електровозних лічильниках, кВт-год- км;

k_p – коефіцієнт рекуперації.

Номінальний енергетичний коефіцієнт для конкретного електровоза

$$\alpha_{L_H} = \frac{I_\infty \cdot U + N_{\text{влсн}}}{1000V_\infty}, \quad (6.8)$$

де I_∞ – струм тривалого режиму електровоза, А;

U – напруга на клеммах електродвигуна, В;

V_∞ – швидкість електровоза при тривалому режимі, км/год;

$N_{\text{влсн}}$ – потужність, що споживається для власних потреб, Вт/год.

Значення коефіцієнта α_{L_H} :

| Серія електровоза | ВЛ23 | ВЛ8 | ВЛ10 | ВЛ60 | ВЛ60 ^к | ВЛ80 | ЧС2 | ЧС3 | ЧС4 |
|-------------------|------|------|------|------|-------------------|-------|------|------|------|
| α_{L_H} | 70,2 | 93,3 | 97,5 | 75,5 | 85,5 | 134,0 | 41,0 | 35,4 | 52,6 |

Найвигідніші норми пробігів $L_{\text{рац}}$ між технічними обслуговуваннями та ремонтами встановлюються виходячи з досягнення мінімальних сумарних витрат на планові та непланові ремонти. Мінімум сумарних витрат $\sum C_{\text{min}}$ може бути визначений графічно, якщо відомі закономірності зміни витрат на планові Z_1 і непланові Z_2 ремонти від величини міжремонтних періодів L_p (рис. 6.2).

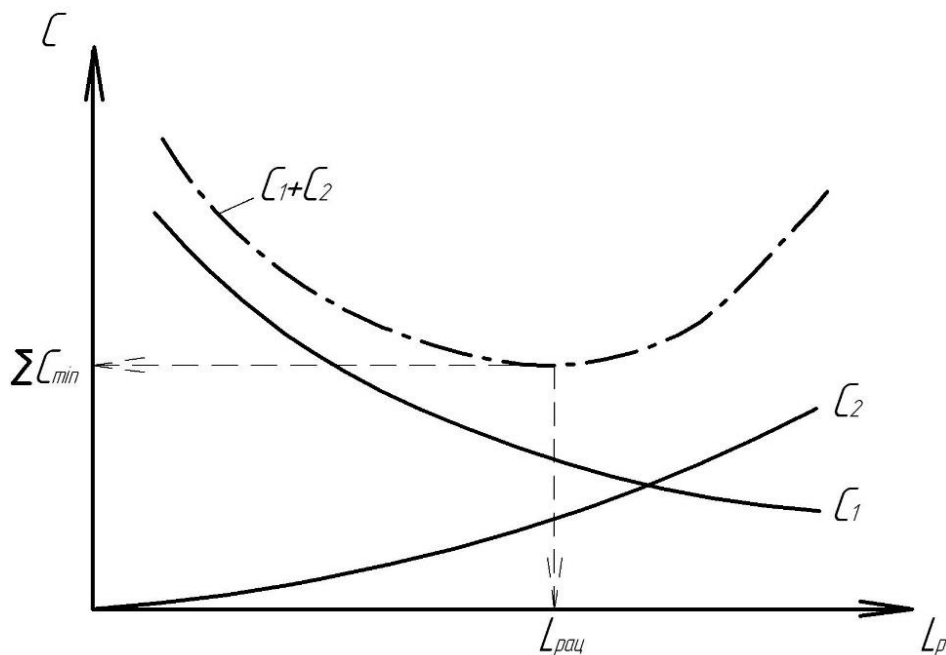


Рис. 6.2. Визначення оптимального міжремонтного періоду L_p по мінімуму витрат на ремонт та технічне обслуговування $\sum C_{min}$:
 C_1 – витрати на планові ремонти; C_2 – витрати на непланові ремонти.

6.3. Перспективи розвитку та напрямки покращення системи утримування тягового рухомого складу

Короткий огляд систем ППР локомотивів в країнах СНД та ряду закордонних країн показує, що спільним для залізниць є прагнення підвищити експлуатаційну надійність для збільшення часу корисної роботи локомотивного парку і зниження експлуатаційних витрат і, в тому числі, витрат на утримування локомотивів [37, 38, 47, 48]. У цих умовах найактуальніше значення набуває задача управління технічним станом локомотивів шляхом корегування термінів проведення профілактичних і ремонтних заходів з урахуванням зміни їхнього технічного стану та обсягів виконуваних при цьому робіт. Дослідження показують, що цю задачу можна вирішити лише на основі збору, обробки й аналізу великого обсягу первинної інформації про технічний стан локомотивів. Тому наступний етап розвитку системи утримування локомотивного парку неможливий без широкого використання обчислювальної техніки, діагностичних систем та приладів. Внаслідок цього, більшість залізниць у промислово розвинених країнах наприкінці шістдесятих – початку сімдесятих років минулого століття приступили до створення як засобів технічної діагностики, так і систем контролю технічного стану.

Локомотиви, які знаходяться в експлуатації на Укрзалізниці побудовані як правило за технічними вимогами 60-х років, і по своїй суті вже є тяговим рухомим складом (ТРС) старого покоління, для якого характерні недостатній рівень надійності, високі витрати на ремонт та обслуговування [4].

Планово-попереджувальна система діє на залізницях колишнього СРСР, а тепер і України більше п'ятдесяти років. Вона періодично корегується на основі накопиченого досвіду та аналізу, статистичної інформації про відмови, пошкодження та дефекти, що виникають у вузлах та агрегатах під час експлуатації [49].

Незважаючи на факти наведені вище, бажана точність прогнозування надійності ТРС до цього часу не досягнута. І дійсно, система, де перелік обсягів та періодичності робіт при ТО та ПР встановлені на основі середньостатистичних показників надійності вузлів та агрегатів ТРС, неефективна. Вона припускає як відмови під час експлуатації, так і передчасні ремонти до закінчення ресурсу, а також, навпаки, пропуск перед відмовного стану, оскільки реальні ресурси надійності окремих вузлів та агрегатів можуть значно відрізнятися від середньостатистичних. Мала ефективність системи планово-попереджувального ремонту і ТО в цей час підкреслюється також безперервним зростанням витрат на утримування локомотивів та неможливістю подальшого підвищення їх надійності. Система фактично вичерпала себе, тому і необхідна кардинальна її реорганізація.

Тобто система повинна бути гнучкою і враховувати «вікові» групи локомотивів, умови експлуатації, а відповідно і витрати всіх видів ресурсів та часу на виконання ТО та ПР.

При цьому всьому концепція модернізації ТРС, що знаходиться в експлуатації, повинна максимально наблизитись до концепції розбудови нового покоління локомотивів. Ця умова забезпечить уніфікацію з'єднань бортових систем діагностування з стаціонарними засобами діагностики, що є одним із можливих варіантів оптимального переходу на нову систему технічного обслуговування та ремонту.

Концепція системи утримування ТРС за технічним станом повинна базуватися на використанні комплексу вбудованої (бортової), зовнішньої (стаціонарної) автоматизованих систем діагностування. За допомогою комплексу систем та засобів забезпечується відповідно безперервний, періодичний та неруйнівний контроль, діагностування та прогнозування залишкового ресурсу складових частин обладнання. При цьому накопичується та аналізується інформація, яка характеризує технічний стан об'єктів, що підлягають контролю. Зібрана інформація при необхідності передається в електронну базу діагностичних даних на зберігання або ж на обробку. Результати вивчають і приймають рішення по управлінню технічним станом ТРС. Тобто обов'язковою умовою на майбутнє повинно стати накопичення інформації про стан вузлів та агрегатів і займатись цим повинні бюро (відділи) статистики (якості) створені хоча б на рівні залізниць, які вестимуть облік стану деталей та складових локомотива за якими після відповідної математичної обробки визначаються характеристики надійності локомотива.

Характеристики надійності локомотива в свою чергу будуть характеризувати його стан, допоможуть визначати міжремонтні пробіги, корегувати об'єми робіт, і, як кінцевий результат, дадуть можливість визначати вартість ремонту яка б гарантувала ту чи іншу надійність локомотива. Ці характеристики допоможуть також визначати ресурс локомотива за сумарною кількістю грошей витрачених на всі види ремонтів та обслуговувань за час використання локомотива. А

як показує світовий досвід – локомотив в експлуатації повинен знаходитись в межах 30 років. Щоб за цей час техніка ні фізично ні морально не встигла б зістаритись. Яка ж із систем в цьому випадку найбільш повно буде відповідати потребам, як ремонту так і експлуатації. Над цим питанням працює велика кількість фахівців протягом багатьох років.

Планово-попереджувальна система ремонту незалежно від стану локомотива здійснюються розбірно-збірні операції, які, ще невідомо підвищують чи знижують надійність локомотива. До цього часу ніхто із науковців не дав кількісної характеристики об'єкту ремонту після виконання тих чи інших операцій (що дала заміна прокладки, підшипників, фільтрів і т.п.) [4].

За результатами діагностування (вбудованого, стаціонарного) рекомендується виконувати визначений обсяг робіт [35, 36, 39]. Але де гарантія того, що в експлуатацію із-за помилки діагностування потрапить «хворий» локомотив, і навпаки, де гарантія того, що в ремонт не стане «здоровий» локомотив. А щоб уникнути цього паралельно з діагностикою необхідно обов'язково вести облік статистичних даних про стан деталей, вузлів та локомотива в цілому. Для того щоб на відповідному етапі (пробіг, виконана робота) приділяти більше уваги вузлам які лімітують працездатність та надійність локомотива. І обов'язково порівнювати результати діагностування та статистичні дані, щоб до мінімуму звести появу помилок будь якого роду.

На даному етапі становлення економіки, становлення нових виробничих відносин, відновлення парку локомотивів, продовження їх ресурсу необхідно:

- модернізувати існуючі локомотиви, тобто провести випробування тих комплектуючих, які будуть встановлюватись на вітчизняних локомотивах і вже зараз організувати за ними спостереження в умовах експлуатації;
- там де це є доцільним впроваджувати модульні принципи виготовлення устаткування локомотивів. Модульність конструкції з резервуванням, наприклад, основного електрообладнання дозволяє забезпечити високий рівень надійності локомотивів;
- створювати і апробувати системи (вбудованої та стаціонарної) діагностики, щоб на нових локомотивах встановлювались конструктивно удосконалені та надійні вузли та агрегати;
- організувати і удосконалювати сервісне обслуговування за допомогою заводу-виробника локомотивів;
- вже зараз розпочати впровадження системи оренди локомотивів та приватної тяги.

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

Тільки тоді, коли буде накопичений необхідний статистичний матеріал про поведінку вузлів та локомотива в цілому, ввійде в повсякдення система

діагностування та самоконтролю (само діагностування) локомотива, може йти мова про систему утримування за станом.

Як показує практика, у міру старіння ТРС питомі трудозатрати на його утримувння в працездатному стані збільшуються. З урахуванням цього передбачене підвищення нормативної трудомісткості ТО та ПР на 15–25 % після 8–10 років експлуатації.

В міру оснащення депо засобами діагностування, що дозволяють повно та вірогідно визначати стан значної частини вузлів ТРС, автоматично оцінювати зміну контрольних параметрів, діюча система планово-попереджувальних ремонтів фактично повинна перетворитися в таку, яку умовно можна назвати ремонтом за станом. Така система дозволить застосування змішаної стратегії ремонту: одна частина елементів замінюється по відмові (наприклад, лампочки, запобіжники), інша – по наробітку (елементи, які швидко зношуються, мастило, фільтри), третя – за станом, який обумовлений засобами контролю, діагностування. При цьому в загальному випадку за рахунок більш повного використання ресурсу елементів ТРС витрати на його ремонт скорочуються, що компенсує витрати на діагностування, заощаджує трудові ресурси та матеріали.

Враховуючи те, що вузли та агрегати мають неоднаковий ресурс, то існуючу в даний час планово-попереджувальну систему ремонту можна вважати комбінованою. Тут і виникає задача домогтися максимального використання ресурсу локомотива при мінімальних витратах на контроль і діагностування.

Ця задача може вирішуватися наступними шляхами:

- 1) створення локомотивів з високою ремонтпридатністю, які мають вузли та агрегати з близьким або кратним ресурсом;
- 2) створення конструкцій локомотивів з високими техніко-економічними показниками, які б в повній мірі відповідали умовам експлуатації;
- 3) забезпечення оптимальної, конструктивної надійності локомотивів і їх високої ремонтпридатності;
- 4) розвиток і використання засобів діагностики без розбирання вузлів і агрегатів;
- 5) оптимізація міжремонтних пробігів, структури міжремонтного циклу та обсягів робіт при різних видах ремонту;
- 6) оптимізація системи технічного обслуговування і ремонту для конкретних умов експлуатації.

А враховуючи те, що в період до 2025 р. в експлуатації будуть переважно знаходитися локомотиви побудовані в 60-ті – 70-ті роки, тобто термін експлуатації яких або вже вичерпаний, або закінчиться незабаром, то доцільно в цей період зберегти основні особливості існуючої планово-попереджувальної системи ремонту.

До локомотива, як сукупності агрегатів і систем, повинні застосовуватися різні варіанти стратегій проведення ТО і ПР за ресурсом, за наробітком (пробігом), та з врахуванням результатів контролю діагностичних параметрів. Всі ці методи дозволять корегувати планово-попереджувальну систему ремонту на основі передуючої інформації, про стан локомотива.

Діагностування локомотивів в майбутньому виконувати за чітко розробленим планом, а обсяги ремонтних та відновлювальних робіт за результатами діагностування.

Оптимізація системи технічного обслуговування та ремонту повинна проходити шляхом мінімізації сумарних витрат на утримування локомотивів з урахуванням витрат, викликаних необхідністю проведення непланових ремонтів, і витрат пов'язаних з вилученням локомотивів з експлуатації для проведення усіх видів обслуговувань та ремонтів.

6.4. Організація роботи пунктів технічного обслуговування

Технічне обслуговування ТО-2 виконується в спеціально обладнаних пунктах технічного обслуговування локомотивів (ПТОЛ), розташованих на станціях відчеплення локомотивів від поїзда (пунктах обороту) [5]. Пункт технічного обслуговування локомотивів, як правило, являє собою закрите приміщення у вигляді будівлі прямокутного типу на дві, три або шість колій, що мають оглядові канали (ремонтні позиції) з установкою на одній колії одного або двох локомотивів. Пропускна здатність кожної колії при одній позиції на колії приймається 20 локомотивів на добу, а при двох позиціях – 34 локомотиви на добу. Добре зарекомендували себе криті будівлі, виготовлені з полегшених збірних металевих конструкцій [40].

Довжина оглядової канами для сучасних локомотивів складає 42 м, ширина 1,4 м, глибина 1,2 м. Уздовж оглядової канами розташовується висока робоча площадка (на рівні дверей кабіни управління тепловоза), а рівень підлоги в будівлі ПТОЛ заглиблений на 0,6 м, що створює певну зручність при огляді екіпажної частини локомотива. На ПТОЛ, як правило, екіпірують тепловози.

Пункт технічного обслуговування має наступне встаткування: оглядові стійла з канами, обладнані низьковольтним освітленням, повітропроводом стисненого повітря з редукторами для можливості зниження тиску повітря на виході до $(1,5-2) \cdot 10^5$ Па; агрегати для введення в стійло локомотива під низькою напругою; пристрої для автоматичного відкриття та закриття воріт і сигнальні пристрої для сигналізації зайнятості ремонтного стійла; встаткування та інвентар для проведення зварювальних робіт; набір інструментів, пристроїв; устаткування для екіпірування та розекіпірування тепловозів; колонка для роздавання та зливання палива, дизельного масла та води, пісочні трубопроводи; телефонний зв'язок із черговим по депо та локомотивним диспетчером відділення (дирекції) залізниці.

У будівлі ПТОЛ є ізольовані приміщення: комора матеріалів і запасних частин, кімната слюсарів, санітарно-побутові приміщення, а також можуть бути приміщення мастильного господарства й кімната чергового по депо.

На технічне обслуговування ТО-2 локомотив ставиться бригадою, що прибула з поїздки. Ця ж бригада здійснює підготовку до здавання інвентарю, інструменту та сигнальних засобів. У процесі здавання локомотива машиніст інформує майстра пункту технічного обслуговування про виявлені на шляху прямування несправності. По закінченню обслуговування в Журналі технічного стану локомотива ставиться штамп про виконання ТО-2. ТО-2 локомотивам виконується за графіком

технологічного процесу висококваліфікованими слюсарями, що мають строго розподілені обов'язки. Штат слюсарів визначається залежно від обсягу роботи, який установлений графіком технологічного процесу.

Кількісний склад бригади визначається за формулою

$$C_{\text{ТО-2}} = \frac{T_{\text{ТО-2}} \cdot M_{\text{ТО-2}} \cdot 365}{P_{\text{Н}}}, \quad (6.9)$$

де $M_{\text{ТО-2}}$ – середньодобова кількість локомотивів, що надходить на ПТОЛ;

$T_{\text{ТО-2}}$ – норматив трудомісткості технічного обслуговування ТО-2 одного локомотива;

$P_{\text{Н}}$ – річна норма робочих годин на одного виконавця, при 40-годинному робочому тижні.

Нормативи трудомісткості технічного обслуговування ТО-2 тепловозів представлені в табл. 6.1. Для ПТОЛ, що перебувають у виняткових випадках на відкритих площадках у зимовий час, нормативи трудомісткості можуть бути з дозволу начальника відділка залізниці (дирекції) збільшені на 15 % (не більше).

Керівництво слюсарями при виконанні ТО-2 і відповідальність за якість технічного обслуговування локомотивів покладають на старшого майстра та змінних майстрів пункту технічного обслуговування. Старший майстер призначається при цілодобовій роботі пункту технічного обслуговування та при огляді 50 і більше локомотивів за добу.

Кількість ремонтних позицій (стійл) для ТО-2

$$П_{\text{ТО-2}} = \frac{M'_{\text{ТО-2}} \cdot t_{\text{ТО-2}}}{1440} \cdot \varphi, \quad (6.10)$$

де $M'_{\text{ТО-2}}$ – максимальне число локомотивів, що проходять технічне обслуговування протягом однієї доби;

$t_{\text{ТО-2}}$ – час зайнятості ремонтної позиції (стійла), год;

φ – коефіцієнт нерівномірності підходу локомотивів на технічне обслуговування.

Якщо разом з ТО-2 виконується екіпірування, то час зайнятості ремонтної позиції приймається з урахуванням проведення екіпірування. Необхідну кількість ремонтних позицій (стійл) можна визначити більш точно за формулою

$$П_{\text{ТО-2}} = \frac{P(t_{\text{ТО}})}{60} \cdot \mu, \quad (6.11)$$

де $P(t_{\text{ТО}})$ – математичне очікування тривалості обслуговування заявок у системі;

μ – інтенсивність потоку заявок, що запитується системою:

$$\mu \geq \frac{60}{I_p}, \quad (6.12)$$

де I_p – розрахунковий інтервал відправлення поїздів (передбачається, що після ТО-2 локомотив видається до поїзда).

Таблиця 6.1.

| Вузли, що оглядаються, і виконувана робота | Серія тепловозів | | | |
|---|------------------|-------------------------|-------------------------|-------|
| | М62 | 2ТЕ10М (одна секція) | 2ТЕ116 (одна секція) | ТЕП60 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Дизель і допоміжне устаткування | 0,90 | 1,16 | 1,38 | 1,38 |
| Екіпаж | 0,82 | 0,82 | 1,10 | 1,10 |
| Тягові електродвигуни | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 |
| Високовольтна й низьковольтна апаратура | 0,38 | 0,55 | 0,75 | 0,66 |
| Допоміжні електричні машини | 0,25 | 0,32 | 0,55 | 0,44 |
| Акумуляторні батареї | 0,47 | 0,47 | 0,38 | 0,38 |
| Автогальмове та пневматичне встаткування | 0,25 | 0,25 | 0,35 | 0,35 |
| Автоматична локомотивна сигналізація й поїзний радіозв'язок | 0,18 | 0,18 | 0,34 | 0,34 |
| Усього на одиницю обслуговування | 4,10 | 4,60 | 5,70 | 5,50 |
| Обтиральні роботи | 1,02 | 1,02 | 1,25 | 1,25 |

Оптимізацію функціонування ПТОЛ і розрахунки необхідної робочої сили, і технічного оснащення можна виконати, представляючи ПТОЛ як систему масового обслуговування з випадковими інтервалами надходження локомотивів на ТО-2 і тривалістю його виконання. З певною вірогідністю прийняти, що потік вимог на обслуговування ТО-2 стаціонарний, ергодичний і не має післядії, тобто є найпростішим (ергодичним).

Все це дає можливість вибрати відповідний математичний апарат розрахунку показників якості функціонування ПТОЛ на оптимальному рівні, при якому витрати, пов'язані з очікуванням локомотивами обслуговування (у черзі), у сумі із втратами у зв'язку із простоями ремонтних бригад і встаткування будуть мінімальними.

При роботі тепловозів на ділянках і зонах обертання великої довжини технічне обслуговування може виконуватися після закінчення строку у будь-якому ПТОЛ, найближчому на зазначений момент, незалежно від депо приписки тепловоза. Цим досягається дотримання періоду між ТО-2 і скорочення часу виключення

локомотива з експлуатаційної роботи. Взаєморозрахунки пункту технічного обслуговування, з депо приписки локомотивів за виконання планових ТО-2 і усунення додатково виявлених несправностей не здійснюється.

Запитання для самоконтролю

1. *Що таке СТОР та її призначення?*
2. *Призначення ТО-1, ТО-2 та ТО-3.*
3. *Призначення ПР-1 та ПР-2.*
4. *Призначення ПР-3.*
5. *Визначення міжремонтних інтервалів між ТО та ПР.*
6. *Напрямки покращання системи утримання локомотивів.*
7. *Організація роботи ПТОЛ.*

РОЗДІЛ 7. ОЦІНКА ВПЛИВУ ЧИСЕЛЬНОСТІ ПАРКУ ТА ЗМІНИ МІЖРЕМОНТНИХ ІНТЕРВАЛІВ НА СИСТЕМУ УТРИМУВАННЯ ЛОКОМОТИВІВ

7.1. Оцінка впливу чисельності парку на систему утримування локомотивів

При оцінці впливу чисельності парку локомотивів на систему утримування будемо виходити з таких припущень [41, 42]:

П1: парк чисельності N складається з локомотивів однієї серії;

П2: локомотив може знаходитися в двох станах (рис. 7.1):

S_1 – працездатний стан;

S_2 – непрацездатний стан (ремонт).

Через X_t позначене необхідне число працездатних локомотивів у момент часу t .

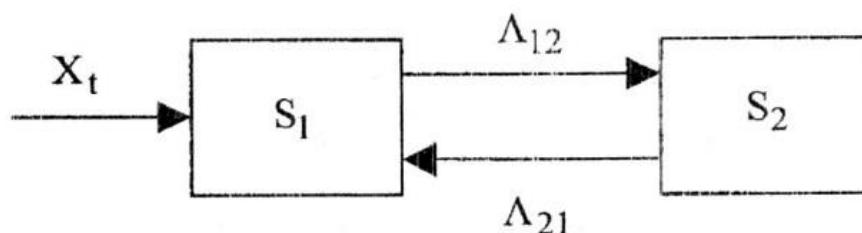


Рис. 7.1. Граф станів та можливих переходів

П3: перехід локомотива з S_1 в S_2 і з S_2 у S_1 є випадковими подіями;

П4: перехід з S_1 у S_2 визначається чисельністю працюючих локомотивів, тобто інтенсивність переходів Λ_{12} з S_1 у S_2 дорівнює

$$\Lambda_{12} = \lambda \min(y_1, X_t),$$

де y_1 – середня чисельність станів S_1 ;

λ – інтенсивність переходу з S_1 у S_2 працюючого локомотива.

П5: перехід із S_2 у S_1 визначається Λ_{21} яка дорівнює

$$\Lambda_{21} = \mu \min(y_2, m),$$

де y_2 – середня чисельність станів S_2 ;

m – число ремонтних позицій для ремонту локомотивів;

$1/\mu$ – середній час ремонту одного локомотива.

При прийнятих допущеннях маємо [43]

$$\frac{dy_1}{dt} = -\lambda \min(y_1, X_t) + \mu \min(N - y_1, m), \quad (7.1)$$

при початковій умові

$$y_1(0) = y_{10}. \quad (7.2)$$

У цій моделі враховано, що $y_1 + y_2 = N$.

У запропонованій динамічній моделі (7.1) – (7.2) невизначеною величиною є необхідне число працездатних локомотивів X_t .

Пб: для будь-якого моменту часу $t \geq 0$ величина X_t задовольняє співвідношенню

$$\underline{x} \leq X_t \leq \bar{x},$$

де \underline{x}, \bar{x} – мінімальне і максимальне число необхідних працездатних локомотивів.

Якісні графіки залежності $-\lambda \min(y_1, X_t)$ і $\mu \min(N - y_1, m)$ від y_1 подані на рис. 7.2 і рис. 7.3.

Просумувавши ці графіки отримаємо праву частину диференціального рівняння (7.1), яку будемо позначати через $F(y_1)$. Очевидно, що при $y_1 > x_1$ має місце неоднозначність, тобто $F(y_1)$ стає множиною і тоді рівняння (7.1) переходить у диференціальне включення

$$\frac{dy_1}{dt} \in F(y_1). \quad (7.3)$$

при початковій умові (7.2).

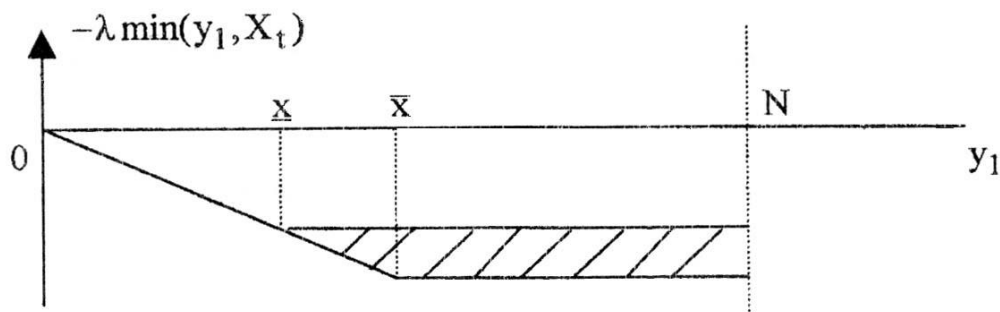


Рис. 7.2. Залежність Λ_{12} від числа працездатних локомотивів

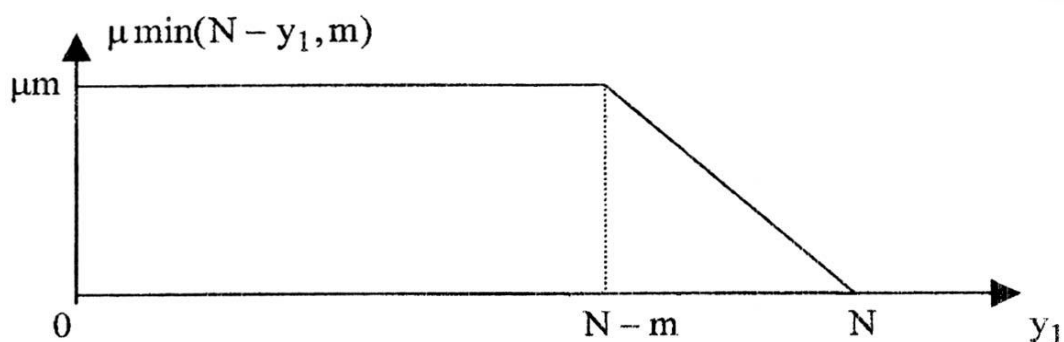


Рис. 7.3. Залежність Λ_{12} від числа працездатних локомотивів

Введемо в розгляд дві функції $f_1(y_1)$ і $f_2(y_1)$, такі, що має місце

$$f_1(y_1) \leq z \leq f_2(y_1), \quad \forall z \in F(y_1).$$

Тобто $f_1(y_1)$ – нижня границя, а $f_2(y_1)$ – верхня границя множини $F(y_1)$.

У нашому випадку ці функції мають вид

$$f_1(y_1) = \varphi_1(y_1) + \psi(y_1);$$

$$f_2(y_1) = \varphi_2(y_1) + \psi(y_1),$$

де

$$\varphi_1(y_1) = \begin{cases} -\lambda y_1, & 0 \leq y_1 \leq \bar{x}; \\ -\lambda \bar{x}, & y_1 \geq \bar{x}; \end{cases}$$

$$\psi(y_1) = \begin{cases} \mu m, & 0 \leq y_1 \leq N - m; \\ \mu(N - y_1), & y_1 \geq N - m. \end{cases}$$

$$\varphi_2(y_1) = \begin{cases} -\lambda y_1, & 0 \leq y_1 \leq \underline{x}; \\ -\lambda \underline{x}, & y_1 \geq \underline{x}. \end{cases}$$

Таким чином, вводимо в розгляд два диференціальних рівняння

$$\frac{dy}{dt} = f_1(y); \tag{7.4}$$

$$\frac{dY}{dt} = f_2(Y); \tag{7.5}$$

при тій же самій початковій умові (8.2).

Нехай $y(t)$ і $Y(t)$ – рішення цих рівнянь, тоді в силу теореми про диференціальні нерівності С.А. Чаплигіна [44] маємо, що рішення диференціального включення (7.3) задовольняє нерівності

$$y(t) \leq y_1(t) \leq Y(t), \quad t \geq 0.$$

Для побудови рішень $y(t)$ і $Y(t)$ скористаємося структурою функцій $\varphi_1(y_1)$ і $\varphi_2(y_1)$. Введемо функцію

$$\varphi(y, x) = \begin{cases} -\lambda y, & 0 \leq y \leq x; \\ -\lambda x, & y \geq x, \end{cases}$$

яка при $x = \underline{x}$ збігається з $\varphi_2(y)$, а при $x = \bar{x}$ дорівнює $\varphi_1(y)$.

Припустимо, що

$$f(z, x) = \varphi(z, x) + \psi(z)$$

і розглянемо диференціальне рівняння

$$\frac{dz}{dt} = f(z, x), \tag{7.6}$$

при початковій умові $z(0) = y_{10}$.

Стосовно до ситуацій які мають місце на практиці, то повинна виконуватися умова

$$x < N - m, \tag{7.7}$$

останнє означає, що функція $f(z, x)$ має вид

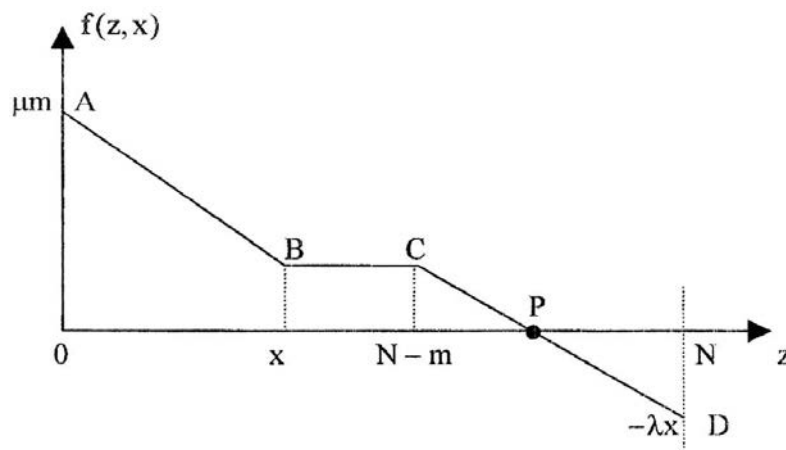


Рис. 7.4. Якісний характер залежності $f(z, x)$ при $z \in [0, N]$

Причому, відрізок BC може бути як вище осі z , так і нижче, а може знаходитися на осі z .

Ці ситуації визначаються значенням величини

$$b = \mu t - \lambda x, \quad (7.8)$$

якщо $b > 0$, то BC вище осі z , при $b = 0$ відрізок BC знаходиться на осі z , а при $b < 0$ він розташований нижче осі z .

Випадок $b = \mu t - \lambda x > 0$.

Даний випадок приведений на рис. 7.4. Тоді можна стверджувати, що якою б не була початкова умова $z(t)$ при $t \rightarrow \infty$ спрямовується до точки P , координати якої визначаються як перетин відрізка CD з віссю z .

Рівняння відрізка CD являє собою

$$f(z, x) = -\lambda x + \mu(N - z), \quad z \geq N - m. \quad (7.9)$$

Прирівнявши до нуля, отримаємо

$$z_p = N - \frac{\lambda}{\mu} x, \quad (7.10)$$

і тоді для сталого режиму маємо

$$\Delta z = z_p - x = N - \left(\frac{\lambda + \mu}{\mu} \right) x, \quad (7.11)$$

що говорить про число невикористаних працездатних локомотивів при необхідних у кількості x .

Випадок $b = \mu t - \lambda x = 0$.

Цей випадок відповідає ситуації, коли продуктивність ремонтної бази дорівнює потребі в ремонтах для працюючих локомотивів.

У даній ситуації відрізок BC знаходиться на осі z , а рівняння

$$f(z, x) = 0,$$

має не єдине рішення, тобто $\forall z \in [x, N - m] \quad f(z, x) = 0$.

І якщо початкова умова $y_{10} < x$, то

$$\lim_{t \rightarrow \infty} z(t) = x,$$

а при $y_{10} > N - m$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} z(t) = N - m,$$

і, нарешті, при $y_{10} \in [x, N - x]$ $z(t) = \text{const} = y_{10}$.

Таким чином, у даному випадку можна гарантувати, що при $y_{10} > N - m$, то справних локомотивів, але не задіяних у роботі буде

$$\Delta z = N - m - x = N - m - \frac{\mu}{\lambda} m = N - \left(\frac{\lambda + \mu}{\lambda} \right) m. \quad (7.12)$$

Випадок $b = \mu m - \lambda x < 0$.

У цій ситуації відрізок CP розташований нижче осі z , а корінь рівняння

$$f(z, x) = 0$$

буде розташований лівіше точки x і тим самим при $t \rightarrow \infty$ буде мати недостачу працездатних локомотивів і цей дефіцит складе

$$\Delta z = -x + \frac{\mu}{\lambda} m. \quad (7.13)$$

З розглянутих ситуацій випливає, що параметри λ , μ , m і N при заданому x повинні задовольняти нерівностям

$$\begin{cases} b = \mu m - \lambda x > 0, \\ \Delta z = N - \left(\frac{\lambda + \mu}{\mu} \right) x \geq 0. \end{cases}$$

Дані нерівності дозволяють сформулювати вимоги до параметрів системи.

Для того, щоб задовольнялися вимоги по числу працездатних локомотивів, а число справних, але не задіяних у роботі було б мінімальним, повинно мати місце

$$\begin{cases} \mu m - \lambda \bar{x} > 0, \\ N = \frac{\lambda + \mu}{\mu} \bar{x}, \end{cases} \quad (7.14)$$

де \bar{x} – максимально необхідне число працездатних локомотивів.

Коли введемо в розгляд безрозмірну величину $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$, то дані вимоги

приймуть вид

$$\begin{cases} \frac{\rho \bar{x}}{m} < 1; \\ N = (1 + \rho) \bar{x}. \end{cases} \quad (7.15)$$

7.2. Аналіз впливу зміни міжремонтних інтервалів на систему утримування ТРС

Розглянемо систему утримування технічного об'єкта для якого зібраний відповідний статистичний матеріал [45], та проаналізуємо накази Укрзалізниці з точки зору варіації міжремонтних пробігів та їх наслідки.

Розглянемо в класичній постановці побудову системи утримування де необхідно мінімізувати планові витрати на проведення ремонтів з врахуванням витрат на усунення відмов та їх наслідків.

Для розгляду візьмемо тяговий двигун (ТЕД) ДЕ-9Н.

Інтенсивність відмов елементів ТЕД прийнята у вигляді:

$$\lambda_i = \begin{cases} 2a_{1i}(t_i - t) + b_{1i}, & \text{при } 0 \leq t < t_{1i}; \\ b_{2i}, & \text{при } t_{1i} \leq t_{2i}; \\ 2a_{3i}(t - t_{2i}) + b_{3i}, & \text{при } t > t_{2i}. \end{cases} \quad (7.16)$$

а параметри моделі для кожного елемента наведені в табл. 7.1.

Таблиця 7.1

| Назва елемента | a_{1i} | b_{1i} | t_{1i} | b_{2i} | t_{2i} | a_{3i} | b_{3i} |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ω_1 - (МКЗ) | 0 | 0 | 0 | 0,045 | 4,0 | 0,1293 | 0,0210 |
| ω_2 - (КО) | 0 | 0 | 0 | 0,007 | 3,0 | 0,0197 | 0 |
| ω_3 - (ГП) | 0 | 0 | 0 | 0,009 | 2,0 | 0,0128 | 0 |
| ω_4 - (ДП) | 0 | 0 | 0 | 0,0025 | 5,0 | 0,0158 | 0,0004 |
| ω_5 - (Я) | 0,04 | 0,03 | 0,5 | 0,0129 | 4,0 | 0,0610 | 0,0095 |
| ω_6 - (ПР) | 0 | 0 | 0 | 0,08 | 0,25 | 0,0296 | 0,0844 |

За одиницю напрацювання прийнято 10^7 т км брутто.

Позначимо, через x_i , $i = \overline{1,6}$ напрацювання через які, відповідні елементи ω_i підлягатимуть повному відновленню. Вважаємо, що для кожного елемента середня кількість відмов може бути визначена із

$$H_i(x_i) = \int_0^{x_i} \lambda_i(t) dt, \quad i = \overline{1,6}. \quad (7.17)$$

А сумарні витрати визначались за формулою

$$y = \sum_{i=1}^6 \frac{C_i^* + C_i^A H_i(x_i)}{x_i}, \quad (7.18)$$

де C_i^* – вартість планового відновлення ω_i -го елемента, яка за даними табл.

8.2 визначається наступним чином $C_i^* = \sum_{j=1}^{12} C_j T_{ij}$.

Так наприклад C_1^* – вартість відновлення ω_1 буде складати

$$C_1^* = 31,29 + 35,28 + 22,64 = 89,21 \text{ у.о.},$$

а вартість відновлення решти елементів визначається на основі техніко-економічної карти табл. 7.2

В табл. 7.2 через Q_1, Q_2, \dots, Q_{12} позначені елементарні технологічні операції, причому C_j^1, C_j^2 – витрати коштів та часу на операцію C_j .

Розрахувавши часткові похідні по x_i , $i = \overline{1,6}$ функції (7.18) та прирівнявши їх до нуля отримаємо рівняння для визначення періодів x_i .

$$\frac{dy}{dx_i} = -\frac{C_i^*}{x_i^2} + C_i^A \frac{H_i'(x_i)x_i - H_i(x_i)}{x_i^2} = 0;$$

$$\text{або } H_i'(x_i)x_i - H_i(x_i) = \frac{C_i^*}{C_i^A}; \quad i = \overline{1,6}. \quad (7.19)$$

Для елемента ω_1 , за даними табл. 7.1 з врахуванням (7.17) отримаємо

$$H_1(t) = \begin{cases} 0,45t, & \text{при } 0 \leq t \leq 4; \\ 0,1293(t-4)^2 + 0,021(t-4) + 0,18, & \text{коли } t \geq 4. \end{cases}$$

Таблиця 7.2

| Операції Елемент | Q_1 | Q_2 | Q_3 | Q_4 | Q_5 | Q_6 | Q_7 | Q_8 | Q_9 | Q_{10} | Q_{11} | Q_{12} | C_i^A у.о. | t_i^A ГОД |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|-----------------|----------------|
| ω_1 | 1 | 1 | | 1 | | | | | | | | | 267,81 | 56,5 |
| ω_2 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | | 257,56 | 53,4 |
| ω_3 | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | | 1 | | 1 | 275,23 | 60,0 |
| ω_4 | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | | 1 | | | 1 | 271,71 | 58,4 |
| ω_5 | 1 | | | | | | | | | 1 | | 1 | 458,77 | 193,6 |
| ω_6 | 1 | | | | 1 | | 1 | 1 | | | | | 241,41 | 47,0 |
| C_j^1 у.о. | 31,29 | 35,28 | 8,26 | 22,64 | 21,50 | 4,13 | 4,13 | 5,89 | 4,13 | 5,89 | 248,88 | 10,02 | | |
| C_j^2 год | 24,9 | 14,3 | 2,8 | 7,3 | 8,5 | 1,4 | 1,4 | 2,2 | 1,4 | 2,2 | 158,7 | 8,6 | | |

Напрацювання x_1 для першого елемента повинно бути не меншим ніж $t_{12} = 4$, тоді в рівнянні (7.19) замість x_i , $i = \overline{1,6}$ та її похідної будемо підставляти $H_1(t)$ коли $t \geq 4$.

Опускаючи елементарні перетворення отримаємо

$$x_1 = \sqrt{\frac{C_1^* / C_1^A + a_{31} \cdot t_{21}^2 + b_{21} \cdot t_{21} - b_{31} \cdot t_{21}}{a_{31}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{89,21 / 267,81 + 0,1293 \cdot 4^2 + 0,045 \cdot 4 - 0,021 \cdot 4}{0,1293}} = 4,395 \text{ о.н.}$$

Таким же чином визначаємо і x_2, x_3, x_4, x_6 тільки для x_5 застосуємо формулу

$$x_5 = \sqrt{\frac{C_5^* / C_5^A + a_{35} \cdot t_{25}^2 + b_{25} (t_{25} - t_{15}) + a_{15} \cdot t_{15}^2 + b_{15} \cdot t_{15} - b_{35} \cdot t_{25}}{a_{35}}} \text{ о.н.}$$

Числові значення періодів по напрацюванню будуть наступними:

$$x_2 = 5,062; x_3 = 5,553; x_4 = 6,881; x_5 = 5,151; x_6 = 2,965.$$

Для того, щоб реалізувати об'єми ремонтів та впорядкувати напрацювання, при яких вони повинні виконуватися задаємось неточністю σ реалізації напрацювання. І якщо напрацювання, при яких повинні виконуватися ремонти декількох елементів відрізняються друг від друга на величину не більшу ніж σ , то такі елементи об'єднуються у відповідний об'єм, а напрацювання для кожного із елементів призначається по найменшій із об'єднаних елементів. Існують також і такі способи об'єднання елементів як вимога кратності напрацювання між ремонтами або ж умови цілого числа інтервалу напрацювання.

Так наприклад із умови цілого числа інтервалу напрацювання отримаємо, що напрацювання повинні задовольняти наступним умовам

$$4 \leq x_1 \leq 4; 5 \leq x_2 \leq 5; 5 \leq x_3 \leq 6; 6 \leq x_4 \leq 7; 5 \leq x_5 \leq 5; 2 \leq x_6 \leq 3;$$

або

$$x_1 = 4; x_2 = 5; 5 \leq x_3 \leq 6; 6 \leq x_4 \leq 7; x_5 = 5; 2 \leq x_6 \leq 3.$$

Ці результати отримали, як і попередні, шляхом збільшення x_i , але не більше як на $\sigma \geq 0,5$, а нижній рівень це ціла частина від x_i отримана як результат мінімізації питомих витрат.

Для оцінки відхилень від мінімуму питомих витрат, розрахуємо спочатку значення самих питомих витрат, а результати наведемо у вигляді табл. 7.3.

Таблиця 7.3

| ω_i | x_i | C_i^* | C_i^* / x_i | $H_i(x_i)$ | C_i^* | $C_i^* H_i(x_i) / x_i$ | y_i |
|------------------|-------|---------|---------------|------------|---------|------------------------|--------|
| ω_1 | 4,395 | 89,21 | 20,298 | 0,208 | 267,81 | 12,703 | 33,00 |
| ω_2 | 5,062 | 78,96 | 15,599 | 0,1048 | 257,56 | 5,330 | 20,92 |
| ω_3 | 5,553 | 96,63 | 17,401 | 0,1796 | 275,23 | 8,901 | 26,32 |
| ω_4 | 6,881 | 93,11 | 13,531 | 0,0692 | 271,71 | 2,731 | 16,26 |
| ω_5 | 5,151 | 290,19 | 56,337 | 0,1619 | 458,77 | 14,419 | 70,75 |
| ω_6 | 2,969 | 62,81 | 21,155 | 0,4683 | 241,41 | 38,079 | 59,23 |
| $y = \Sigma y_i$ | | | | | | | 226,48 |

Виконаємо варіацію $\{x_i\}$ по питомим витратам, а отримані результати зведемо до табл. 7.4.

Таблиця 7.4

| x_i | Варіація 1 | Варіація 2 | Варіація 3 | Варіація 4 | Варіація 5 | Варіація 6 | Варіація 7 | Варіація 8 | Варіація 9 | Варіація 10 |
|-------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| x_1 | 4 | 4 | 4,5 | 4 | 4 | 5 | 6 | 4,5 | 4,5 | 5 |
| x_2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 4,5 | 4,5 | 5 |
| x_3 | 5 | 6 | 5,5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 4,5 | 4,5 | 5 |
| x_4 | 6 | 7 | 7 | 7 | 6 | 10 | 12 | 9 | 9 | 10 |
| x_5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 4,5 | 4,5 | 5 |
| x_6 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2,5 | 2,5 |
| y | 232,29 | 228,39 | 226,48 | 231,74 | 232,41 | 237,09 | 257,57 | 233,15 | 234,79 | 234,36 |

З точки зору кратності найбільш оптимальним є варіант 10 (табл.7.4), який беремо за основу і отримуємо наступну систему утримування рис. 7.5.

$$V_1 = \{\omega_6\} \quad V_2 = \left\{ \begin{array}{c} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \\ \omega_5 \\ \omega_6 \end{array} \right\} \quad V_3 = \{\omega_6\} \quad V_4 = \left\{ \begin{array}{c} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \\ \omega_4 \\ \omega_5 \\ \omega_6 \end{array} \right\}$$

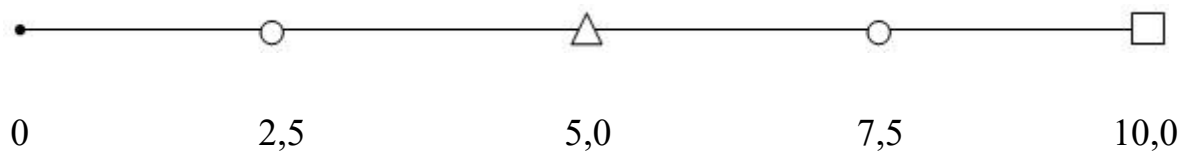


Рис. 7.5.

Для цієї системи утримування питомі витрати складають $y = 234,368$ у.о. а найменше значення питомих витрат при варіації 3 складає $y_3 = 226,485$ у.о., тоді прирощення

$$\Delta y\% = \frac{234,368 - 226,485}{226,485} \cdot 100 = 3,48 \%$$

Для запропонованої системи утримування середня кількість відмов за одиницю напрацювання складе

$$h = \sum_{i=1}^6 \frac{H_i(x_i)}{x_i} = 0,325 \text{ відмов/о.н.}$$

а для оптимальної маємо $h_{opt} = 0,299$.

Прирощення середньої кількості відмов складає

$$\Delta h\% = \frac{0,325 - 0,299}{0,299} \cdot 100 = 8,66 \%$$

А тепер уточнимо витрати для запропонованої системи утримування з врахуванням ТЕК табл. 7.2

$$\tilde{y} = \frac{1}{10} (C'(V_1) + C'(V_2) + C'(V_3) + C'(V_4)).$$

Так як $V_1 = V_3 = \{\omega_6\}$ то тоді

$$C'(V_1) = C'(V_3) = \{\omega_6\} = C_6^* = 62,81 \text{ у.о.}$$

$$C'(V_2) = 393,78 \text{ у.о.}, \quad C'(V_4) = 402,04 \text{ у.о.}$$

$$y = \frac{1}{10} (2 \cdot 62,81 + 393,78 + 402,02) = 92,144 \text{ у.о.}$$

Для оптимального варіанту $\tilde{y}_{opt} = 144,321$ у.о./о.н. Порівняємо витрати на усунення відмов та їх наслідків:

- при оптимальному варіанті

$$y_{opt}^A = \sum_{i=1}^6 \frac{C_i^A H_i(x_i)}{x_i} = 82,16 \text{ у.о./о.н.}$$

- для варіанта системи утримування приведеного на рис. 7.5

$$y^A = 88,935 \text{ у.о./о.н.}$$

Цей факт, що $y^A > y_{opt}^A$ є природнім, тому, що для системи утримування рис. 7.5 кількість відмов збільшується. Сумарні питомі витрати складуть

$$y_{ППР} = y + y^A = 92,144 + 88,935 = 181,079 \text{ у.о./о.н.}$$

Порівняємо ці витрати для вибраної системи утримування без врахування технології ремонту

$$\Delta y\% = \frac{234,368 - 181,079}{181,079} \cdot 100 = 29,43 \%$$

тобто врахування технології ремонту дозволяє значно уточнити витрати в порівнянні з розрахунками виконаними за формулою (7.18).

Але у формули (7.19) є свої переваги, так як визначення найменших питомих витрат зводиться до вирішення рівнянь (7.19), а їх рішення необхідно сприймати як приблизне, яке потім повинно уточнюватись з врахуванням технології ремонту.

На жаль в практиці сфери ремонту розрахункові періоди між ремонтами не витримуються. А цікаво, як реагує та чи інша система утримування на відхилення її параметрів в ту чи іншу сторону, тобто виникає питання пристосованості системи утримування тягового рухомого складу.

Будемо вважати, що система утримування пристосована, якщо незначні відхилення параметрів системи утримування призводять до незначних відхилень основних показників.

До основних показників будемо відносити:

- середню кількість відмов за одиницю напрацювання (h);
- витрати на одиницю напрацювання по усуненню відмов та їх наслідків y^A ;
- витрати на одиницю напрацювання на проведення планових ремонтів y .

Із параметрів системи утримування, якими будемо змінювати, приймаємо напрацювання до повного відновлення залишаючи структуру системи утримування та об'єми ремонтів незмінними.

Під незначними відхиленнями параметрів будемо розуміти такі, відносні відхилення, які приводять до відносних відхилень основних показників на величину не більшу ніж відхилення параметрів системи утримування.

Числові розрахунки виконувались з використанням Microsoft Excel 2000, по схемі яка приведена в табл. 7.3, а недопробіг і перепробіг у вигляді «подразника» системи розраховувався із кроком 2 %. Результати розрахунків зведені в табл. 7.5. За базові значення основної системи утримування взяті:

$$\tilde{y} = 92,144 \text{ у.о./о.н.}; y^A = 88,935 \text{ у.о./о.н.}; h = 0,325 \text{ 1/о.н.}$$

Формули за якими проводились розрахунки мають вигляд:

- у випадку зменшення міжремонтних періодів

$$\left. \begin{aligned} \Delta h\% &= \frac{h_{\text{баз}} - h_{\text{подраз}}}{h_{\text{подраз}}} \cdot 100; \\ \Delta y^A\% &= \frac{y_{\text{баз}}^A - y_{\text{подраз}}^A}{y_{\text{баз}}^A} \cdot 100; \\ \Delta \tilde{y}\% &= \frac{\tilde{y}_{\text{баз}} - \tilde{y}_{\text{подраз}}}{\tilde{y}_{\text{баз}}} \cdot 100. \end{aligned} \right\}$$

- для випадку збільшення міжремонтних періодів

$$\left. \begin{aligned} \Delta h\% &= \frac{h_{\text{баз}} - h_{\text{подраз}}}{h_{\text{подраз}}} \cdot 100; \\ \Delta y^A\% &= \frac{y_{\text{баз}}^A - y_{\text{подраз}}^A}{y_{\text{баз}}^A} \cdot 100; \\ \Delta \tilde{y}\% &= \frac{\tilde{y}_{\text{баз}} - \tilde{y}_{\text{подраз}}}{\tilde{y}_{\text{баз}}} \cdot 100. \end{aligned} \right\}$$

Накази Укрзалізниці №187 від 19.12.1995 р., №351-Ц від 14.12.1999 р., № 196-Ц від 4.04.2001 р., №30-ЦЗ від 31.01.2005р., №093-ЦЗ від 20.06.2010 р., №429-Ц від 15.10.2016р. спрямовані за своїм змістом на покращення технічного утримування та використання ТРС. Але суттєвим недоліком цих наказів є дозвіл ставити ТРС на поточне обслуговування ТО-3 та поточні ремонти ПР-1, ПР-2, ПР-3 з відхиленнями від встановлених норм міжремонтних пробігів в межах (-10 %, +20 %). Розрахунки відносно зміни пробігів показали наступне. Перепробіг на 20 % призводить до збільшення числа відмов на 45 %, витрат на усунення відмов на 50 % і зменшення витрат на планові ремонти на 17 %. Недопробіг на 10 % призводить до зменшення числа відмов до 17 %, зменшення витрат на усунення відмов на 18 % і збільшення витрат на планові ремонти на 11 %. Тобто

дозвіл перепробігу на 20 % , як «виключення», а на практиці це як «правило» небажаний, хоч і йде аргументація цього явища як рівномірне завантаження ремонтних баз. Розрахунки показують, що перепробіг небажаний зовсім, а якщо і є в ньому потреба то він не повинен сягати більше 10 %, а недопробіг допустимий як з технічної, так і з економічної точки зору на 20 % [46, 47].

Таблиця 7.5

| № | $\Delta\%$ | $\Delta h\%$ | $\Delta y^A\%$ | $\Delta \bar{y}\%$ | $\Delta y\%$ |
|----|------------|--------------|----------------|--------------------|--------------|
| 1 | -20 | -26,70 | -28,08 | 25 | -3,08 |
| 2 | -18 | -25,26 | -26,72 | 21,95 | -4,72 |
| 3 | -16 | -23,50 | -24,97 | 19,05 | -5,92 |
| 4 | -14 | -21,43 | -22,87 | 16,28 | -6,59 |
| 5 | -12 | -19,08 | -20,43 | 13,64 | -6,80 |
| 6 | -10 | -16,46 | -17,69 | 11,11 | -6,58 |
| 7 | -8 | -13,60 | -14,66 | 8,70 | -5,96 |
| 8 | -6 | -10,51 | -11,51 | 6,38 | -4,98 |
| 9 | -4 | -7,21 | -7,81 | 4,17 | -3,64 |
| 10 | -2 | -3,70 | -4,01 | 2,04 | -1,97 |
| 11 | 2 | 3,88 | 4,22 | -1,96 | 2,26 |
| 12 | 4 | 7,92 | 8,65 | -3,85 | 4,80 |
| 13 | 6 | 12,13 | 13,26 | -5,65 | 7,60 |
| 14 | 8 | 16,49 | 18,04 | -7,41 | 10,64 |
| 15 | 10 | 20,98 | 23,00 | -9,09 | 13,90 |
| 16 | 12 | 25,69 | 28,11 | -10,71 | 17,39 |
| 17 | 14 | 30,38 | 33,37 | -12,26 | 21,09 |
| 18 | 16 | 35,26 | 38,71 | -13,79 | 24,98 |
| 19 | 18 | 40,25 | 44,31 | -15,25 | 29,05 |
| 20 | 20 | 45,36 | 49,97 | -16,67 | 33,30 |

Запитання для самоконтролю

1. Яка умова повинна дотримуватися, щоб продуктивність ремонтної бази задовольнила потребам в ремонті локомотивам, що знаходяться в експлуатації?
2. Перерахуйте параметри для розрахунку раціональної системи утримання локомотивів.
3. Дайте характеристику недопробігів та перепробігів локомотивами міжремонтних інтервалів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Обговорення повної версії Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року. *Міністерство інфраструктури України*. URL: <https://mtu.gov.ua/news/28581.html> (дата звернення: 25.11.2017).
2. Довідник основних показників роботи залізниць України (2006–2016). Київ : Укрзалізниця, 2016. 56 с.
3. Правила технічної експлуатації залізниць України : Наказ М-ва трансп. України від 20.12.1996 р. № 411 : станом на 19 берез. 2002 р. Київ : Міністерство транспорту України, 2003. 94 с.
4. Капіца М. І. Розвиток наукових основ удосконалення систем утримування тягового рухомого складу : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.07 / Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. 2010. 324 с.
5. Локомотивное хозяйство : учеб. для вузов / под ред. С. Я. Айзинбуда. Москва : Транспорт, 1986. 263 с.
6. Особливості регулювання робочого часу і часу відпочинку окремих категорій працівників залізничного транспорту, робота яких безпосередньо пов'язана із забезпеченням безпеки руху поїздів і обслуговування пасажирів : Наказ Укрзалізниці від 10.03.1994 р. № 40-Ц. Київ : Укрзалізниця, 1994. 12 с.
7. Исследование эффективности эксплуатации локомотивов путем моделирования опытных поездок / А. С. Крашенинин, Ю. В. Черняк, В. И. Данилевский, С. А. Матвиенко. *Залізничний транспорт України*. 2012. Вип. 5. С. 21–28.
8. Збірник нормативних документів для локомотивних бригад. Головне управління локомотивного господарства Укрзалізниці / розробник А. А. Посмітюха. Київ : ВД "САМ", 2004. 176 с.
9. ЦТ-0106. Інструкція локомотивній бригаді. Головне управління локомотивного господарства Укрзалізниці : Наказ Укрзалізниці № 876/ЦЗ від 22 листопада 2004 р. Київ : Укрзалізниця, 2004. 23 с.
10. ЦТ-0105. Інструкція машиніста-інструктора локомотивних бригад. Головне управління локомотивного господарства Укрзалізниці : затв. наказом Укрзалізниці № 876/ЦЗ від 22 листопада 2004 р. Київ, 2004. 40 с.
11. Особливості регулювання робочого часу і часу відпочинку окремих категорій працівників залізничного транспорту, робота яких безпосередньо пов'язана із забезпеченням безпеки руху поїздів і обслуговування пасажирів : затв. наказом Укрзалізниці № 153Ц від 25.02.2010 (про внесення змін до наказу № 40Ц від 10.03.94). Київ, 2010. 4 с.
12. ЦТ-0097. Правила улаштування і утримання будинків та кімнат відпочинку локомотивних бригад. Головне управління локомотивного господарства Укрзалізниці: затв. наказом Укрзалізниці № 72Ц від 31 березня 2004 р. Київ, 2004. 24 с.

13. Капіца М. І., Кислий Д. М. Визначення тривалості вибігу локомотива при переході з режиму тяги в режим гальмування. *Зб. наук. пр. УкрДАЗТ*. Харків : УкрДАЗТ, 2013. Вип. 136. С. 86–92.
14. Визначення енергозаощаджуючих режимів розгону поїздів / Боднар Б. Є., Капіца М. І., Афанасов А. М., Кислий Д. М. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна*. 2015. № 5(59). С. 40–52.
15. Боднар Б. Є., Капіца М. І., Кислий Д. М. Визначення сили тяги локомотива з урахуванням нерівномірності навантаження колісно-моторних блоків. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна*. 2013. № 6. С. 63–71.
16. Кислий Д. М. Визначення енергозаощаджуючих режимів ведення поїздів. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна*. 2016. № 1(61). С. 71–84.
17. Бобырь Д. В. Усовершенствование режимов ведения грузового поезда с электрической тягой : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.07. Днепропетровск, 2007. 190 с.
18. Капіца М. І., Бобырь Д. В. Автоматизація розв'язання рівняння руху поїзда при виконанні тягових розрахунків. *Зб. наук. пр. УкрДАЗТ*. 2012. Вип. 132. С. 96–104.
19. Баранов Л. А., Мелёшин И. С., Чинь Л. М. Оптимальное управление поездом метрополитена по критерию минимума энергозатрат. *Электротехника*. 2011. № 8. С. 9–14.
20. Почаевец Э. С. Расчет оптимальных программ автоматического ведения поезда : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва : МИИТ, 1967. 16 с.
21. Оптимизация управления движением поездов : учеб. пособ. / Баранов Л. А., Ерофеев Е. В., Мелёшин И. С., Чинь Л. М. ; под ред. д-ра техн. наук, проф. Л. А. Баранова. Москва : МИИТ, 2011. 164 с.
22. Автоматизированная система управления локомотивным хозяйством АСУТ / под ред. д-р техн. наук, проф. И. К. Лакина. Москва : ОЦВ, 2002. 516 с.
23. Управление и информационные технологии на железнодорожном транспорте : учебник для ВУЗов ж.-д. транспорта / Тулупов Л. П., Лецкий Э. К., Шапкин И. Н., Самохвалов А. И. ; под ред. Л. П. Тулупова. Москва : Маршрут. 2005. 467 с.
24. Автоматизована система управління локомотивним парком і локомотивними бригадами – АСУ ЛОКБРИГ. Технічне завдання.
25. Підсистема автоматизованого контролю дислокації та стану локомотивів і локомотивних бригад рівня залізниці (ОКДЛ, ОКДБ) АСК ВП УЗ. Технічне завдання.

26. Козлов П. А., Осокин О. В. Построение автоматизированных аналитических систем на железнодорожном транспорте. *Сб. Трудов Института проблем управления РАН*. 2006. Вып. 12–13. С. 78–89.
27. Зіненко О. Л., Ветрова О. В. Математичне та програмне забезпечення систем прийняття рішень при управлінні локомотивним паком. *Збірник наукових праць Дніпропетр. національн. ун-ту. Серія: «Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій»* 2006. Т. 10. С. 166–175.
28. Зіненко О. Л. Підвищення ефективності використання локомотивного парку шляхом вдосконалення управління експлуатаційною роботою : дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20. Дніпропетровськ, 2010. 182 с.
29. Жуковицький І. В., Устенко А. Б., Зіненко О. Л. Проблеми та перспективи автоматизації управління локомотивним господарством УЗ. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2009. № 2. С. 38–42.
30. Босов А. А., Капица М. И. Необходимые условия рациональности системы плановых восстановлений подвижного состава. *Збірник наукових праць Київського університету економіки і технологій транспорту Міністерства транспорту України: Серія «Транспортні системи і технології»*. 2003. Вып. 4. С. 180–191.
31. Босов А. А., Капица М. И. Математическое моделирование в задачах рационального содержания транспортных средств. *Вісн. Східноукр. держ. ун-т*. 2000. №7(29). С. 54–58.
32. Капица М. И., Холоша И. В. Построение рациональной системы плановых восстановлений (СПВ) для объектов с линейной интенсивностью отказов. *Зб. наук. праць Дніпропетровського держ. техн. ун-ту залізн. тр-ту. Транспорт*. 2001. Вып. 9. С. 169–171.
33. Капица М. И., Холоша И. В. Построение рациональной системы плановых восстановлений (СПВ) для объектов с кусочно-линейной интенсивностью отказов. *Наука і освіта 2001* : тези доп. четвертої міжнар. конф. Дніпропетровськ, 2001. Т. 10 : Технічні науки. С. 45–48.
34. Босов А. А., Капица М. И., Мухина Н. А. Учет технологии ремонта при построении системы содержания локомотивов. *Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте* : труды V-ой науч.-практической конф. Москва, 2001. С. IX-6–IX-8.
35. Капица М. И. Прогнозирование ресурса локомотивов по результатам диагностирования *Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. Научно-производственный журнал*. 2002. №2(5). С. 8–11.
36. Капіца М. І. Система утримування тягового рухомого складу з урахуванням його фактичного технічного стану. *Зб. наук. праць : Промисловий та туристичний транспорт*. Львів : Каменяр, 2002. Вып. 1. С. 74–80.

37. Босов А. А., Капіца М. І., Грушак І. М. Напрямки розвитку системи утримування тягового рухомого складу залізниць. *Залізнич. транспорт України*. 2003. №2. С. 7–10.
38. Босов А. А., Капіца М. І., Грушак І. М. Оренда тягового рухомого складу – крок до нової системи утримування. *Залізничний транспорт України*. 2002. №1. С. 16–19.
39. Кузнецов Т. Ф., Капіца М. І. Автоматизовані діагностично-статистичні комплекси та їх застосування в системі утримування тягового рухомого складу залізниць. *Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету*. 2002. Вип. 3(114). С. 100–104.
40. Інструкція з технічного обслуговування електровозів і тепловозів в експлуатації. Київ : Поліграфсервіс, 2003. 160 с.
41. Босов А. А., Капица М. И., Мухина Н. А. Динамическая модель работы парка локомотивов. *Проблемы создания новых машин и технологий. Научные труды КГПУ*. Кременчуг : КГПУ, 2001. Вып. 1/2001 (10). С. 435–438.
42. Боднар Б. Є. Аналіз технічного стану локомотивів після продовження ресурсу і розробка методики їх раціонального утримування та ремонтів : Звіт по НДР № Держ. рег. 0101U006020. Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2003. 125 с.
43. Венцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория множеств. Москва : Наука, 1973. 366 с.
44. Beckenbach E., Bellman R. An introduction to inequalities. Washington, D. C. : MAA, 1961. 133 p.
45. Босов А. А. Хандрига А. Г. Определение рациональной системы содержания тяговых агрегатов. *Прочность и надежность технических устройств*. Киев : Наукова Думка, 1981. С. 109–116.
46. Босов А. А., Капіца М. І., Грушак І. М. Напрямки розвитку системи утримування тягового рухомого складу залізниць. *Залізнич. транспорт України*. 2003. №2. С. 7–10.
47. Боднар Е. Б. Повышение эксплуатационной надежности локомотивов путем внедрения рациональной системы содержания : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.07. Харьков, 2004. 161 с.
48. Босов А. А., Боднар Е. Б., Мосендз А. И. Основная задача совершенствования системы планово-предупредительных ремонтов локомотивов. *Вісник Східноукр. нац. ун-ту*. Луганськ, 2001. №7(41). С. 93–97.
49. Босов А. А., Боднар Е. Б. Влияние системы содержания на надежность локомотивов. *Зб. наук. праць Дніпропетровського держ. техн. ун-ту залізн. тр-ту. Транспорт*. 2002. Вип. 10. С. 66–68.

Навчальне видання

Боднар Борис Євгенович, Капіца Михайло Іванович,

Боднар Євген Борисович

Експлуатація локомотивів та локомотивне господарство

**Організація роботи локомотивів
та локомотивних бригад**

Підручник

Електронне видання

Відповідальний редактор Б. Є. Боднар
Комп'ютерна верстка Є. Б. Боднар
Дизайн обкладинки Є. Б. Боднар

Експертний висновок склав канд. техн. наук, доц. Д. Кислий

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. 9,18. Обл.-вид. арк. 9,29.
Зам. № 47

Видавець: Український державний університет науки і технологій
вул. Лазаряна, 2, ауд. 2216, ауд. 263 (наукова бібліотека)
м. Дніпро, 49010

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022