

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

ФАКУЛЬТЕТ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Кафедра управління експлуатаційною роботою

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до практичних робіт
з дисципліни**

«УПРАВЛІННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЮ РОБОТОЮ»

Харків 2022

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри управління експлуатаційною роботою 14 лютого 2022 р., протокол № 9.

Методичні вказівки рекомендовано для здобувачів вищої освіти факультету «Управління процесами перевезень» спеціальності 275.02 – Транспортні технології (залізничний транспорт) першого (бакалаврського) рівня спеціальності 275.02 – транспортні технології (на залізничному транспорті) освітньо-професійних програм «Організація перевезень і управління на транспорті», «Організація міжнародних перевезень», «Митний контроль на транспорті», «Транспортний сервіс і логістика» та «Транспортно-експедиційна діяльність».

Укладачі:

професор А. В. Прохорченко,
доценти О. А. Малахова,
Г. М. Сіконенко,
О. Е. Шандер

Рецензент

професор О. М. Огар

ЗМІСТ

Вступ	5
1 Практична робота 1. Складання графіку руху поїздів	6
1.1 Вибір довжини перегона.....	6
1.2 Організація роботи локомотивів і локомотивних бригад	11
2 Практична робота 2. Пропускна спроможність залізничних ліній при паралельному графіку	13
2.1 Пропускна спроможність залізничних ліній при непарному непакетному графіку	13
2.2 Розрахунок пропускної спроможності при парному частково-пакетному графіку руху поїздів	18
2.3 Розрахунок пропускної спроможності при непарному частково-пакетному графіку руху поїздів	21
2.4 Розрахунок пропускної спроможності при відкритті блок-поста на перегоні	24
2.5 Розрахунок пропускної спроможності дільниці при організації беззупинкового схрещення.....	27
2.6 Пропускна спроможність двоколіїних дільниць з паралельним графіком руху поїздів.....	28
3 Практична робота 3. Пропускна спроможність залізничних ліній при непаралельних графіках руху.....	32
3.1 Пропускна спроможність непаралельного графіка	32
3.2 Вибір типу графіка	35
4 Практична робота 4. Способи збільшення пропускної спроможності залізничних ліній.....	37
4.1 Збільшення ходових швидкостей руху	37
4.2 Проектування (відкриття) додаткових роздільних пунктів	38
4.3 Введення більш досконалих пристроїв СЦБ і зв'язку	48
4.4 Зменшення коефіцієнту зняття	50
4.5 Будівництво додаткових головних колій.....	51
5 Практична робота 5. Заходи з короточасного збільшення пропускної спроможності.....	55
5.1 Збільшення пропускної спроможності при улаштуванні роз'їзду на блок-посту	55
5.2 Збільшення пропускної спроможності перегону у період «вікна».....	58
5.3 Збільшення маси поїздів	68

Висновки.....	74
Контрольні питання.....	74
Список літератури	76

ВСТУП

Однією з фундаментальних основ вирішення найважливіших експлуатаційних задач при організації залізничних перевезень є точне оцінювання пропускної спроможності залізничних дільниць і напрямків. На пропускну спроможність впливають значна кількість факторів: кількість головних колій на перегоні; тип і потужність локомотивів; система засобів сигналізації та зв'язку; кількість приймально-відправних колій, їх довжина; метод керування стрілок та сигналів на станціях; потужність пристроїв енергопостачання; спосіб організації пропуску поїздів дільницею тощо. Приймаючи до уваги високу складність врахування вище зазначених факторів на основі багаторічних наукових і практичних досліджень розроблені спеціальні методи і методики, які дають змогу з достатньою точністю розраховувати пропускну спроможність залізничної інфраструктури.

Враховуючи, що для студентів спеціальності 275.02 – Транспортні технології (залізничний транспорт) навички і вміння щодо проведення розрахунків пропускної спроможності залізничної інфраструктури є базовими, в даних методичних вказівках надані основні методичні підходи до практичних розрахунків, що використовуються фахівцями на залізничному транспорті України. Передбачено, що в ході освоєння матеріалів при виконанні практичних робіт у студентів формуються наступні компетенції:

- здатність аналізувати, прогнозувати параметри і показники функціонування транспортних систем і технологій з урахуванням впливу зовнішнього середовища (СК–1);
- здатність організовувати та управляти перевезенням вантажів (за видами транспорту) (СК–3)
- здатність організовувати перевезення, в тому числі міжнародні (СК–12);
- здатність розраховувати технічні та технологічні параметри функціонування транспортних систем при організації перевезень, у тому числі міжнародних (СК–17).

1 ПРАКТИЧНА РОБОТА 1. СКЛАДАННЯ ГРАФІКУ РУХУ ПОЇЗДІВ

1.1 ВИБІР ДОВЖИНИ ПЕРЕГОНА

Задача 1.1. Чому дорівнює середня довжина перегону за умови мінімізації схрещень поїздів на одноколійних дільницях, якщо пропускна спроможність $N_{\text{опт}} = 36$ пар поїздів, станційні інтервали по станціях «а» і «б» $\tau_a + \tau_b = 5$ хв, час на розгін і уповільнення $t_{\text{ру}} = 3$ хв, середня швидкість руху $V_{\text{сер}} = 50$ км/год, тривалість технологічного «вікна» для поточного утримання пристроїв $t_{\text{техн}} = 60$ хв, коефіцієнт надійності пристроїв $\alpha_{\text{над}} = 0,94$?

Розв'язання. Розмістити роздільні пункти таким чином, щоб усі перегони були ідентичні, на практиці не можливо і навіть за технічними умовами реалізувати наведену в прикладі пропускну спроможність важко, тим більше, що зменшення довжини перегонів на одноколійних лініях має свою раціональну межу, яка визначається техніко-економічними та експлуатаційними показниками.

Збільшення пропускної спроможності і, отже, розмірів руху за рахунок будівництва роз'їздів викликає зростання кількості зупинок поїздів для схрещення пропорційне квадрату розмірів руху, що призводить до падіння дільничної швидкості, зростання витрат палива або електроенергії, збільшення зносу колії та рухомого складу, тобто до зростання тимчасових і енергетичних витрат на переміщення поїздів.

При певних розмірах руху експлуатаційні витрати, що викликані зупинками поїздів, стають настільки великими, що їх ліквідація швидко окупить часткове або повне укладання других колій, при яких зупинок не буде.

Річні наведені витрати на зупинки можна визначити, грн,

$$E_{\text{зуп}} = k_{\text{зуп}}^p \cdot c_{\text{зуп}} \quad (1.1)$$

де $k_{\text{зуп}}^p$ – кількість зупинок на рік;

$c_{\text{зуп}}$ – наведені витрати на 1 зупинку, грн.

Річні витрати з улаштування та утримання двоколіїних вставок, грн,

$$E_{\text{дв}} = \frac{C_{\text{кап}}^{\text{дв}}}{T_{\text{ок}}} + C_{\text{ут}}^{\text{дв}}. \quad (1.2)$$

де $C_{\text{кап}}^{\text{дв}}$ – капітальні вкладення в будівництво двоколіїних вставок, грн;

$T_{\text{ок}}$ – термін окупності, р.;

$C_{\text{ут}}^{\text{дв}}$ – річні витрати на утримання двоколіїних вставок, грн.

Прирівнявши $E_{\text{зуп}}$ і $E_{\text{дв}}$, можна визначити найбільшу річну кількість зупинок поїздів, яке дасть на одноколіїних такі ж річні витрати, як і при спорудженні двоколіїних вставок,

$$E_{\text{дв}} = \frac{C_{\text{кап}}^{\text{дв}}}{T_{\text{ок}}} + C_{\text{ут}}^{\text{дв}}. \quad (1.3)$$

Кількість зупинок за рік:

– при взаємних схрещеннях вантажних поїздів

$$k_{\text{зуп.вант}}^{\text{р}} = 365 \frac{T'_{\text{вант}} + T''_{\text{вант}}}{24} N_{\text{вант}}^2; \quad (1.4)$$

– при схрещенні вантажних поїздів з пасажирськими

$$k_{\text{зуп.пс}}^{\text{р}} = 365 \frac{(T'_{\text{вант}} + T''_{\text{вант}})(1 + \varphi)}{24} N_{\text{пс}} \cdot N_{\text{вант}}. \quad (1.5)$$

Загальна кількість зупинок

$$k_{\text{зуп}}^{\text{р}} = k_{\text{зуп.вант}}^{\text{р}} + k_{\text{зуп.пс}}^{\text{р}}, \quad (1.6)$$

де $N_{\text{пс}}$ – розміри пасажирського руху, пар поїздів;

φ – відношення часу перебування на дільниці пасажирського поїзда до аналогічного часу для вантажного поїзда;

$T'_{\text{вант}}$, $T''_{\text{вант}}$ – час знаходження вантажних поїздів на дільниці відповідно у непарному і парному напрямках, год;

$N_{\text{вант}}$ – розміри вантажного руху, пар поїздів.

Підставимо у рівняння (1.4) отриманий вираз для кількості зупинок $k_{зуп}^p$ та знайдемо економічно ефективні розміри руху, освоєння яких доцільно за рахунок будівництва роз'їздів.

Оскільки витрати на одну зупинку поїзда залежать від маси поїзда бруто, то найвигідніші розміри $N_{вант}$ також залежать від цієї маси. При середній масі поїздів 3-4 тис. т найвигідніша середньодобова кількість вантажних поїздів на одноколіїній лінії становить 20–22 пари на добу. При розмірах пасажирського руху 4–6 пар поїздів на добу це визначає раціональну пропускну спроможність одноколіїної лінії (з урахуванням нерівномірності руху і необхідного резерву) в розмірі близько $N_{опт} = 36$ пар поїздів на добу при паралельному графіку.

При середній швидкості руху $V_{сеп}$ і витратах часу на розгін і уповільнення на пару поїздів $t_{ру}$, станційних інтервалах τ_a і τ_b , середній довжині перегону $l_{пер}$ період графіка складе

$$T_{пер} = \frac{(1440 - t_{техн}) \cdot \alpha_n}{N_{опт}} = \frac{2l_{пер} \cdot 60}{V_{сеп}} + t_{ру} + \tau_a + \tau_b. \quad (1.7)$$

Звідси середня довжина перегону, км,

$$l_{опт} = \left[\frac{(1440 - t_{техн}) \cdot \alpha_n}{N_{опт}} - (t_{ру} + \tau_a + \tau_b) \right] \cdot \frac{V_{сеп}}{120}. \quad (1.8)$$

Таким чином, для умов задачі

$$l_{опт} = \left[\frac{(1440 - 60) \cdot 0,94}{36} - (3 + 5) \right] \cdot \frac{50}{120} = 11,68 \approx 12 \text{ км.}$$

Задача 1.2. Одноколіїна дільниця М–Н обладнана напіваавтоблокуванням. Станційні інтервали схрещення для всіх станцій однакові і дорівнюють $\tau_c = 2$ хв. Час на розгін $t_p = 2$ хв, а на уповільнення $t_y = 1$ хв. Час ходу по перегонах задано на рисунку 1.1.

Тривалість технологічного вікна $t_{техн} = 60$ хв. Коефіцієнт надійності $\alpha_{над} = 0,94$.

Потрібна пропускну спроможність на дільниці 20 пар поїздів, а фактичні розміри – 15 пар вантажних поїздів, одна

пара збірних та три парі пасажирських. Встановити порядок прокладання поїздів, що забезпечує реалізацію більш високої дільничної швидкості.

		М	а	б	в	г	д	ж
Час ходу по перегону, хв	непарний напрямок	13	12	16	19	20	16	16
	парний напрямок	12	15	20	20	18	19	12

Рисунок 1.1 – Час ходу по перегонах дільниці М–Н

Розв’язання. Максимальним перегоном є перегін в–г. Період графіка подано на рисунку 1.2.

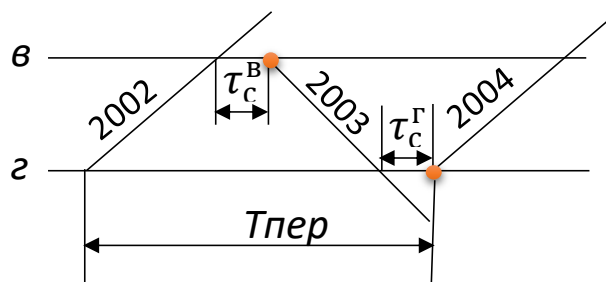


Рисунок 1.2 – Схема прокладання поїздів по максимальному перегону в–г

Період графіка з рисунку 1.2 складе

$$T_{\text{пер}} = t'_x + t''_x + 2\tau_c + 2t_p;$$

$$T_{\text{пер}} = 19 + 20 + 2 \cdot 2 + 2 \cdot 2 = 47 \text{ хв.}$$

Наявна пропускна спроможність

$$N_{\text{наяв}} = \frac{(1440 - t_{\text{техн}}) \alpha_{\text{над}}}{T_{\text{пер}}};$$

$$N_{\text{наяв}} = \frac{(1440 - 60) \cdot 0,94}{47} = 27,6 \approx 27 \text{ пар поїздів.}$$

При співставленні наявної і потрібної пропускної спроможності бачимо, що потрібно порівнювати графіки

неповного заповнення. Після того, як прокладено пасажирські і збірні поїзди, можливі декілька способів прокладання вантажних поїздів. Можна порівнювати максимальний графік (побудований з обмежувального перегону) і потім прибрати зайві нитки з подальшим коригуванням ліній хода. Однак при значній різниці між потрібною і наявною пропускними спроможностями даний прийом не є ефективним.

Можна використовувати інший прийом. Починаючи з обмежувального перегону поїзди окремими групами прокладають рівномірно протягом доби (рисунок 1.3).

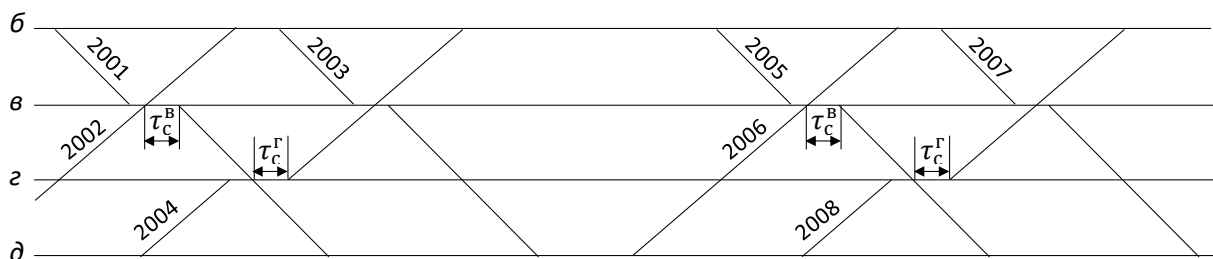


Рисунок 1.3 – Розташування поїздів на графіку окремими групами

У кожній групі поїзди розташовані так само, як при максимальному графіку, тобто на станціях *в* і *г* реалізовані мінімальні інтервали. Після розташування ліній хода на обмежувальному перегоні прокладають лінії хода решти поїздів по всіх перегонах. Цей прийом дає змогу реалізувати використання дільничної швидкості краще, ніж у першому випадку.

Найбільш рівномірне прокладання ліній хода вантажних поїздів (при неповному заповненні графіка) й найбільш високій дільничній швидкості можна отримати, якщо є ділянки з неідентичними перегонами і можна при складанні графіка наче б то об'єднати два суміжних легких перегону. При цьому наявна пропускна спроможність має приблизно дорівнювати потрібній пропускній спроможності (рисунок 1.4).

Такими перегонами є $M - a$ і $a - б$. Період графіка при об'єднанні таких перегонів складе

$$T_{\text{пер}} = (13 + 12) + (12 + 15) + 2 \cdot 2 + 2 \cdot 2 = 60 \text{ хв,}$$

а пропускна спроможність

$$N_{\text{наяв}} = \frac{(1440-60) \cdot 0,94}{60} = 21,62 \approx 21 \text{ пар поїздів,}$$

що відповідає заданим розмірам перевезень.

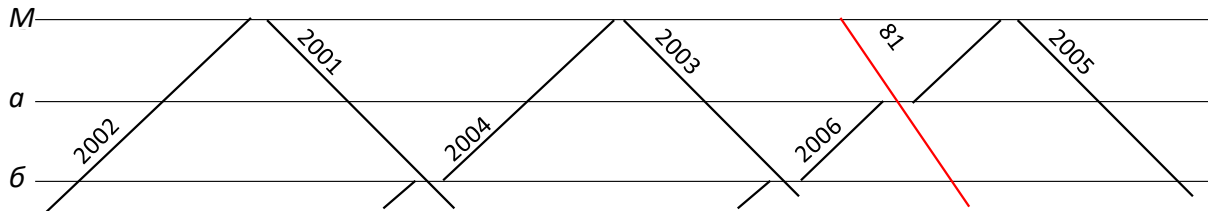


Рисунок 1.4 – Графік руху поїздів по двох легких перегонах, об'єднаних в один

В окремих випадках може бути допущеним схрещення на станції, а після прокладання ліній хода на двох суміжних перегонах прокладають лінії хода по інших перегонах (поперекове прокладання).

1.2 Організація роботи локомотивів і локомотивних бригад

Задача 1.3. На дільниці обертання локомотивів А – Д (рисунок 1.5) середня дільнична швидкість $V_{\text{діл}} = 45 \text{ км / год}$, час стоянки поїздів у пунктах зміни бригад 20 хв. Встановити:

- розташування пунктів зміни бригад, що забезпечує нормальну тривалість безперервно роботи безпосередньо при прямуванні $t_{\text{роб}} = 5,0 \div 5,5 \text{ год}$;
- розташування пунктів технічного огляду обслуговування локомотивів, що забезпечує необхідний нагляд за станом;
- норму часу знаходження локомотивів в пунктах обертання на станціях А і Д.

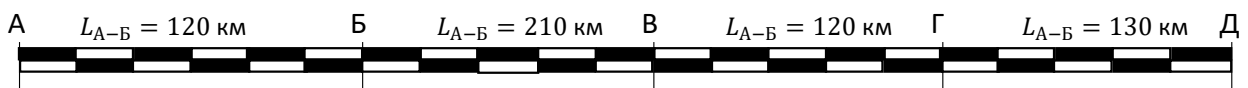


Рисунок 1.5 – Схема дільниці обертання локомотивів А – Д

Розв'язання. За даних умов максимальна відстань дільниці обертання бригад 200–250 км. Таким чином, пункти зміни бригад мають розташовуватися на станціях *Б* і *В*. Бригади, що постійно мешкають на станції *А* та працюють на дільниці *А – Б*, можуть обслуговувати поїзди обох напрямків без відпочинку у пункті зміни *Б*. В інших випадках бригади мають відпочинок у пунктах зміни бригад.

Відповідно до [1] локомотиви підлягають технічному огляду ТО-2, як правило, через кожні 48 год. При довжині дільниці обертання 580 км, дільничній швидкості $V_{\text{діл}} = 45 \text{ км/год}$ та стоянках у пунктах зміни бригад 20 хв, час прямування між пунктами обертання *А* і *Д* складе

$$T_{\text{діл}} = \frac{580}{45} + 2 \cdot \frac{20}{60} = 13,55 \text{ год.}$$

Звідки, технологічний огляд має бути виконаний в обох пунктах обертання на станціях *А* і *Д* після здійснення локомотивом трьох рейсів. Норма часу знаходження локомотивів визначається відповідно до [2] таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Елементи повного обертання локомотивів

Найменування елементів	Норма часу, хв	
	Основне депо	Зворотне депо
В основному депо:		
без доекіпірування	30	
з доекіпіруванням	40	
У зворотному депо:		
з екіпіруванням та ТО2		115–125
з екіпіруванням без ТО-2		75–85
з ТО-2 без екіпірування		80–90
без екіпірування та ТО-2		40–50

Тривалість операцій встановлюється конкретно для кожної станції залежно до особливостей її улаштування.

Завдання для самостійної роботи 1.1. Побудувати фрагмент непаралельного графіку руху поїздів на одноколіїній дільниці М–Н на 4 години (з 11:00 до 15:00) при таких станційних інтервалах: інтервал схрещення $\tau_c = 2$ хв, інтервал неодночасного прибуття $\tau_{\text{нп}} = 5$, час на розгін та уповільнення $t_p = t_y = 1$ хв, інтервал між поїздами в пакеті $I_0 = 8$ хв.

Час руху по перегонам заданий у вигляді рисунка 1.6.

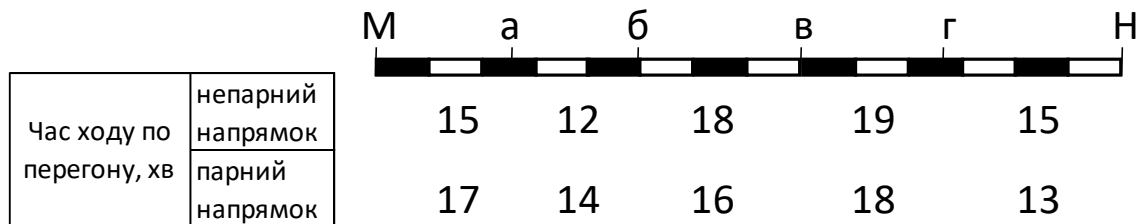


Рисунок 1.6– Час руху по перегонам

Графік складається з максимальним заповненням пропускної спроможності. Час ходу пасажирського поїзда прийняти на 3 хв менше, ніж для вантажного. Час відправлення пасажирських поїздів:

- № 5 зі станції М об 11:30;
- № 241 зі станції М об 13:13;
- № 66 зі станції Н об 11:08;
- № 726 зі станції Н об 12:50.

2 ПРАКТИЧНА РОБОТА 2. ПРОПУСКНА СПРОМОЖ-НІСТЬ ЗАЛІЗНИЧНИХ ЛІНІЙ ПРИ ПАРАЛЕЛЬНОМУ ГРАФІКУ

2.1 Пропускна спроможність залізничних ліній при непарному непакетному графіку

Задача 2.1. Визначити пропускну спроможність одноколіїного дільниці А–К з тепловозною тягою, обладнаної напівавтоматичним блокуванням, при паралельному парному непакетному графіку руху поїздів. На станціях дільниці застосовується електрична централізація стрілок і сигналів.

Час ходу поїздів у непарному та парному напрямках і станційні інтервали неодногочасного прибуття і схрещення для всіх станцій дільниці необхідний час на розгін і уповільнення наведено на рисунку 2.1. Необхідний час на розгін і уповільнення прийняти однаковими і відповідно такими, що дорівнюють $t_p = 2$ і $t_y = 1$ хв.

		А	Б	В	Г	Д	Ж	З	К
Час ходу по перегону, хв	непарний напрям	12	17	19	18	23	16	12	
	парний напрям	10	17	20	20	21	17	11	
Інтервал неодногочасного прибуття		4	4	4	4	4	4	4	4
Інтервал схрещення		2	2	2	2	2	2	2	2

Рисунок 2.1 – Час ходу по перегонах дільниці А-К

Розв’язання. При паралельному графіку пропускна спроможність розраховується для кожного перегону. Перегін з мінімальною пропускною спроможністю (обмежувальний) визначає результативну пропускну спроможність дільниці в цілому. Наявну пропускну спроможність одноколійного перегону для парного непакетного (звичайного) графіка розраховують у парах поїздів за формулою [3]

$$N_{\text{наяв}} = \frac{(1440 - t_{\text{техн}}) \cdot \alpha_{\text{над}}}{T_{\text{пер}}}, \quad (2.1)$$

де $t_{\text{техн}}$ – тривалість технологічного «вікна» на одноколійній ділянці, передбаченого у графіку руху для виконання робіт з поточного утримання і ремонту колії, пристроїв і споруд. При існуючому технічному оснащенні та технології проведення даних робіт можна прийняти $t_{\text{техн}} = 60$ хв;

$\alpha_{\text{над}}$ – коефіцієнт, що враховує вплив відмов у роботі технічних засобів (локомотивів, вагонів, колії, пристроїв СЦБ і зв'язку, контактної мережі тощо) на наявну пропускну спроможність одноколійних перегонів. Значення $\alpha_{\text{над}}$ визначають відповідно до таблиці 2.1 [3].

Таблиця 2.1 – Значення коефіцієнта надійності при розрахунках наявної пропускної спроможності дільниць на перегонах

Період графіка, хв	Значення $\alpha_{\text{над}}$ для одноколіїної дільниці	Розрахунковий інтервал I , хв	Значення $\alpha_{\text{над}}$ для одноколіїної–двоколіїної /двоколіїної дільниці
30	0,94	6	0,90/0,91
40	0,95	8	0,92/0,93
50	0,96	10	0,93/0,94

Для визначення мінімального періоду графіка на максимальному перегоні розробляються схеми пропуску через даний перегін (рисунок 2.2).

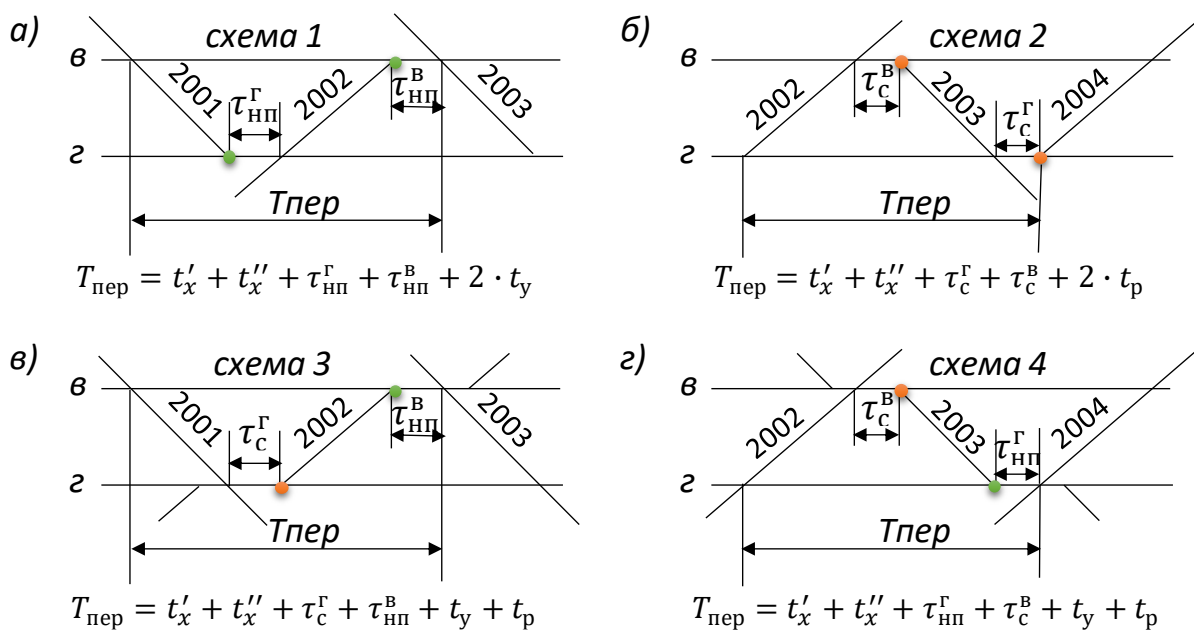


Рисунок 2.2 – Схеми прокладання поїздів на обмежувачому перегоні: а – пропуск поїздів на обмежувальний перегін; б – пропуск поїздів з обмежувального перегону; в – пропуск непарних поїздів на ходу; г – пропуск парних поїздів на ходу

Схема 1: $T_{\text{пер}} = 23 + 21 + 4 + 4 + 2 \cdot 1 = 54$ хв.

Схема 2: $T_{\text{пер}} = 23 + 21 + 2 + 2 + 2 \cdot 2 = 52$ хв.

Схеми 3 і 4: $T_{\text{пер}} = 23 + 21 + 4 + 2 + 2 + 1 = 53$ хв.

Аналогічно розраховуються значення $T_{пер}$ для решти перегонів дільниці А – К. Їх порівняння ($T_{пер} = 33, 44, 47, 48, 52, 43, 34$ хв) показує, що максимальним є перегін $\delta - ж$ ($T_{пер} = 52$ хв). Для цього перегону, крім розглянутої схеми прокладання поїздів, були проаналізовані інші (рисунок 2.3).

Станція	Перегонний час руху, хв.		Схема схрещення	Станційні інтервали, що входять в період графіка		Поправка на розгін та уповільнення, хв.		Період графіка, хв.	Пропускна спроможність, пар поїздів
	t'_x	t''_x		$\tau_{нп}$	$\tau_{сх}$	τ_p	τ_y		
А	12	10		4	2	4	1	33	39
б	17	17		8			2	44	29
в	19	20			4	4		47	27
г	18	20		8			2	48	27
д	23	21			4	4		52	25
ж	16	17		8			2	43	30
з	12	11		4	2	4	1	34	38
К									

Рисунок 2.3 – Схеми періоду графіка по окремих перегонах дільниці

Таким чином найбільш доцільною схемою прокладання поїздів є схема «б» з мінімальним періодом графіка та максимальною пропускнуою спроможністю.

Задача 2.2. Довжина поїзда $l_{\Pi} = 0,8$ км, довжина гальмівного шляху $l_{\Gamma} = 1,0$ км, вхідна відстань $l_{\text{ВХ}} = 0,1$ км, максимальна ходова швидкість на спуску $V_{\text{X}}^{\text{СП}} = 90$ км/год і керівному підйомі $V_{\text{X}}^{\text{КЕР}} = 25$ км/год, тривалість операцій з приготування маршруту відправлення $\tau_{\text{ВІД}} = 0,25$ хв, сприйняття сигнала машиністом $\tau_{\text{СИГ}} = 0,1$ хв, приведення поїзда до руху $\tau_{\text{РУХ}} = 0,05$ хв. Тривалість технологічного «вікна» для поточного утримання пристроїв $t_{\text{ТЕХН}} = 60$ хв, коефіцієнт надійності пристроїв $\alpha_{\text{НАД}} = 0,94$. Сума станційних інтервалів і часу на розгін і уповільнення в періоді графіка $\tau_{\text{ІНТ}} = 7$ хв. Чому дорівнює мінімальна довжина перегону між роз'їздами і його пропускна спроможність при такій довжині спуску?

Розв'язання. Мінімальна довжина перегону для умов проходження поїзда через першу станцію без зупинки має визначатися, виходячи з максимальної швидкості руху зі спуску за формулою

$$l_{\min} = \frac{\tau_{\text{ВІД}} + \tau_{\text{СИГ}} + \tau_{\text{РУХ}}}{60} V_{\text{X}} + l_{\Gamma} + l_{\text{ВХ}} + 2l_{\Pi} \quad (2.2)$$

$$l_{\min} = \frac{0,25 + 0,1 + 0,05}{60} 90 + 1,0 + 0,1 + 2 \cdot 0,8 = 3,3 \text{ км.}$$

Час ходу в напрямку спуску можна визначити за формулою

$$t_{\text{СП}} = \frac{60 \cdot l_{\min}}{V_{\text{X}}^{\text{СП}}}, \quad (2.3)$$

а у зворотному напрямку (на підйом)

$$t_{\text{КЕР}} = \frac{60 \cdot l_{\min}}{V_{\text{X}}^{\text{КЕР}}}. \quad (2.4)$$

$$t_{\text{СП}} = \frac{60 \cdot 3,3}{90} = 2,2 \text{ хв;}$$

$$t_{\text{КЕР}} = \frac{60 \cdot 3,3}{25} = 7,92 \text{ хв;}$$

Період графіка складе

$$T_{\text{пер}} = t_{\text{СП}} + t_{\text{КЕР}} + \tau_{\text{ІНТ}}. \quad (2.5)$$

$$T_{\text{пер}} = 2,2 + 7,92 + 7 = 17,12 \text{ хв.}$$

Пропускнун спроможнїсть обчислюємо за формулою (2.1)

$$N_{\text{наяв}} = \frac{(1440-60) \cdot 0,94}{17,12} = 75,77 \approx 75 \text{ пар поїздів.}$$

2.2 Розрахунок пропускної спроможнїстї при парному частково-пакетному графіку руху поїздів

Задача 2.3. Розрахувати пропускнун спроможнїсть одноколїйної дїльнїцї А – М (рисунок 2.1) з тепловозною тягою, яка обладнана автоблокуванням, при паралельному парному частково-пакетному графіку руху поїздів при рїзних коефіцієнтах пакетностї ($\alpha_{\text{пак}} = 0,5; \alpha_{\text{пак}} = 0,67, \alpha_{\text{пак}} = 0,75$) при розрахунковїй схемї пропуску поїздів через станції г і д. В пакеі об'єднують два поїзда. Інтервал неодночасного прибуття $\tau_{\text{нп}} = 4$ хв, інтервал схрещення $\tau_c = 1$ хв., час на розгїн $t_p = 2$ хв., час на уповільнення $t_y = 1$ хв. Час ходу по перегону заданий на рисунку 2.4.

		А	б	в	г	д	М
Час ходу по перегону, хв	непарний напрямок	12	14	10	20	15	
	парний напрямок	14	17	12	19	13	

Рисунок 2.4 – Схема дїльнїцї А-М і час ходу по перегонах

Розв'язання. При кількостї поїздів в пакеі k пропускнун спроможнїсть частково-пакетного графіка можна визначити за формулою

$$N_{\text{наяв}}^{\text{чп}} = \frac{k \cdot (1440 - t_{\text{техн}}) \alpha_{\text{над}}}{[k - \alpha_{\text{пак}}(k-1)](t'_x + t''_x + \tau_{\text{ст.г}} + \tau_{\text{ст.д}}) + (k-1)(I' + I'') \alpha_{\text{пак}}}, \quad (2.6)$$

де $\alpha_{\text{над}}$ – коефіцієнт надійності при розрахунках наявної пропускної спроможності;

$\alpha_{\text{пак}}$ – коефіцієнт пакетності руху вантажних поїздів за період графіка;

$$\alpha_{\text{пак}} = \frac{N_{\text{пак}}}{N}, \quad (2.7)$$

$N_{\text{пак}}$ – кількість вантажних поїздів, прокладених пакетами на графіку руху;

N – сумарна кількість вантажних поїздів, прокладених за період графіка;

t'_x, t''_x – чистий час ходу по перегону відповідно у непарному і парному напрямках, хв;

$\tau_{\text{ст.г}}, \tau_{\text{ст.д}}$ – станційні інтервали відповідно по станції г і д;

I', I'' – значення розрахункового інтервалу між поїздами у пакеті відповідно у непарному і парному напрямках.

З урахуванням відмов коефіцієнт надійності при розрахунках наявної пропускної спроможності дільниць на перегонах приймається відповідно до таблиці 2.1.

Максимальним перегonom – перегonom з максимальним сумарним часом руху – є перегін $\varepsilon - \delta$, який має час ходу поїзда в непарному напрямку $t'_x = 20$ хв, а в парному $t''_x = 19$ хв.

$$T_{\text{пер}}^1 = 20 + 19 + 2 \cdot 4 + 2 \cdot 1 = 49 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{пер}}^2 = 19 + 18 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 2 = 45 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{пер}}^{3,4} = 19 + 18 + 4 + 1 + 1 + 2 = 47 \text{ хв.}$$

Таким чином, при організації пропуску поїздів доцільно використовувати схему 2, тому що така схема має найменший сумарний час. З використанням таблиці 2.1 визначаємо коефіцієнт надійності і розрахунковий інтервал. Так, $\alpha_{\text{над}} = 0,95$, $I = 8$ хв.

На рисунку 2.5 показано періоди частково-пакетного графіка для схеми 2 і кількості поїздів у пакеті $k = 2$ або $k = 3$.

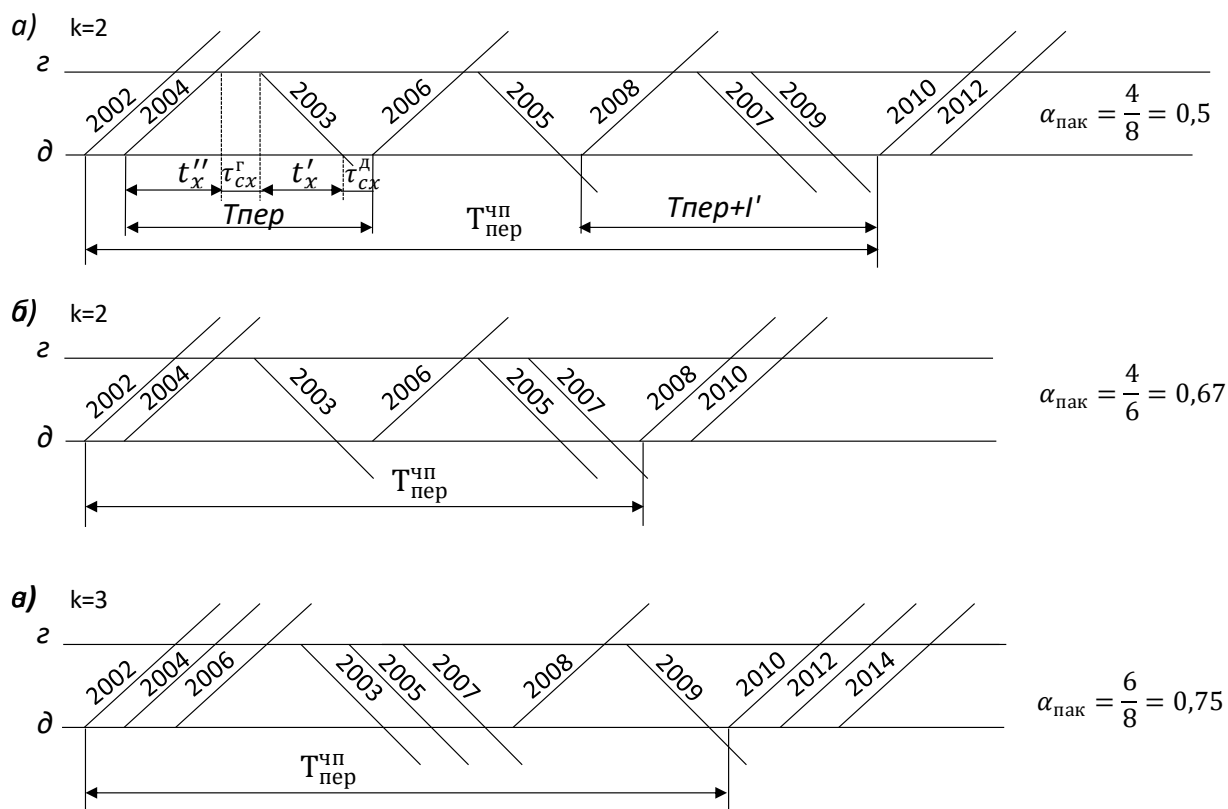


Рисунок 2.5 – Схеми пропускання поїздів через обмежувальний перегін при парному частково-пакетному графіку руху

Визначимо наявну пропускну спроможність при різних способах організації

$$N_{\text{наяв}}^{\alpha_{\text{пак}}=0,5} = \frac{2 \cdot (1440 - 60) \cdot 0,95}{[2 - 0,5 \cdot (2 - 1)] \cdot 45 + (2 - 1)(8 + 8) \cdot 0,5} = 34,7 \approx 34 \text{ пар поїздів};$$

$$N_{\text{наяв}}^{\alpha_{\text{пак}}=0,67} = \frac{2 \cdot (1440 - 60) \cdot 0,95}{[2 - 0,67 \cdot (2 - 1)] \cdot 45 + (2 - 1)(8 + 8) \cdot 0,67} = 36,8 \approx 36 \text{ пар поїздів};$$

$$N_{\text{наяв}}^{\alpha_{\text{пак}}=0,75} = \frac{3 \cdot (1440 - 60) \cdot 0,95}{[3 - 0,75 \cdot (3 - 1)] \cdot 45 + (3 - 1)(8 + 8) \cdot 0,75} = 42,9 \approx 42 \text{ пар поїздів};$$

Таким чином, найбільш ефективним є пропускання поїздів частково-пакетним прокладанням з коефіцієнтом $\alpha_{\text{пак}} = 0,75$ та трьома поїздами у пакеті.

2.3 Розрахунок пропускної спроможності при непарному частково-пакетному графіку руху поїздів

Задача 2.4. Визначити пропускну спроможність одноколіїної дільниці $H - K$ (рисунок 2.6) з тепловозною тягою, яка обладнана диспетчерською централізацією, при паралельному непарному частково-пакетному графіку руху поїздів. Коефіцієнт непарності руху поїздів в обох напрямках (відношення кількості вантажних поїздів, що прямують у зворотному напрямку, до кількості вантажних поїздів у переважному (основному) напрямку) $\gamma_{\text{нп}} = 0,8$, коефіцієнт надійності пристроїв $\alpha_{\text{над}} = 0,91$. В пакет об'єднують два поїзда. Інтервал між поїздами в пакеті в обох напрямках $I' = I'' = 8$ хв, інтервал неодночасного прибуття $\tau_{\text{нп}} = 4$ хв, інтервал схрещення $\tau_c = 1$ хв, час на розгін $t_p = 2$ хв, час на уповільнення $t_y = 1$ хв. По ділянці прямують шість пар пасажирських поїздів. Переважним (основним) вважається непарний напрямок $H - K$ ($N_{\text{HK}} > N_{\text{KH}}$).

Час руху по перегонах заданий у вигляді таблиці 2.2.

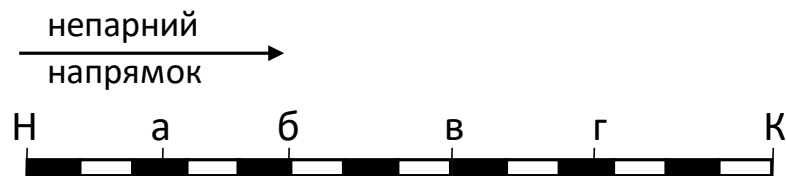


Рисунок 2.6 – Схема дільниці $H - K$

Таблиця 2.2 – Час руху по перегонах

Назва перегону	Час руху, хв	
	непарний напрямок	парний напрямок
$H-a$	15	17
$a-б$	12	14
$б-в$	18	16
$в-г$	19	18
$г-K$	14	14

Розв'язання. Пропускна спроможність одноколіїної дільниці, при паралельному непарному частково-пакетному графіку визначається окремо для кожного напрямку:

– переважного

$$N_{\text{пер}} = \frac{K_{\text{ппр}}(1440 - t_{\text{техн}})\alpha_{\text{над}}}{(2 - \alpha_{\text{пак}}^{\text{пер}})T_{\text{пер}} + \alpha_{\text{пак}}^{\text{пер}}(I' + I'') - (1 - \gamma_{\text{нп}})2I'} ; \quad (2.8)$$

– зворотного

$$N_{\text{зв}} = \gamma_{\text{нп}} N_{\text{пер}}, \quad (2.9)$$

де $K_{\text{ппр}}$ – кількість поїздів у пакеті для переважного напрямку;

$\alpha_{\text{пак}}^{\text{пер}}$ – коефіцієнт пакетності на перегоні у переважному напрямку, визначається відношенням кількості поїздів, що прямують пакетами у переважному напрямку, до загальної кількості поїздів;

$T_{\text{пер}}$ – період звичайного графіка, хв.

Для визначення мінімального періоду графіка на максимальному перегоні розробляються схеми пропускання через даний перегін (рисунок 2.2). Максимальним перегоном – перегоном з максимальним сумарним часом руху – є перегін $\nu - \zeta$, який має час ходу поїзда в непарному напрямку $t'_x = 19$ хв, а в парному $t''_x = 18$ хв.

Розрахуємо значення періодів при різних схемах прокладки.

$$\begin{aligned} T_{\text{пер}}^1 &= 19 + 18 + 2 \cdot 4 + 2 \cdot 1 = 47 \text{ хв}; \\ T_{\text{пер}}^2 &= 19 + 18 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 2 = 43 \text{ хв}; \\ T_{\text{пер}}^{3,4} &= 19 + 18 + 4 + 1 + 1 + 2 = 45 \text{ хв}. \end{aligned}$$

Таким чином, при організації пропускання поїздів доцільно використовувати схему 2, тому що така схема має найменший сумарний час.

У задачі коефіцієнт непарності руху поїздів $\beta_{\text{н}} = 0,8$. Тому в переважному напрямі потрібно прокласти 5 поїздів, а в зворотному – 4. При такому співвідношенні потоків поїздів можливі схеми організації руху, що наведені на рисунку 2.7.

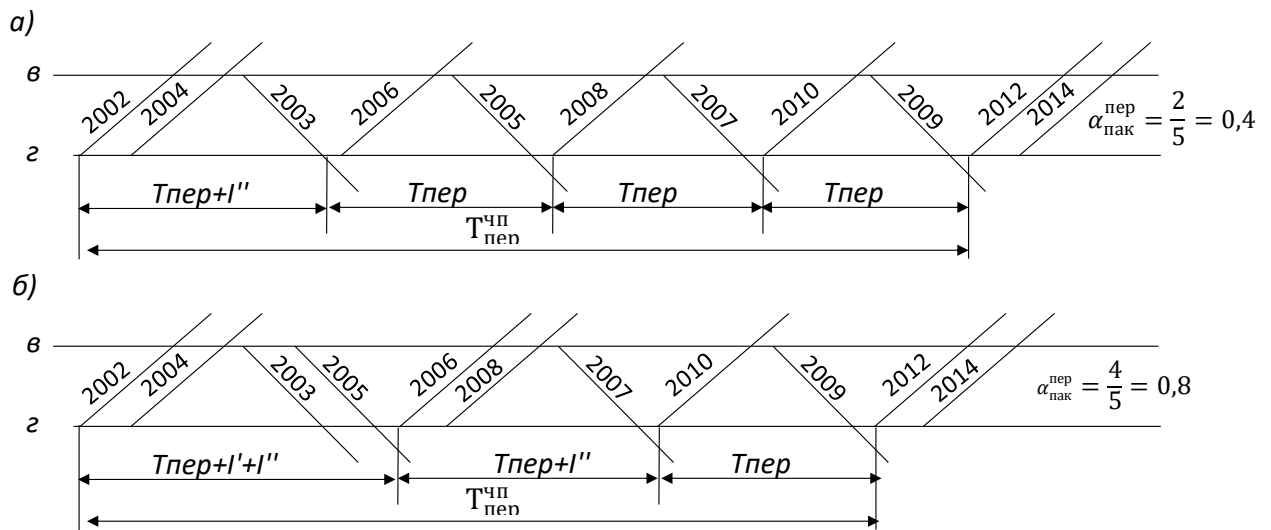


Рисунок 2.7– Фрагменти прокладання поїздів на обмежувальному перегоні

За першою схемою в непарному напрямі пропускають один пакет із двох поїздів, у зворотному – поїзда прямують пооднок (рисунок 2.7, а). У цьому випадку період непарного часково-пакетного графіка:

$$T_{\text{пер}}^{\text{чп}} = T_{\text{пер}} + I'' + T_{\text{пер}} + T_{\text{пер}} + T_{\text{пер}} = 4 \cdot T_{\text{пер}} + I'', \quad (2.10)$$

де $T_{\text{пер}}$ – період парного непакетного графіка, хв.

$$T_{\text{пер}}^{\text{чп}} = 4 \cdot 43 + 8 = 180 \text{ хв.}$$

Коефіцієнт пакетності для переважного напрямку $\alpha_{\text{пак}}^{\text{пер}}$ для схеми, що розглядається, складає $\alpha_{\text{пак}}^{\text{пер}} = \frac{2}{5} = 0,4$.

Пропускню спроможність непарного частково-пакетного графіка (при кількості поїздів у пакеті 2) визначимо за формулою (2.8)

$$N_{\text{пер}} = \frac{2 \cdot (1440 - 60) \cdot 0,91}{(2 - 0,4) \cdot 43 + 0,4 \cdot (8 + 8) - (1 - 0,8) \cdot 2 \cdot 8} = 34,88 \text{ пар поїздів.}$$

Тоді у зворотному напрямку

$$N_{\text{зв}} = 0,8 \cdot 34,88 = 27,9 = 27 \text{ пар поїздів.}$$

За другою схемою (рисунок 2.7, б) у непарному напрямку прямують два пакета із двох поїздів, у зворотному – один, інші прокладені поодинокі $\alpha_{\text{пак}}^{\text{пер}} = \frac{4}{5} = 0,8$.

Тоді

$$T_{\text{пер}}^{\text{чп}} = T_{\text{пер}} + I' + I'' + T_{\text{пер}} + I' + T_{\text{пер}} = 3T_{\text{пер}} + 2I' + I'';$$

$$T_{\text{пер}}^{\text{чп}} = 3 \cdot 43 + 2 \cdot 8 + 8 = 153 \text{ хв.}$$

Пропускна спроможність дільниці відповідно складе:

– у переважному напрямку

$$N_{\text{пер}} = \frac{2 \cdot (1440 - 60) \cdot 0,91}{(2 - 0,8) \cdot 43 + 0,8 \cdot (8 + 8) - (1 - 0,8) \cdot 2 \cdot 8} = 43,01 \text{ пар поїздів};$$

– у зворотньому $N_{\text{зв}} = 0,8 * 41,03 = 32,8 = 32$ пар поїздів.

Зрозуміло, що друга схема організації руху поїздів на дільниці $H - K$ забезпечує більш високу пропускну спроможність.

2.4 Розрахунок пропускну спроможності при відкритті блок-поста на перегоні

Задача 2.5. *Визначити зміни пропускну спроможності одноколіїної дільниці $H-K$ (рисунок 2.6), обладнаної напіватоблокуванням при улаштуванні на максимальному перегоні блок-посту. Час руху по перегонах заданий у вигляді таблиці 2.3. Коефіцієнт пакетності прийняти рівним $\alpha_{\text{пак}} = 0,5$.*

Таблиця 2.3 – Час руху по перегонах

Назва перегону	Час руху, хв	
	непарний напрямок	парний напрямок
$H-a$	20	22
$a-b$	22	30
$b-в$	36	38
$в-г$	19	18
$г-K$	14	14

Інтервал неодночасного прибуття $\tau_{\text{пп}} = 4$ хв, інтервал схрещення $\tau_c = 1$ хв. Інтервал попутного прямування $\tau_{\text{пп}} = 2$ хв, час на розгін $t_p = 2$ хв, час на уповільнення $t_y = 1$ хв. Співвідношення часу ходу після улаштування посту $t'_{x_1}:t'_{x_2} = t''_{x_1}:t''_{x_2} = 1:2$.

Розв'язання. На одноколійних лініях з напівавтоматичним блокуванням або електрожезловою системою за наявності на перегоні колійних постів (рисунок 2.8) пропускна спроможність перегону в разі парного графіка визначається за формулою (2.6), а в разі непарного – за формулою (2.8) [3]. Мінімальний інтервал між поїздами попутного прямування можна визначити з умов

$$I' = t'_x + \tau_{\text{пп}} \text{ і } I'' = t''_x + \tau_{\text{пп}} \quad (2.11)$$

де t'_x, t''_x – максимальний час руху поїзда між станціями або станцією і постом з урахуванням часу на розгін і уповільнення відповідно у парному і непарному напрямках, хв;

$\tau_{\text{пп}}$ – інтервал попутного прямування, хв.

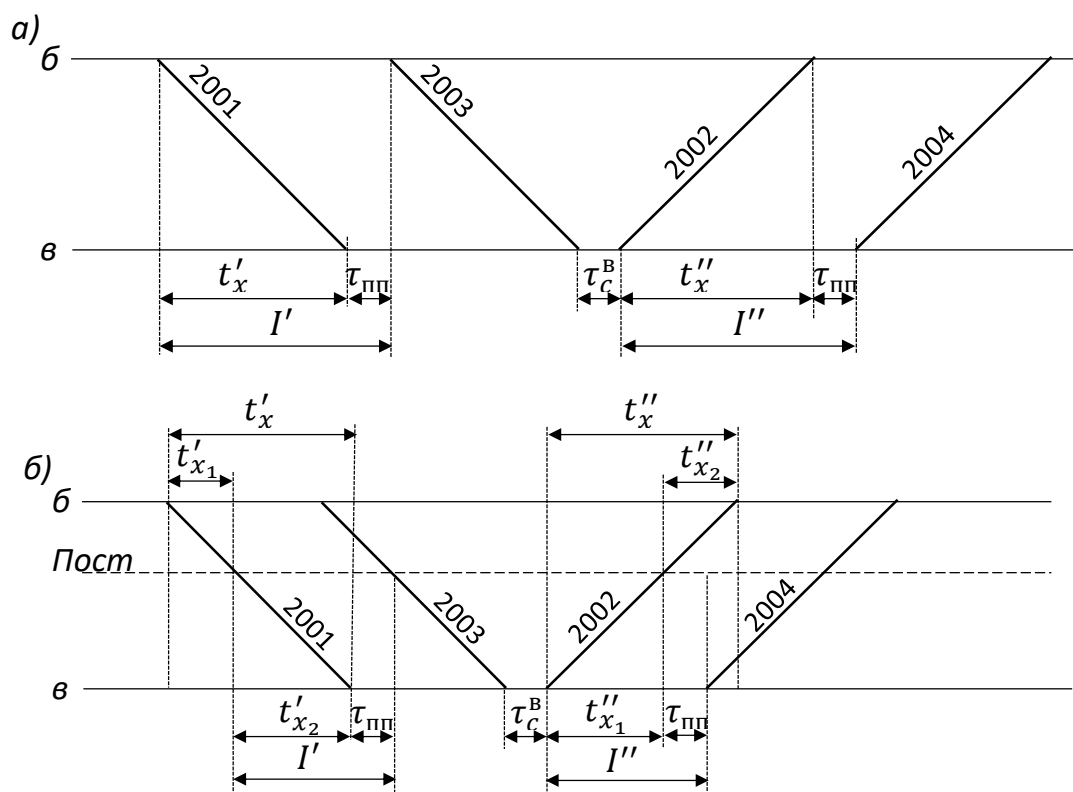


Рисунок 2.8 – Схема прокладання поїздів через обмежувальний перегін: а – до улаштування поста; б – після улаштування поста

Максимальним перегонном до улаштування поста був перегін $b - в$ з сумарним часом ходу $36 + 38 = 74$ хв. Після улаштування поста на перегоні $b - в$ час ходу поділяється на $b - пост$ і $пост - в$, тобто сумарний час на частині $b - пост$ складає $\frac{36}{3} + \frac{38}{3} = 12 + 12,6 = 24,6$ хв, а на частині $пост - в$ $\frac{2 \cdot 36}{3} + \frac{2 \cdot 38}{3} = 24 + 25,3 = 49,3$ хв.

Після розрахунку нових значень часів ходу максимальним перегонном необхідно перевірити, чи є дані частини максимальними. В даному випадку необхідно перевірити перегін $a - б$. Сумарно час ходу даним перегонном дорівнює $22 + 30 = 52$ хв. Після ділення на частини перегін $b - в$ дає час ходу $t'_{x_1} + t''_{x_2}$ (для частини $b - пост$) та $t''_{x_1} + t'_{x_2}$ (для частини $пост - в$). За попередніми розрахунками $b - пост$ має час $24,6$ хв, а $пост - в - 49,3$ хв, тобто більше за сумарний час на перегоні $a - б$.

Згідно з рисунком 2.8 інтервал між поїздами у пакеті становить:

– до улаштування блок – поста

$$I' = 36 + 2 = 38 \text{ хв, а } I'' = 38 + 2 = 40 \text{ хв;}$$

– після улаштування

$$I' = 24 + 2 = 26 \text{ хв, а } I'' = 25,3 + 2 = 27,3 \text{ хв.}$$

За найкращу схему прокладання поїздів через максимальний перегін обираємо пропускання поїздів з обмежувального перегону (рисунок 2.2, б). Період непакетного графіка складе:

– до улаштування блок-поста

$$T_{\text{пер}}^2 = 36 + 38 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 2 = 80 \text{ хв;}$$

– після улаштування

$$T_{\text{пер}}^2 = 24 + 25,3 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 2 = 55,3 \text{ хв,}$$

а пропускна спроможність для парного частково-пакетного графіка при відкритті блок-поста буде дорівнювати:

– до улаштування блок-поста

$$N_{\text{наяв}_1}^{\text{чп}} = \frac{2 \cdot (1440 - 60) \cdot 0,95}{[2 - 0,5(2 - 1)] \cdot 80 + (2 - 1)(38 + 40) \cdot 0,5} = 16,49 \approx 16 \text{ пар поїздів;}$$

– після улаштування

$$N_{\text{наяв}_2}^{\text{чп}} = \frac{2 \cdot (1440 - 60) \cdot 0,95}{[2 - 0,5(2 - 1)] \cdot 55,3 + (2 - 1)(26 + 27,3) \cdot 0,5} = 23,92 \approx 23 \text{ пар поїздів.}$$

Зростання пропускної спроможності можна визначити за формулою

$$\begin{aligned} \Delta N_{\text{наяв}}^{\text{чп}} &= N_{\text{наяв}_2}^{\text{чп}} - N_{\text{наяв}_1}^{\text{чп}}, \\ \Delta N_{\text{наяв}}^{\text{чп}} &= 23 - 16 = 7 \text{ пар поїздів.} \end{aligned} \quad (2.12)$$

2.5 Розрахунок пропускної спроможності дільниці при організації безупинкового схрещення

Задача 2.6. *Визначити наявну пропуску спроможність на обмежувальному перегоні між роздільними пунктами а – б одноколіїної дільниці з двоколійними вставками, що примикають до них. Для збільшення пропускної спроможності використовується безупинкове схрещення поїздів за схемою руху, що наведена на рисунку 2.9. Час ходу поїздів одноколіїною частиною перегону у парному напрямку $t'_x = 15$ хв, в непарному $t''_x = 16$ хв. Інтервал безупинкового схрещення $\tau_{\text{бс}}$ на роздільних пунктах «а» і «б» є однаковим і складає $\tau_{\text{бс}} = 7$ хв.*

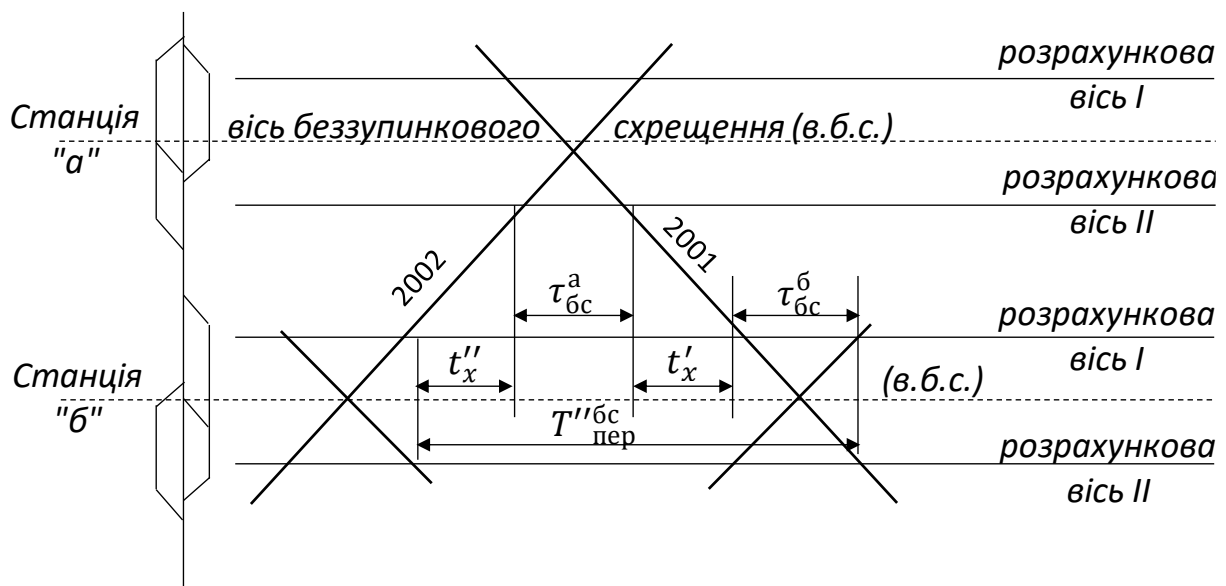


Рисунок 2.9 – Схема безупинкового схрещення поїздів

Розв'язання. Пропускна спроможність перегону при організації беззупинкового схрещення на обох роздільних пунктах, що обмежують одноколіїний перегін, або на двоколіїних вставках розраховують за формулою [3]

$$N_{\text{бс}} = \frac{(1440 - t_{\text{техн}}) \cdot \alpha_{\text{над}}}{T_{\text{пер}}^{\text{бс}}} = \frac{(1440 - t_{\text{техн}}) \cdot \alpha_{\text{над}}}{t'_x + t''_x}, \quad (2.13)$$

де $t'_x + t''_x$ – сума часу руху непарного і парного поїздів між осями беззупинкового схрещення, яка дорівнює сумі часів руху цих поїздів одноколіїною частиною перегону та інтервалів беззупинкового схрещення по розрахункових осях I та II, хв.

$$t'_x + t''_x = t'_{\text{одн}} + t''_{\text{одн}} + \tau_{\text{бс}}^{\text{а}} + \tau_{\text{бс}}^{\text{б}}.$$

Якщо при організації беззупинкового схрещення зменшується швидкість, то необхідно врахувати витрати часу на таке зменшення.

При заданих умовах

$$T_{\text{пер}}^{\text{бс}} = 15 + 7 + 16 + 7 = 45 \text{ хв.}$$

Відповідно до таблиці 2.1 $\alpha_{\text{над}} = 0,92$ та прийнятому значенні $t_{\text{техн}} = 60$ хв значення пропускну спроможності дорівнює

$$N_{\text{бс}} = \frac{(1440 - 60) \cdot 0,92}{45} = 28,2 \approx 28 \text{ пар поїздів.}$$

2.6 Пропускна спроможність двоколіїних ділянок з паралельним графіком руху поїздів

Задача 2.7. *Визначити наявну пропускну спроможність двоколіїної електрифікованої ділянки А-К при беззупинковому прямуванні ділянкою з автоматичним блокуванням і ділянки А-К при прямуванні ділянкою з напівавтоматичним блокуванням в різних експлуатаційних умовах. Середній інтервал між поїздами у пакеті у парному напрямку $I''_0 = 8$ хв, у непарному - $I'_0 = 9$ хв. Схему ділянки наведено на рисунку 2.10. Інтервал попутного*

прямування на ділянці з напівавтоматичним блокуванням – $\tau_{\text{ПП}} = 2$ хв. Тривалість технологічного «вікна» на двоколійних лініях згідно з [3] $t_{\text{техн}} = 120$ хв. Час на розгін і уповільнення $t_p = t_y = 1$ хв.

		А	Б	В	Г	Д	Ж	З	К
Час ходу по перегону, хв	непарний напрямок	12	17	19	22	23	16	12	
	парний напрямок	15	19	20	20	21	17	11	

Рисунок 2.10 – Схема розрахункової ділянки А-К

Розв’язання. Наявна пропускна спроможність двоколійних ділянок визначається при беззупинковому прямуванні поїздів через роздільні пункти окремо за кожним напрямком:

– з автоматичним блокуванням (рисунок 2.11, а)

$$N_{\text{ДВ}} = \frac{(1440 - t_{\text{техн}}) \cdot \alpha_{\text{над}}}{I_0}, \quad (2.14)$$

де I_0 – розрахунковий інтервал між поїздами у пакеті, хв;

– з напівавтоматичним блокуванням (рисунок 2.11, б-д)

$$N_{\text{ДВ}} = \frac{(1440 - t_{\text{техн}}) \cdot \alpha_{\text{над}}}{t_{\text{ван}} + \tau_{\text{ПП}}}, \quad (2.15)$$

де $t_{\text{ван}}$ – час ходу вантажного поїзда максимальним перегоном, хв;

$\tau_{\text{ПП}}$ – станційний інтервал попутного прямування поїздів, хв.

За умовами задачі максимальним перегоном є перегін д–ж.

При прямуванні поїзда з зупинкою до часу ходу вантажного поїзда додають час на розгін та/або уповільнення.

Коефіцієнт, який враховує вплив відмов в роботі технічних пристроїв на наявну пропускну спроможність двоколійних ліній приймається відповідно до таблиці 2.1. Тоді

– схема а (непарний напрямок)

$$N'_{дв} = \frac{(1440-120) \cdot 0,91}{9} = 133,5 \approx 133 \text{ поїзди};$$

– схема а (парний напрямок)

$$N''_{дв} = \frac{(1440-120) \cdot 0,91}{8} = 150,1 \approx 150 \text{ поїздів};$$

– схема б (непарний напрямок)

$$N'_{дв} = \frac{(1440-120) \cdot 0,91}{23+2} = 48,05 \approx 48 \text{ поїздів};$$

– схема б (парний напрямок)

$$N''_{дв} = \frac{(1440-120) \cdot 0,91}{21+2} = 52,22 \approx 52 \text{ поїзди};$$

– схема в (непарний напрямок)

$$N'_{дв} = \frac{(1440-120) \cdot 0,91}{23+2+1} = 46,2 \approx 46 \text{ поїздів};$$

– схема в (парний напрямок)

$$N''_{дв} = \frac{(1440-120) \cdot 0,91}{21+2+1} = 50,05 \approx 50 \text{ поїздів};$$

– схема г (непарний напрямок)

$$N'_{дв} = \frac{(1440-120) \cdot 0,91}{23+2+1} = 46,2 \approx 46 \text{ поїздів};$$

– схема г (парний напрямок)

$$N''_{дв} = \frac{(1440-120) \cdot 0,91}{21+2+1} = 50,05 \approx 50 \text{ поїздів};$$

– схема д (непарний напрямок)

$$N'_{дв} = \frac{(1440-120) \cdot 0,91}{23+2+1+1} = 44,48 \approx 44 \text{ поїзди};$$

– схема д (парний напрямок)

$$N''_{дв} = \frac{(1440-120) \cdot 0,91}{21+2+1+1} = 48,05 \approx 48 \text{ поїздів}.$$

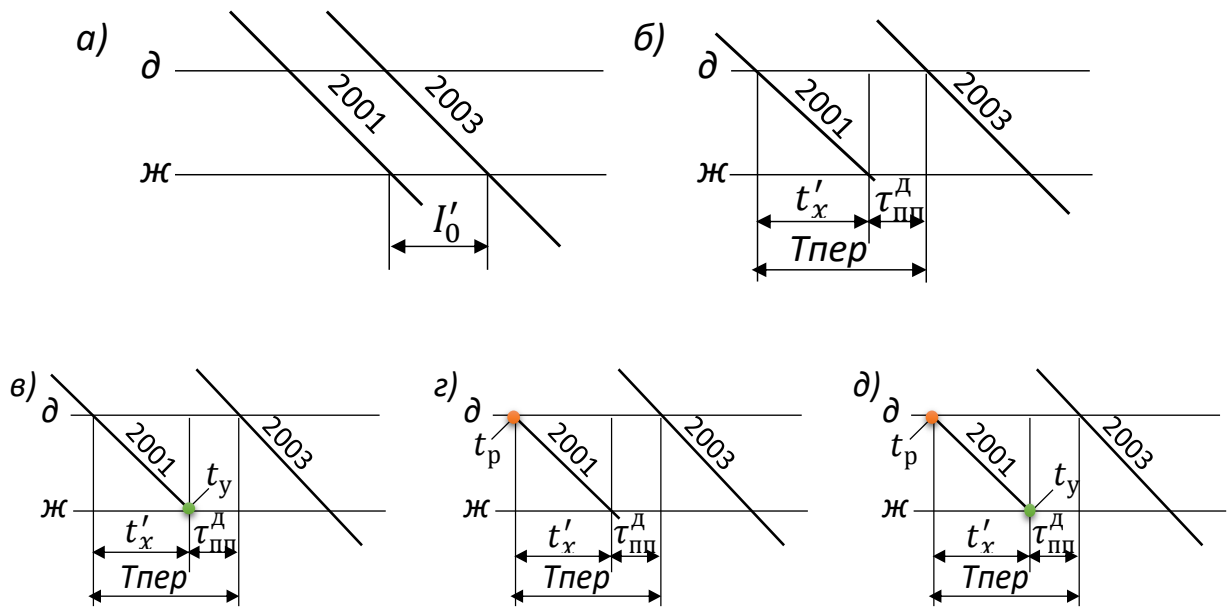


Рисунок 2.11 – Схеми пропускання поїздів через максимальний перегін на двоколіїній дільниці:

- а – з автоматичним блокуванням беззупинно; б – з напівавтоматичним блокуванням беззупинно; в – з напівавтоматичним блокуванням і зупинкою поїзда 2001 по станції «ж»; г – з напівавтоматичним блокуванням і зупинкою поїзда 2001 по станції «д»; д – з напівавтоматичним блокуванням і зупинкою поїзда 2001 по станціях «д» і «ж»

Завдання для самостійної роботи 2.1. На одноколіїній дільниці $M - H$ використовується парний частково-пакетний графік руху поїздів. Привести період парного частково-пакетного графіку та визначити пропускну спроможність перегону “б–в” при різних коефіцієнтах пакетності ($\alpha_{\text{пак}} = 0,75$, $\alpha_{\text{пак}} = 0,67$, $\alpha_{\text{пак}} = 0,5$) при розрахунковій схемі пропускання поїздів через станції “б”, “в”.

Час руху по перегонах заданий на рисунку 2.12.

		М	а	б	в	г	Н
Час ходу по перегону, хв	непарний напрямок	15	18	19	14	15	
	парний напрямок	17	16	18	14	13	

Рисунок 2.12 – Час ходу по перегонах дільниці $M - H$

Інтервал схрещення $\tau_c = 2$ хв, інтервал неодночасного прибуття $\tau_{\text{нп}} = 5$ хв, час на розгін та уповільнення $t_p = t_y = 1$ хв, коефіцієнт надійності роботи технічних засобів $\alpha_{\text{над}} = 0,94$. Тривалість технологічного вікна прийняти згідно нормативних даних.

Встановити, як збільшиться пропускна спроможність порівняно із звичайним графіком руху в обох випадках.

3 ПРАКТИЧНА РОБОТА 3. ПРОПУСКНА СПРОМОЖНІСТЬ ЗАЛІЗНИЧНИХ ЛІНІЙ ПРИ НЕПАРАЛЕЛЬНИХ ГРАФІКАХ РУХУ

3.1 Пропускна спроможність непаралельного графіка

Задача 3.1. Встановити пропускну спроможність непарної колії двоколіїної дільниці з автоблокуванням при застосуванні непаралельного графіка руху, якщо розміри руху складають: вантажних – 70 поїздів/добу; швидких пасажирських – 3 поїзди/добу; пасажирських – 5 поїздів/добу; приміських – 5 поїздів/добу; збірних – 2 поїзди/добу. Інтервал між поїздами у пакеті $I'_0 = 8$ хв. Тривалість технологічного «вікна» становить $t_{\text{техн}} = 120$ хв. Час руху максимальним перегоном $t_x^{\text{ван}} = 23$ хв. Співвідношення чистого часу руху пасажирського та вантажного поїздів $\Delta = 0,78$. Мінімальний інтервал між приміськими поїздами $I_{\text{пр}} = 9$ хв. Кількість проміжних станцій, які обслуговуються збірним поїздом $C_{3б} = 7$, а співвідношення швидкостей $\Delta_{\text{сер}} = 0,9$.

Розв'язання. Розрахунок пропускну спроможності при непаралельному графіку полягає у розподілі за допомогою коефіцієнтів зняття наявної пропускну спроможності, що встановлена для паралельного графіка, між поїздами різних категорій (пасажирських, у тому числі приміських; вантажних, у тому числі збірних).

Максимально можлива кількість вантажних поїздів на дільницях при непаралельних графіках з переважним вантажним рухом визначається за формулою

$$N_{\text{ван}} = N_{\text{наяв}} - \varepsilon_{\text{пас}}^{\text{шв}} N_{\text{пас}}^{\text{шв}} - \varepsilon_{\text{пас}} N_{\text{пас}} - \varepsilon_{\text{пр}} N_{\text{пр}} - (\varepsilon_{\text{ван}}^{\text{пр}} - 1) N_{\text{ван}}^{\text{пр}} - (\varepsilon_{\text{зб}} - 1) N_{\text{зб}}, \quad (3.1)$$

де $N_{\text{наяв}}$ – наявна пропускна спроможність дільниці при паралельному графіку, поїздів (пар поїздів);

$\varepsilon_{\text{пас}}^{\text{шв}}$, $\varepsilon_{\text{пас}}$, $\varepsilon_{\text{пр}}$, $\varepsilon_{\text{ван}}^{\text{пр}}$, $\varepsilon_{\text{зб}}$ – коефіцієнти зняття для швидких пасажирських, пасажирських, приміських, прискорених вантажних та збірних поїздів відповідно;

$N_{\text{пас}}^{\text{шв}}$, $N_{\text{пас}}$, $N_{\text{пр}}$, $N_{\text{ван}}^{\text{пр}}$, $N_{\text{зб}}$ – кількість поїздів (пар поїздів) відповідної категорії.

Наявну пропускну спроможність для паралельного графіка визначаємо за формулою (2.14)

$$N'_{\text{дв}} = \frac{(1440-120) \cdot 0,91}{8} = 150,1 \approx 150 \text{ поїздів.}$$

Коефіцієнти зняття для всіх категорій поїздів розраховані як теоретичні максимальні значення на обмежувальному перегоні.

Коефіцієнт зняття для пасажирських поїздів, що мають швидкість 140÷200 км/год розраховується за формулою [3]

$$\varepsilon_{\text{пас}}^{\text{шв}} = \frac{t_{\text{х}}^{\text{ван}}(1-\Delta)(0,8-0,005N_{\text{пас}})}{I_0} + 2,5 - 0,011N_{\text{пас}} - \Delta(0,85 - 0,011N_{\text{пас}}), \quad (3.2)$$

де $t_{\text{х}}^{\text{ван}}$ – час ходу вантажного поїзда через обмежувальний перегін, хв;

Δ – співвідношення чистого часу руху пасажирського (прискореного) поїзда даної категорії, який має більшу швидкість, ніж вантажний, і часу руху вантажного поїзда на розрахунковій дільниці;

$N_{\text{пас}}$ – загальна кількість пасажирських поїздів (кількість приміських поїздів враховують лише при розмірах руху менших за 60 вантажних поїздів/добу);

I_0 – розрахунковий міжпоїзний інтервал на дільниці, хв.

$$\varepsilon_{\text{пас}}^{\text{шв}} = \frac{23(1-0,78)(0,8-0,005 \cdot 8)}{8} + 2,5 - 0,011 \cdot 8 - 0,78(0,85 - 0,011 \cdot 8) = 2,298 \approx 2,3.$$

Коефіцієнт зняття для пасажирських і прискорених вантажних поїздів, що мають швидкість руху до 140 км/год, розраховують за формулою [3]

$$\varepsilon_{\text{пас}} = \frac{t_x^{\text{ван}}(1-\Delta)(0.8-0.005N_{\text{пас}})}{I_0} + \frac{15}{N_{\text{пас}}} + 1. \quad (3.3)$$

$$\varepsilon_{\text{пас}} = \frac{23(1-0,78)(0.8-0.005 \cdot 8)}{8} + \frac{15}{8} + 1 = 2,39 \approx 2,4.$$

Коефіцієнт зняття для приміських поїздів [3]

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{I_{\text{пр}}}{I_0} + \frac{20}{N_{\text{пр}}} \left(1,2 - \frac{I_{\text{пр}}}{I_0} \right), \quad (3.4)$$

де $I_{\text{пр}}$ – мінімальний інтервал між приміськими поїздами в разі паралельного графіка з урахуванням стоянок на пунктах зупинок, хв.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{9}{8} + \frac{20}{5} \left(1,2 - \frac{9}{8} \right) = 1,425.$$

Коефіцієнт зняття для збірних поїздів на двоколійних електрифікованих лініях з автоблокуванням визначається за формулою

$$\varepsilon_{\text{зб}} = (C_{\text{зб}} + 1) [1 - 0,02N_{\text{пас}}(2 - \Delta_{\text{сер}})], \quad (3.5)$$

де $C_{\text{зб}}$ – кількість проміжних станцій, які обслуговуються збірним поїздом;

$\Delta_{\text{сер}}$ – середнє значення відношення чистого часу ходу через дільницю, виважене для пасажирських, включаючи приміські і прискорені, до часу руху вантажного поїзда.

$$\varepsilon_{\text{зб}} = (7 + 1) [1 - 0,02 \cdot 13(2 - 0,9)] = 7,79.$$

Таким чином, теоретично можлива кількість вантажних поїздів, що може бути пропущена через максимальний перегін дорівнює

$$N_{\text{ван}} = 150 - 2,3 \cdot 3 - 2,4 \cdot 5 - 1,425 \cdot 5 - (7,79 - 1) \cdot 2 = 110,395 \approx 110 \text{ поїздів.}$$

3.2 Вибір типу графіка

Задача 3.2. Одноколійна дільниця $M-N$ обладнана автоблокуванням. Період парного непакетного графіка на обмежувальному перегоні $T_{\text{пер}} = 48$ хв. Необхідно прокласти на графіку руху для цієї дільниці 22 пари вантажних поїздів, одну – прискорених вантажних, дві – збірних і шість – пасажирських. Коефіцієнт зняття відповідно $\varepsilon_{\text{прис}} = 1,1$; $\varepsilon_{\text{зб}} = 1,8$; $\varepsilon_{\text{пас}} = 1,1$. Тривалість технологічного «вікна» $t_{\text{техн}} = 60$ хв. Коефіцієнт надійності $\alpha_{\text{над}} = 0,94$. Інтервал між поїздами у пакеті $I_0 = 10$ хв. Обрати тип графіка руху.

Розв'язання. Перш за все треба перевірити, чи можливо для заданих умов скласти непакетний графік. Наявну пропускну спроможність для паралельного графіка розраховуємо за формулою (2.1).

$$N_{\text{наяв}} = \frac{(1440-60) \cdot 0,94}{48} = 27,025 \approx 27 \text{ пар поїздів.}$$

Тоді потрібну пропускну спроможність розраховуємо з урахуванням формули 3.1

$$N_{\text{потр}} = N_{\text{ван}} + \varepsilon_{\text{прис}} N_{\text{прис}} + \varepsilon_{\text{зб}} N_{\text{зб}} + \varepsilon_{\text{пас}} N_{\text{пас}} \quad (3.6)$$

де $N_{\text{ван}}$, $N_{\text{прис}}$, $N_{\text{зб}}$, $N_{\text{пас}}$ – розміри руху відповідно вантажних, прискорених вантажних, збірних і пасажирських поїздів;

$\varepsilon_{\text{прис}}$, $\varepsilon_{\text{зб}}$, $\varepsilon_{\text{пас}}$ – коефіцієнти зняття відповідно прискореними вантажними, збірними і пасажирськими поїздами вантажних.

$$N_{\text{потр}} = 22 + 1,1 \cdot 1 + 1,8 \cdot 2 + 1,1 \cdot 6 = 33,3 \approx 34 \text{ пари поїздів.}$$

Примітка. Потрібна пропускну спроможність округлюється завжди в більший бік.

При співставленні наявної і потрібної пропускну спроможності бачимо, що непакетний графік не забезпечує пропуск заданих розмірів руху. Тобто необхідно прийняти частково-пакетний графік, попередньо визначив коефіцієнти пакетності.

Пропускна спроможність при частково-пакетному графіку розраховується за формулою (2.6). Якщо у формулі (2.6) значення пропускної спроможності частково-пакетного графіка замінити на значення потрібної пропускної спроможності і прийняти кількість поїздів у пакеті $k = 2$, то можна визначити коефіцієнт пакетності

$$\alpha_{\text{пак}} = \frac{2T_{\text{пер}}N_{\text{потр}} - 2(1440 - t_{\text{техн}})\alpha_{\text{над}}}{N_{\text{потр}}[T_{\text{пер}} - 2I_0]} \quad (3.7)$$

$$\alpha_{\text{пак}} = \frac{2 \cdot 48 \cdot 34 - 2(1440 - 60)0,94}{34[48 - 2 \cdot 10]} = 0,7.$$

Таким чином для пропускання заданих розмірів руху дільницею М – Н слід застосовувати частково-пакетний графік з коефіцієнтом пакетності $\alpha_{\text{пак}} = 2/3$.

Завдання для самостійної роботи 3.1 *Визначити коефіцієнт зняття у непарному напрямку двоколісного перегону, обладнаного напівавтоматичним блокуванням, при пачковому графіку вантажних поїздів та розрізненому розташуванні пасажирських. Час ходу вантажних поїздів $t'_x{}^{\text{ван}} = 20$ хв, а пасажирських $t'_x{}^{\text{ван}} = 13$ хв. Інтервал попутного прямування $\tau_{\text{пп}} = 3$ хв. Коефіцієнт додаткового зняття $\varepsilon_{\text{доп}} = 0,3$.*

Завдання для самостійної роботи 3.2. *Визначити коефіцієнт зняття для пасажирських поїздів на двоколісній дільниці, що обладнана автоблокуванням. Час ходу вантажного поїзда обмежувальним перегonom $t'_x{}^{\text{ван}} = 25$ хв. Кількість вантажних, пасажирських, приміських та прискорених поїздів $N_{\text{пас}} = 30$. Інтервал в пакеті між вантажними поїздами $I_0 = 8$ хв. Співвідношення середньої ходової швидкості вантажного поїзда до пасажирського $\Delta = \frac{V_{\text{ван}}}{V_{\text{пас}}} = 0,7$.*

4 ПРАКТИЧНА РОБОТА 4. СПОСОБИ ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНИХ ЛІНІЙ

4.1 Збільшення ходових швидкостей руху

Задача 4.1. Одноколійна дільниця М – Н обладнана напівавтоматичним блокуванням. Її обслуговують тепловози ТЕЗ. Середня ходова швидкість руху на обмежувальному перегоні довжиною 15 км становить 32 км/год в парному і 42 км/год в непарному напрямку. Станційний інтервал схрещення 2 хв, час на розгін поїзда при тепловозній тязі $t_p = 2$ хв, а при електровозній – $t_p = 1$ хв. Встановити, як збільшиться пропускна спроможність при переведенні дільниці на електричну тягу і обслуговуванні поїздів електровозами ВЛ 11. Середня ходова швидкість на обмежувальному перегоні при електрифікації лінії 50 км/год в парному і 62 км/год в непарному напрямку. Тривалість технологічного вікна $t_{\text{техн}} = 60$ хв. Коефіцієнт надійності приймається відповідно до таблиці 2.1.

Розв'язання. Пропускную спроможність на максимальному перегоні дільниці М – Н (рисунок 2.2, схема б) можна розрахувати за формулою

$$n = \frac{(1440 - t_{\text{техн}})\alpha_{\text{н}}}{t_1 + t_2 + 2\tau_c + 2t_p} = \frac{(1440 - t_{\text{техн}})\alpha_{\text{н}}}{l\left(\frac{1}{V_1} + \frac{1}{V_2}\right)60 + 2\tau_c + 2t_p}. \quad (4.1)$$

При обслуговуванні дільниці тепловозами ТЕЗ

$$n = \frac{(1440 - 60) \cdot 0,94}{15 \left(\frac{1}{42} + \frac{1}{32}\right) 60 + 2 \cdot 2 + 2 \cdot 2} = 22,5 \approx 22 \text{ пари поїздів.}$$

При електрифікації дільниці і обслуговуванні поїздів електровозами ВЛ 11

$$n = \frac{(1440 - 60) \cdot 0,94}{15 \left(\frac{1}{62} + \frac{1}{50}\right) 60 + 2 \cdot 2 + 2 \cdot 1} = 33,67 \approx 33 \text{ пари поїздів.}$$

Збільшення пропускної спроможності становить

$$\Delta = 33 - 22 = 11 \text{ пар поїздів,}$$

$$\text{або } \Delta' = \left(\frac{33-22}{22} \right) \cdot 100 = 50 \%.$$

4.2 Проектування (відкриття) додаткових роздільних пунктів

Задача 4.2. Одноколійна ділянка М–Н обладнана напіваавтоматичним блокуванням (рисунок 4.1). Час ходу поїздів по перегонах наведено у хвиликах.

Станційні інтервали для всіх роздільних пунктів однакові (умовно): $\tau_{\text{нп}} = 4 \text{ хв}$ та $\tau_{\text{с}} = 2 \text{ хв}$. Час на розгін $t_{\text{р}} = 2 \text{ хв}$ і на уповільнення $t_{\text{у}} = 1 \text{ хв}$. Тривалість технологічного вікна $t_{\text{техн}} = 60 \text{ хв}$. Коефіцієнт надійності $\alpha_{\text{н}} = 0,94$.

На скільки збільшиться пропускна спроможність обмежувального перегону в–г, якщо на ньому побудувати роз'їзд? Умови профілю і плану дають змогу розташувати роз'їзд таким чином, що на нових перегонах час ходу ідентичний.

		М	а	б	в	г	д	ж	Н
Час ходу по перегону, хв	непарний напрям	12	15	16	21	19	18	14	
	парний напрям	14	17	19	20	17	18	13	
Інтервал неодностороннього прибуття		4	4	4	4	4	4	4	4
Інтервал схрещення		2	2	2	2	2	2	2	2

Рисунок 4.1 – Схема ділянки М–Н

Розв'язання. Пропускна спроможність перегону в–г відповідно до рисунка 2.2, схеми б складе

$$n = \frac{(1440 - 60) \cdot 0,94}{21 + 20 + 2 \cdot 2 + 2 \cdot 2} = 26,47 \approx 26 \text{ пар поїздів.}$$

Схема розташування роз'їзду на перегоні в-г наведено на рисунку 4.2.



Рисунок 4.2 – Схема побудови роз'їзду на перегоні в-г

Схема пропускання поїздів при улаштуванні роз'їзду на перегоні в-г наведено на рисунку 4.3.

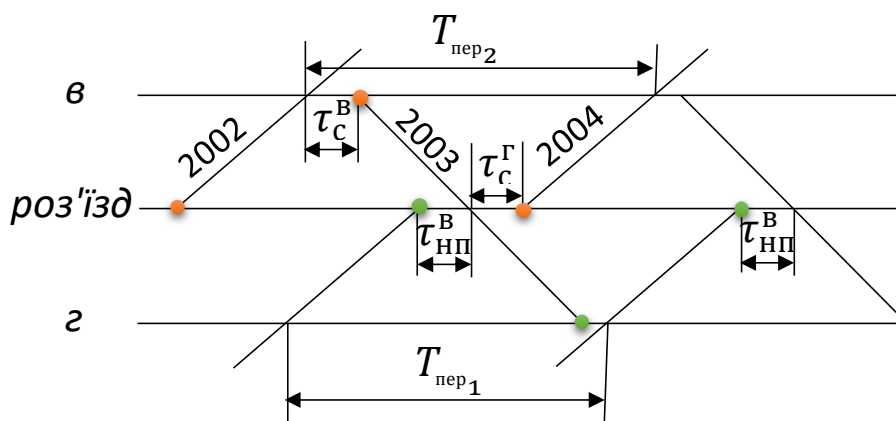


Рисунок 4.3 – Схема пропускання поїздів при улаштуванні роз'їзду на перегоні в-г

При побудові роз'їзду пропускна спроможність для перегону в – роз'їзд (рисунок 4.3) складе

$$n = \frac{(1440-60) \cdot 0,94}{T_1} = \frac{(1440-60) \cdot 0,94}{11+10+2 \cdot 2+2 \cdot 2} = 44,7 \approx 44 \text{ пар поїздів};$$

і для перегону роз'їзд – г

$$n = \frac{(1440 - 60) \cdot 0,94}{T_2} = \frac{(1440 - 60) \cdot 0,94}{10 + 10 + 2 \cdot 4 + 2 \cdot 1} = 43,24 \approx 43 \text{ пари поїздів};$$

Таким чином, пропускна спроможність перегону $M-N$ збільшилась на $\Delta = 43 - 26 = 17$ пар поїздів, або

$$\Delta' = \frac{43-26}{26} \cdot 100 = 65 \%$$

Задача 4.4. Для умов задачі 4.1 встановити, на скільки збільшиться пропускна спроможність дільниці $M-N$ в цілому, якщо побудувати роз'їзд на перегоні $v-g$.

Розв'язання. Після введення в експлуатацію роз'їзду на перегоні $v-g$, обмежуючими пропускну спроможність дільниці стануть перегони $g-d$ і $d-ж$, час ходу пари поїздів кожним з яких 36 хв. Пропускна спроможність при схемі пропускання поїздів цими перегонами (рисунок 4.4):

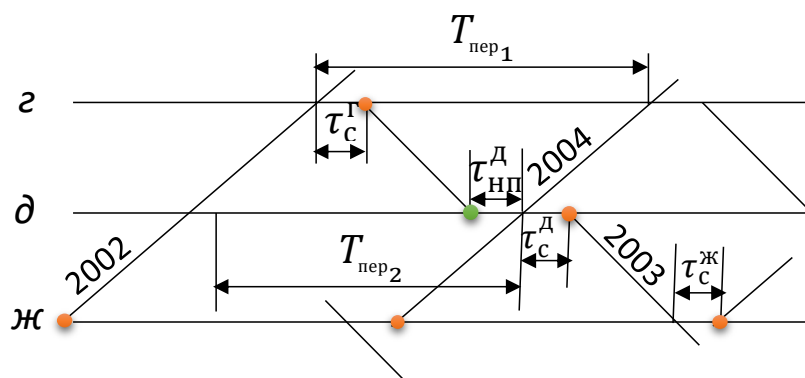


Рисунок 4.4 – Схема пропускання через суміжні максимальні перегони

для перегону $g-d$

$$n = \frac{(1440-60) \cdot 0,94}{T_1} = \frac{(1440-60) \cdot 0,94}{19+17+2+4+2+1} = 28,82 \approx 28 \text{ пар поїздів};$$

для перегону $d-ж$

$$n = \frac{(1440-60) \cdot 0,94}{T_2} = \frac{(1440-60) \cdot 0,94}{18+18+2+2+2+2} = 29,48 \approx 29 \text{ пар поїздів}.$$

Таким чином, при побудові роз'їзду на перегоні $v-g$ пропускна спроможність дільниці $M-N$ збільшиться до 28 пар поїздів, тобто на $\Delta = 28 - 26 = 2$ пари поїздів,

$$\text{або } \Delta' = \frac{2}{26} \cdot 100 = 7,69 \%$$

Задача 4.5. *Визначити мінімальну довжину і граничне значення пропускної спроможності одноколісного перегону (при цій довжині) обладнаного напівавтоматичним блокуванням. Перегін розташований на суцільному керівному ухилі $i_p = 9\%$. Швидкість руху поїздів спуском у непарному напрямку $V_x^{сп} = 90$ км/год і на підйом у парному напрямку $V_x^п = 25$ км/год. Довжина гальмівного шляху при прямуванні спуском 1000 м і на підйом – 100 м. Довжина поїзда $l_{п} = 800$ м. Відстань від вхідного сигналу до вхідного граничного стовпчика колії приймання $l_{вх} = 100$ м. Мінімальна корисна довжина приймально-відправних колій на роз'їздах $l_{пвк} = 850$ м. Час на розгін при відправленні (після стоянки) поїзда на перегін в непарному напрямку $t'_p = 1$ хв і в парному – $t''_p = 2$ хв. Час на подачу блок-сигналу відправлення і повідомлення сусідньої станції про відправлення поїзда $t_{від} = 0,1$ хв. Час на відкриття вхідного светофору $t_{сигн} = 0,15$ хв і на його сприйняття машиністом – $t_{спр} = 0,05$ хв. Станційні інтервали схрещення в бік цього перегону на обох станціях однакові і рівні $t_c = 2$ хв. Технологічне вікно $t_{техн} = 60$ хв. Коефіцієнт надійності $\alpha_H = 0,94$.*

Розв'язання. Мінімальну довжину перегону визначають виходячи з фактичної можливості організувати рух поїздів при повному забезпеченні безпеки. На кожній зі станцій, що обмежують перегін, виконують певні операції: на станції відправлення – запит на сусідню станцію про дозвіл відправлення поїзда, потім його відправлення, повідомлення сусідньої станції про відправлення; на станції прибуття – дозвіл на відправлення поїзда, приготування до приймання поїзда, відкриття вхідного світлофору.

Операцію «приготування до приймання поїзда» (приготування маршруту) можна виконувати на станції прибуття паралельно з операцією «відправлення» (перевірка черговим по станції відправлення поїзда, повернення чергового по станції в приміщення після того, як провів поїзд, подача блок-сигналу відправлення) на початковій станції. У момент відкриття вхідного сигналу поїзд має перебувати перед ним на відстані не ближче гальмівного шляху з урахуванням додаткової відстані на сприйняття сигналу машиністом. На рисунку 4.5 показано

мінімальну довжину перегону і розташування поїзда, що рухається ним, в різні моменти часу. Положення *I* – поїзд проходить всім составом вихідний сигнал, після чого подається блок-сигнал відправлення; положення *II* – поїзд знаходиться в момент закінчення подавання блок-сигналу відправлення і *III* – в момент відкриття вхідного сигналу на станції прибуття, перед яким поїзд знаходиться на відстані гальмівного шляху.

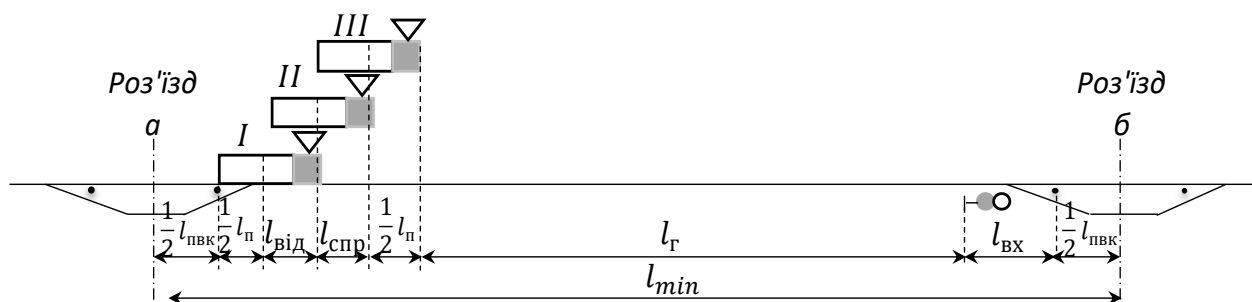


Рисунок 4.5 – Мінімальна довжина перегону між роз'їздами

Найменша довжина перегону

$$l_{\text{min}} = l_{\text{від}} + l_{\text{сиг}} + l_{\Gamma} + l_{\text{в}} + l_{\text{вх}} + l_{\text{п}} + l_{\text{пвк}}, \quad (4.2)$$

де $l_{\text{від}}$, $l_{\text{в}}$, $l_{\text{сиг}}$ – відстані, що проходить поїзд за час виконання операцій відповідно подавання блок-сигналу відправлення (на станції відправлення), відкриття вхідного сигналу (на станції прибуття) та сприйняття сигналу машиністом;

l_{Γ} – довжина гальмівного шляху, $l_{\Gamma} = 1000$ м;

$l_{\text{п}}$ – довжина поїзда, м;

$l_{\text{пвк}}$ – довжина приймально-відправних колій, м.

Для умов проходження поїзда через першу станцію без зупинки ця відстань має визначатися виходячи з ходової швидкості руху. Тоді

$$l_{\text{min}} = \frac{t_{\text{від}} + t_{\text{сиг}} + t_{\text{в}}}{60} V_{\text{х}} + \frac{l_{\Gamma} + l_{\text{вх}} + l_{\text{п}} + l_{\text{пвк}}}{1000}. \quad (4.3)$$

При русі поїзда спуском у непарному напрямку

$$l_{min} = \frac{0,1 + 0,15 + 0,05}{60} \cdot 90 + \frac{1000 + 100 + 800 + 850}{1000} \approx 3,2 \text{ км.}$$

Чистий час руху у непарному напрямку

$$t'_x = \frac{3,2}{90} \cdot 60 = 2,1 \text{ хв}$$

та у парному напрямку

$$t''_x = \frac{3,2}{25} \cdot 60 = 7,68 \approx 7,7 \text{ хв.}$$

Період графіку за умови відправлення поїздів на цей перегін після зупинки (рисунок 2.2, схема б)

$$T = t'_x + t''_x + 2\tau_c + t'_p + t''_p = 2,1 + 7,7 + 2 \cdot 2 + 2 + 1 = 16,8 \text{ хв,}$$

а пропускна спроможність

$$n = \frac{(1440 - 60) \cdot 0,94}{16,8} = 77,2 \approx 77 \text{ пар поїздів.}$$

Задача 4.6. *Двоколійна дільниця М–Н обладнана напівавтоматичним блокуванням. Часи ходу поїздів по перегонах наведено на рисунку 4.6.*

	М	б	в	г	д	ж	з	Н
Час ходу по перегону, хв	15	18	28	22	23	19	16	

Рисунок 4.6 – Часи ходу по перегонах дільниці М – Н

Станційний інтервал попутного прямування $\tau_{пп} = 4$ хв. Визначити, на скільки збільшиться пропускна спроможність обмежуючого перегону в–г і дільниці в цілому, якщо на перегоні в–г побудувати блокпост, який утворює два нових ідентичних

перегону в-блокпост і блокпост-г. Технологічне вікно $t_{\text{техн}} = 120$ хв. Коефіцієнт надійності $\alpha_{\text{н}} = 0,92$.

Розв'язання. Пропускна спроможність перегону в-г (формула 2.15)

$$n = \frac{(1440 - 120) \cdot 0,92}{28 + 4} = 37,92 \approx 37 \text{ поїздів.}$$

Після влаштування блок-поста пропускна спроможність кожного з двох новостворених перегонів в-блокпост і блокпост-г буде дорівнювати

$$n = \frac{(1440 - 120) \cdot 0,92}{14 + 4} = 67,46 \approx 67 \text{ поїздів.}$$

Пропускна спроможність перегону М – Н збільшилася на

$$\Delta = 67 - 37 = 30 \text{ поїздів,}$$

$$\text{або на } \Delta' = \frac{67-37}{37} \cdot 100 = 81\%.$$

Після будівництва поста на перегоні в-г пропускна спроможність дільниці в цілому буде визначатися вже пропускною спроможністю перегону д-ж, що стає максимальним, і пропускна спроможність по перегону д-ж складе

$$n = \frac{(1440 - 120) \cdot 0,92}{23 + 4} = 44,97 \approx 44 \text{ поїзди.}$$

Збільшення пропускної спроможності дільниці після відкриття блок-поста на перегоні в-г становить

$$\Delta = 44 - 37 = 7 \text{ поїздів,}$$

$$\text{або на } \Delta' = \frac{44-37}{37} \cdot 100 = 18,9 \%.$$

Задача 4.7. Для двоколісної лінії, обладнаної напівавтоматичним блокуванням, встановити мінімальну довжину міжпостового перегону (між двома постами) і

граничне значення, до якого можна збільшити її пропускну спроможність. Довжина поїздів, що обертаються на цій лінії $l_{\text{п}} = 1000$ м, довжина гальмівного шляху (включно додаткову відстань на сприйняття сигналу) під час прямування поїздів спуском $l_{\text{г}}^{\text{сп}} = 1000$ м, а при прямуванні на підйом $-l_{\text{г}}^{\text{сп}} = 150$ м. Поїзди обслуговуються тепловозами 2ТЕ116, розрахункова швидкість яких на керівному підйомі $V_{\text{кер}} = 20$ км/год.

Середня швидкість при русі спуском $V_{\text{сп}} = 80$ км/год. Час на подавання блокувального сигналу «Відправлення» у блок-апараті і повідомлення сусіднього роздільного пункту $t_{\text{від}} = 0,1$ хв, час на відкриття прохідного сигналу $t_{\text{сигн}} = 0,15$ хв. Тривалість технологічного «вікна» $t_{\text{техн}} = 120$ хв. Коефіцієнт надійності $\alpha_{\text{н}} = 0,92$.

Розв'язання. Мінімальна довжина міжпостового перегону визначається виходячи із забезпечення безпеки руху поїздів і виключення зниження швидкості або зупинок поїздів перед прохідними сигналами. Цим вимогам задовольняє довжина перегону, наведена на рисунку 4.7. Після звільнення ізолюючого стику (положення I на рисунку 4.7) черговий по блокпосту 1 дає по блок-апарату колійне відправлення і повідомляє сусідній блокпост про відправлення поїзда. За цей час $t_{\text{від}}$ поїзд проходить відстань $l_{\text{від}}$ і займає положення II. Отримавши повідомлення, черговий по блокпосту 2 відкриває прохідний світлофор, на що витрачається $t_{\text{сигн}}$. У момент відкриття сигналу поїзд займає положення III, при цьому знаходиться на відстані гальмівного шляху від нього.

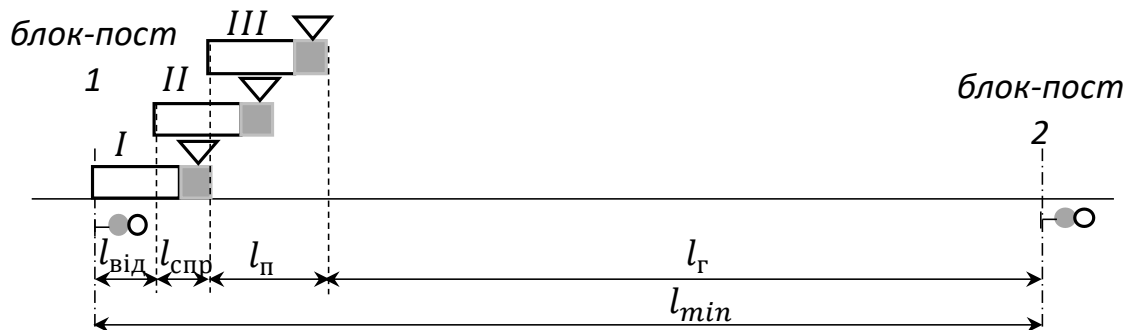


Рисунок 4.7 – Мінімальна довжина міжпостового перегону

Мінімальну довжину міжпостового перегону можна розрахувати

$$l_{min} = l_{від} + l_{п} + l_{спр} + l_{г} = \frac{t_{від} + t_{сиг}}{60} V_x + \frac{l_{п} + l_{г}}{1000}. \quad (4.4)$$

У разі спорудження тільки двосторонніх блок-постів, що обслуговують рух по обох коліях, мінімальна довжина перегону має визначатися для умов проходження поїздів спуском. Тоді

$$l_{min} = \frac{0,1 + 0,15}{60} 80 + \frac{1000 + 1000}{1000} = 2,33 \text{ км.}$$

Інтервал між поїздами в пакеті при проходженні поїздів від блок-поста до блок-посту визначиться виходячи з розрахункової відстані між попутними поїздами (рисунок 4.8).

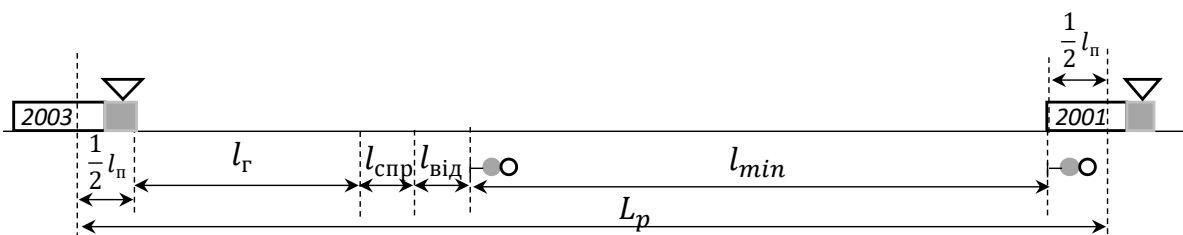


Рисунок 4.8 – Розрахункова відстань між попутними поїздами

Після звільнення поїздом 2001 ізолюючого стику за прохідним світлофором блок-поста 2, подавання колійного прибуття для цього поїзда і відкриття прохідного світлофора на блок-посту 1 поїзд 2003 має знаходитися попереду на відстані не менше гальмівного шляху.

Розрахункова відстань (рисунок 4.8)

$$l_p = 2(l_{п} + l_{г} + l_{від} + l_{спр}) = 2l_{min}, \quad (4.5)$$

а інтервал в пакеті виходячи з руху поїзда на підйом з розрахунковою швидкістю складе

$$I_{min} = \frac{2l_{min}}{V_x} 60 = \frac{2 \cdot 2,33}{20} 60 = 13,98 \text{ хв.}$$

При будівництві односторонніх блок-постів, які обслуговують рух тільки по даній колії, мінімальна довжина перегону під час прямування поїзда на підйом має розраховуватися для умов такого руху

$$l'_{min} = \frac{t_{від} + t_{сиг}}{60} V_p + \frac{l_{п} + l_{г}}{1000}. \quad (4.6)$$

де V_p – розрахункова швидкість при прямуванні поїзда на підйом, км/год.

$$l'_{min} = \frac{0,1 + 0,15}{60} 20 + \frac{1000 + 1000}{1000} = 2,08 \text{ км},$$

а інтервал між поїздами в пакеті

$$I'_{min} = \frac{2 \cdot 2,08}{20} 60 = 12,48 \text{ хв.}$$

Таким чином, пропускна спроможність двоколіїної ділянки, обладнаної напівавтоматичним блокуванням, може бути збільшена в кожному напрямку при влаштуванні двосторонніх блок-постів до розмірів

$$n = \frac{(1440 - 120) \cdot 0,92}{14} = 86,74 \approx 86 \text{ поїздів.}$$

а при влаштуванні односторонніх постів

$$n = \frac{(1440 - 120) \cdot 0,92}{12,5} = 97,15 \approx 97 \text{ поїздів.}$$

Практично збільшувати пропускну спроможність при напівавтоматичному блокуванні до таких розмірів не вигідно. Більш вигідним при значних розмірах руху обладнати лінію автоблокуванням, яка дає змогу знизити експлуатаційні витрати у зв'язку зі зменшенням простою вантажних поїздів під обгонами і на технічних станціях в очікуванні відправлення на ділянку.

4.3 Введення більш досконалих пристроїв СЦБ і зв'язку

Задача 4.8. Одноколійна дільницю $M-N$ обладнана напівавтоматичним блокуванням з ручним керуванням стрілками на станціях. Сума двох станційних інтервалів (неодночасного прибуття і схрещення), що входять в розрахунок періоду графіка на обмежувальному перегоні, 7 хв, а період графіка на цьому перегоні $T_{\text{пер}} = 50$ хв. Визначити на скільки збільшиться пропускна спроможність дільниці, якщо обладнати її автоблокуванням і електричною централізацією стрілок на станціях, при яких сума станційних інтервалів неодночасного прибуття і схрещення не перевищить 3 хв. Тривалість технологічного «вікна» $t_{\text{техн}} = 60$ хв. Коефіцієнт надійності $\alpha_H = 0,95$.

Розв'язання. При напівавтоматичному блокуванні пропускна спроможність (формула 2.1)

$$n = \frac{(1440 - 60) \cdot 0,95}{50} = 26,22 \approx 26 \text{ пар поїздів.}$$

При обладнанні дільниці автоблокуванням та електричною централізацією період графіка, що обмежує перегін, зменшиться до

$$T_2 = T_1 - (7 - 3) = 50 - 4 = 46 \text{ хв.}$$

а пропускна спроможність складе

$$n = \frac{(1440 - 60) \cdot 0,95}{46} = 28,5 \approx 28 \text{ пар поїздів.}$$

Таким чином, пропускна спроможність збільшиться на дві пари поїздів, або

$$\Delta = \frac{28-26}{26} 100 = 7,7 \text{ \%}.$$

Задача 4.9. Встановити, на скільки зросте пропускна спроможність дільниці при обладнанні її автоблокуванням (порівняно з напівавтоматичним блокуванням), якщо застосувати частково пакетний парний графік. Інтервал між

поїздами в пакеті $I_0 = 10$ хв. Кількість поїздів у пакеті $k = 2$. Коефіцієнт надійності при автоблокуванні $\alpha_{\text{н}} = 0,91$. Решта вихідних даних із задачі 4.8. Задачу вирішити для декількох коефіцієнтів пакетності $\alpha_{\text{пак}} = 1:3; 1:2; 2:3; \text{і } 1$.

Розв'язання. При напівавтоматичному блокуванні пропускна спроможність при непакетному графіку дорівнює

$$n = \frac{(1440 - 60) \cdot 0,91}{46} = 27,3 \approx 27 \text{ пар поїздів.}$$

Пропускна спроможність при автоблокуванні і частково пакетному парному графіку

$$N_{\text{пар}}^{\text{чп}} = \frac{k \cdot (1440 - t_{\text{техн}}) \alpha_{\text{над}}}{[k - \alpha_{\text{пак}}(k-1)](T_{\text{пер}}) + (k-1)(I' + I'') \alpha_{\text{пак}}}, \quad (4.7)$$

При кількості поїздів у пакеті $k = 2$

$$N_{\text{пар}}^{\text{чп}} = \frac{2 \cdot (1440 - t_{\text{техн}}) \alpha_{\text{над}}}{[2 - \alpha_{\text{пак}}] T_{\text{пер}} + (I' + I'') \alpha_{\text{пак}}},$$

де $T_{\text{пер}}$ – період парного непакетного графіка при автоблокуванні, хв.

– при $\alpha_{\text{пак}} = 1:3$

$$N_{\text{чп}}^{1:3} = \frac{2 \cdot (1440 - 60) \cdot 91}{\left[2 - \frac{1}{3}\right] 46 + (10 + 10) \frac{1}{3}} = 30,14 \approx 30 \text{ пар поїздів;}$$

– при $\alpha_{\text{пак}} = 1:2$

$$N_{\text{чп}}^{1:2} = \frac{2 \cdot (1440 - 60) \cdot 91}{\left[2 - \frac{1}{2}\right] 46 + (10 + 10) \frac{1}{2}} = 31,72 \approx 31 \text{ пара поїздів;}$$

– при $\alpha_{\text{пак}} = 2:3$

$$N_{\text{чп}}^{2:3} = \frac{2 \cdot (1440 - 60) \cdot 91}{\left[2 - \frac{2}{3}\right] 46 + (10 + 10) \frac{2}{3}} = 33,63 \approx 33 \text{ пари поїздів;}$$

– при $\alpha_{\text{пак}} = 1$

$$N_{\text{чп}}^1 = \frac{2 \cdot (1440 - 60) \cdot 91}{[2 - 1] 46 + (10 + 10)} = 38,05 \approx 38 \text{ пар поїздів.}$$

Відповідно збільшення пропускної спроможності при автоблокуванні порівняно з напівавтоматичним блокуванням у парах поїздів складе:

– при $\alpha_{\text{пак}} = 1:3$

$$\Delta = 30 - 27 = 3 \text{ пари поїздів}; \Delta' = \frac{30-27}{27} 100 = 11,1 \%$$

– при $\alpha_{\text{пак}} = 1:2$

$$\Delta = 31 - 27 = 4 \text{ пари поїздів}; \Delta' = \frac{31-27}{27} 100 = 14,8 \%$$

– при $\alpha_{\text{пак}} = 2:3$

$$\Delta = 33 - 27 = 6 \text{ пар поїздів}; \Delta' = \frac{31-27}{27} 100 = 22,2 \%$$

– при $\alpha_{\text{пак}} = 1$

$$\Delta = 38 - 27 = 11 \text{ пар поїздів}; \Delta' = \frac{38-27}{27} 100 = 40,7 \%$$

4.4 Зменшення коефіцієнту зняття

Задача 4.10. На електрифікованій двоколіній лінії, що обладнана автоблокуванням, інтервал між поїздами у пакеті $I_{\text{ван}} = 8$ хв. На лінії обертається 26 пар пасажирських поїздів, 2 пари збірних та 3 пари прискорених вантажних поїздів. Коефіцієнти зняття відповідно для пасажирських, збірних та прискорених вантажних поїздів при розсердженому їх прокладанні на графіку складають $\epsilon_{\text{пас}} = 1,9$; $\epsilon_{\text{зб}} = 2,2$; $\epsilon_{\text{пр}} = 1,9$. Тривалість технологічного «вікна» $t_{\text{техн}} = 120$ хв. Коефіцієнт надійності $\alpha_{\text{н}} = 0,95$. Визначити, на скільки збільшиться пропускна спроможність для вантажного руху (виключно прискорені та збірні поїзди), якщо пасажирські прокладати по два поїзди у пакеті з інтервалом між ними $I_{\text{пас}} = 8$.

Розв'язання. Пропускна спроможність для вантажних поїздів при розсердженому (поодинокому) їх прокладанні на графіку (виключно прискорені та збірні поїзди) згідно з формулою 3.1 складе у кожному напрямку

$$N_{\text{ван}} = \frac{(1440 - 120)0,95}{8} - 1,96 \cdot 26 - 2,2 \cdot 2 - 1,9 \cdot 3 = 95,69 \approx 95 \text{ поїздів}$$

При пакетному прокладанні пасажирських поїздів коефіцієнт зняття

$$\varepsilon_{\text{пас}}^{\text{пак}} = \frac{1}{k} \left(\varepsilon_{\text{пас}}^{\text{поод}} + \frac{I_{\text{пас}}(k-1)}{I_{\text{ван}}} \right), \quad (4.8)$$

де k – кількість поїздів у пакеті;

$\varepsilon_{\text{пас}}^{\text{поод}}$ – коефіцієнт зняття при поодинокому прокладанні пасажирських поїздів на графіку руху;

$I_{\text{пас}}$ – міжпоїзний інтервал між пасажирськими поїздами при пакетному їх прокладанні;

$I_{\text{ван}}$ – міжпоїзний інтервал між вантажними поїздами при пакетному їх прокладанні.

Тоді

$$\varepsilon_{\text{пас}}^{\text{пак}} = \frac{1}{2} \left(1,9 + \frac{8(2-1)}{8} \right) = 1,45,$$

а пропускна спроможність

$$N_{\text{ван}} = \frac{(1440-120)0,95}{8} - 1,45 \cdot 26 - 2,2 \cdot 2 - 1,9 \cdot 3 = 108,95 \approx 108 \text{ поїздів.}$$

Збільшення пропускної спроможності для вантажного руху складе

$$\Delta = 108 - 95 = 13 \text{ поїздів; } \Delta' = \frac{108-95}{95} 100 = 13,68 \text{ \%}.$$

4.5 Будівництво додаткових головних колій

Задача 4.11. Одноколійна дільниця $M-N$ обладнана напівавтоматичним блокуванням. Станційні інтервали схрещення $\tau_c = 2$ хв і попутного прямування $\tau_{\text{пп}} = 4$ хв. Час на розгін $t_p = 2$ хв і на уповільнення $t_y = 1$ хв. Часи ходу поїздів перегонами наведено на рисунку 4.9. Тривалість технологічного «вікна» $t_{\text{техн}} = 60$ хв. Коефіцієнт надійності $\alpha_n = 0,94$. Для двоколісної дільниці $t_{\text{техн}} = 120$ хв. Коефіцієнт надійності $\alpha_n = 0,91$.

		М	а	б	в	г	д	е	ж	з	Н
Час ходу по перегону, хв	непарний напрямок	13	15	17	23	18	17	18	17	14	
	парний напрямок	15	17	19	22	16	18	20	16	18	
Інтервал попутного прямування		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Інтервал схрещення		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Рисунок 4.9 – Часи ходу по дільниці М – Н

Визначити, на скільки збільшиться пропускна спроможність перегону в – г, якщо по всій його довжині улаштувати другу колію. На скільки даний захід збільшить пропускну спроможність дільниці в цілому?

Розв’язання. Пропускна спроможність обмежувального перегону в – г (при відправленні на цей перегін поїздів після зупинки, рисунок 2.2, схема б) визначається за формулою 2.1

$$N_{\text{наяв}} = \frac{(1440-60)0,94}{22+23+2\cdot 2+2\cdot 2} = 24,4 \approx 24 \text{ пари поїздів.}$$

При будівництві на перегоні в – г другої колії і перетворенні його у двоколіїний пропускна спроможність у непарному напрямку

$$N_{\text{наяв}} = \frac{(1440-120)0,91}{23+4} = 44,48 \approx 44 \text{ поїздів,}$$

у парному

$$N_{\text{наяв}} = \frac{(1440-120)0,91}{22+4} = 46,2 \approx 46 \text{ поїздів,}$$

тобто збільшиться майже вдвічі.

Пропускна спроможність дільниці М – Н в цілому після улаштування другої колії на перегоні в – г буде визначатися вже пропускною спроможністю перегону е – ж, час ходу пари поїздів яким 38 хв, і буде дорівнювати

$$N_{\text{наяв}} = \frac{(1440-60)0,94}{20+18+2\cdot 2+2\cdot 2} = 28,2 \approx 28 \text{ поїздів.}$$

Тоді збільшення пропускної спроможності дільниці складе

$$\Delta = 26 - 24 = 2 \text{ пари поїздів; } \Delta' = \frac{26-24}{24} 100 = 8,3 \text{ \%}$$

Таке збільшення пропускної спроможності може бути досягнуто менш витратними заходами, наприклад будівництвом на перегоні' в – з роз'їзду.

Задача 4.12. *Визначити, на скільки збільшиться пропускна спроможність однокільної дільниці М – Н, якщо обладнати її диспетчерською централізацією і двоколійними вставками для беззупинкового схрещення поїздів. Двоколіїні вставки розміщуються виходячи з забезпечення ідентичності перегонів між осями беззупинкового схрещення поїздів. Станційні інтервали схрещення на початкових станціях дільниці М – Н дорівнюють $\tau_c = 0,5$ хв. Решта вихідних даних із задачі 4.11. Тривалість технологічного «вікна» $t_{\text{техн}} = 120$ хв. Коефіцієнт надійності $\alpha_n = 0,91$.*

Розв'язання. Пропускна спроможність дільниці при існуючому технічному оснащенні складає 24 пари поїздів (задача 4.11). При улаштуванні двоколіїних вставок для беззупинкового схрещення пропускна спроможність

$$N_{\text{вст}} = \frac{d \cdot (1440 - t_{\text{техн}}) \alpha_{\text{над}}}{t'_x + t''_x + \tau_c^M + \tau_c^H + 2 \cdot (t_p + t_y)}, \quad (4.9)$$

де d – кількість перегонів на дільниці, в задачі дорівнює $d = 9$;

t'_x, t''_x – чистий час ходу поїздів дільницею М – Н відповідно в непарному і парному напрямках, дорівнює 152 і 161 хв (задача 4.11);

τ_c^M, τ_c^H – станційні інтервали схрещення відповідно на станціях М і Н, що дорівнюють за умовою при диспетчерській централізації $\tau_c^M = \tau_c^H = 0,5$ хв.

Тоді

$$N_{\text{вст}} = \frac{9 \cdot (1440 - 120) \cdot 0,91}{152 + 161 + 0,5 + 0,5 + 2 \cdot (2 + 1)} = 33,78 \approx 33 \text{ пари поїздів.}$$

Збільшення пропускної спроможності становить

$$\Delta = 33 - 24 = 9 \text{ пари поїздів; } \Delta' = \frac{33 - 24}{24} 100 = 37,5 \%.$$

Задача 4.13. На дільниці $M - H$ (задача 4.11) обертається 10 пар пасажирських поїздів, середній коефіцієнт знімання для яких становить $\varepsilon_{\text{пас}} = 1,1$. Визначити, на скільки збільшиться пропускна спроможність для вантажного руху при непаралельному графіку, якщо обладнати дільницю диспетчерської централізацією і двоколійними вставками для беззупинкових схрещень. Коефіцієнт знімання на двоколійних вставках дорівнює $\varepsilon_{\text{пас}} = 1,5$.

Розв'язання. Наявна пропускна спроможність дільниці при існуючому технічному оснащенні $N_{\text{наяв}} = 24$ парам поїздів (задача 4.11).

Пропускна спроможність для вантажного руху (формула 3.1)

$$N_{\text{ван}} = 24 - 1,1 \cdot 10 = 13 \text{ пар поїздів.}$$

При улаштуванні двоколійних вставок наявна пропускна спроможність $N_{\text{наяв}} = 34$ парам поїздів (задача 4.12), а пропускна спроможність для вантажного руху

$$N_{\text{ван}} = 34 - 1,5 \cdot 10 = 19 \text{ пар поїздів.}$$

При значних розмірах пасажирського руху улаштування двоколійних вставок незначно збільшує пропускну спроможність для вантажного руху.

Завдання для самостійної роботи 4.1. Для умов прикладу 4.1 встановити збільшення провізної спроможності дільниці. Маса составу поїзда брутто при тепловозній тязі $Q_{\text{бр}} = 2800$ т, а при електрифікації і електровозах ВЛ 11 – 3600 т. Співвідношення маси составу поїзда нетто до маси брутто $\varphi = 0,65$ т. Місячний коефіцієнт нерівномірності перевезень $k_{\text{н}} = 1,15$.

На дільниці обертаються чотири пари пасажирських поїздів, одна пара прискорених і дві пари збірних. Коефіцієнти зняття відповідно $\varepsilon_{\text{пс}} = 1,1$; $\varepsilon_{\text{прис}} = 1,1$; $\varepsilon_{\text{зб}} = 1,8$.

Завдання для самостійної роботи 4.2. Для умов задачі 4.1 встановити, на яких перегонах скільки потрібно відкрити роз'їздів на дільниці $M - H$, якщо потрібна пропускна

спроможність дільниці 32 пари поїздів. Рішення завдання супроводити складанням діаграми пропускної спроможності по перегонах.

Завдання для самостійної роботи 4.3. *За даними задачі 4.6 встановити, на яких перегонах і скільки необхідно відкрити блок-постів, щоб довести наявну пропускну спроможність дільниці до рівня потрібної у 65 поїздів.*

Завдання для самостійної роботи 4.4. *Пропускна спроможність двоколійної дільниці, обладнаної напівавтоматичним блокуванням, $N_{\text{наяв}} = 70$ поїздів у кожному напрямку. Визначити на скільки збільшиться пропускна спроможність дільниці при обладнанні її автоблокуванням та реалізації розрахункового інтервала між поїздами у пакеті $I_0 = 10$ хв. Тривалість технологічного вікна $t_{\text{техн}} = 120$ хв. Коефіцієнт надійності $\alpha_n = 0,94$.*

Завдання для самостійної роботи 4.5. *Для даних задачі 4.11 встановити, на яких перегонах дільниці М – Н необхідно улаштувати по всій довжині другу колію, щоб збільшити пропускну спроможність дільниці на 30 %.*

5 ПРАКТИЧНА РОБОТА 5. ЗАХОДИ З КОРОТКОЧАСНОГО ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ

5.1 Збільшення пропускної спроможності при улаштуванні роз'їзду на блок-посту

Задача 5.1. *Одноколійна дільниця М – Н обладнана напівавтоматичним блокуванням. На обмежувальному перегоні а – б є блок-пост. На всьому перегоні а – б в непарному напрямку застосовується підштовхування. У зворотному напрямку штовхачі прямують резервом. Час ходу поїздів і резервних локомотивів по перегону наведено на рисунку 5.1.*

непарний напрямок \rightarrow			а	блок - пост	б
Час ходу по перегону, хв	поїздів	непарний	18		
		парний	12	10	
	резервних локомотивів у парному напрямку		8	7	

Рисунок 5.1 – Час ходу по перегону поїздів та резервних локомотивів

Станційний інтервал схрещення на станціях а й б $\tau_c = 2$ хв. Інтервал попутного прямування при русі одиночного локомотиву другим у пакеті $\tau_{пп} = 2$ хв. Тривалість технологічного «вікна» $t_{техн} = 60$ хв, а коефіцієнт надійності $\alpha_H = 0,94$. Визначити, на скільки збільшиться пропускна спроможність дільниці, якщо на блок-посту улаштувати роз'їзд (рисунок 5.2) для схрещення резервних штовхачів з непарними поїздами.

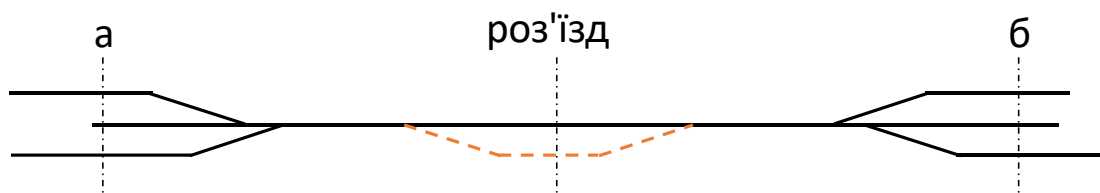


Рисунок 5.2 – Улаштування роз'їзду на блок-посту

Розв'язання. Схема графіка руху поїздів і поодиноких штовхачів при відсутності роз'їзду на блок-посту наведена на рисунку 5.3. Крім часу ходу пари поїздів по всьому міжстанційному перегону і двох станційних інтервалів схрещення в період графіка додається ще час ходу поодинокого штовхача в парному напрямку $t''_{шт}$ по міжпостових перегонах блок-пост–а і станційний інтервал попутного прямування.

Таким чином

$$T_{пер} = t'_x + t''_x + t_{шт}^{a-бп} + 2\tau_c + \tau_{пп} + 2t_p;$$

$$T_{пер} = 18 + (12 + 10) + 8 + 2 \cdot 2 + 2 + 2 \cdot 2 = 58 \text{ хв.}$$

а пропускна спроможність (формула 2.1)

$$N = \frac{(1440-60)0,94}{58} = 22,3 \approx 22 \text{ пари поїздів.}$$

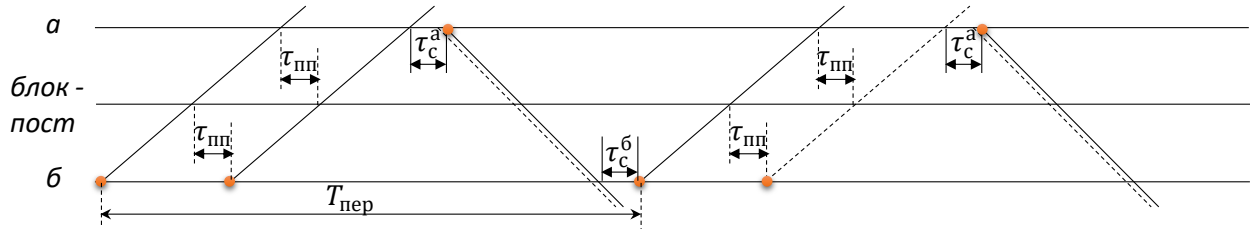


Рисунок 5.3 – Графік руху поїздів і штовхачів при відсутності роз'їзду

При улаштуванні роз'їзду можна організувати на блок-посту схрещення поодиноких штовхачів з непарними поїздами. Це виключає вплив заняття перегону штовхачами на період графіка (рисунок 5.4).

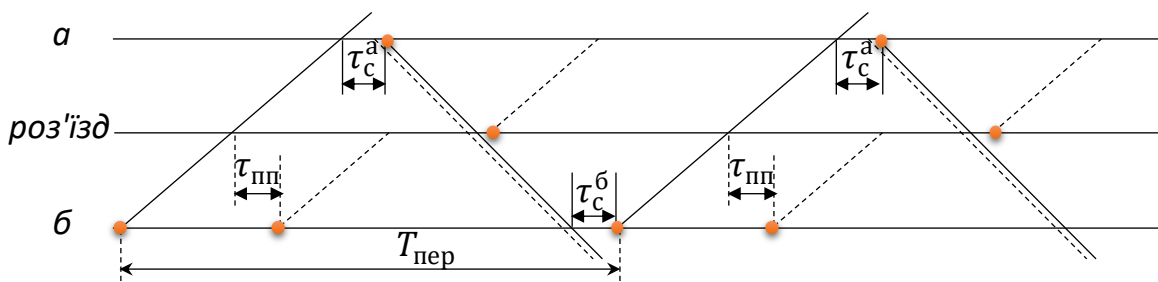


Рисунок 5.4 – Графік руху поїздів і штовхачів при улаштуванні роз'їзду

Таким чином

$$T_{\text{пер}} = t'_x + t''_x + 2\tau_c + 2t_p;$$

$$T_{\text{пер}} = 18 + (12 + 10) + 2 \cdot 2 + 2 \cdot 2 = 48 \text{ хв.}$$

а пропускна спроможність (формула 2.1)

$$N_{\text{вст}} = \frac{(1440-60)0,94}{48} = 27,02 \approx 27 \text{ пари поїздів.}$$

Збільшення пропускної спроможності становить

$$\Delta = 27 - 22 = 5 \text{ пари поїздів; } \Delta' = \frac{27-22}{22} 100 = 22,7 \%.$$

5.2 Збільшення пропускної спроможності перегону у період «вікна»

Задача 5.2. Двоколійна дільниця $M-N$ обладнана автоблокуванням. Для капітального ремонту непарної колії на перегоні $a-b$ в графіку руху передбачено «вікно» тривалістю 4 год. Час ходу по перегону непарному - $t'_x = 20$ хв, а в парному напрямку $t''_x = 22$ хв. На період «вікна» по парній колії, що залишилася в дії організовано двосторонній непакетний рух. Парні поїзди прямують правильною колією за сигналами блокування, а непарні - неправильною колією із застосуванням телефону як засобу поїзного зв'язку. Для переходу поїздів з правильної колії на неправильну з кожного боку станції укладають по два з'їзди (рисунок 5.5).

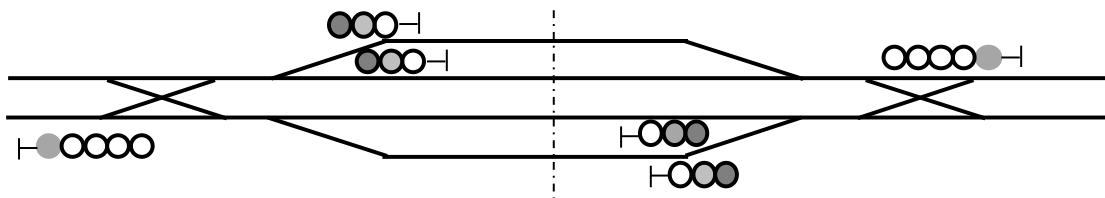


Рисунок 5.5 – Схема укладання з'їздів для переходу з правильної колії на неправильну

Тоді в межах станції поїзди прямуватимуть коліями, спеціалізованими для даного напрямку руху, незалежно від того, прямував поїзд правильною чи неправильною колією перегону. Інтервал схрещення при відправленні поїзда неправильною колією $\tau_c = 5$ хв, а правильною – $\tau_c = 1$ хв. Час на розгін $t_p = 2$ хв. Встановити, на скільки збільшиться пропускна спроможність перегону $a-b$ у період «вікна», якщо улаштувати на ньому тимчасовий пост зі з'їздом і організувати непакетний двосторонній рух по одноколійному міжпостовому перегону a – пост. Завдання вирішити в двох варіантах:

- при улаштуванні поста без запобіжного тупика (рисунок 5.6, а);
- з запобіжним тупиком (рисунок 5.6, б).

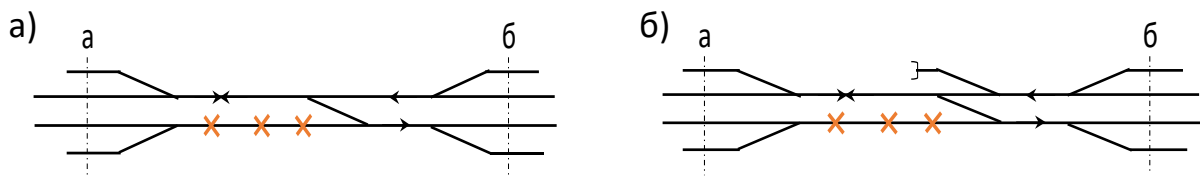


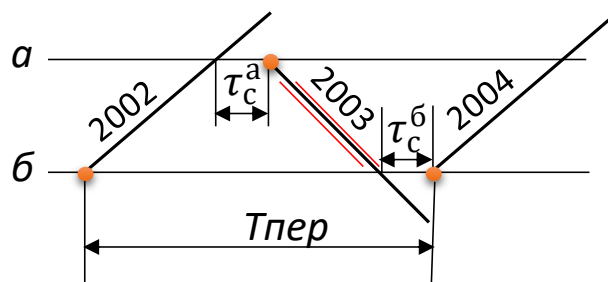
Рисунок 5.6 – Схема колійного поста:

a – без запобіжного тупика; *б* – з запобіжним тупиком

Часи ходу по міжпостових перегонах для непарних поїздів *a* – пост $t'_{a-бп} = 8$ хв і *б* – пост $t'_{бп-б} = 12$ хв ; для парних *a* – пост $t''_{a-бп} = 10$ хв і *б* – пост $t''_{бп-б} = 12$ хв.

Інтервал беззупинкового схрещення через пост без запобіжного тупика $\tau_{бс} = 10$ хв, а при улаштуванні на ньому запобіжного тупика – $\tau_{бс} = 5$ хв. За відсутності на посту запобіжного тупика інтервал беззупинкового схрещення визначається виходячи із забезпечення інтервалу безпеки $\tau_б = 1$ хв.

Розв'язання. Схему руху поїздів за відсутності поста подано на рисунку 5.7.



Умовні позначення: – поїзди, що відправлені неправильною колією

Рисунок 5.7 – Схема руху поїздів при двосторонньому їх пропусканні парною колією

Період графіка на міжстанційному перегоні *a* – *б*

$$T_{пер} = t'_x + t''_x + \tau_c^a + \tau_c^б + 2t_p;$$

$$T_{пер} = (8 + 12) + (10 + 12) + 5 + 1 + 2 \cdot 2 = 52 \text{ хв,}$$

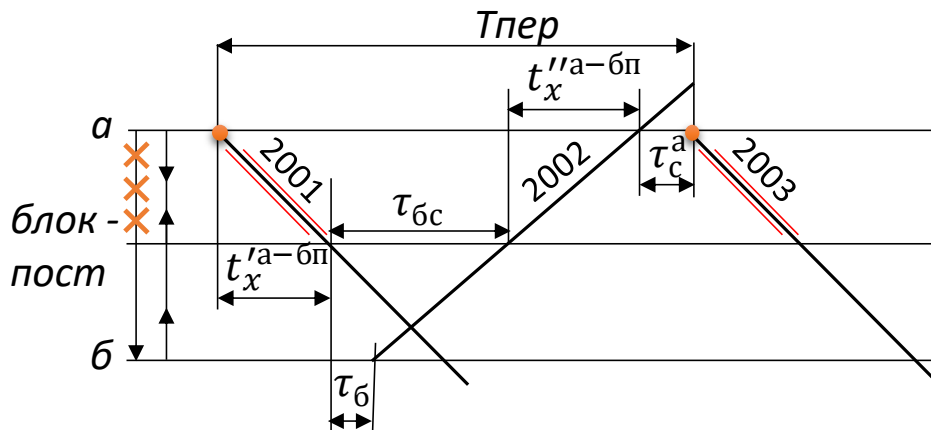
а пропускна спроможність у період «вікна» тривалістю чотири години

$$N = \frac{4 \cdot 60}{52} = 4,6 \approx 4 \text{ пари поїздів.}$$

За відсутності запобіжного тупика графік руху поїздів (рисунок 5.8) складено з урахуванням забезпечення інтервалу безпеки τ_b , тобто зі станції b парний поїзд відправляється після проходження через пост непарного поїзда. Інтервал τ_{bc} дорівнює сумарному часу, що складається з інтервалу безпеки і часу ходу парного поїзда по міжпостовому перегону $b - \text{пост}$, тобто

$$\tau_{bc} = \tau_b + t''_{bп-б} + t_p;$$

$$\tau_{bc} = 1 + 12 + 2 = 15 \text{ хв.}$$



Умовні позначення: — поїзди, що відправлені неправильною колією;
 — закриття колії

Рисунок 5.8 – Інтервал безпеки за відсутності запобіжного тупика

Тоді період графіка на міжстанційному перегоні $a - b$ складе

$$T_{\text{пер}} = t''_{a-бп} + t''_{бп-a} + \tau_{bc} + \tau_c^a + t_p;$$

$$T_{\text{пер}} = (8 + 10) + 10 + 5 + 2 = 35 \text{ хв,}$$

а пропускна спроможність у період «вікна» тривалістю чотири години

$$N = \frac{4 \cdot 60}{37} = 6,8 \approx 6 \text{ пари поїздів.}$$

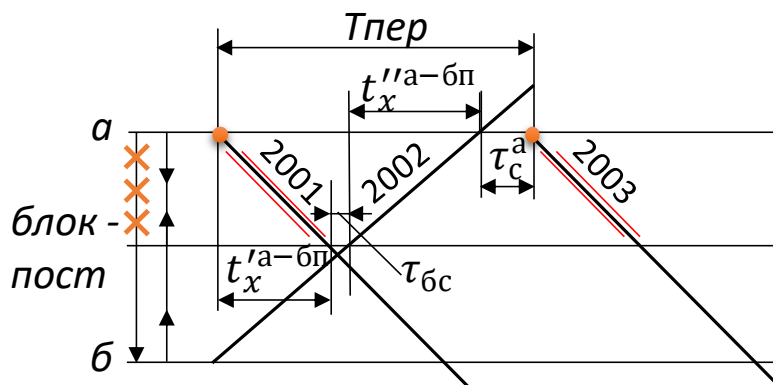
За наявності запобіжного тупика період графіка (рисунок 5.9)

$$T_{\text{пер}} = t''_{a-\text{бп}} + t''_{\text{бп}-a} + \tau_{\text{бс}} + \tau_c^a + t_p;$$

$$T_{\text{пер}} = (8 + 10) + 5 + 5 + 2 = 30 \text{ хв,}$$

а пропускна спроможність у період «вікна» тривалістю 4-и години

$$N = \frac{4 \cdot 60}{30} = 8 \text{ пари поїздів.}$$





Умовні позначення:  — поїзди, що відправлені неправильною колією;
 — закриття колії

Рисунок 5.9 – Період графіка при улаштуванні запобіжного тупика

Збільшення пропускної спроможності складе при улаштуванні поста:

– без запобіжного тупика

$$\Delta = 6,8 - 4,6 = 2,2 \text{ пари поїздів; } \Delta' = \frac{6,8-4,6}{4,6} 100 = 47,8 \%;$$

– із запобіжним тупиком

$$\Delta = 8 - 4,6 = 3,4 \text{ пари поїздів; } \Delta' = \frac{8-4,6}{4,6} 100 = 73,9 \%.$$

Задача 5.3. Для даних задачі 5.2 визначити, на скільки збільшиться порівняно з непакетним графіком пропускна спроможність, якщо застосувати двосторонній пакетний рух – двопакетний графік. Пакетний рух непарних поїздів

неправильною колією організовано за сигналами локомотивних світлофорів з інтервалом у пакеті $I_{\text{пак}} = 10$ хв. Парні поїзди прямують правильною колією за сигналами блокування з інтервалом $I_0 = 8$ хв. На ділянці обертається 80 пар вантажних поїздів з середнім інтервалом між попутними поїздами в кожному напрямку $I_{\text{сер}} = 18$ хв. Задачу вирішити в трьох варіантах:

- 1) поста на перегоні немає;
- 2) влаштовано пост із запобіжним тупиком на перегоні;
- 3) посади на перегоні немає, але організовано рух здвоєних поїздів.

Розв'язання. Під час «вікна» застосовуються такі способи пропускання поїздів:

- односторонній;
- двосторонній непакетний;
- двома рівними пакетами;
- два пакети, один з яких максимум;
- з'єднаними поїздами.

Організація двох різних пакетів поїздів полягає в утворенні першого пакету шляхом беззупинкового прямуювання поїздів одного напрямку за графіком з середнім інтервалом, а другого (зворотного напрямку) – в результаті накопичення поїздів перед перегонем з «вікном» та наступного пропускання їх тимчасово одноколіїним перегонем з мінімальними інтервалами між ними.

Для утворення пакетів з рівною кількістю поїздів на тимчасово одноколіїнному перегоні, спочатку в одному напрямку з середнім інтервалом між поїздами, пропускають *регульовальний* пакет, що дає змогу накопичувати поїзди для протилежного напрямку. Поїзда у пакеті пропускають з мінімальним інтервалом, поки такий інтервал може бути забезпечений, потім у зворотному напрямку такий самий пакет.

При використанні схеми двох пакетів, з яких другий максимальний, досягається пропускання більшої кількості поїздів, ніж при організації руху відповідно схемою двох рівних пакетів.

Порядок організації руху поїздів по колії, що залишилася на перегоні, залежно від тривалості "вікна" подано у таблиці 5.1 [4].

Таблиця 5.1 – Організація руху поїздів на тимчасово одноколійному перегоні

Тривалість «вікна»	Список колійних робіт на перегоні	Порядок організації руху поїздів на тимчасово одноколійному перегоні	Примітка
Не більше двох годин	Для виконання робіт з поточного утримання	Односторонній рух з проходженням лише тих поїздів, для яких розблокована колія є правильною	-
Не менш двох годин	Виконання робіт поточного утримання з використанням машинних комплексів	Двосторонній з змінним напрямком руху після кожного поїзда (непакет)	від трьох до чотирьох (з дозволу начальника регіональної філії)
більше чотирьох годин	На перегоні довжиною 15 км і більше при роботі більше чотирьох господарчих поїздів	Двосторонній зі змінним напрямком руху поїздів, що прямують пакетами по п'ять-шість і більше поїздів у пакеті; обертання	Встановлюється постійне спілкування (телефон або радіо) керівника роботи з ДНЦ, енергодиспетчером, дирекцією, РЦУП
Доба і більше	використання машин для глибокого очищення щебеню, з заміною баластового шару або зниження позначки головки рейки; реконструкція контактної мережі, повітряних ліній	з'єднаних поїздів з локомотивом у голові та середині состава. Використання "живого" блокування (сигналісти розміщуються поруч з кілометровими стовпами після 2-5 км, мають телефонний зв'язок один з одним, ручні сигнали надаються залежно від місця розташування поїздів)	Закриття однієї колії двостороннього перегону, колія, що залишилася, використовується для руху з двостороннім автоблокуванням

Варіант 1. За відсутності поста на перегоні і непакетному двосторонньому русі за діючою колією пропускна спроможність під час чотиригодинного «вікна» становить 4,6 пари поїздів (задача 5.2). Схема руху поїздів в період «вікна» по двопакетному графіку наведена на рисунку 5.10, а. На початку «вікна» пропускається так званий регулювальний пакет поїздів правильною колією з середнім інтервалом між поїздами $I_{сер}$, тобто якась частина часу «вікна» використовується для звичайного руху парних поїздів правильною колією.

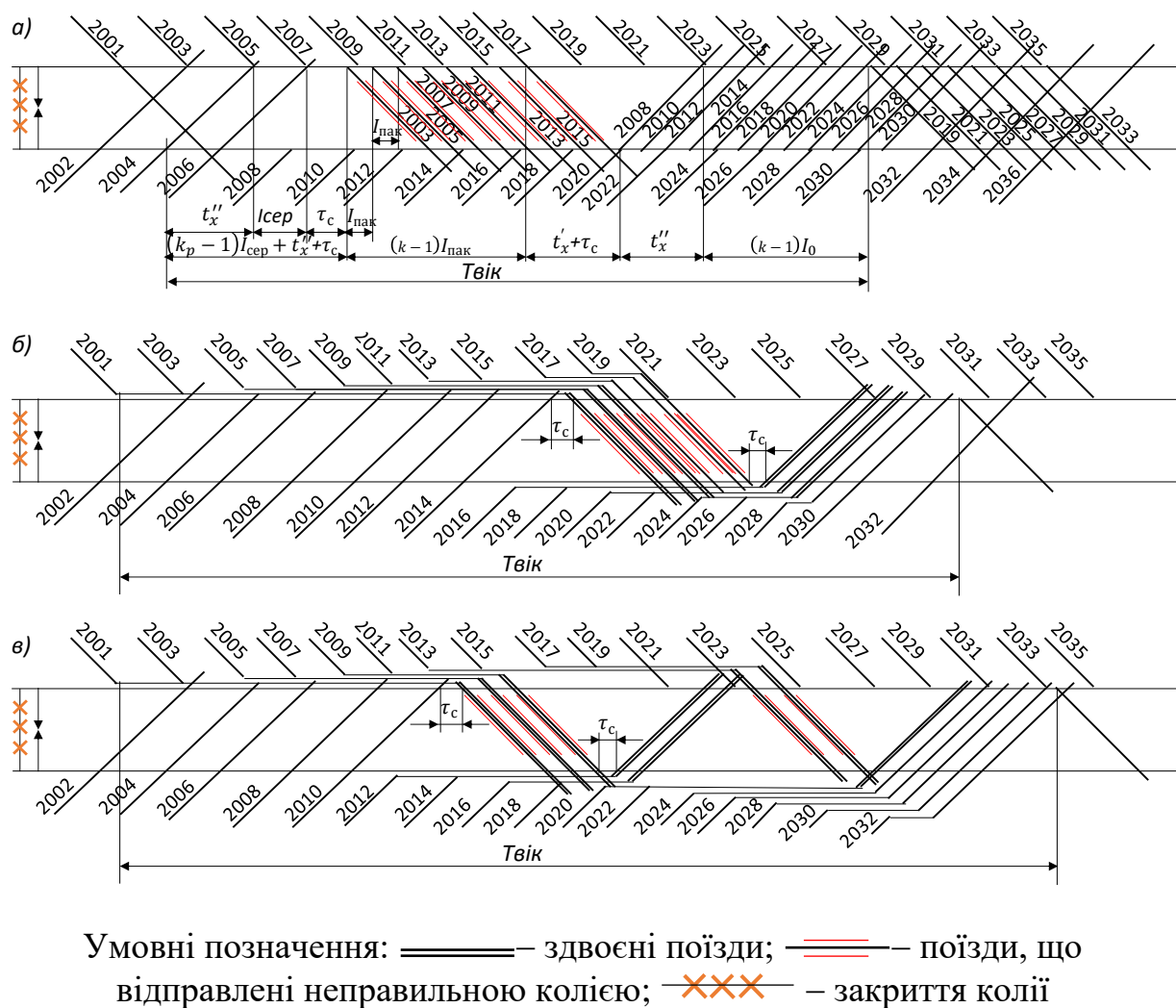


Рисунок 5.10 – Приклади графіку руху: а – двопакетний за відсутності колійного посту; б – двопакетний за відсутності колійного посту на перегоні та пропускання здвоєних поїздів; в – пакетний за відсутності колійного посту та пропускання у пакетах кожному з напрямків двох-трьох здвоєних поїздів у пакетах

Потім по перегону пропускається пакет непарних поїздів (що встиг накопичитися) неправильною колією з інтервалом $I_{\text{пак}} = 10$ хв і такий самий пакет парних поїздів, правильною колією за сигналами автоблокування з інтервалом $I_0 = 8$ хв. Час «вікна» (рисунок 5.10, а)

$$T_{\text{вік}} = I_{\text{сер}}(k - 1) + t'_{\text{а-б}} + t''_{\text{а-б}} + 2\tau_c + 2t_p + (k - 1)I_0.$$

Звідки

$$(I_{\text{сер}} + I_0)(k - 1) = T_{\text{вік}} - (t'_{\text{а-б}} + t''_{\text{а-б}} + 2\tau_c + 2t_p),$$

а

$$k = \frac{T_{\text{вік}} - (t'_{\text{а-б}} + t''_{\text{а-б}} + 2\tau_c + 2t_p)}{I_{\text{сер}} + I_0} + 1.$$

$$k = \frac{240 - (20 + 22 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 2)}{18 + 8} + 1 = 8,38 \approx 8 \text{ поїздів.}$$

Кількість поїздів у регульовальному пакеті k_p (рисунок 5.10, а)

$$I_{\text{сер}}(k_p - 1) + t''_{\text{а-б}} + \tau_c^a + (k - 1)I_{\text{пак}} = I_{\text{сер}}(k - 1),$$

звідки

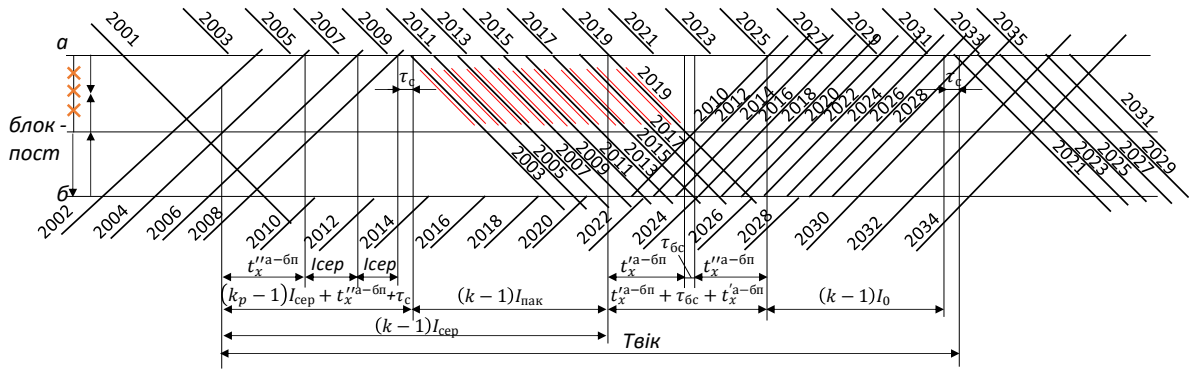
$$k_p = \frac{(k - 1)(I_{\text{сер}} - I_{\text{пак}}) - t''_{\text{а-б}} - \tau_c^a}{I_{\text{сер}}} + 1;$$

$$k_p = \frac{(8 - 1)(18 - 10) - 22 - 5}{18} + 1 = 2,61 \approx 2 \text{ поїзди.}$$

Таким чином максимальна пропускна спроможність перегону за час «вікна» складає вісім пар поїздів та два регульовальних поїзда. Збільшення пропускної спроможності порівняно з непакетним графіком

$$\Delta = 9 - 4,6 = 4,4 \text{ пари поїздів; } \Delta' = \frac{9 - 4,6}{4,6} 100 = 95,6 \text{ \%}.$$

Варіант 2. При улаштуванні поста (з запобіжним тупиком) і непакетному графіку руху пропускна спроможність перегону дорівнює восьми парам поїздів (задача 5.2).



Умовні позначення: ==== – поїзди, що відправлені неправильно колією; XXX – закриття колії

Рисунок 5.11 – Двопакетний графік за наявності міжпостового перегону

При пакетному графіку (рисунок 5.11)

$$k = \frac{T_{\text{вік}} - (t'_{\text{а-бп}} + t''_{\text{а-бп}} + \tau_c + \tau_{\text{бс}} + t_p)}{I_{\text{сер}} + I_0} + 1.$$

$$k = \frac{240 - (8 + 10 + 1 + 5 + 2)}{18 + 8} + 1 = 9,23 \approx 9 \text{ поїздів.}$$

$$k_p = \frac{(k - 1)(I_{\text{сер}} - I_{\text{пак}}) - t''_{\text{а-бп}} - \tau_c^a}{I_{\text{сер}}} + 1;$$

$$k_p = \frac{(9 - 1)(18 - 10) - 10 - 5}{18} + 1 = 3,72 \approx 3 \text{ поїзди.}$$

Загальна пропускна спроможність у період «вікна» 10,5 пари поїздів, тобто при пакетному графіку пропускна спроможність збільшилась на

$$\Delta = 10,5 - 8 = 2,5 \text{ пари поїздів; } \Delta' = \frac{10,5 - 8}{8} 100 = 31,2 \text{ \%}.$$

Варіант 3. За відсутності поста на перегоні і організації двостороннього пакетного руху у період «вікна» здвоєних поїздів (двопакетний графік) кількість їх в пакеті визначиться з рівності

$$k = \frac{T_{\text{вік}} - (t'_{\text{а-б}} + t''_{\text{а-б}} + \tau_{\text{бс}}^{\text{б}}) + (I_{\text{сер}} + I_0)}{2I_{\text{сер}} + I_0}.$$

де $\tau_{\text{бс}}^{\text{б}}$ – інтервал беззупинкового слідування через станцію б, приймаємо рівним $\tau_{\text{бс}}^{\text{б}} = 6$ хв.

Тоді

$$k = \frac{240 - (20 + 22 + 6) + (18 + 8)}{2 \cdot 18 + 8} = 4,95 \approx 4 \text{ поїздів.}$$

Кількість поїздів у регульовальному пакеті

$$I_{\text{сер}}(k_p - 1) + t''_{a-б} + \tau_{бс}^б + (k - 1)I_{\text{пак}} = I_{\text{сер}}(2k - 1),$$

звідки

$$k_p = \frac{I_{\text{сер}}(2k - 1) - (k - 1)I_{\text{пак}} - t''_{a-б} - \tau_{бс}^б}{I_{\text{сер}}} + 1;$$

$$k_p = \frac{18(2 \cdot 5 - 1) - (5 - 1)10 - 22 - 6}{18} + 1 = 6,22 \approx 6 \text{ поїздів.}$$

Таким чином, у період «вікна» можна пропустити пару пакетів з чотирьох здвоєних поїздів у кожному (8 пар поїздів) та 6 поїздів в регульовальному пакеті, тобто всього 11 пар поїздів.

У порівнянні з двопакетним графіком у варіанті 1 здвоювання поїздів дало змогу збільшити пропускну спроможність перегону у період «вікна» на $11 - 9 = 2$ пари поїздів. Здвоювання є в даних умовах більш вигідним навіть ніж улаштування поста на перегоні, при якому (варіант 2) пропускну спроможність становить всього 10,5 пари поїздів,

У зв'язку з некрратною різницею величин, що входять у розрахунки, і виконаним округлення в більшу сторону фактично (рисунок 5.10, б) по перегону в період «вікна» хоча і пропущено 10 непарних поїздів, але здвоєних лише чотири в пакеті. Решта два поїзди пропущені без з'єднання. У парному напрямку замість пропускання чотирьох здвоєних поїздів в пакеті пропущено три здвоєних і одиночний поїзд, тобто лише сім поїздів замість 10. Але пропускну спроможність в цьому напрямку, як видно з рисунку 5.10, б, дає змогу пропустити п'ять здвоєних поїздів по перегону, тобто при заданих фактичних розмірах руху (80 пар поїздів) не може бути повністю використана пропускну спроможність при двопакетному графіку і пропуску здвоєних поїздів у пакеті.

Більш того, при заданих розмірах руху немає сенсу пропускання здвоєних поїздів по двопакетному графіку. При чотирьох і більше здвоєних поїздах в пакеті створюється

напруженість в організації їх об'єднання і пропускання по перегону. Тому в пакеті одного напрямку як правильною, так і неправильною колією доцільний пропуск двох-трьох з'єднаних поїздів. Такий графік для заданих в прикладі умов наведено на рисунку 5.10, в. Загальна кількість поїздів, пропущених за час «вікна», є таким самим, як при двопакетному графіку (рисунок 5.10, б), а затримки поїздів зменшуються. Двопакетний графік здвоєних поїздів може виявитися ефективнішим при більш інтенсивних розмірах руху.

5.3 Збільшення маси поїздів

Задача 5.4. Одноколійна дільниця $M - H$ обладнана напівавтоблокуванням. Часи ходу поїздів по перегонах при розрахунковій масі наведено на рисунку 5.12.

		М	а	б	в	г	д	е	ж	Н
Час ходу по перегону, хв	непарний напрямок	12	15	18	20	20	19	16	16	
	парний напрямок	14	17	17	23	21	22	17	18	
Довжина перегону, км		10	14	15	13	17	18	14	15	

Рисунок 5.12– Часи ходу поїздів по перегонах дільниці $M - H$

Станційний інтервал схрещення $\tau_c = 2$ хв, час на розгін $t_p = 2$ хв. Дільницю обслуговують тепловози 2ТЕ116. Тонно-кілометрова діаграма, що показує, яка маса поїзда може бути реалізована на кожному перегоні у вантажному русі залежно від його профілю, наведена на рисунку 5.13.

Співвідношення маси поїзда нетто до маси бруто $\varphi = 0,66$. Місячний коефіцієнт нерівномірності $K_H = 1,1$. Розміри руху пасажирських поїздів $N_{\text{пас}} = 3$. Коефіцієнт зняття $\varepsilon_{\text{пас}} = 1,1$.

Встановити, на скільки збільшиться провізна спроможність дільниці у вантажному русі, якщо на перегонах $M - а$ і $в - г$ (для вантажного руху) ввести підштовхування.

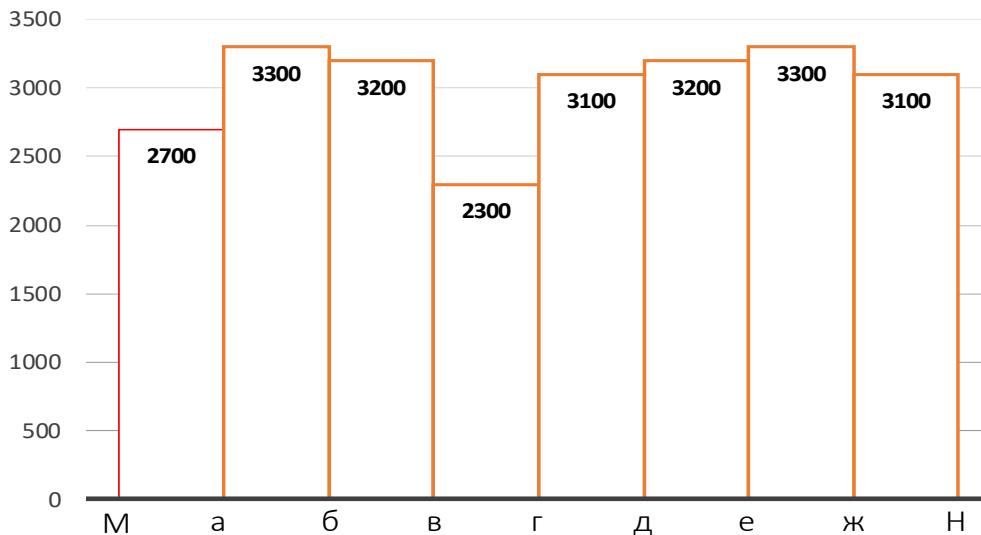


Рисунок 5.13 – Маси поїздів на перегонах дільниці

На обох перегонах підштовхування застосовується до визначеного кілометра. Потім штовхач повертається на станцію відправлення поїзда. При цьому повертається він раніше, ніж поїзд прибуває на наступну станцію, тому інтервал схрещення на станції (рисунок 5.14) і період графіка не змінюються.

У зворотному напрямку підштовхування не застосовується і показники маси і швидкості залишаються без змін. Як штовхач використовується тепловоз ТЕ10. При одиночній тязі норма маси поїзда дорівнює 2300 т, а середня маса всіх поїздів – 2220 т. При підштовхуванні норма маси 3100 т, середня маса – 2900 т. Тривалість технологічного «вікна» $t_{\text{техн}} = 60$. Коефіцієнт надійності $\alpha_{\text{н}} = 0,94$.

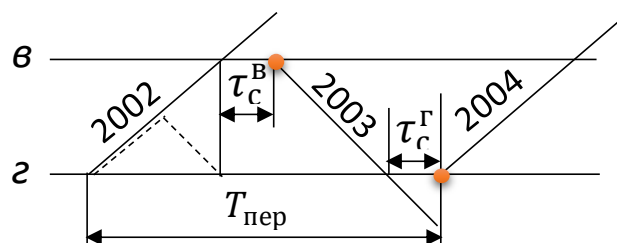


Рисунок 5.14 – Застосування підштовхування на частині перегону з поверненням штовхача на станцію

Розв’язання. Провізна спроможність дільниці визначається за формулою [5]

$$\Gamma = \frac{365N_{\text{наяв}}Q_{\text{бр}}\varphi}{10^6K_H}, \quad (5.1)$$

Встановимо провізну спроможність для одиночної тяги і підштовхування на перегонах $M-a$ і $в-г$. При розрахунку будемо виходити з парного графіка руху в обох варіантах.

Варіант 1 (одиночна тяга). Пропускна спроможність дільниці в поїздах паралельного графіка визначають виходячи з часу ходу з умов рисунку 5.12.

Пропускна спроможність обмежувального перегону $в-г$ складе

$$N_{\text{наяв}} = \frac{(1440-60)0,94}{20+23+2\cdot 2+2\cdot 2} = 25,43 \approx 25 \text{ пар поїздів.}$$

Кількість вантажних поїздів, що може буди пропущена по дільниці при заданих розмірах пасажирських складе

$$N_{\text{ван}} = N_{\text{наяв}} - \varepsilon_{\text{пас}}N_{\text{пас}};$$

$$N_{\text{ван}} = 25 - 1,1 \cdot 3 = 21,7 \approx 21 \text{ пара поїздів;}$$

Тоді провізна спроможність для вантажного руху з формули (3.9) складе

$$\Gamma = \frac{365 \cdot 21 \cdot 2220 \cdot 0,66}{10^6 \cdot 1,1} = 10,21 \text{ млн. т нето/рік.}$$

Варіант 2 (підштовхування на перегонах $M-a$ і $в-г$). Необхідно перш за все виконати тягові розрахунки для вантажних поїздів і встановити часи ходу при нормі маси 3100 т. Припустимо, що розрахунки виконані і часи ходу по перегонах (рисунок 5.15).

		М	а	б	в	г	д	е	ж	Н
Час ходу по перегону, хв	непарний напрям	12	15	18	20	20	19	16	16	
	парний напрям	10	21	23	18	28	28	23	23	

Рисунок 5.15 – Час ходу по перегонах дільниці з урахуванням підштовхування

Зіставляючи ці дані з даними рисунка 5.12 бачимо, що вони розрізняються. Зменшився час ходу на перегонах $M-a$ і $b-z$. Пояснюється це тим, що сила тяги підштовхувального локомотива використовується не повністю (збільшення маси поїзда становить всього 800 т) і надмірна його потужність спрямована на збільшення швидкості руху. На інших перегонах часи ходу поїздів збільшилися. Цьому сприяло те, що при збільшенні маси поїзда на $3100 - 2300 = 800$ т потужність локомотива залишилася такою самою (на цих перегонах залишилася одиночна тяга локомотивом 2TE116), тобто питома його потужність, яка припадає на одиницю маси складу поїзда, зменшилася. Часи ходу поїзда в зворотному напрямку не змінилися (маса і швидкість залишилися такими самими). Обмежувальним перегонем став перегін $z-d$.

Пропускна спроможність дільниці при підштовхуванні

$$N_{\text{наяв}} = \frac{(1440-60)0,94}{20+28+2 \cdot 2+2 \cdot 2} = 23,16 \approx 23 \text{ пар поїздів.}$$

Кількість вантажних поїздів, що може буди пропущена по дільниці при заданих розмірах пасажирських складає

$$N_{\text{ван}} = N_{\text{наяв}} - \varepsilon_{\text{пас}} N_{\text{пас}};$$

$$N_{\text{ван}} = 23 - 1,1 \cdot 3 = 19,7 \approx 19 \text{ пар поїздів.}$$

Тоді провізна спроможність для вантажного руху з формули (5.1) складе

$$\Gamma = \frac{365 \cdot 19 \cdot 2900 \cdot 0,66}{10^6 \cdot 1,1} = 12,07 \text{ млн т нето/рік.}$$

Збільшення провізної спроможності в вантажному напрямку складає $42,07 - 10,21 = 1,86$ млн т/рік, або $(1,86 : 10,21) \cdot 100 \gg 18\%$.

Таким чином, незважаючи на зменшення пропускної спроможності дільниці в парах поїздів, провізна спроможність внаслідок збільшення маси при підштовхуванні збільшилася.

Задача 5.5. *Двоколійна дільниця $M-N$ обладнана автоблокуванням і обслуговується електровозами ВЛ80. Розрахункова маса складу поїзда обмежується силою тяги локомотива і дорівнює $Q_{\text{бр}} = 3200$ т. Інтервал в пакеті між*

попутними поїздами $I_0 = 8$ хв. Корисна довжина станційних колій $l_{\text{пвк}} = 1050$ м. На дільниці обертається 30 вугільних маршрутів на добу. Середнє погонне навантаження для вугільних маршрутів $p_T = 6$ т / м.

Середня маса інших поїздів складає 2800 т. На дільниці обертається 30 пар пасажирських поїздів. Коефіцієнт зняття $\varepsilon_{\text{пас}} = 2$. Визначити, на скільки збільшиться провізна спроможність дільниці, якщо застосувати для вугільних маршрутів подвійну тягу електровозами ВЛ80 по всій довжині дільниці. Відношення маси нетто складу до маси бруто для вугільних маршрутів $\varphi = 0,75$ і при перевезенні інших вантажів $\varphi = 0,65$. Коефіцієнт нерівномірності перевезень $K_H = 1,1$. Тривалість технологічного вікна $t_{\text{техн}} = 120$ хв. Коефіцієнт надійності $\alpha_H = 0,93$.

Розв'язання. Пропускна спроможність у переважному напрямку (формула 2.14)

$$N_{\text{наяв}} = \frac{(1440 - 120) \cdot 0,93}{8} = 153,45 \approx 153 \text{ поїзди.}$$

Кількість вантажних поїздів, що може бути пропущена по дільниці при заданих розмірах пасажирських складе

$$N_{\text{ван}} = N_{\text{наяв}} - \varepsilon_{\text{пас}} N_{\text{пас}};$$

$$N_{\text{ван}} = 153 - 2 \cdot 30 = 93 \text{ поїзди.}$$

При одиночній тязі всіх поїздів провізна спроможність складе

$$\Gamma = \frac{365 \cdot [2800 \cdot 0,65(93 - 30) + 3200 \cdot 30 \cdot 0,75]}{10^6 \cdot 1,1} = 61,94 \approx 62 \text{ млн т нето/рік.}$$

При подвійній тязі на всій дільниці маса складу поїзда, що визначається силою тяги $2 \cdot 3200 = 6400$ т. Але в цьому випадку маса вугільних маршрутів буде обмежуватися довжиною станційних колій і становитиме

$$(l_{\text{пвк}} - 50)p_T = (1050 - 50)6 = 6000 \text{ т.}$$

Кількість вугільних маршрутів на добу складе при цьому

$$n_{\text{марш}} = \frac{30 \cdot 3200}{6000} = 16 \text{ маршрутів.}$$

Провізна спроможність дільниці в розглянутому напрямку при веденні вугільних маршрутів подвійною тягою

$$\Gamma = \frac{365 \cdot [2800 \cdot 0,65(93-16) + 6000 \cdot 16 \cdot 0,75]}{10^6 \cdot 1,1} = 70,39 \text{ млн т нетто/рік.}$$

тобто вона збільшилася на

$$\Delta = 70,4 - 62 = 8,4 \text{ млн т нетто/рік; } \Delta' = \frac{70,4-62}{62} 100 = 13,55 \text{ \%}.$$

Завдання для самостійної роботи 5.1. Установити, на скільки збільшиться провізна спроможність одноколіїної дільниці М–Н (задача 5.4) для вантажних поїздів (порівняно з одиночною тягою), якщо по всій довжині перегонів М–а і в–г встановити подвійну тягу і підняти масу поїзда у вантажному русі до 3200 т на всій дільниці замість 2300 т при одиночній тязі. Часи ходу поїздів при одиночній тязі наведені на рисунку 5.12, а при подвійній тязі – на рисунку 5.16.

		М	а	б	в	г	д	е	ж	Н
Час ходу по перегону, хв	непарний напрямок	10	15	18	17	20	19	16	16	
	парний напрямок	10	21	23	18	28	28	23	23	

Рисунок 5.16 - Часи ходу поїздів при подвійній тязі

У зв'язку з відчепленням і причепленням другого локомотиву, необхідне скорочене випробування автогальм з мінімальними стоянками поїздів на станціях а, в і г 8 хв. Ці станції обладнані пристроями, що дають змогу приймати одночасно поїзди протилежних напрямків.

Розрахунок пропускної спроможності дільниці при подвійній тязі супроводити схемами періодів графіка на ряді суміжних перегонів, які можуть виявитися обмежувальними.

ВИСНОВКИ

При виконанні практичних завдань студенти мають навчитися:

– досліджувати транспортні процеси, експериментувати, аналізувати та оцінювати параметри транспортних систем та технологій (РН – 06);

– формулювати, модифікувати, розробляти нові ідеї з удосконалення транспортних технологій (РН – 07);

– розробляти, планувати, впроваджувати методи організації безпечної діяльності у сфері транспортних систем та технологій (РН – 09);

– пояснювати експлуатаційну, техніко-економічну, технологічну, правову, соціальну та екологічну ефективність організації перевезень (РН – 19).

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

- 1 Від яких чинників залежить вибір довжини перегона?
- 2 Яким чином встановлюється норма часу знаходження локомотивів в пунктах обертання на станціях?
- 3 Які характерні особливості паралельних графіків руху?
- 4 Порядок розрахунку пропускної спроможності при непаралельних непакетних графіках.
- 5 Порядок розрахунку пропускної спроможності при парному та непарному частково-пакетному графіку руху поїздів.
- 6 Яким чином впливає відкриття блок-посту на перегоні на пропускну спроможність дільниці?
- 7 На скільки збільшується пропускна спроможність дільниці при організації беззупинкового схрещення?
- 8 Порядок розрахунку пропускної спроможності двоколійних дільниць з паралельними графіком руху поїздів.
- 9 Як зміниться пропускна спроможність для непаралельних графіків руху?
- 10 Які чинники впливають на вибір типу графіка?
- 11 Які існують способи збільшення пропускної спроможності залізничних ліній?

12 Як збільшиться пропускна спроможність залізничної лінії при переведенні дільниці на електричну тягу?

13 Чи збільшиться пропускна спроможність дільниці при обладнанні її автоблокуванням та електричною централізацією стрілок і сигналів?

14 Які існують заходи збільшення пропускної спроможності перегону у період «вікна»?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Методичні вказівки щодо проектування норм виробітку, нормованих завдань і нормативи часу на підготовчо-заклучні дії, допоміжні операції для локомотивних бригад. Затв. наказом Укрзалізниці від 03 січня 2006 № 005-ЦЗ (ЦТ-0129). Київ: Транспорт України, 2006.

2 Експлуатація локомотивів та локомотивне господарство: методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Експлуатація локомотивів та локомотивне господарство» / Бабанін О. Б., Жалкін Д. С., Устенко О. В., Чигирик Н. Д. Харків : УкрДАЗТ, 2012. 85 с.

3 Інструкція з розрахунку наявної пропускнуої спроможності залізниць України : затв. наказом Укрзалізниці від 14 березня 2001 р. № 143/Ц (ЦД-0036). Київ : Транспорт України, 2002. 375 с.

4 Інструкція про порядок надання та використання «вікон» у графіку руху поїздів для ремонтних і будівельних робіт на залізницях України : затв. наказом Укрзалізниці 16 червня 2011 №290-Ц (ЦД-ЦП – ЦШ - ЦЕ – 0083). Київ : ТОВ Поліграфсервіс, 2011. 95 с.

5 Управління експлуатаційною роботою. Графік руху поїздів: навч. посіб. / А. В. Прохорченко, О. А. Малахова, Г. М. Сіконенко та ін. Харків : УкрДУЗТ, 2021. 263 с.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних робіт
з дисципліни

«УПРАВЛІННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЮ РОБОТОЮ»

Відповідальний за випуск Прохорченко А. В.

Редактор

Підписано до друку 2022 р.
Умовн. друк. арк. 4,6. Тираж . Замовлення №

Видавець та виготовлювач Український державний університет
залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.