

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Український державний університет
науки і технологій**

Кафедра «Транспортні вузли»

В авторській редакції

**ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНІСТЬ
ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ.**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ
ПРИКОРДОННИХ СТАНЦІЙ
ПРИ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ**

Навчально-методичні рекомендації
до практичних занять
з дисципліни «Інтероперабельність транспортних систем»

Електронне видання

УДК 656.22(076.5)

I 73

Упорядники:

М. І. Березовий, В. В. Малашкін, Р. Г. Коробйова

Електронне видання

Схвалено Групами забезпечення якості освітньої програми
«Організація перевезень і управління на залізничному транспорті»
(Протокол №8 від 03.04.2024 р),
«Організація військових перевезень і управління на залізничному транспорті»
(Протокол №3 від 13.03.2024 р),
«Транспортно-експедиторська діяльність та логістика»
(Протокол №7 від 20.03.2024 р)

I 73 Інтероперабельність транспортних систем. Дослідження технології прикордонних станцій при міжнародних перевезеннях : навчально-методичні рекомендації до практичних занять з дисципліни «Інтероперабельність транспортних систем» / упоряд.: М. І. Березовий, В. В. Малашкін, Р. Г. Коробйова ; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Електрон. вид. – Дніпро : УДУНТ, 2024. – 47 с.

Навчально-методичні рекомендації призначені для студентів денної форми навчання освітнього ступеня «бакалавр» за ОПП «Організація перевезень і управління на залізничному транспорті», ОПП «Організація військових перевезень і управління на залізничному транспорті» та ОПП «Транспортно-експедиторська діяльність та логістика» спеціальності 275.02 «Транспортні технології на залізничному транспорті».

Навчально-методичні рекомендації містять приклад рішення практичної задачі з визначення тривалості перестановки вагонів міжнародних пасажирських поїздів на прикордонних станціях та приклад рішення практичної задачі визначення ємності колій для зберігання вагонних візків різної ширини колії на пункті перестановки вагонів.

При вирішенні задач використовуються елементи теорії масового обслуговування, управління запасами, математичної статистики та графоаналітичний метод визначення тривалості операцій технології залізничного транспорту.

Іл. 10. Табл. 13. Бібліогр.: 4 назви.

© Березовий М. І. та ін., упорядкування, 2024

© Укр. держ. ун-т науки і технологій, 2024

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. ВИЗНАЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ПЕРЕСТАНОВКИ ВАГОНІВ ПАСАЖИРСЬКОГО ПОЇЗДА НА ПРИКОРДОННІЙ СТАНЦІЇ (ЗАДАЧА №1).....	5
1.1. Практичне заняття № 1. Технологія роботи пункту з перестановки вагонів	5
1.2. Практичні заняття № 2, 3. Побудова технологічних карт маневрової роботи.....	13
1.3. Практичне заняття № 4. Побудова графіка перестановки вагонів пасажирського поїзда	26
2. ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРІБНОЇ КОЛІЙНОЇ ЄМНОСТІ ППВ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ВАГОННИХ ВІЗКІВ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ КОЛІЙ 1520 ТА 1435 ММ (ЗАДАЧА №2).....	32
2.1. Практичні заняття № 5, 6. Визначення потреби у візках колій 1435 і 1520 мм для забезпечення безперебійного перевізного процесу	33
2.2. Практичне заняття № 7, 8. Визначення гарантованого запасу візків колій 1435 мм графічним моделюванням	42
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	46

ВСТУП

Прикордонні станції на кордоні з країнами Європейського Союзу є важливими ланками перевізного процесу вантажів і пасажирів у міжнародному сполученні. Вантажі, що прямують залізницями до ЄС чи в Україну можуть перевантажуватися через склад, по прямому варіанту або слідувати в прямому міжнародному сполученні у вагонах зі зміною візків на пунктах перестановки вагонів (ППВ). Заміна візків здійснюється також у вагонів міжнародних пасажирських поїздів. При здійсненні міжнародних пасажирських перевезень можливе також застосування вагонних візків з розсувними колісними парами (РКП) та пропуск рухомого складу при перетині кордону через спеціальні колієперевідні пристрої.

Методичні рекомендації містять теоретичні відомості щодо технології маневрів при проходженні пасажирськими поїздами прикордонних станцій із заміною вагонних візків та нормування тривалості маневрів і приклади виконання практичних розрахунків.

В методичних рекомендаціях наведено також приклад рішення практичної задачі визначення колійної ємності ППВ для зберігання вагонних візків вантажних вагонів колій 1520 та 1435 мм методом імітаційного моделювання.

1. ВИЗНАЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ПЕРЕСТАНОВКИ ВАГОНІВ ПАСАЖИРСЬКОГО ПОЇЗДА НА ПРИКОРДОННІЙ СТАНЦІЇ (ЗАДАЧА №1)

Умова задачі. На прикордонній станції здійснюється перестановка вагонів пасажирського поїзда, що слідує з України до однієї з країн Східної Європи, чи у зворотному напрямку. Перестановка вагонів здійснюється на спеціалізованому пункті перестановки вагонів (ППВ) і передбачає заміну вагонних візків. При слідуванні поїзда з України за кордон візки колії 1520 мм замінюються на візки колії 1435 мм; при русі у зворотному напрямку здійснюється протилежна заміна візків.

Потрібно:

1. Визначити тривалість технологічних операцій з перестановки вагонів пасажирського поїзда на прикордонній станції.
2. Побудувати технологічний графік операцій з вагонами міжнародного поїзда на пункті перестановки вагонів.
3. Визначити тривалість знаходження пасажирського поїзда на прикордонній станції

1.1. Практичне заняття № 1.

Технологія роботи пункту з перестановки вагонів

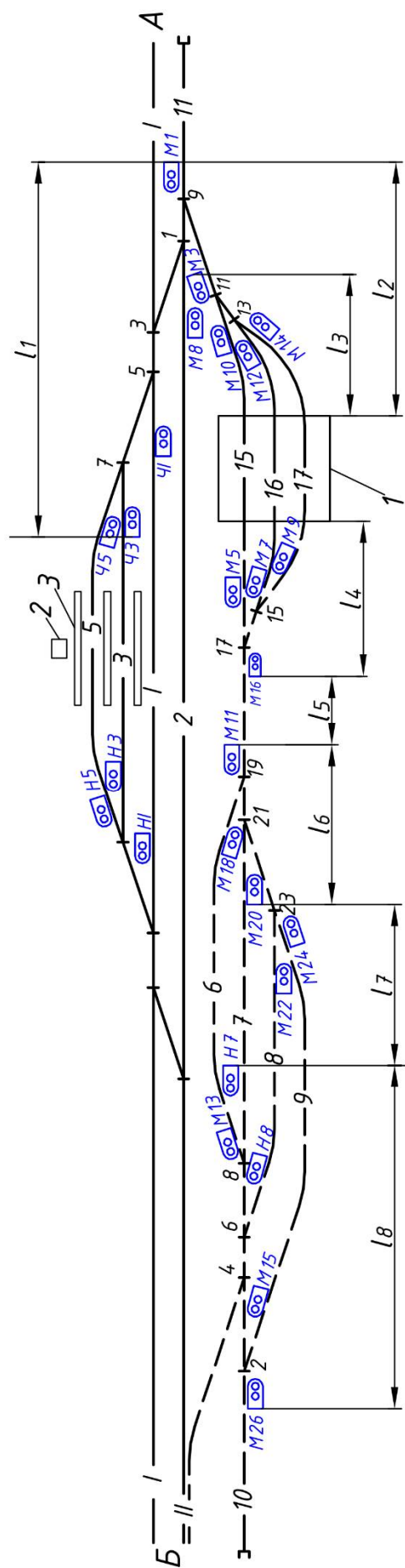
Технологія виконання маневрових операцій з поїздами на ППВ

Пункт перестановки вагонів розташований на прикордонній станції М, схема колійного розвитку пункту перестановки наведена на рис. 1.1 [1].

Пункт перестановки розташований на коліях №№15, 16 та 17, технологія та послідовність виконання маневрових та інших операцій, яка передбачає збереження композиції поїзда [2] (порядку розстановки вагонів в составі) наступна.

Технологія маневрів з поїздами Україна – ЄС

Поїзд з вагонів шириною колії 1520 мм, що слідує з України за кордон, прибуває із А на колію №3. Після прибуття поїзда здійснюється його закріплення гальмовими башмаками з голови составу, відчеплення поїзного локомотива і його прибирання з колії, далі у хвіст составу подається маневровий локомотив (до прибуття поїзда маневровий локомотив знаходиться на колії 11 біля сигналу М1), після чого виконується технічне обслуговування составу (ТО) згідно ПТЕ, Інструкції з технічного обслуговування вагонів в експлуатації ЦВ-0043, Керівництва ЦЛ-0025 та графіку виконання операцій з обслуговування швидких поїздів.



Умовні позначення:

— - залізнична колія 1520 мм

- - - залізнична колія 1435 мм

== - суміщена чотирьохрейкова колія

Рис. 1.1. Схема пункту перестановки вагонів:

1 – пункт перестановки вагонів; 2 – пасажирська будівля; 3 – пасажирські платформи.

По завершенню ТО, паралельно з яким виконується випробування автогалъм у групі вагонів, що переставляється першою на ППВ, здійснюється перестановка цієї групи вагонів на колії ППВ через витяжну колію 11. Кількість вагонів, що переставляється дорівнює ємності колій ППВ, тобто сумі позицій перестановки на всіх коліях ППВ.

Після витягування групи вагонів на колію №11 здійснюється осаджування на одну з колій ППВ, після розстановки на колії вагонів у кількості, що відповідає кількості позицій перестановки, вагони при локомотиві витягуються за сигнал М3 по напрямку витяжної колії №11. Після витягування вагонів за сигнал М3 і приготування маршруту на наступну колію ППВ операції осаджування та розстановки вагонів повторюються.

Після розстановки вагонів на позиціях заміни візків ППВ локомотив повертається на колію №3 за наступною групою вагонів.

Після заміни візків у вагонах першої групи з ходової колії №9 на ППВ подається локомотив колії 1435 мм і здійснює збирання вагонів, а також регулювання важільної передачі та випробування автогалъм. При цьому для збереження композиції поїзда збирання вагонів здійснюється у порядку їх розстановки.

При забиранні з колії ППВ вагонів на візках 1435 мм на дану колію встановлюється наступна група вагонів на візках 1520 мм для їх заміни.

Після збирання першої групи вагонів з усіх колій ППВ маневровий локомотив колії 1435 мм витягує маневровий состав на колію №7, на якій формується та з якої відправляється поїзд, залишаючи вагони на колії з боку сигналу М20. Після закріплення вагонів локомотив відчіпляється і через витяжну колію №10 по ходовій колії №9 подається до сигналу М16 і очікує готовності до забирання з ППВ наступної групи вагонів.

Друга та, за необхідності, кожна наступна група вагонів переставляється на колію №7 шляхом її витягування по ходовій колії №9 на витяжну колію №10 і осаджуванням та причепленням до вагонів, що вже знаходяться на колії №7.

Після завершення процесу заміни візків у вагонах пасажирського поїзда і перестановки вагонів на колію відправлення під состав подається поїзний локомотив колії 1435 мм, який знаходиться на колії №6, після чого здійснюється технічне обслуговування составу та повне випробування автогалъм у відповідності з Інструкцією з експлуатації галъм ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015. За результатами ТО та випробування автогалъм оглядач-ремонтник вагонів складає та вручає машиністу довідку форми ВУ-45. Після прибирання гальмових башмаків і доповіді черговому по станції поїзд готовий до відправлення.

Технологія маневрів з поїздами ЄС – Україна

Поїзди з вагонів на візках шириною колії 1435 мм, що слідують із-за кордону в Україну, прибувають із Б на колію №7, а формуються перед

відправленням після заміни візків на колії №3. Маневровий локомотив колії 1435 мм перед прибуттям поїзда знаходиться на колії №10 біля сигналу М26.

Порядок виконання операцій з поїздом що слідує в Україну із-за кордону наступний.

Першою на ППВ подається група вагонів, що знаходиться в хвості составу. Ця група вагонів у кількості, що відповідає кількості позицій перестановки на ППВ витягується на колію №10 і по ходовій колії №9 осаджується на ППВ.

Розстановка вагонів на ППВ здійснюється аналогічно технології, описаній вище для поїздів Україна – ЄС.

Після заміни візків і збирання вагони локомотивом колії 1520 мм витягується на колію №11 і осаджується на колію №3 і встановлюється на колії з боку сигналу НЗ.

Порядок маневрів з наступними групами вагонів, що подаються на ППВ, аналогічний описаному вище за виключенням того, що заключна група вагонів осаджується на ППВ з колії №7.

Прикордонні операції виконуються паралельно з технічними операціями з вагонами поїзда під час їх знаходження на коліях прибуття та відправлення поїздів.

Нормування маневрових операцій

Порядок виконання маневрів з вагонами на залізничних станціях залежить від значної кількості факторів, основними з яких є:

- порядок виконання маневрів – з включенням автогальм чи ні;
- порядок закріплення вагонів – спеціально виділеними працівниками – сигналістами, чи складачами поїздів локомотивно-складацької бригади;
- кількість вагонів в маневровому составі;
- кількість локомотивів, задіяних на виконанні маневрів;
- наявність рейкових електричних ланцюгів та електричної централізації стрілок та сигналів тощо.

Основні теоретичні відомості щодо організації маневрової роботи на магістральних станціях, нормування тривалості маневрових операцій, розробки технології обслуговування поїздів та вагонів на станціях, а також приклади виконання практичних розрахунків наведені в навчальному посібнику [3]. Цим теоретичним матеріалом, а також матеріалом та прикладом виконання розрахунків, викладених в даних методичних рекомендаціях, слід користуватися при вирішенні відповідних задач курсового та дипломного проектування.

Норми часу на маневрові напіврейси $t_{нр}$ доцільно розраховувати, користуючись програмою «Норми часу на маневрові операції».

Маневрова робота складається безпосередньо з переміщення маневрових составів чи одиночних локомотивів і додаткових операцій, таких як переговори керівника та учасників маневрів, приготування маршруту, закріплення составу гальмовими башмаками та їх прибирання, причеплення та відчеплення локомотива до составу, приєднання та роз'єднання гальмових рукавів,

випробування автогальм у маневрових составах, відпускання автоматичних гальм вагонів, прохід складача поїздів уздовж составу тощо.

В табл. 1.1 наведено перелік додаткових операцій при виконанні маневрів та норми часу на їх виконання.

Таблиця 1.1

Норми часу на виконання додаткових операцій при виконанні маневрів

№ з/п	Найменування операції	Одиниця виміру	Тривалість, хв
1	Розпорядження ДСП локомотиво-складацькій бригаді на виконання маневрової роботи	Операція	0,37*
2	Доповідь складача поїздів про готовність до виконання маневрів чи доповідь про виконання маневру	Операція	0,3
3	Укладання чи прибирання гальмового башмака з урахуванням взяття башмака зі стелажу та вкладанням в стелаж	Башмак	0,35n
4	Точне встановлення вагонів	Операція	1,4
5	Причеплення (відчеплення) локомотива до (від) составу, або відчеплення групи вагонів від составу	Операція	0,2
6	Причеплення групи вагонів з локомотивом до составу	Операція	0,4
7	З'єднання (роз'єднання) гальмових рукавів та відкриття (закриття) кінцевих кранів	Операція	0,2
8	Заповнення магістралі стисненим повітрям та випробування автоматичних гальм у составі з m вагонів	Операція	$3+0,246m^{**}$
9	Прохід складачем відстані	100 м/1 вагон	$1,0/0,246m$
10	Підняття складачем на підніжку вагону та подача команди машиністу локомотива про початок руху	Операція	0,1
11	Сприйняття команди машиністом локомотива і приведення маневрового составу в рух	Операція	0,1

*Прийнято, що в умовах ЕЦ приготування маршруту та відкриття сигналу здійснюється паралельно розпорядженню на виконання маневрової роботи.

**Випробування автоматичних гальм передбачає прохід складача поїздів вздовж вагонів, при цьому довжина пасажирського вагону у розрахунках прийнята $l_{\text{пас}}=24,6$ м.

Деякі операції при здійсненні маневрів на залізничних коліях є типовими та повторюються. До них відносяться наведені нижче операції, що різняться потребою у включенні та випробуванні автоматичних гальм у маневровому составі:

- причеплення локомотива до составу з подальшою перестановкою усіх чи частини вагонів, що знаходяться на колії з включенням та випробування автогальм у вагонах чи без випробування автогальм;
- постановка на вільну колію групи вагонів;
- постановка на зайняту колію групи вагонів з подальшим осаджуванням всієї групи вагонів та переукладанням гальмових башмаків;
- постановка на зайняту колію групи вагонів без подальшого осаджування всієї групи вагонів та переукладання гальмових башмаків.

Розрахунок норм часу на виконання напіврейсу разом з додатковими операціями

При здійсненні напіврейсу одиночного локомотива чи маневрового составу здійснюються однотипні переговори між черговим по станції, складачем поїздів та машиністом маневрового локомотива.

Розрахунок норм часу на виконання напіврейсу від отримання розпорядження на виконання маневрової роботи до зупинки і доповіді про виконання роботи наведений на рис. 1.2.

№ з/п	Найменування операції	Норматив, хв	Тривалість, хв				Виконавець
			1	2	3	4	
1	Розпорядження ДСП на виконання маневрової роботи	0,37					ДСП
2	Подача команди складачем	0,1					Складач
3	Сприйняття команди машиністом і приведення составу в рух	0,1					Машиніст локомотива
4	Маневровий напіврейс	$t_{нр}$					Машиніст локомотива, складач
5	Доповідь про виконання маневрової роботи	0,3					Складач
Загальна тривалість			$0,87 + t_{нр}$				

Рис. 1.2. Розрахунок норм часу на виконання напіврейсу разом з додатковими операціями

Тривалість напіврейсу разом з додатковими операціями розраховується за формулою:

$$t_{нрд} = 0,87 + t_{нр}. \quad (1.1)$$

За формулою (1.1) слід розраховувати тривалості напіврейсів при побудові технологічного графіка операцій з вагонами міжнародного поїзда на пункті перестановки вагонів.

Розрахунок норм часу на причеплення локомотива до складу

Далі розглянуто розрахунок норм часу на причеплення локомотива до складу в різних експлуатаційних умовах до моменту готовності до виконання подальшої маневрової роботи.

Розрахунок норм часу на причеплення локомотива до складу, у якому з'єднані гальмові рукави, із прибиранням з колії частини вагонів за умови закріплення складу з протилежної сторони відносно заїзду локомотива та включенням і скороченим випробуванням автогальм наведений на рис. 1.3.

Графічна ілюстрація розрахунку вказаної операції (див. рис. 1.3) виконана для випадку прибирання з колії 5-ти вагонів.

В загальному вигляді тривалість вказаної операції визначається за формулою:

$$t_{\text{прич1}} = 3,7 + 0,492m_c. \quad (1.2)$$

№ з/п	Найменування операції	Норматив, хв	Тривалість, хв							Виконавець
			1	2	3	4	5	6	7	
1	Причеплення локомотива до складу	0,2	■							Машиніст локомотива, складач
2	Прохід складача вздовж складу	0,246m _c	■	■						Складач
3	Заповнення гальмової магістралі, випробування автогальм	3+0,246m _c		■	■	■	■	■	■	Машиніст локомотива, складач
4	Відчеплення вагонів, що прибираються з колії	0,2							■	Машиніст локомотива, складач
5	Доповідь про виконання роботи	0,3							■	Складач
Загальна тривалість			3,7+0,492m _c							

Рис. 1.3. Графік виконання операцій по причепленню локомотива до складу, у якому з'єднані гальмові рукави, для прибирання частини вагонів при відсутності потреби у прибиранні башмаків та закріпленні складу

У випадку прибирання з колії всієї групи вагонів виконується комплекс операцій, наведених на рис. 1.3 та додатково операція прибирання і укладання гальмових башмаків в стелаж тривалістю 0,35n хв. Тривалість операції з урахуванням прибирання башмаків розраховується за формулою:

$$t_{\text{прич2}} = 3,7 + 0,492m_c + 0,35n \quad (1.3)$$

За формулами (1.2) та (1.3) розраховується тривалість причеплення локомотива до складу пасажирського поїзда при забиранні частини чи всієї групи вагонів з колії.

Розрахунок норм часу на відчеплення локомотива від складу

Далі розглянуто розрахунок норм часу на відчеплення локомотива від складу від моменту зупинки маневрового складу до моменту готовності маневрового локомотива до здійснення інших маневрів.

Розрахунок норм часу на відчеплення локомотива від складу при осаджуванні вагонів на вільну колію наведений на рис. 1.4. Графічна ілюстрація розрахунку вказаної операції виконана для 8-ми вагонів у складі, що осаджується на колію.

Графічна ілюстрація розрахунку вказаної операції (див. рис. 1.4) виконана для випадку постановки на вільну колію 8-ми вагонів. В залежності від місця закріплення вагонів послідовність виконання операцій 1 та 2 може змінюватись між собою.

№ з/п	Найменування операції	Норматив, хв	Тривалість, хв				Виконавець
			1	2	3	4	
1	Прохід складача поїздів до локомотива	$0,246m_c$					Складач
2	Взяття башмаків зі стелажу та закріплення	$0,35n$					Складач
3	Відчеплення локомотива від складу	0,2					Машиніст локомотива, складач
4	Доповідь про виконання маневрової роботи	0,3					Складач
Загальна тривалість			$0,5 + 0,14m_c + 0,35n$				

Рис. 1.4. Розрахунок норм часу на відчеплення локомотива від складу при осаджуванні вагонів на вільну колію

Тривалість операції відчеплення локомотива від складу при осаджуванні вагонів на вільну колію визначається за формулою:

$$t_{\text{відч1}} = 0,5 + 0,246m_c + 0,35n \quad (1.4)$$

При осаджуванні вагонів на зайняту колію і відсутності потреби в подальшому осаджуванні всієї групи вагонів та вкладанні гальмових башмаків виконується той же перелік операцій, що наведений на рис. 1.4 за виключенням операції 2, та додатково виконується операція з'єднання вагонів тривалістю

0,4 хв. Тривалість відчеплення локомотива від составу при осаджуванні вагонів на зайняту колію визнається за формулою:

$$t_{\text{відч2}} = 0,9 + 0,246m_c \quad (1.5)$$

За формулами (1.4) та (1.5) розраховується тривалість відчеплення локомотива від вагонів пасажирського поїзда при забиранні вагонів з ППВ і їх постановці на колію формування.

Розрахунок норм часу на розстановку та збирання вагонів на ППВ

При подаванні вагонів на ППВ, наприклад з витяжної колії 11состав осаджується до ППВ, зупиняється, складач поїздів сходить з підніжки вагону і далі здійснюється розстановка вагонів на позиціях заміни візків.

Тривалість розстановки вагонів на кожній з колій ППВ розраховується за формулою:

$$t_{\text{роз}} = 1,4k_{\text{пер}} \quad (1.6)$$

де $k_{\text{пер}}$ – кількість позицій заміни візків на колії ППВ;

1,4 – норматив часу на точне встановлення вагону на позиції заміни візків.

Тривалість збирання вагонів на колії ППВ розраховується за формулою

$$t_{\text{зб}} = 0,7k_{\text{пер}} \quad (1.7)$$

де 0,7 – норматив часу на збирання вагонів на позиції заміни візків.

Після збирання групи вагонів на останній колії ППВ здійснюється випробування автогальм в составі і перестановка вагонів, у яких замінені візки на колію формування составу.

Швидкості руху при маневрах

Швидкість при виконанні маневрів приймається згідно вимог нормативних документів – Правил технічної експлуатації (п. 15.16) та Інструкції з руху поїздів та маневрової роботи (п. 16.5) 15 км/год.

1.2. Практичні заняття № 2, 3.

Побудова технологічних карт маневрової роботи

Приклад рішення задачі №1 проілюстровано для поїздів обох напрямків та наступних вихідних даних:

– кількість вагонів в составі поїзда – 19;

– тривалість технічного обслуговування составу по прибуттю $t_{\text{то}}^{\text{приб}} = 15$ хв;

– тривалість технічного обслуговування составу по відправленню $t_{\text{то}}^{\text{відпр}} = 20 \text{ хв}$;

– кількість колій на ППВ $m_{\text{ппв}}=3$;

– кількість позицій перестановки на кожній з колій ППВ $k_{\text{пер}}=4$;

– довжини елементів колійного розвитку (див. рис. 1.1): $l_1=250 \text{ м}$; $l_2=320 \text{ м}$; $l_3=150 \text{ м}$; $l_4=210 \text{ м}$; $l_5=90 \text{ м}$; $l_6=150 \text{ м}$; $l_7=600 \text{ м}$; $l_8=210 \text{ м}$;

– тривалість заміни візків на колії ППВ не залежить від кількості позицій перестановки і кількості вагонів, встановлених на колію ППВ і становить $t_{\text{зв}}=25 \text{ хв}$.

Для спрощення виконання розрахунків та побудови графіка прийнято:

– операція розстановки вагонів на позиціях ППВ починається після осаджування вагонів до ППВ;

– після розстановки вагонів на позиціях перестановки ППВ локомотив з вагонами чи одиночний локомотив знаходяться за межами ППВ;

– після збирання вагонів на позиціях ППВ зібрані вагони знаходяться на пункті перестановки, а локомотив (локомотив з раніше зібраними вагонами на інших коліях ППВ) за межами пункту перестановки, це потрібно враховувати при визначення напіврейсу витягування вагонів, збільшуючи довжину напіврейсу на довжину зібраних на колії вагонів.

Далі наведено приклад складання технологічних карт маневрових пересувань. Кожна карта повинна відображати певну закінчену послідовність операцій технологічного процесу.

Довжини напіврейсів при складанні технологічної карти заокруглюються до цілих значень. Загальну тривалість операцій технологічної карти доцільно заокруглити до цілих значень при побудові графіка.

Технологія виконання маневрових операцій з поїздом Україна – ЄС. Розстановка вагонів на ППВ локомотивом 1520 мм.

Далі для прикладу у табл. 1.2 наведено технологічну карту розстановки першої (хвостової по відношенню до напрямку руху поїзда) групи вагонів пасажирського поїзда сполученням Україна – ЄС на коліях пункту перестановки вагонів та пояснення до табл. 1.2. В графі «Примітка» вказана формула, за якою визначена тривалість операції.

При розрахунку напіврейсу №1 прийнято, що хвостовий вагон поїзда знаходиться на відстані 50 м від сигналу ЧЗ, тому довжина напіврейсу становить $l_1+50=300 \text{ м}$. Тривалість напіврейсу разом з додатковими операціями розраховується за формулою 1.1.

Тривалість операції №2 причеплення локомотива до составу розрахована за формулою (1.2) за умови, що переставляється група з $n_1 = m_{\text{ппв}} \cdot k_{\text{пер}} = 12$ ваг.

Паралельно з операцією №2 виконується операція №3 тому при розрахунку загальної тривалості операцій технологічної карти №1 врахована тривалість операції №3.

Таблиця 1.2

Технологічна карта №1 розстановки першої групи вагонів пасажирського поїзда Україна – ЄС на ППВ локомотивом колії 1520 мм

№ з/п	Найменування операції	Довжина напіврейсу, м	Кількість вагонів	Тривалість операції, хв	Примітка
1	Напіврейс заїзду локомотива з колії №11 на колію №3	$l_1+50=300$ м	0	2,37	(1.1)
2	Причеплення локомотива до составу та випробування автогальм	—	12	9,60	(1.2)
3	Технічне обслуговування поїзда по прибуттю	—	20	15,0	
4	Напіврейс витягування вагонів з колії №3 на колію №11	595	12	3,70	(1.1)
5	Напіврейс осаджування вагонів з колії №11 на колію №15 до ППВ	$l_2=320$ м	12	2,60	(1.1)
6	Розстановка 4-х вагонів на колії №15 ППВ	—	4	5,60	(1.6)
7	Напіврейс витягування вагонів з колії №15 від ППВ за сигнал М3	$l_3=150$ м	8	1,88	(1.1)
8	Напіврейс осаджування вагонів від сигналу М3 на колію №16 до ППВ	$l_3=150$ м	8	1,88	(1.1)
9	Розстановка 4-х вагонів на колії №16 ППВ	—	4	5,60	(1.6)
10	Напіврейс витягування вагонів з колії №16 від ППВ за сигнал М3	$l_3=150$ м	4	1,82	(1.1)
11	Напіврейс осаджування вагонів від сигналу М3 на колію №17 до ППВ	$l_3=150$ м	4	1,82	(1.1)
12	Розстановка 4-х вагонів на колії №17 ППВ	—	4	5,60	(1.6)
13	Напіврейс виїзду локомотива з колії №17 від ППВ на колію №11	$l_2=320$ м	0	2,45	(1.1)
Всього				50,32	

Розрахунок тривалості операцій за технологічною картою №1 починається з положення маневрового локомотива на колії №11 біля сигналу М1 і завершується на тому ж положенні маневрового локомотива.

Загальна тривалість операцій з розстановки першої групи вагонів на ППВ локомотивом колії 1520 мм становить $t_{\text{TK1}}=50,32$ хв.

Послідовність операцій розстановки на коліях ППВ наступної групи вагонів аналогічна послідовності операцій, наведених в технологічній карті №1 за деякими відмінностями, найбільш суттєвими є наступні:

– довжина напіврейсу заїзду маневрового локомотива з колії №11 на колію №3 (операція №1) більша ніж в технологічній карті №1 на довжину вагонів, що переставлені на ППВ, тобто на $n_1 \cdot l_{\text{пас}} = 12 \cdot 24,6 = 295,2$ м; те ж стосується довжини напіврейсу витягування наступної групи вагонів на колію №11;

– тривалість причеплення локомотива до складу та випробування автогальм (операція №2) залежить від кількості вагонів, що залишились на колії – 7 і повинна визначатись за формулою (1.3), яка враховує тривалість прибирання башмаків.

Слід також уважно визначати довжини напіврейсів та їх тривалість, що аналогічні напіврейсам технологічної карти №1 через зміну кількості вагонів у напіврейсах. В табл. 1.3 у якості прикладу наведено технологічну карту №2 розстановки заключної групи вагонів поїзда Україна – ЄС на коліях ППВ.

Таблиця 1.3

Технологічна карта №2 розстановки заключної групи вагонів пасажирського поїзда Україна – ЄС на ППВ локомотивом колії 1520 мм

№ з/п	Найменування операції	Довжина напіврейсу, м	Кількість вагонів	Тривалість операції, хв	Примітка
1	2	3	4	5	6
1	Напіврейс заїзду локомотива з колії №11 на колію №3	595	0	3,55	(1.1)
2	Причеплення локомотива до складу та випробування автогальм	–	7	7,84	(1.3)
3	Напіврейс витягування вагонів з колії №3 на колію №11	767	7	4,33	(1.1)
5	Напіврейс осаджування вагонів з колії №11 на колію №15 до ППВ	320	7	2,54	(1.1)
6	Розстановка 4-х вагонів на колії №15 ППВ	–	4	5,60	(1.6)
7	Напіврейс витягування вагонів з колії №15 від ППВ за сигнал М3	150	3	1,81	(1.1)
8	Напіврейс осаджування вагонів від сигналу М3 на колію №16 до ППВ	150	3	1,81	(1.1)
9	Розстановка 3-х вагонів на колії №16 ППВ	–	3	4,20	(1.6)

Закінчення таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6
10	Напіврейс виїзду локомотива з колії №16 від ППВ на колію №11	$l_2=320$ м	0	2,45	(1.1)
Всього				34,13	

Загальна тривалість операцій з розстановки заключної групи вагонів на ППВ локомотивом колії 1520 мм становить $t_{\text{тк2}}=34,13$ хв.

Збирання вагонів на ППВ локомотивом 1435 мм

Технологічна карта збирання вагонів першої групи локомотивом колії 1435 мм після їх перестановки на візки колії 1435 мм наведена у табл. 1.4. Прийнято, що маневровий локомотив очікує завершення операцій з перестановки біля сигналу М16.

Таблиця 1.4

Технологічна карта №3 збирання першої групи вагонів пасажирського поїзда Україна – ЄС на ППВ локомотивом колії 1435 мм

№ з/п	Найменування операції	Довжина напіврейсу, м	Кількість вагонів	Тривалість операції, хв	Примітка
1	2	3	4	5	6
1	Напіврейс заїзду локомотива від сигналу М16 на колію №15	$l_4=210$ м	0	2,02	(1.1)
2	Збирання 4-х вагонів на колії №15	—	4	2,80	(1.7)
3	Напіврейс витягування вагонів з колії №15 за сигнал М16	$l_4+4l_{\text{пас}}=308$ м	4	2,46	(1.1)
4	Напіврейс осаджування вагонів від сигналу М16 на колію №16 до ППВ	$l_4=210$ м	4	2,06	(1.1)
5	Збирання 4-х вагонів на колії №16	—	4	2,80	(1.7)
6	Напіврейс витягування вагонів з колії №16 за сигнал М16	308	8	2,51	(1.1)
7	Напіврейс осаджування вагонів від сигналу М16 на колію №17 до ППВ	$l_4=210$ м	8	2,12	(1.1)
8	Збирання 4-х вагонів на колії №17	—	4	2,80	(1.7)
9	Випробування гальм та регулювання важільних передач вагонів	—	12	6,00	$3+0,246m$

Закінчення таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6
10	Напіврейс витягування вагонів з колії №17 на колію №7	$4l_{\text{пас}} + l_4 + l_5 + l_6 + 30 = 578 \text{ м}$	12	3,64	(1.1)
11	Відчеплення локомотива від составу на колії №7	—	12	4,15	(1.4)
12	Напіврейс руху локомотива з колії №7 на колію №10 за сигнал М26	485	0	3,12	(1.1)
13	Напіврейс руху локомотива від сигналу М26 з колії №10 по колії №9 до сигналу М16	$l_8 + l_7 + l_6 + l_5 = 1050 \text{ м}$	0	5,37	(1.1)
Всього				41,85	

При розрахунку напіврейсу №3 приймаємо, що зібрані на колії вагони знаходяться на території ППВ, а маневровий локомотив – за межами ППВ, тому при визначенні довжини напіврейсу до довжини l_4 потрібно додати довжину вагонів, що знаходяться на території ППВ, у даному випадку 4-х вагонів. Те ж стосується інших напіврейсів витягування вагонів після збирання вагонів на коліях ППВ.

При визначенні довжини напіврейсу №10 враховано, що 4 вагони знаходяться на території ППВ, після витягування на колію №7 вагони встановлюються з боку сигналу М20 та прийнято, що останній вагон знаходиться на відстані 30 м від сигналу М20.

12 вагонів на колії №7 після відчеплення локомотива від составу знаходяться від сигналу Н7 на відстані $l_7 - 30 - 12l_{\text{пас}} = 600 - 30 - 12 \cdot 24,6 = 274,8 \text{ м}$, де 30 м – відстань від вагонів до сигналу М20, тобто довжина напіврейсу виїзду локомотива з колії №7 на колію №10 становить $l_{\text{нр}12} = 274,8 + l_8 = 274,8 + 210 = 485 \text{ м}$.

Загальна тривалість операцій зі збирання першої групи вагонів на ППВ локомотивом колії 1435 мм становить $t_{\text{тк}3} = 41,85 \text{ хв}$.

Послідовність збирання з колій ППВ наступних груп вагонів аналогічна наведених в технологічній карті №3 за виключенням того, що кожна наступна група переставляється на колію №7 шляхом їх витягування по колії №9 на витяжну колію №10 з подальшим осаджуванням на колію №7.

В табл. 1.5 у якості прикладу наведено технологічну карту №4 збирання на коліях ППВ та перестановки заключної групи вагонів поїзда Україна – ЄС на колію №7.

Таблиця 1.5

Технологічна карта №4 збирання заключної групи вагонів пасажирського поїзда Україна – ЄС на ППВ локомотивом колії 1435 мм

№ з/п	Найменування операції	Довжина напіврейсу, м	Кількість вагонів	Тривалість операції, хв	Примітка
1	Напіврейс заїзду локомотива від сигналу М16 на колію №15	210	0	2,02	(1.1)
2	Збирання 4-х вагонів на колії №15	—	4	2,80	(1.7)
3	Напіврейс витягування вагонів з колії №15 за сигнал М16	308	4	2,46	(1.1)
4	Напіврейс осаджування вагонів від сигналу М16 на колію №16 до ППВ	210	4	2,06	(1.1)
5	Збирання 3-х вагонів на колії №16	—	3	2,10	(1.7)
6	Випробування автогальм та регулювання важільних передач вагонів	—	7	4,72	3+0,246m
7	Напіврейс витягування вагонів з колії №16 по колії №9 на колію №10 за сигнал М26	$4l_{\text{пас}} + l_4 + l_5 + l_6 + l_7 + l_8 = 1358 \text{ м}$	7	6,69	(1.1)
8	Напіврейс осаджування вагонів від сигналу М26 на колію №7 до вагонів	485	7	3,20	(1.1)
9	Відчеплення локомотива від составу на колії №7	—	7	2,62	(1.5)
10	Напіврейс руху локомотива з колії №7 на колію №10 за сигнал М26	313	0	2,43	(1.1)
11	Напіврейс руху локомотива від сигналу М26 з колії №10 на колію №6	210	0	2,02	(1.1)
12	Напіврейс заїзду поїзного локомотива від сигналу М26 з колії №10 на колію №7	313	0	2,43	(1.1)
13	Причеплення поїзного локомотива колії 1435 мм до составу	—	19	3,00	(1.2)
14	Технічне обслуговування по відправленню, випробування автогальм, прибирання башмаків	—	20	20,0	
Всього				58,55	

Довжина напіврейсу №8 розрахована аналогічно довжині напіврейсу №12 технологічної карти №3.

В розрахунках прийнято, що поїзний локомотив колії 1435 мм в очікуванні виїзду маневрового локомотива знаходиться на колії №6. Під час причеплення заключної групи вагонів на колії №7 поїзний локомотив з колії №6 переставляється на колію №7, а маневровий локомотив після відчеплення на колії №7 переставляється на колію №6, довжина напіврейсу руху з колії №10 на колію №6 прийнята рівною $l_8=210$ м.

Тривалість операції №13 умовно прийнята рівною 3,0 хв.

Під час технічного обслуговування по відправленню (операція №14) виконується випробування автогальм та прибирання гальмових башмаків.

Загальна тривалість операцій зі збирання заключної групи вагонів на ППВ локомотивом колії 1435 мм становить $t_{\text{ткз}}=58,55$ хв.

Технологія виконання маневрових операцій з поїздом ЄС – Україна. Розстановка вагонів на ППВ локомотивом 1435 мм

Для прикладу у табл. 1.6 наведено технологічну карту розстановки першої (хвостової по відношенню до напрямку руху поїзда) групи вагонів пасажирського поїзда сполученням ЄС – Україна на коліях пункту перестановки вагонів. В графі «Примітка» вказана формула, за якою визначена тривалість операції.

При розрахунку напіврейсу №1 прийнято, що хвостовий вагон поїзда знаходиться на відстані 50 м від сигналу Н7, тому довжина напіврейсу становить 260 м. Тривалість напіврейсу разом з додатковими операціями розраховується за формулою (1.1).

Таблиця 1.6

Технологічна карта №5 розстановки першої групи вагонів пасажирського поїзда ЄС – Україна на ППВ локомотивом колії 1435 мм

№ з/п	Найменування операції	Довжина напіврейсу, м	Кількість вагонів	Тривалість операції, хв	Примітка
1	2	3	4	5	6
1	Напіврейс заїзду локомотива з колії №10 на колію №7	$l_8+50=260$ м	0	2,22	(1.1)
2	Причеплення локомотива до складу та випробування автогальм	—	12	9,60	(1.2)
3	Технічне обслуговування по прибуттю	—	20	15,0	

Закінчення таблиці 1.6

1	2	3	4	5	6
4	Напіврейс витягування вагонів з колії №7 на колію №10	555	12	3,55	(1.1)
5	Напіврейс осаджування вагонів з колії №10 по колії №9 на колію №15 до ППВ	$l_8+l_7+l_6+l_5+l_4=1260$ м	12	6,37	(1.1)
6	Розстановка 4-х вагонів на колії №15 ППВ	-	4	5,60	(1.6)
7	Напіврейс витягування вагонів з колії №15 від ППВ за сигнал М16	$l_4=210$ м	8	2,13	(1.1)
8	Напіврейс осаджування вагонів від сигналу М16 на колію №16 до ППВ	$l_4=210$ м	8	2,13	(1.1)
9	Розстановка 4-х вагонів на колії №16 ППВ	—	4	5,60	(1.6)
10	Напіврейс витягування вагонів з колії №16 від ППВ за сигнал М16	$l_4=210$ м	4	2,13	(1.1)
11	Напіврейс осаджування вагонів від сигналу М16 на колію №17 до ППВ	$l_4=210$ м	4	2,13	(1.1)
12	Розстановка 4-х вагонів на колії №17 ППВ	—	4	5,60	(1.6)
13	Напіврейс виїзду локомотива з колії №17 від ППВ по колії №9 на колію №10	1260	0	6,22	(1.1)
Всього				58,68	

Тривалість операції №2 причеплення локомотива до составу розрахована за формулою (1.2) за умови, що переставляється група з $n_1 = m_{\text{ппв}} \cdot k_{\text{пер}} = 12$ ваг.

Паралельно з операцією №2 виконується операція №3 тому при розрахунку загальної тривалості операцій технологічної карти №5 врахована тривалість операції №3.

Розрахунок тривалості операцій за технологічною картою №5 починається з положення маневрового локомотива на колії №10 біля сигналу М26 і завершується на тому ж положенні маневрового локомотива.

Загальна тривалість операцій з розстановки першої групи вагонів на ППВ локомотивом колії 1435 мм становить $t_{\text{тк5}} = 58,68$ хв.

Послідовність операцій розстановки на коліях ППВ наступної групи вагонів аналогічна наведеній в технологічній карті №5 за деякими відмінностями, найбільш суттєвими є наступні:

– довжина напіврейсу заїзду маневрового локомотива з колії №10 на колію №3 (операція 1) більша ніж в технологічній карті №1 на довжину вагонів, що переставлені на ППВ, тобто на $n_1 \cdot l_{\text{пас}} = 12 \cdot 24,6 = 295,2$ м; перестановка вагонів на ППВ здійснюється не шляхом витягування вагонів на колію №10 з подальшим осаджуванням по колії №9, а осаджуванням на колію №15 ППВ;

– тривалість причеплення локомотива до составу та випробування автогалм (операція 2) залежить від кількості вагонів, що залишились на колії – 7 і повинна визначатись за формулою (1.3), яка враховує прибирання башмаків.

Слід також уважно визначати довжини напіврейсів, які впливають на їх тривалість та тривалість інших операцій, що залежать від кількості вагонів у составі. В табл. 1.7 у якості прикладу наведено технологічну карту №6 розстановки заключної групи вагонів поїзда ЄС – Україна на коліях ППВ.

Таблиця 1.7

Технологічна карта №6 розстановки заключної групи вагонів пасажирського поїзда ЄС – Україна на ППВ локомотивом колії 1435 мм

№ з/п	Найменування операції	Довжина напіврейсу, м	Кількість вагонів	Тривалість операції, хв	Примітка
1	Напіврейс заїзду локомотива з колії №10 на колію №7	555	0	3,40	(1.1)
2	Причеплення локомотива до составу та випробування автогалм	–	7	7,84	(1.2)
3	Напіврейс осаджування вагонів з колії №7 на колію №15 до ППВ	533	7	3,39	(1.1)
4	Розстановка 4-х вагонів на колії №15 ППВ	–	4	5,60	(1.6)
5	Напіврейс витягування вагонів з колії №15 від ППВ за сигнал М16	$l_4 = 210$ м	3	2,05	(1.1)
6	Напіврейс осаджування вагонів від сигналу М16 на колію №16 до ППВ	$l_4 = 210$ м	3	2,05	(1.1)
7	Розстановка 3-х вагонів на колії №16 ППВ	–	3	4,20	(1.6)
8	Напіврейс виїзду локомотива з колії №16 від ППВ по колії №9 на колію №10	1260	0	6,22	(1.1)
Всього				34,75	

Довжина напіврейсу осаджування вагонів з колії №7 на колію №15 до ППВ (операція №3) розраховується виходячи з того, що хвостовий вагон поїзда розташований на відстані 50 м від сигналу Н7. Довжина поїзда з 19 вагонів становить $L_{\text{п}}=19l_{\text{пас}}=19\cdot24,6=467,4$ м, а довжина колії №7 між сигналами Н7 та М20 – $l_7=600$ м. Таким чином головний вагон знаходиться від сигналу М20 на відстані $l_7 - 50 - L_{\text{п}}=600 - 50 - 467,4 = 82,6$ м, а довжина напіврейсу осаджування 7 вагонів заключної групи з колії №7 на колію №15 до ППВ – $l_4+l_5+l_6+82,6=532,6$ м.

Загальна тривалість операцій з розстановки заключної групи вагонів на ППВ локомотивом колії 1435 мм становить $t_{\text{ткб}}=34,75$ хв.

Збирання вагонів на ППВ локомотивом 1520 мм

Технологічна карта збирання вагонів першої групи локомотивом колії 1520 мм після їх перестановки на візки колії 1520 мм наведена у табл. 1.8. Прийнято, що маневровий локомотив очікує завершення операцій з перестановки біля сигналу М3.

Таблиця 1.8

Технологічна карта №7 збирання першої групи вагонів пасажирського поїзда ЄС – Україна на ППВ локомотивом колії 1520 мм

№ з/п	Найменування операції	Довжина напіврейсу, м	Кількість вагонів	Тривалість операції, хв	Примітка
1	2	3	4	5	6
1	Напіврейс заїзду локомотива від сигналу М3 на колію №15	$l_3=150$ м	0	1,78	(1.1)
2	Збирання 4-х вагонів на колії №15	–	4	2,80	(1.7)
3	Напіврейс витягування вагонів з колії №15 за сигнал М3	$l_3+4l_{\text{пас}}=248$ м	4	2,22	(1.1)
4	Напіврейс осаджування вагонів від сигналу М3 на колію №16 до ППВ	$l_3=150$ м	4	1,83	(1.1)
5	Збирання 4-х вагонів на колії №16	–	4	2,80	(1.7)
6	Напіврейс витягування вагонів з колії №16 за сигнал М3	248	8	2,27	(1.1)
7	Напіврейс осаджування вагонів від сигналу М3 на колію №17 до ППВ	150	8	1,88	(1.1)
8	Збирання 4-х вагонів на колії №17	–	4	2,80	(1.7)

Закінчення таблиці 1.8

1	2	3	4	5	6
9	Випробування гальм та регулювання важільних передач вагонів	—	12	6,00	3+0,246m
10	Напіврейс витягування вагонів з колії №17 на колію №11	$4l_{\text{пас}}+l_2=418 \text{ м}$	12	3,00	(1.1)
11	Напіврейс осаджування вагонів з колії №11 від сигналу М1 на колію №3	767	12	4,39	(1.1)
12	Відчеплення локомотива від составу на колії №3	—	12	4,15	(1.4)
13	Напіврейс руху локомотива з колії №3 на колію №11 за сигнал М1	472	0	3,06	(1.1)
14	Напіврейс руху локомотива від сигналу М1 з колії №11 до сигналу М3	$l_2 - l_3 = 70 \text{ м}$	0	1,45	(1.1)
Всього				40,43	

При розрахунку напіврейсу №3 приймаємо, що зібрані на колії вагони знаходяться на території ППВ, а маневровий локомотив – за межами ППВ, тому при визначенні довжини напіврейсу до довжини l_3 потрібно додати довжину вагонів, що знаходяться на території ППВ, у даному випадку 4-х вагонів. Те ж стосується інших напіврейсів витягування вагонів після збирання вагонів на коліях ППВ.

При визначенні довжини напіврейсу №10 враховано, що 4 вагони знаходяться на території ППВ.

Після осаджування вагонів з колії №11 від сигналу М1 на колію №3 (операція №11) вагони встановлюються з боку сигналу НЗ таким чином, щоб на колію помістилися ще 7 вагонів та маневровий локомотив під час постановки заключної групи вагонів. При розрахунку напіврейсу прийнято, що головний вагон за сигналом ЧЗ проходить відстань $19l_{\text{пас}}+50$, тобто довжина напіврейсу №11 становить $l_1+19l_{\text{пас}}+50 = 250+19\cdot24,6+50 = 767,4 \text{ м}$.

Напіврейс №13 виїзду локомотива на колію №11 за сигнал М1 менший ніж напіврейс №11 на довжину 12-ти вагонів, тобто $l_{\text{нр13}}=767,4 - 12l_{\text{пас}} = 472,2 \text{ м}$.

Загальна тривалість операцій зі збирання першої групи вагонів на ППВ локомотивом колії 1520 мм становить $t_{\text{тк7}}=40,43 \text{ хв}$.

Послідовність збирання з колій ППВ наступних груп вагонів аналогічна наведених в технологічній карті №7.

В табл. 1.9 у якості прикладу наведено технологічну карту №8 збирання на коліях ППВ та перестановки заключної групи вагонів поїзда ЄС – Україна на колію №7 локомотивом колії 1520 мм.

Таблица 1.9

Технологічна карта №8 збирання заключної групи вагонів пасажирського поїзда ЄС – Україна на ППВ локомотивом колії 1520 мм

№ з/п	Найменування операції	Довжина напіврейсу, м	Кількість вагонів	Тривалість операції, хв	Примітка
1	Напіврейс заїзду локомотива від сигналу М3 на колію №15	150	0	1,78	(1.1)
2	Збирання 4-х вагонів на колії №15	-	4	2,80	(1.7)
3	Напіврейс витягування вагонів з колії №15 за сигнал М3	248	4	2,22	(1.1)
4	Напіврейс осаджування вагонів від сигналу М3 на колію №16 до ППВ	150	4	1,83	(1.1)
5	Збирання 3-х вагонів на колії №16	-	3	2,10	(1.7)
6	Напіврейс витягування вагонів з колії №17 на колію №11	394	7	2,84	(1.1)
7	Напіврейс осаджування вагонів з колії №11 від сигналу М1 на колію №3	472	7	3,15	(1.1)
8	Відчеплення локомотива від составу на колії №3	-	7	2,62	(1.5)
9	Технічне обслуговування по відправленню, випробування автогальм, прибирання башмаків	-	20	20,00	
Всього				39,34	

Так як маневри з постановки заключної групи вагонів на колію №3 з причепленням її до першої переставленої групи вагонів та причеплення поїзного локомотива до составу відбуваються у різних горловинах, то прийнято, що поїзний локомотив причіплюється до составу в довільний момент часу у проміжок між постановками на колію першої та заключної груп вагонів.

Загальна тривалість операцій зі збирання заключної групи вагонів на ППВ локомотивом колії 1520 мм становить $t_{\text{тк7}}=39,34$ хв.

1.3. Практичне заняття № 4.

Побудова графіка перестановки вагонів пасажирського поїзда

Графік перестановки вагонів пасажирського поїзда будується на сітці графіка, наведеної у додатках до даних методичних рекомендацій, або з використанням графічного редактора AutoCAD.

Шляхом побудови графіка перестановки вагонів, що є графоаналітичною моделлю процесу перестановки вагонів, визначається загальна тривалість знаходження пасажирського поїзда на прикордонній станції. Встановити цю тривалість аналітичним шляхом досить складно, так як в процесі перестановки вагонів виникають простої в очікуванні виконання операцій, тобто звільнення виконавців, якими являються колії ППВ та маневрові локомотиви.

Структура сітки графіка та умовні позначення

Фрагмент графіка перестановки вагонів пасажирського поїзда наведений на рис. 1.5.

На графіку відображені елементи колійного розвитку (див. рис. 1.1), пункт перестановки вагонів та маневрові локомотиви колій 1520 та 1435 мм, що задіяні в процесі перестановки вагонів пасажирського поїзда:

- приймально-відправна колія №3 1520 мм;
- витяжна колія №11 1520 мм;
- колії пункту перестановки вагонів №15, №16 та №17, що мають ширину 1510 мм з контррейками для утримання на колії рухомого складу на візках шириною 1435 мм;
- приймально-відправна колія №7 1435 мм;
- ходова колія №9 1435 мм;
- витяжна колія №10 1435 мм;
- маневрові локомотиви колій 1435 та 1520 мм.

Результатом побудови графіка перестановки вагонів пасажирського поїзда є визначення тривалості знаходження поїзда на прикордонній станції. Технічні операції з вагонами поїзда є найбільш пріоритетними і виконуються без затримок, що можуть бути викликані іншими маневровими та поїзними пересуваннями. У цьому зв'язку і в умовах навчального процесу на графіку не показані стрілочні зони на маршрутах виконання маневрових операцій.

При побудові таких графіків в реальних умовах відображення стрілочних зони безумовно є необхідним для розрахунку їх завантаження та з метою оцінки впливу одних станційних процесів на інші.

В процесі побудови графіка (див. рис. 1.5) прийнято, що значки усіх маневрових операцій, які виконуються локомотивом колії 1520 мм мають синій колір, а значки маневрових операцій, що виконуються локомотивом 1345 мм – червоний. Перестановка вагонів поїздів Україна – ЄС показані синім кольором, вагонів поїздів ЄС – Україна – червоним. Значки причеплення та

відчеплення поїзних локомотивів показані чорним кольором. Таке сполучення кольорів є необов'язковим, але під час аналізу графіка обрані кольори повинні мати чітку візуальну різницю.

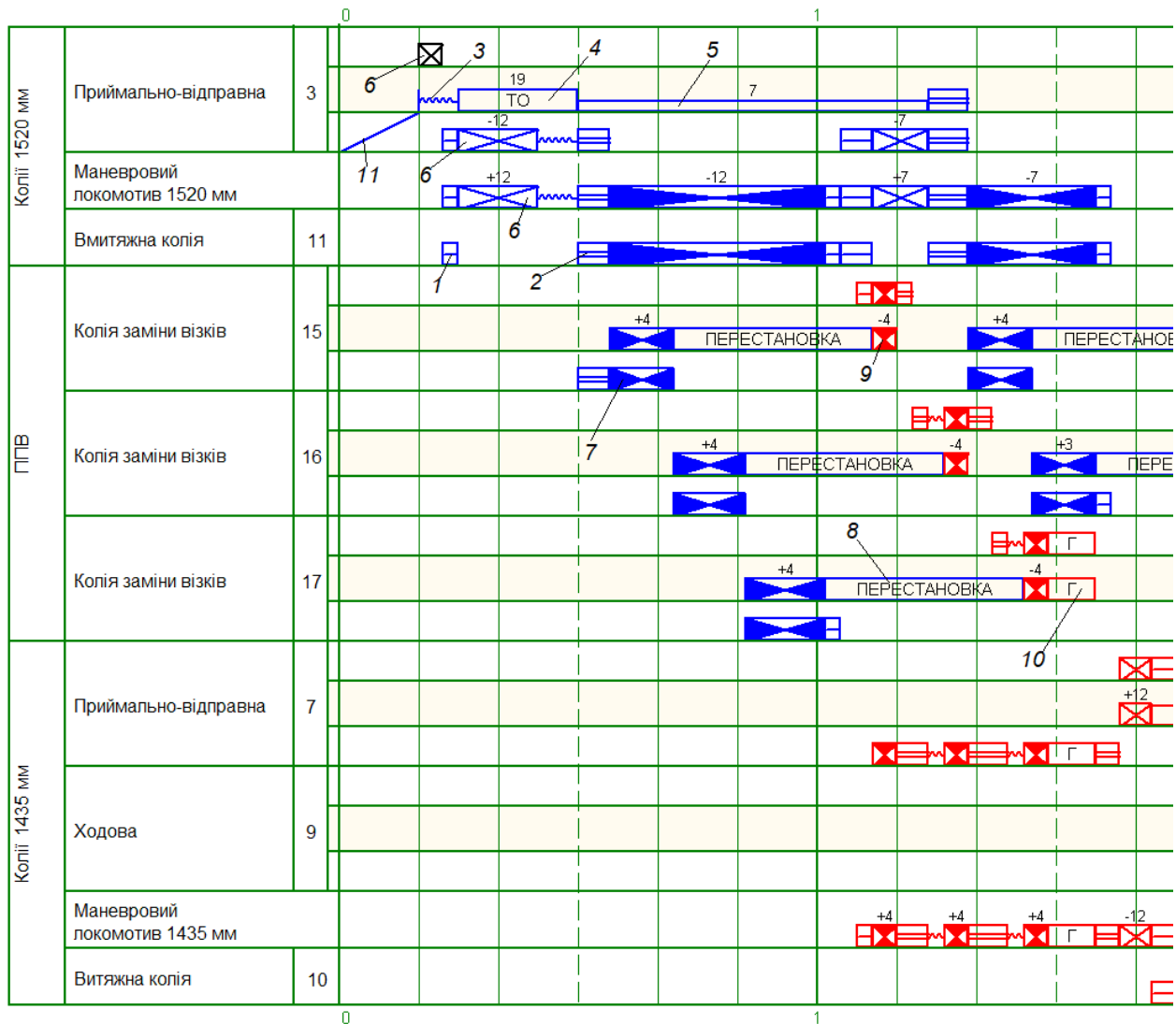


Рис. 1.5. Фрагмент графіка перестановки вагонів пасажирського поїзда та умовні позначення

При побудові графіка (див. рис. 1.5) використовуються наступні умовні позначення:

- 1 – рух одиночного маневрового локомотива;
- 2 – рух локомотива з вагонами;
- 3 – очікування виконання операцій;
- 4 – виконання технічного обслуговування вагонів по прибуттю та відправленню. Над прямокутником вказується кількість вагонів в складі поїзда;
- 5 – простий вагонів на колії. Над прямокутником вказується кількість вагонів, а висота прямокутника при зміні на колії кількості вагонів повинна відповідно зменшуватись чи збільшуватись;

6 – причеплення та відчеплення локомотивів до составів. Над значком в рядку локомотива зі знаком «+» вказується кількість вагонів до яких причіпляється локомотив, зі знаком «-» кількість вагонів, від яких відчіпляється локомотив. Та ж інформація вказується на рядках колій з протилежними відносно рядків локомотива знаками;

7 – розстановка вагонів на ППВ з вказанням кількості вагонів, що розставляються;

8 – операція перестановки вагонів на одній з колій ППВ;

9 – збирання вагонів на ППВ з вказанням кількості вагонів, що збираються;

10 – випробування автогальм в составі;

11 – «нитка» графіка прибуття та відправлення поїздів.

Приймально-відправні колії, ходова колія та колії ППВ розділені на три рядки, на яких відображається інформація про маневрові операції, технічні операції з вагонами, тощо. Порядок відображення графічної інформації в даних трьох рядках наступний.

У верхньому рядку зображуються значки маневрових операцій, що виконуються у правій частині колії, у нижній значки операцій, що виконуються в лівій частині колії – заїзд на колію, виїзд з колії, розстановка збирання вагонів, відчеплення та причеплення локомотивів.

В середньому рядку вказуються операції, що виконуються з вагонами, відповідним значком вказується кількість вагонів, що стоять на колії.

Порядок побудови графіка перестановки вагонів поїзда

На рис. 1.6 наведено графік перестановки вагонів пасажирського поїзда сполученням Україна – ЄС, на рис. 1.7 – графік перестановки вагонів пасажирського поїзда сполученням ЄС – Україна.

Для контролю правильності побудови графіка необхідно фіксувати у чернетці тривалість послідовних операцій накопиченим підсумком.

Далі наведені пояснення по графіку перестановки вагонів пасажирського поїзда сполученням Україна – ЄС, що наведений на рис. 1.6.

Момент прибуття поїзда умовно прийнято 0¹⁰ хв. Після цього зображується значок відчеплення поїзного локомотива у верхньому рядку колії №3, так як це виконується у лівій частині колії. Відображення подальших пересувань поїзного локомотива далі не показані через відсутність у цьому потреби.

Технічне обслуговування по прибуттю (відповідний значок у середньому рядку колії №3) виконується після заїзду маневрового локомотива з колії №11. Значок заїзду показаний у нижньому рядку колії №3 та продубльовано в рядках маневрового локомотива колії 1520 мм, стрілочних переводів та витяжної колії №11.

Значок причеплення локомотива до составу з урахуванням випробування автогальм дублюється в рядку маневрового локомотива та у нижньому рядку колії №3 з відповідними позначеннями кількості вагонів «+12» та «-12».

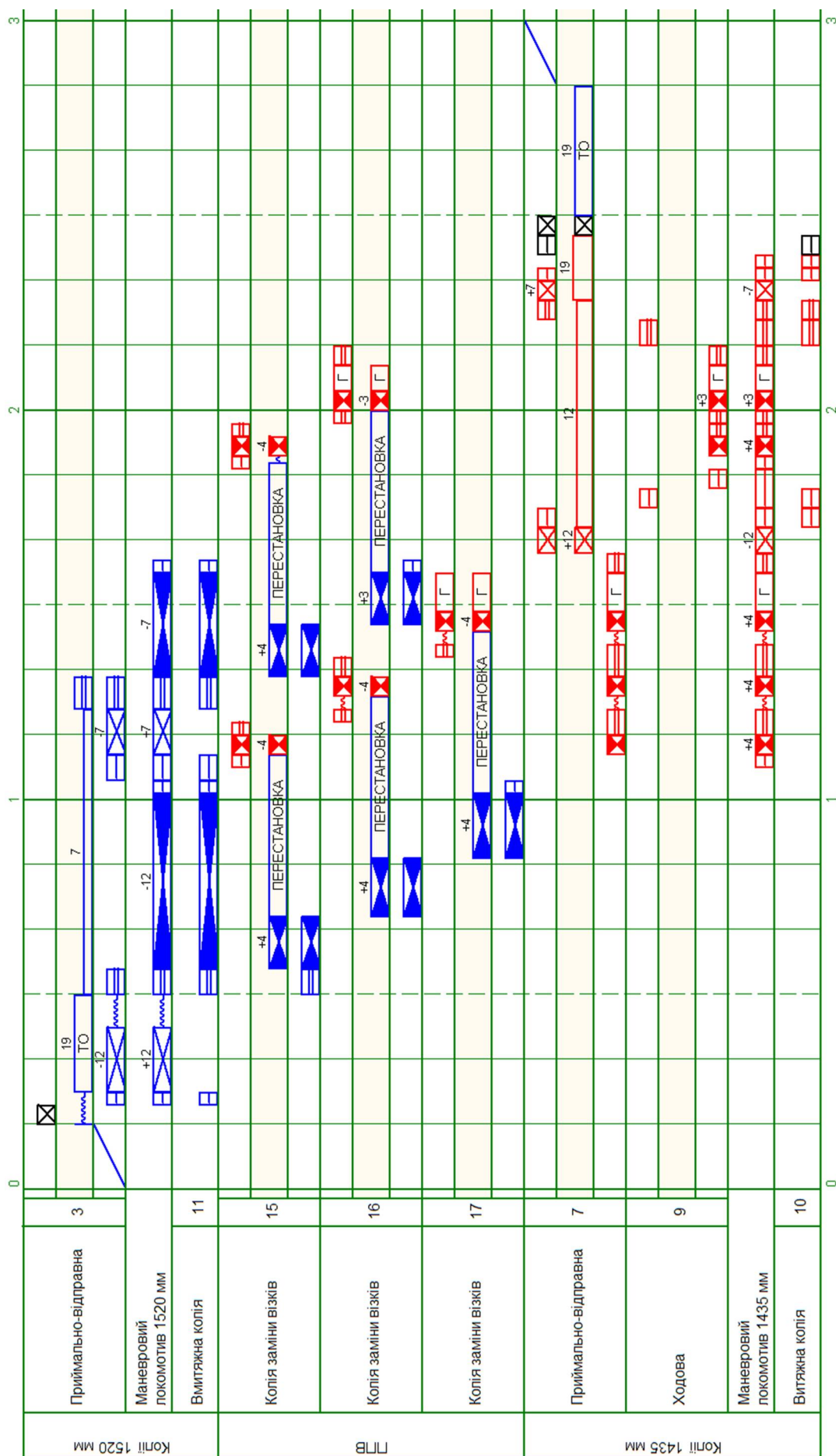


Рис. 1.6. Графік перестановки вагонів пасажирського поїзда сполученням Україна – ЄС

Локомотив після причеплення до складу та випробування автогальм, що виконується паралельно технічному обслуговуванню по прибуттю, очікує завершення ТО, а далі здійснюється витягування 12-ти вагонів на витяжну колію №11 з дублюванням відповідного значку в рядках локомотива, колій №3 та №11 і стрілочних переводів.

Після цього здійснюється розстановка вагонів на коліях ППВ. Так як ці маневри здійснюються шляхом осаджування, розстановки вагонів на колії ППВ та наступного витягування по напрямку витяжної колії №11, то в рядках локомотива, стрілочних переводів та витяжної колії вказується один значок розстановки вагонів, тривалість якого відповідає проміжку часу від початку розстановки вагонів на колії №15 до закінчення процесу розстановки вагонів на колії №17. На коліях ППВ зображуються значки розстановки вагонів відповідної довжини для фіксації моменту закінчення цієї операції на конкретній колії. Далі на кожній з колій ППВ зображуються значки перестановки вагонів.

Маневровий локомотив колії 1435 мм від сигналу М16 заїжджає до межі ППВ на колію №15 і по завершенню перестановки вагонів здійснює їх збирання. Маневри по збиранню вагонів виконуються по напрямку колії №7.

Операції збирання вагонів, їх витягування та осаджування на наступну колію слід показувати детально для перевірки узгодження моментів закінчення перестановки вагонів та готовності маневрового локомотива до їх збирання. У даному випадку виникає ситуація, коли на коліях №16 та №17 маневровий локомотив очікує завершення операції перестановки вагонів.

Після збирання вагонів на колії №17 здійснюється випробування автогальм та витягування групи з 12-ти вагонів на колію №7.

Рух локомотива по ходовій колії №9 до ППВ після закріплення вагонів на колії №7, відчеплення та виїзду локомотива на витяжну колію №10 показується двома відповідними значками – один у верхньому рядку (заїзд на колію здійснюється у її лівій частині) довжиною у половину тривалості пересування, інший послідовно у нижньому рядку (виїзд з колії у її правій частині) також довжиною у половину тривалості пересування.

Порядок побудови графіка розстановки на коліях ППВ семи вагонів заключної групи аналогічний розстановці вагонів першої групи. Слід зауважити, що на коліях ППВ виникає непродуктивний проміжок часу між забиранням вагонів локомотивом колії 1435 мм та розстановкою наступної групи вагонів локомотивом, який складно встановити при аналітичному розрахунку.

Порядок побудови графіка збирання заключної групи вагонів локомотивом колії 1435 мм аналогічний графіку збирання першої групи за виключенням того, що маневри з осаджування вагонів на колії ППВ та їх витягування з колій ППВ виконуються по напрямку ходової колії №9. Перестановка вагонів заключної групи на колію №7 здійснюється через ходову колію №9 та витяжну колію №10.

Наскрізний рух по колії №9 зображується аналогічно руху одиночного локомотива, що описаний вище.

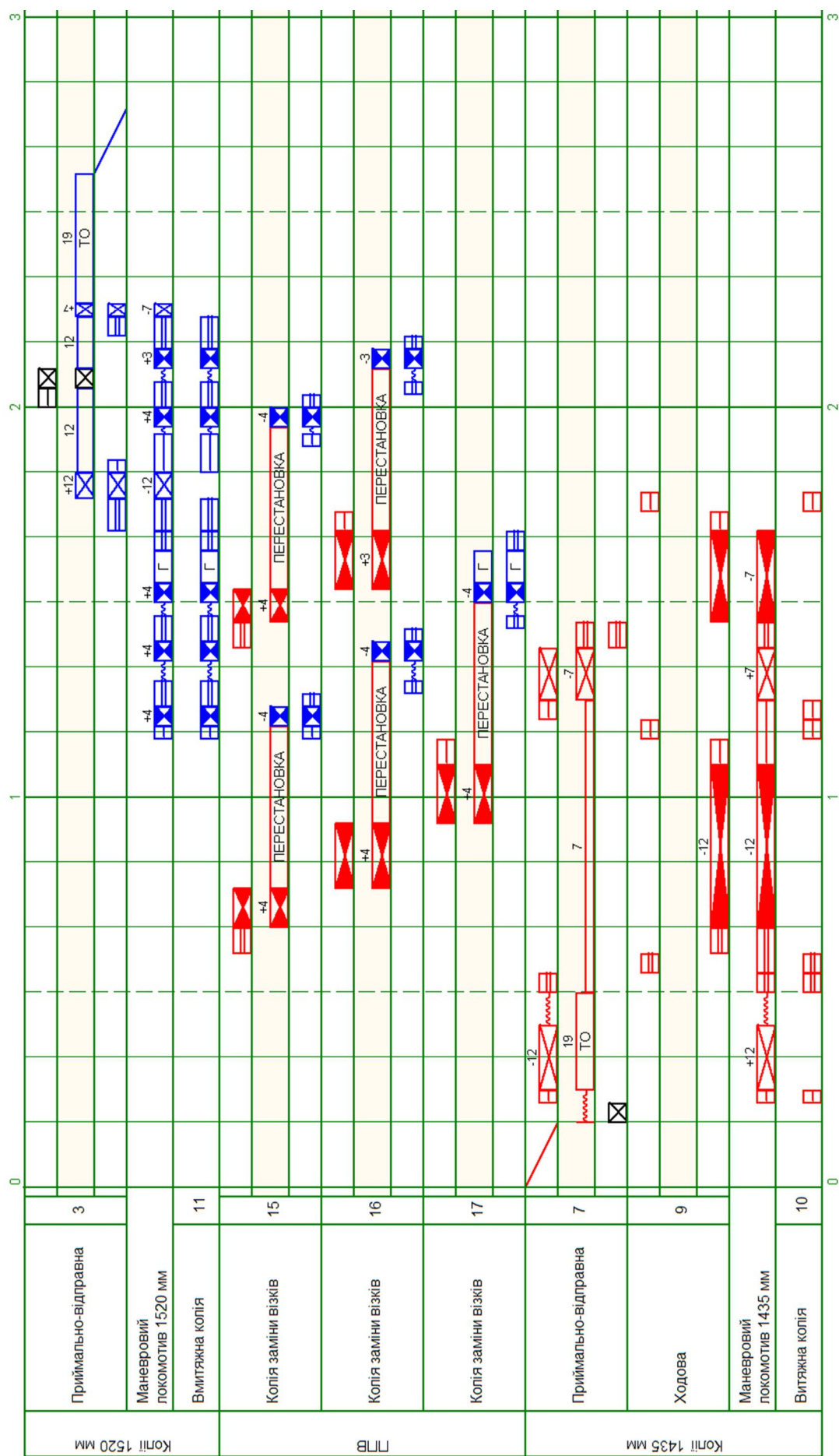


Рис. 1.7. Графік перестановки вагонів пасажирського поїзда сполученням ЄС – Україна

Після осаджування заключної групи вагонів на колію №7, з колії №6 на колію №10 подається поїзний локомотив, який на колії №10 очікує виїзду з колії №7 маневрового локомотива. Після відчеплення від вагонів маневровий локомотив переставляється на колію №6, а поїзний подається під состав пасажирського поїзда.

В результаті побудови графіків перестановки вагонів пасажирських поїздів сполученням Україна – ЄС та ЄС – Україна отримано такі результати:

– тривалість знаходження пасажирського поїзда сполученням Україна – ЄС на прикордонній станції від моменту прибуття до моменту відправлення зі станції становить $T_{ук}=160$ хв;

– тривалість знаходження пасажирського поїзда сполученням ЄС – Україна на прикордонній станції становить $T_{ес}=146$ хв.

Різниця в часі знаходження поїздів зустрічних напрямків пояснюється особливостями колійного розвитку при виконанні маневрів з постановки та прибирання вагонів, а також з додатковим очікуванням поїзним локомотивом поїзда сполученням Україна – ЄС прибирання маневрового локомотива.

2. ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРІБНОЇ КОЛІЙНОЇ ЄМНОСТІ ППВ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ВАГОННИХ ВІЗКІВ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ КОЛІЙ 1520 ТА 1435 ММ (ЗАДАЧА №2)

Технологія роботи пункту перестановки вагонів з вантажними вагонами аналогічна технології роботи ППВ з пасажирськими вагонами. В даній задачі необхідно визначити потрібну колійну ємність для зберігання вагонних візків вантажних вагонів з урахуванням надійності функціонування системи та впливу добової нерівномірності перевезень та внутрішньодобової нерівномірності надходження вагонів на ППВ.

Умова задачі. До пункту перестановки вагонів в середньому за добу надходить 80 вагонів з середнім квадратичним відхиленням 15 вагонів, що слідують на експорт до держав Європейського Союзу. Вказані вагони мають іменні візки колії 1520 мм. Вагони, що слідують за кордон, переставляються на знеособлені візки колії 1435 мм, а їх іменні візки колії 1520 мм очікують на повернення своїх вагонів з-за кордону на спеціально влаштованих коліях.

Тривалість знаходження вагонів за кордоном задана статистичним рядом

Доля вагонів від середньодобової кількості	0,17	0,40	0,43
Тривалість обігу вагона за кордоном, діб	10	7	4

Потрібно:

1. Визначити потрібну кількість знеособлених візків колії 1435 мм та візків колії 1520 мм, що зберігатимуться на пункті перестановки.
2. Розрахувати потрібну колійну ємність колій для зберігання візків колій 1435 і 1520 мм з урахуванням внутрішньодобової нерівномірності надходження вагонів на ППВ.

2.1. Практичні заняття № 5, 6.**Визначення потреби у візках колій 1435 і 1520 мм
для забезпечення безперебійного перевізного
процесу**

Задачу визначення потреби у візках колій 1435 і 1520 мм на пункті перестановки вагонів доцільно розв'язувати методами імітаційного моделювання, які передбачають відтворення технологічних процесів, що відбуваються на реальному об'єкті, за допомогою їх математичних моделей з урахуванням стохастичного характеру процесів. Отже, необхідно виконати моделювання кількості щодобового відправлення вагонів за кордон (експорт), прибуття вагонів з за кордону (імпорт) з урахуванням тривалості їх обігу та визначити потребу у візках колій 1435 і 1520 мм при перестановці вагонів з візків одного типу на інший у пункті перестановки.

При розв'язанні поставленої задачі припустимо, що добова кількість вагонів n_i , яка відправляється на експорт, розподілена за нормальним законом і може бути визначена за допомогою виразу [4]

$$n_i = M[n] + z_i \cdot \sigma[n], \quad (2.1)$$

де $M[n], \sigma[n]$ – математичне очікування та середнє квадратичне відхилення добової кількості вагонів, що відправляються на експорт, відповідно;

z_i – випадкове число, яке розподілене за нормальним законом.

Значення n_i заокруглюється до найближчого цілого.

Вагони, що слідує за кордон, мають різний обіг Θ_j і визначаються значеннями ймовірності $P_j(\Theta_j)$, які подані вихідних даних статистичним рядом. Для умов прикладу, вагони з обігом $\Theta_1 = 10$ діб мають ймовірність $P_1(10) = 0,17$. Це означає, що 17% від загальної добової кількості вагонів, що слідує за кордон, будуть знаходитися поза межами України 10 діб. Аналогічним чином визначається кількість вагонів з іншим обігом. З урахуванням

вище зазначеного виконаємо формалізацію процесу визначення кількості вагонів з заданим обігом

$$n_{i,j} = \left[P_j(\Theta_j) \cdot n_i \right], \quad j = 1, 2, \dots, k-1, \quad (2.2)$$

де n_i – кількість вагонів, що слідують за кордон (експорт) за добу i ;

k – кількість категорій вагонів з різним обігом;

$\left[\right]$ – операція заокруглення до найближчого цілого значення.

Для останньої категорії, щоб уникнути впливу операцій заокруглення до найближчого цілого, кількість вагонів визначається за допомогою виразу

$$n_{i,k} = n_i - \sum_{j=1}^{k-1} n_{ij}. \quad (2.3)$$

Виконаємо розрахунок для умов прикладу при $M[n]=80$ вагонів і $\sigma[n]=15$ вагонів. Випадкове число обирається у відповідності до індивідуального завдання і для першої доби становить $z_1 = -0,62$ (стовпчик 2 у табл. 2.1). Тоді кількість вагонів, що слідує за кордон у першу добу, становить $n_1 = 80 - 0,62 \cdot 15 = 70,7$ вагонів. Прийнято $n_1 = 71$ вагон. Отриманий результат заноситься до стовпчика 3 табл. 2.1. Далі обчислюється кількість вагонів, які у числі розрахованих n_i , будуть мати обіг 10, 7 і 4 доби відповідно. Так, для $\Theta_1 = 10$ діб $n_{1,10} = \left[0,17 \cdot 71 \right] = \left[12,07 \right] = 12$ вагонів, для $\Theta_2 = 7$ діб $n_{1,7} = \left[0,40 \cdot 71 \right] = \left[28,4 \right] = 28$ вагонів і для $\Theta_3 = 4$ доби $n_{1,4} = 71 - 12 - 28 = 31$ вагон. Отримані результати $n_{1,10}$, $n_{1,7}$ та $n_{1,4}$ заносяться до стовпчиків 4, 5 та 6 табл. 2.1 відповідно.

Моделювання кількості вагонів для інших діб виконуються аналогічним чином. Результати моделювання кількості вагонів, що слідують за кордон, на протязі 50 діб представлені у табл. 2.1.

Наступним кроком розв'язання поставленої задачі є моделювання прибуття кількості вагонів m_i з-за кордону (імпорт). При цьому необхідно враховувати тривалість обігу вагона Θ_j . Так, якщо вагон з обігом $\Theta_j = 10$ діб був відправлений за кордон у першу добу, то повернеться він до України через 10 діб на одинадцяту добу. Таку закономірність руху вагонів можна описати залежністю

$$m_{i,j} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } (i - \Theta_j) \leq 0 \\ n_{(i-\Theta_j),j}, & \text{якщо } (i - \Theta_j) > 0 \end{cases} \quad (2.4)$$

Таблиця 2.1

Результати моделювання роботи пункту перестановки вагонів

Доба	z_i	Добова кількість вагонів n_i , що слідує за кордон (експорт)				Добова кількість вагонів m_i , що прибуває з-за кордону (імпорт)				Кількість комплек- тів візків колії 1520 мм, K_i^{1520}	Потреба у комплек- тах візків колії 1435 мм, K_i^{1435}
		всього	у тому числі з обігом Θ_j , діб			у тому числі з обігом Θ_j , діб			всього		
			10	7	4	10	7	4			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-0,62	71	12	28	31	0	0	0	0	71	427
2	0,65	90	15	36	39	0	0	0	0	161	337
3	0,58	89	15	36	38	0	0	0	0	250	248
4	0,45	87	15	35	37	0	0	0	0	337	161
5	-1,31	60	10	24	26	0	0	31	31	366	132
6	-0,79	68	12	27	29	0	0	39	39	395	103
7	0,84	93	16	37	40	0	0	38	38	450	48
8	-1,72	54	9	22	23	0	28	37	65	439	59
9	0,14	82	14	33	35	0	36	26	62	459	39
10	-0,59	71	12	28	31	0	36	29	65	465	33
11	0,41	86	15	34	37	12	35	40	87	464	34
12	-0,29	76	13	30	33	15	24	23	62	478	20
13	-0,79	68	12	27	29	15	27	35	77	469	29
14	-1,81	53	9	21	23	15	37	31	83	439	59
15	0,76	91	15	36	40	10	22	37	69	461	37
16	-1,49	58	10	23	25	12	33	33	78	441	57
17	0,03	80	14	32	34	16	28	29	73	448	50
18	-1,66	55	9	22	24	9	34	23	66	437	61
19	1,83	107	18	43	46	14	30	40	84	460	38
20	1,12	97	16	39	42	12	27	25	64	493	5
21	-0,48	73	12	29	32	15	21	34	70	496	2
22	-0,19	77	13	31	33	13	36	24	73	500	-2
23	0,2	83	14	33	36	12	23	46	81	502	-4
24	1,26	99	17	40	42	9	32	42	83	518	-20
25	-1,28	61	10	24	27	15	22	32	69	510	-12
26	-0,48	73	12	29	32	10	43	33	86	497	1

Закінчення таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
27	1,23	98	17	39	42	14	39	36	89	506	-8
28	0,21	83	14	33	36	9	29	42	80	509	-11
29	-0,34	75	13	30	32	18	31	27	76	508	-10
30	-0,75	69	12	28	29	16	33	32	81	496	2
31	-0,58	71	12	28	31	12	40	42	94	473	25
32	-0,11	78	13	31	34	13	24	36	73	478	20
33	-0,59	71	12	28	31	14	29	32	75	474	24
34	0,31	85	14	34	37	17	39	29	85	474	24
35	0,64	90	15	36	39	10	33	31	74	490	8
36	0,84	93	16	37	40	12	30	34	76	507	-9
37	0,37	86	15	34	37	17	28	31	76	517	-19
38	0,89	93	16	37	40	14	28	37	79	531	-33
39	1,36	100	17	40	43	13	31	39	83	548	-50
40	0,06	81	14	32	35	12	28	40	80	549	-51
41	1,47	102	17	41	44	12	34	37	83	568	-70
42	0,36	85	14	34	37	13	36	40	89	564	-66
43	-0,35	75	13	30	32	12	37	43	92	547	-49
44	-0,84	67	11	27	29	14	34	35	83	531	-33
45	-0,27	76	13	30	33	15	37	44	96	511	-13
46	-0,7	70	12	28	30	16	40	37	93	488	10
47	-1,77	53	9	21	23	15	32	32	79	462	36
48	2,67	120	20	48	52	16	41	29	86	496	2
49	1,96	109	19	44	46	17	34	33	84	521	-23
50	-1,37	59	10	24	25	14	30	30	74	506	-8

Наприклад, кількість вагонів, що повертаються з-за кордону, з обігом $\Theta_1 = 10$ діб на п'яту добу $i = 5$ дорівнює $m_{5,10} = 0$ оскільки $(5 - 10) \leq 0$. Для двадцятої доби $i = 20$ така кількість становитиме $m_{20,10} = n_{(20-10),10} = n_{10,10} = 12$ вагонів. Отримані результати заносяться до стовпчиків 7-9 табл. 2.1. До стовпчику 10 заноситься сумарна кількість вагонів з різною тривалістю обігу, тобто

$$m_i = \sum_{j=1}^k m_{i,j}.$$

Добова кількість візків колії 1520 мм K_i^{1520} (стовпчик 11 табл. 2.1) відповідає добовому вагонопотоку n_i , що слідує на експорт (стовпчик 3 табл. 2.1).

Для зручності розрахунків доцільно потребу у візках розглядати як потребу у комплектах візків, враховуючи, що один комплект складається з двох візків. З урахуванням цього $K_i^{1520} = n_i$. Потреба у колійній ємності для візків колії 1520 мм залежить від середньодобової кількості комплектів K_{1520} , яка обчислюється шляхом статистичної обробки результатів моделювання значення K_i^{1520} за певний період.

Період спостережень для аналізу обрається таким чином, щоб система (пункт перестановки вагонів) знаходилась у стані насичення, коли потік імпортованих вагонів стабілізується. У відповідності з даними табл. 2.1 такий період починається з 11 доби, коли спостерігається повернення вагонів з найбільшим обігом. Отже, для умов прикладу період спостережень знаходиться у межах від 11-ої до 50-ої доби тривалістю 40 діб, тобто $i \in [11, 40]$.

Середньодобова кількість комплектів візків колії 1520 мм визначається за формулою

$$K_{1520} = \frac{1}{e - s + 1} \sum_{i=s}^e K_i^{1520}, \quad (2.5)$$

де s, e – початкова та кінцева доба періоду спостережень відповідно, $s = 11, e = 40$;

K_i^{1520} – добова кількість комплектів візків колії 1520 мм.

Отже, для умов прикладу середньодобова кількість комплектів візків колії 1520 мм становить

$$K_{1520} = \frac{1}{50 - 11 + 1} (464 + 478 + 469 + \dots + 496 + 521 + 506) = \frac{19867}{40} = 496,7.$$

Прийнято $K_{1520} = 497$ комплектів.

Слід зауважити, що значення K_{1520} , яке отримано за результатами моделювання, є точковим і для іншої серії експериментів може незначно відрізнятись. Теоретично середньодобова кількість комплектів візків колії 1520 мм відповідає робочому парку вагонів K_p , які прямують за кордон (експорт)

$$K_p = \bar{\Theta} \cdot M[n], \quad (2.6)$$

де $\bar{\Theta}$ – середньозважений обіг вагона за кордоном, $\bar{\Theta} = \sum_{j=1}^k P_j \cdot \Theta_j$.

Для умов прикладу $\bar{\Theta} = 0,17 \cdot 10 + 0,40 \cdot 7 + 0,43 \cdot 4 = 6,22$ доби. Отже, $K_p = 6,22 \cdot 80 = 497,6$. Прийнято $K_p = 498$ комплектів візків.

Значення K_{1520} і K_p , отримані відповідно за результатами моделювання і аналітично, відрізняються несуттєво.

Потреба у візках колії 1435 мм складається з двох частин – кількості комплектів візків, що знаходяться під вагонам на території держав ЄС у русі, та кількості комплектів візків, які знаходяться безпосередньо у пункті перестановки вагонів

$$K_{1435} = K_p + K_{гз}, \quad (2.7)$$

де K_p – кількість комплектів візків, що знаходяться під вагонам на території держав ЄС у русі;

$K_{гз}$ – гарантований запас комплектів візків, що знаходяться у пункті перестановки вагонів, який забезпечує надійність процесу функціонування пункту від впливу нерівномірного надходження вагонів з обох боків – імпорту та експорту.

Значення K_p визначається за формулою (2.6) і для умов прикладу складає $K_p = 498$ комплектів візків.

Значення $K_{гз}$ визначається на підставі аналізу значень добової потреби K_i^{1435} за період спостереження $i \in [1, 40]$, яка залежить від кількості вагонів, що надходять на експорт та імпорт до пункту перестановки вагонів

$$K_i^{1435} = \begin{cases} m_i - n_i + K_p, & \text{для } i = 1 \\ m_i - n_i + K_{i-1}^{1435}, & \text{для } i > 1 \end{cases} \quad (2.8)$$

Результати розрахунку K_i^{1435} наведені у стовпчику 12 табл. 2.1.

Для наочності потреба у комплектах візків колії 1435 мм K_i^{1435} представлена у вигляді діаграми на рис. 2.1. Як видно з діаграми, значення K_i^{1435} може приймати як додатні, так і від’ємні значення. При цьому, якщо $K_i^{1435} > 0$, то у пункті перестановки вагонів спостерігається надлишок комплектів візків, а при $K_i^{1435} < 0$ – нестача. Очевидно, щоб у пункті перестановки вагонів не виникала нестача комплектів, необхідно мати їх гарантований запас, який відповідає максимальній нестачі, тобто $K_{гз} = |\min(K_i^{1435})|$, де $||$ – операція визначення абсолютного значення величини. Для умов прикладу $K_{гз} = |K_{41}^{1435}| = |-70| = 70$ комплектів.

Слід зауважити, що випадки, коли спостерігається максимальна або близька до максимальної нестача комплектів візків колії 1435 мм не дуже часті. Тому більший час періоду вони у пункті перестановки вагонів використовуватися не будуть, але при цьому будуть займати колії та вимагати витрат на їх утримання. У цьому зв’язку доцільно встановити певний період надійності функціонування системи β та визначити потребу $K_{гз}$, яка б її забезпечувала.

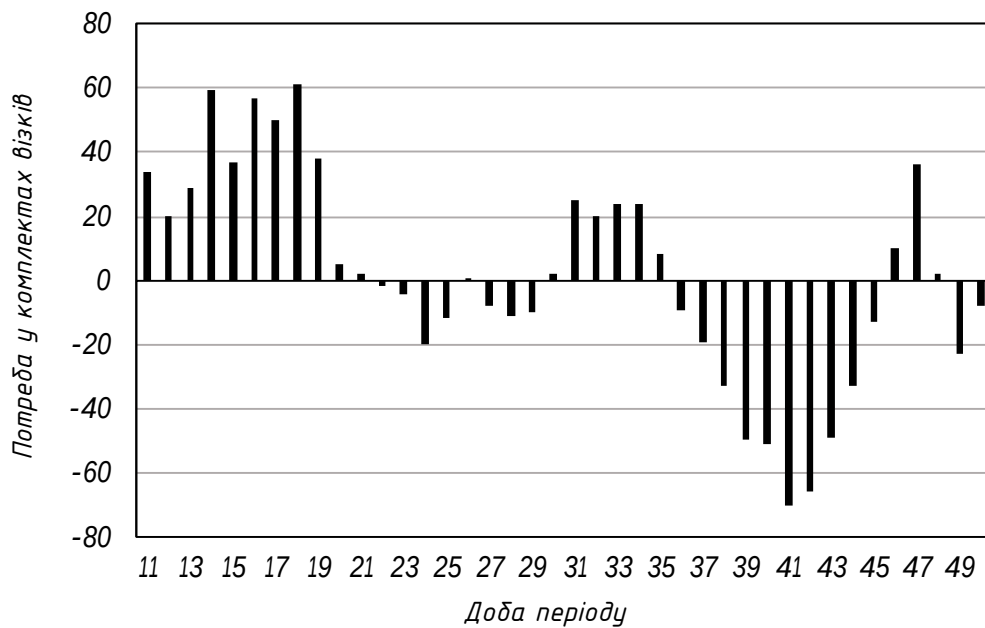


Рис. 2.1. Потреба у комплектах візків колії 1435 мм за обраний період

З урахуванням вище вказаного необхідно виконати статистичний аналіз значень випадкової величини K_i^{1435} за обраний період за допомогою побудови статистичного ряду [4]. При цьому необхідно розглядати лише для значення, для яких виконується умова $K_i^{1435} < 0$. Для зручності розрахунків доцільно оперувати абсолютними значеннями K_i^{1435} . Так, для умов прикладу $K_{\min} = |K_{22}^{1435}| = 2$, а $K_{\max} = |K_{41}^{1435}| = 70$. Ширина розряду статистичного ряду $\Delta K = \frac{K_{\max} - K_{\min}}{1 + 3,21 \lg N} = \frac{70 - 2}{1 + 3,21 \lg(40)} = 13,4$ комплектів, де $N = 40$ – кількість спостережень. Результати розрахунку параметрів статистичного ряду наведені у табл. 2.2.

За даними табл. 2.2 отримано наступні числові характеристики величини K_i^{1435} :

– математичне очікування $M[K] = \sum_{j=1}^6 (\bar{K}_j \cdot B_j) = 26,33$ комплектів;

– дисперсія $D[K] = \sum_{j=1}^6 \left((\bar{K}_j)^2 \cdot B_j \right) - (M[K])^2 = 1129,07 - (26,33)^2 = 435,80$

комплектів²;

– середньоквадратичне відхилення $\sigma[K] = \sqrt{D[K]} = \sqrt{435,80} = 20,87$ комплектів;

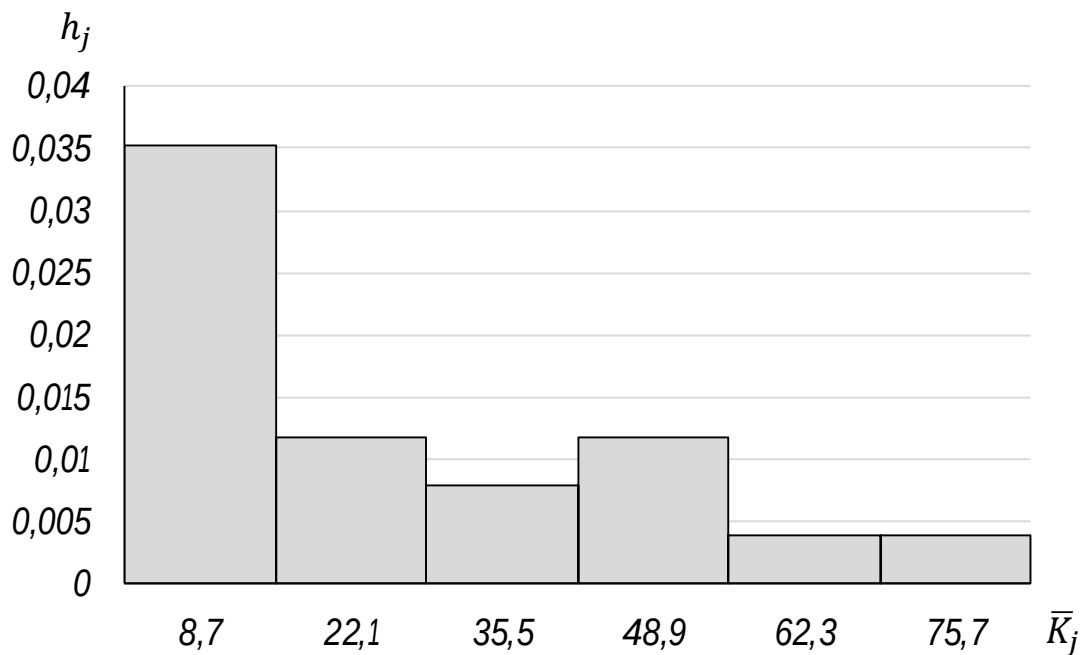
– коефіцієнт варіації $v_K = \frac{\sigma[K]}{M[K]} = \frac{20,87}{26,33} = 0,8$.

Таблиця 2.2

Статистичний ряд розподілу випадкової величини K_i^{1435}

№ роз-ряду	Межа розряду		Середина розряду $\bar{K}_j$	Кількість спостережень N_j	$B_j = \frac{N_j}{\Sigma N_j}$	$\bar{K}_j \cdot B_j$	$(\bar{K}_j)^2 \cdot B_j$	h_j
	ліва	права						
1	2,0	15,4	8,7	9	0,4737	4,1211	35,8532	0,0353
2	15,4	28,8	22,1	3	0,1579	3,4895	77,1174	0,0118
3	28,8	42,2	35,5	2	0,1053	3,7368	132,6579	0,0079
4	42,2	55,6	48,9	3	0,1579	7,7211	377,5595	0,0118
5	55,6	69,0	62,3	1	0,0526	3,2789	204,2784	0,0040
6	69,0	82,4	75,7	1	0,0526	3,9842	301,6047	0,0040
Разом				19	1,0000	26,3316	1129,0711	

За результатами ординати гістограми h_j (див. табл. 2.2) побудовано гістограму розподілу величини K_i^{1435} , яка наведена на рис. 2.2.

Рис. 2.2. Гістограма розподілу випадкової величини K_i^{1435}

На практиці за отриманими числовими параметрами та характером статистичного розподілу випадкової величини K_i^{1435} визначають її теоретичний закон розподілу у вигляді інтегральної функції $F(K)$. Для цього використовують критерії узгодження Хі-квадрат Пірсона або Колмогорова.

З огляду на форму гістограми (див. табл. 2.2) та значення $v_K = 0,8$ близького до одиниці, в умовах розв'язання поставленої задачі припустимо, що випадкова величина K_i^{1435} розподілена за показниковим законом, для якого інтегральна функція має вигляд [4]

$$F(K) = 1 - e^{-\frac{K}{M[K]}}. \quad (2.9)$$

Значення функції $F(K)$ відповідає ймовірності того, що значення випадкової величини K_i не перевищить K , тобто $F(K) = P(K_i < K)$. Вважаючи, що $F(K)$ відповідає ступеню надійності β , отримаємо $\beta = 1 - e^{-\frac{K}{M[K]}}$. Перетворивши отриманий вираз відносно K , отримаємо

$$K = -\ln(1 - \beta) \cdot M[K]. \quad (2.10)$$

Для прикладу встановимо надійність системи на рівні 90%, тобто $\beta = 0,9$. Фактично це означає, що з 100 діб роботи пункту перестановки вагонів 10 діб ймовірно будуть мати відмови через нестачу запасу комплектів візків. Таку надійність забезпечить гарантований запас комплектів візків $K_{гз} = -\ln(1 - 0,9) \cdot 26,33 = 60,6$ комплектів.

Таким чином, для забезпечення роботи пункту з перестановки вагонів на рівні 90% необхідно мати гарантований запас комплектів візків колії 1435 мм у кількості 61 одиниць. Також слід відмітити, що рівень надійності системи повинен бути економічно обґрунтований.

Потреба у колійній ємності з урахуванням двох візків у складі одного комплекту визначається за виразом

$$L = 2K(l_b + \delta), \quad (2.11)$$

де K — кількість комплектів візків;

l_b — довжина візка, м.

δ — відстань між візками на колії, прийнято $\delta = 0,3$ м.

Довжина візка колії 1520 мм складає $l_b^{1520} = 2,85$ м, а колії 1435 мм — $l_b^{1435} = 2,6$ м. Отже, для візків колії 1520 мм необхідно у пункті перестановки вагонів необхідно мати $L_{1520} = 2 \cdot 498 \cdot (2,85 + 0,3) = 3137,4$ м, а для візків колії 1435 мм — $L_{1435} = 2 \cdot 61 \cdot (2,6 + 0,3) = 353,8$ м.

2.2. Практичні заняття №7, 8.

Визначення гарантованого запасу візків колій 1435 мм графічним моделюванням

Потреба у візках колії 1435 мм K_{1435} у значній мірі залежить від кількості вагонів та розкладу надходження рухомого складу різної ширини колії до пункту перестановки – внутрішньодобової нерівномірності. На практиці вказана залежність враховується за допомогою коефіцієнту добової нерівномірності

$$K_{1435} = K_d \cdot k_n, \quad (2.12)$$

де K_d – середньодобова розрахункова потреба у візках;

k_n – коефіцієнт добової нерівномірності.

Особливість такого підходу полягає у визначенні достовірного значення коефіцієнту нерівномірності k_n . З одного боку зменшене значення k_n не забезпечить необхідної потреби у візках у часи інтенсивного надходження рухомого складу до пункту перестановки вагонів, з іншого боку збільшене значення призведе до надлишку візків колії 1435 мм та надмірного використання колійної ємності для їх зберігання.

Таким чином, визначення достовірного значення k_n є складним завданням, при розв'язанні якого необхідно враховувати багато факторів, що впливають. До того ж коефіцієнт нерівномірності k_n повинен мати економічно обґрунтоване значення.

Одним з ефективних методів оцінки потреби у візках колії 1435 мм є метод імітаційного моделювання, який дозволяє врахувати внутрішньодобову нерівномірність надходження вагонів різної ширини колії до пункту перестановки. Достовірність отриманих за його допомогою результатів залежить від адекватності математичної моделі реальному процесу перестановки, коректності вихідних даних та кількості реалізацій процедури перестановки вагонів.

На практичному занятті для визначення впливу на розмір потрібної кількості візків колії 1435 мм внутрішньодобової нерівномірності використовується графічний метод імітаційного моделювання процесу перестановки вагонів у вигляді добового плану-графіку роботи пункту перестановки вагонів.

У якості вихідних даних використовується розклад готовності до перестановки груп вагонів різної ширини колії, який приймається у відповідності до індивідуального завдання. Приклад такого розкладу наведено у табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Розклад готовності вагонів для подачі до пункту перестановки вагонів

Параметри		Номер подачі				
		1	2	3	4	5
Вагони, що слі- дують у країни ЄС	Момент готовності, год-хв	02 ³⁰	05 ⁴⁰	10 ⁰⁰	14 ⁰⁰	19 ⁵⁰
	Кількість вагонів у подачі	15	10	18	12	14
Вагони, що слі- дують в Україну	Момент готовності, год-хв	00 ⁵⁰	08 ²⁰	13 ¹⁰	17 ⁵⁰	—
	Кількість вагонів у подачі	18	20	20	16	—

Загальна тривалість процесу перестановки візків подачі з $n_{\text{под}}$ вагонів ви-
значається за формулою

$$T_{\text{п}} = t_{\text{пер}} + t_{\text{ман}} \left(\left\lceil \frac{n_{\text{под}}}{S} \right\rceil + 1 \right), \quad (2.13)$$

де $t_{\text{пер}}$ — тривалість перестановки групи вагонів, хв;
 $t_{\text{ман}}$ — тривалість виконання маневрових операцій по перестановці ва-
гонів між коліями пункту перестановки, хв;
 $n_{\text{под}}$ — кількість вагонів у подачі, ваг.;
 S — число колій, на яких здійснюється перестановка;
 $\lceil \quad \rceil$ — операція округлення значення у більшу сторону до цілого.

Значення $t_{\text{пер}}$, S і $t_{\text{ман}}$ приймаються у відповідності до індивідуального за-
вдання студента. Так, Результати розрахунку тривалості перестановки візків
при $t_{\text{пер}} = 25$ хв, $t_{\text{ман}} = 5$ хв і $S = 4$ колії наведені у табл. 2.4.

Тривалість перестановки візків на коліях пункту перестановки вагонів

Параметри		Номер подачі				
		1	2	3	4	5
Вагони, що слі- дують у країни ЄС	Кількість вагонів у подачі $n_{\text{под}}$	15	10	18	12	14
	Тривалість переста- новки, хв	50	45	55	45	50
Вагони, що слі- дують в Україну	Кількість вагонів у подачі $n_{\text{под}}$	18	20	20	16	–
	Тривалість переста- новки, хв	55	55	55	50	–

Для наведених вище вихідних даних побудовано добовий графік процесу перестановки вагонів, який наведено на рис. 2.3.

На графіку фіксується баланс комплектів візків колії 1435 мм. При цьому вважається, що при обслуговуванні на ППВ вагонів, які прямують до країн ЄС, виникає потреба у комплектах візків колії 1435 мм (зменшуються баланс). Обслуговування на ППВ вагонів, що прямують в Україну, призводить до збільшення балансу візків колії 1435мм.

За результатами графічного моделювання встановлено, що на станції необхідно мати запас у кількості 7 комплектів візків. Разом з тим потрібно відзначити, що для отримання достовірного значення запасу візків колії 1435 мм з урахуванням розкладу надходження до ППВ вагонів різної ширини колії, необхідно виконати моделювання роботи пункту перестановки на більш тривалий термін.

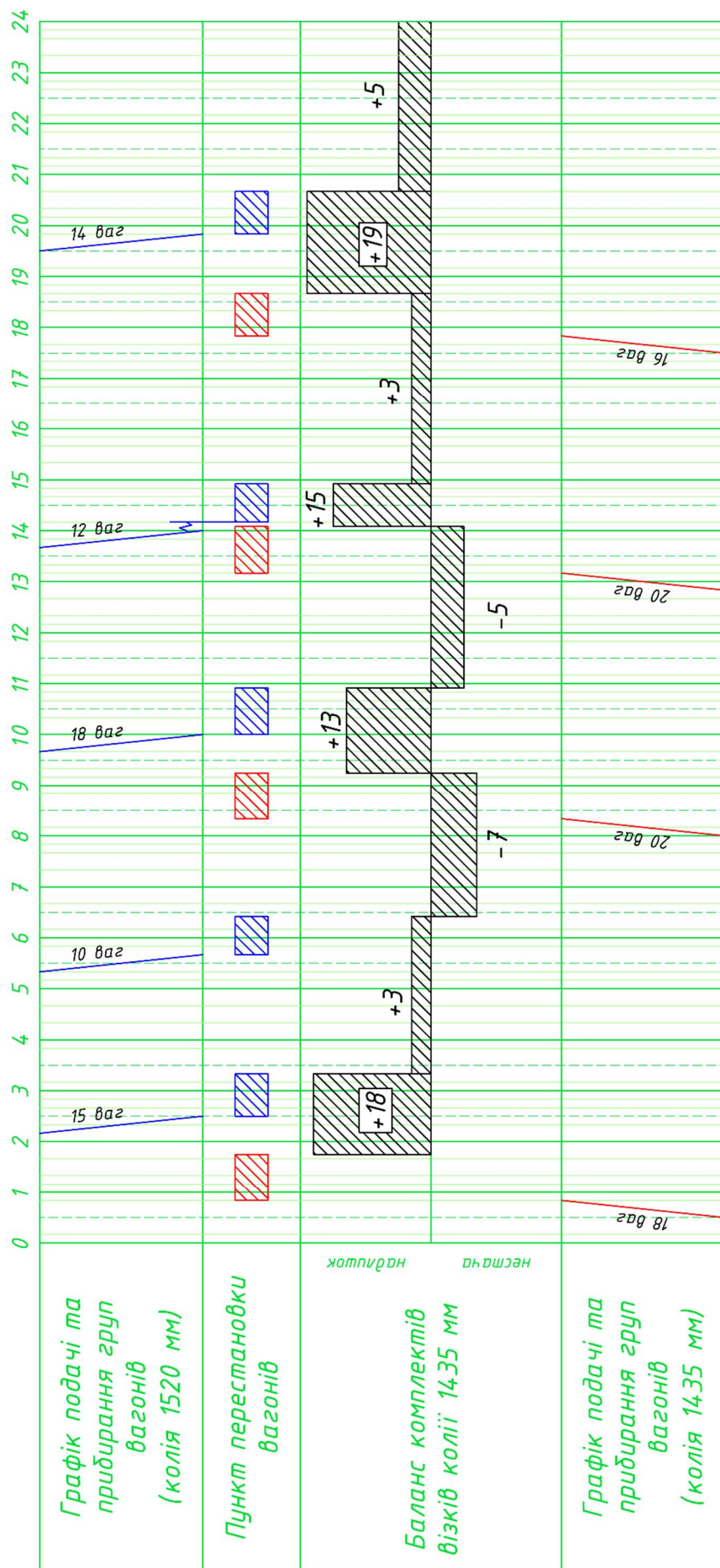


Рис. 2.3. Графік процесу перестановки вагонів

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Інтероперабельність транспортних систем : навч. посіб. для ВНЗ / М. Березовий та ін. Дніпро : УДУНТ, 2024. 179 с.
2. Організація роботи залізничних вокзальних комплексів : навч. посіб. для ВНЗ / Р. Г. Коробйова, Ю. М. Германюк. Львів : СПОЛОМ, 2023. 220 с.
3. Промисловий транспорт. Переробна спроможність вантажних фронтів: приклади та задачі : навч. посіб. для ВНЗ / М. Березовий та ін. Дніпро : УДУНТ, 2023. 135 с.
4. Основи дослідження операцій у транспортних системах: приклади та задачі : навч. посіб. для ВНЗ / Д. Козаченко та ін. Дніпро : ДНУЗТ, 2015. 277 с.

Навчально-методичне видання

Березовий Микола Іванович,
Малашкін Вячеслав Віталійович,
Коробйова Руслана Геннадіївна

**ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНІСТЬ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ.
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИКОРДОННИХ СТАНЦІЙ ПРИ
МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ**

Навчально-методичні рекомендації до практичних занять з дисципліни
«Інтероперабельність транспортних систем»

Електронне видання

Експертний висновок склав канд. техн. наук, проф. Роман Вернигора

Зареєстровано НМВ УДУНТ (№ 720 від 30.04.2024)

В авторській редакції
Комп'ютерна верстка В. В. Малашкін
Фахівець з цифрового видавництва В. В. Малашкін
Формат 60x84 _{1/16}. Ум. друк. арк. 2,73. Обл.-вид. арк. 1,88.
Зам. № 46

Видавець: Український державний університет науки і технологій
вул. Лазаряна, 2, ауд. 2216, м. Дніпро, 49010.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022

Адреса видавця та дільниці оперативної поліграфії:
вул. Лазаряна, 2, Дніпро, 49010