


Державний університет інфраструктури та технологій  
Київський інститут залізничного транспорту  
Факультет «Управління залізничним транспортом»  
Кафедра «Технології транспорту та управління процесами перевезень»

ЗАТВЕРДЖУЮ:  
Завідувач кафедри ТТУШІ,  
к.т.н., д.т.н.

 р.с.  
Шчербіна  
(підпис)  
11 червня 2021 року


**Пояснювальна записка**  
до кваліфікаційної (бакалаврської) роботи  
освітнього ступеня «Бакалавр»

на тему Оптимізація маси вантажних поїздів на залізничному напрямку

Виконав: студент 3 курсу, групи ТТ (зі  
скороченим терміном навчання)  
ОПІ «Транспортні технології (на залізничному  
транспорті)»

 \_\_\_\_\_ Ляховська М.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Науковий керівник  
 \_\_\_\_\_ Нестеренко Г.І.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль  
 \_\_\_\_\_ Бердніченко Ю.А.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_ Музикін М.І.  
(прізвище та ініціали)


Київ – 2021 рік

Державний університет інфраструктури та технологій  
Київський інститут залізничного транспорту  
Факультет «Управління залізничним транспортом»

Кафедра «Технологій транспорту та управління процесами перевезень»  
Освітній ступінь «Бакалавр»  
Галузь знань 27 «Транспорт»  
Освітньо-професійна програма «Транспортні технології (на залізничному транспорті)»

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

в.о. завідувача кафедри  
ТТУПІ,  
к.т.н., доцент

 Р. С.  
Щербина  
(підпис)

«01» березня 2021 року

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ (БАКАЛАВРСЬКУ) РОБОТУ**

Студента Адаховської Марини Володимирівни  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи** Оптимізація маси вантажних поїздів на залізничному напрямку,

науковий керівник  
доцент \_\_\_\_\_

Нестеренко Галина Іванівна, к.т.н.

(ПІБ, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Державного університету інфраструктури та технологій від «26» лютого 2021 року № 09.2-05-123/с

2. **Строк подання студентом роботи** «11» червня 2021 року

3. **Вихідні дані до роботи:** Схема УЗ, маса поїздів на дільницях, продольний профіль дільниць, статистичні дані, дані зібрані під час проходження практики.

4. **Зміст пояснювальної записки (назва розділів основного змісту роботи):**

1. Аналіз проблеми уніфікації маси поїздів, та техніко-експлуатаційна характеристика напрямку

2. Організація вагонопотоків на залізничному транспорті

3. Методика техніко-економічних розрахунків з визначення маси поїздів

4. Вибір конкурентоспроможних варіантів маси вантажних поїздів

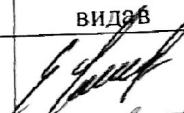
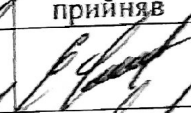
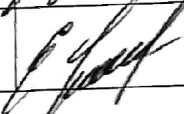
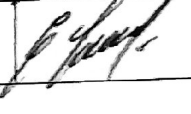
5. Охорона праці

7. Охорона навколишнього середовища

5. Перелік графічного матеріалу в паперовому вигляді.

відсутній

**6. Консультанти розділів роботи.**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона навколишнього середовища	к.і.н., доцент Сорочинська О.Л.		
Охорона праці	к.і.н., доцент Сорочинська О.Л.		

7. Дата видачі завдання: «01» березня 2021 року.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної (бакалаврської) роботи	Період виконання етапів роботи
1	Вступ	01.03.2021 – 20.03.2021
2	Аналіз проблеми уніфікації маси поїздів, та техніко-експлуатаційна характеристика напрямку	20.03.2021 – 30.03.2021
3	Організація вагонопотоків на залізничному транспорті	01.04.2021 – 22.04.2021
4	Методика техніко-економічних розрахунків з визначення маси поїздів	23.04.2021 – 10.05.2021
5	Вибір конкурентоспроможних варіантів маси вантажних поїздів	11.05.2021 – 15.05.2021
6	Охорона праці	16.05.2021 – 20.05.2021
7	Охорона навколишнього середовища	21.05.2021 – 23.05.2021
8	Висновок	24.05.2021 – 30.05.2021
9	Список використаних джерел	01.06.2021 – 06.06.2021
10	Складання доповіді та презентації	07.06.2021 – 09.06.2021
11	Подання роботи	11.06.2021

Студент

  
(підпис)

Адаховська М.В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

  
(підпис)

Нестеренко Г.І.  
(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

ВСТУП		7
1	АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ УНІФІКАЦІЇ МАСИ ПОЇЗДІВ, ТА ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА НАПРЯМКУ	9
	1.1 Аналіз проблеми уніфікації маси поїздів	9
	1.2 Техніко-експлуатаційна характеристика напрямку	15
2	ОРГАНІЗАЦІЯ ВАГОНОПОТОКІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ	17
	2.1 Визначення маси вантажних поїздів на ділянках напрямку	17
	2.2 Тягові розрахунки на ділянках	20
	2.3 Розрахунок плану формування поїздів на напрямку	28
3	МЕТОДИКА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ З ВИЗНАЧЕННЯ МАСИ ПОЇЗДІВ	37
	3.1 Методика техніко-економічних розрахунків	37
	3.2 Взаємозв'язок норм маси поїздів з основними показниками експлуатаційної роботи	41
	3.3 Експлуатаційно-економічна ефективність підвищення маси вантажних поїздів	46
	3.4 Тягово-енергетичні фактори, які визначають норми маси поїздів	49
	3.5 Максимально можлива маса поїздів по довжині станційних колій та погонному навантаженню рухомого складу	50
	3.6 Взаємозв'язок між масою та швидкістю поїзда. Співвідношення розрахункової маси та швидкості поїзда	54
	3.7 Залежність швидкості на розрахунковому підйомі від маси поїзда	55
	3.8 Взаємозв'язок між масою поїзда, ходовою швидкістю та провізною спроможністю лінії	56
	3.9 Взаємозв'язок між нормами маси поїздів та перевізними витратами	58
4	ВИБІР КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНИХ ВАРІАНТІВ МАСИ ВАНТАЖНИХ ПОЇЗДІВ	67
	4.1 Вибір конкурентноспроможних варіантів норм маси	67
	4.2 Витрати пов'язані з застосуванням кратної тяги	69
	4.3 Уніфіковані норми маси поїздів та принципи їх вибору	69
	4.4 Заходи щодо зменшення забруднення від промислових підприємств	71
	4.5 Вибір оптимальної маси по погонним навантаженням	82
	4.6 Вибір оптимальної маси поїзда в сукупності з вибором локомотива та довжині приймально-відправних колій	91
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	99
	5.1 Організаційні заходи щодо забезпечення пожежної безпеки підприємств Укрзалізниці	104

5.2	Забезпечення пожежної безпеки на залізничній станції	107
6	ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	109
6.1	Робота Укрзалізниці над зменшенням негативного впливу залізничного транспорту на природне довкілля	112
	ВИСНОВКИ	114
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	116
	ДОДАТКИ	119

## ВСТУП

Залізничний транспорт забезпечує переміщення вантажів та перевезення багатомільйонного населення країни. На відміну від інших видів транспорту перевезення пасажирів та вантажів на залізницях здійснюється у будь-яку пору року і доби не залежно від кліматичних умов.

В сучасних умовах, на основі економічних реформ що проводяться на залізничному транспорті, повинне бути досягнуте підвищення ефективності та якості вантажних та пасажирських перевезень, безпосередньо пов'язаних з упровадженням інтенсивної технології і трудової дисципліни, повним забезпеченням безпеки руху поїздів, поліпшенням стилю і методів керівництва на всіх рівнях управління.

Актуальність теми.

Проблема економічно вигідної організації маси вантажних поїздів на ділянках залізничного напрямку завжди потребувала удосконалення у зв'язку з економічним та технічним прогресом у світі.

Маса поїзда – один з найважливіх показників роботи залізничного транспорту. Збільшення маси поїзда дає змогу підвищити провізну спроможність залізничних ліній, зменшення витрат палива та електроенергії, зменшення собівартості перевезень. Тому тема кваліфікаційної роботи, що пов'язана з оптимізацією маси вантажних поїздів і направлена на підвищення ефективності експлуатації залізниць є актуальною.

Мета і задачі дослідження.

Основою кваліфікаційної роботи є оптимізація маси вантажних поїздів на ділянці залізничного напрямку за допомогою розробки методики техніко - економічних розрахунків. Поставлена мета досягається в результаті розв'язання наступних задач:

— аналізу проблеми уніфікації маси поїздів;

— визначення маси вантажних поїздів на ділянках напрямку за допомогою тягових розрахунків;

— визначення оптимальної маси поїздів на ділянках за критерієм мінімальних приведених витрат;

— визначення часу ходу поїздів по перегонам та ходової швидкості.

Об'єктом дослідження є задана ділянка залізничного напрямку, яка складається з двохколіїних ділянок А – Б – В – Г – Д (Додаток А)

Предмет дослідження – техніко-економічних розрахунки, які дозволять вибрати оптимальний варіант маси поїздів на ділянках.

Методи дослідження: тягові розрахунки, вибір найкращого варіанту за заданим критерієм, математична статистика.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

— оптимізовано масу вантажних поїздів, яка склала 4700 т., на всьому залізничному напрямку А – Б – В – Г – Д. При цьому на ділянці Б – В буде застосовуватися подвійна тяга, а на ділянці В – Г буде виконуватися перелом маси в меншу сторону.

— Розроблена методика визначення оптимального варіанту маси вантажних поїздів може використовуватися на напрямках залізничного транспорту для практичних розрахунків.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається із вступу, шести розділів, висновку. Повний обсяг роботи – 123 сторінок; демонстраційні листи. Список використаних джерел із 29 найменувань.

# **1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ УНІФІКАЦІЇ МАСИ ПОЇЗДІВ ТА ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА НАПРЯМКУ**

## **1.1 Аналіз проблеми уніфікації маси поїздів**

Маса поїзда — це один з важливих показників роботи залізничного транспорту. Збільшення маси поїзда дає змогу підвищити провізну спроможність залізничних ліній, зменшення витрат палива та електроенергії, зменшення собівартості перевезень. Тому масу вантажного поїзда визначають виходячи з повного використання тягових якостей та потужності локомотива. Маса поїзда визначає, перш за все, розміри руху, необхідну потужність локомотивів і корисну довжину станційних колій. З масою поїзда пов'язані наявна провізна і пропускна спроможність залізничних ліній, а також ефективність їх використання, в певній мірі (при заданих типах локомотивів) швидкість руху, а відповідно і потреба у вагонному і локомотивному парках для виконання заданого обсягу перевезень. Маса поїзда визначає також експлуатаційні вимоги до потужності колій та споруд, параметром технічного оснащення залізничних станцій, конструкції вагонів і локомотивів, пристроями СЦБ.

Маса поїзда впливає на експлуатаційні та економічні показники роботи рухомого складу. З нею пов'язані продуктивність локомотивів, напруженість роботи і відповідно ступінь зносу верхньої будови колії, інтенсивність використання потужності локомотивів і характер динамічного впливу рухомого складу на інші пристрої які забезпечують надійність і безпеку руху.

Проблема вибору найвигіднішого значення маси вантажних поїздів присвячено багато досліджень: праці доктора технічних наук Черномирдіна Г.І. «Маса вантажних поїздів і корисна довжина станційних колій при електричній тязі» та «Методи розрахунку для вибору найвигіднішого значення маси та швидкості руху вантажних поїздів», кандидата технічних наук Пейсахзана Б.Е., присвячені вибору найвигідніших норм маси, а також відповідним їх довжини

станційних приймально - відправних колій і необхідної потужності тягових засобів на перспективу; праці доктора технічних наук Максимовича Б.М. і Фельдмана Е.Д., присвячені встановленню взаємозв'язку норм маси з експлуатаційно - економічними показниками роботи напрямків та вибору уніфікованих норм мас поїздів; дослідження Позамантира Е.І. про сфери вигідного застосування кратної тяги і роздільного формування вантажних поїздів. В працях Тихонова К.К. також достатньо досліджені питання техніко - економічної ефективності підвищення норм маси вантажних поїздів кратної тяги, також досліджувалась оптимальні рівні норм маси вантажних поїздів при заданому типі локомотива та довжині станційних колій. Вплив норм маси вантажних поїздів при заданому типі локомотива та довжині станційних колій, вплив норм мас поїздів на вибір оптимальної довжини ділянок обертання локомотивів, проблема вибору оптимальних норм маси передаточних поїздів у вузлах.

Так, не дивлячись на те, що графіком руху на кожному напрямку передбачена певна норма маси поїздів, практично маса відрізняється від цієї норми в широкому діапазоні. Це можна пояснити тим, що розрахункові норми маси поїздів встановлюються частіше за все виходячи з потужності тягових засобів і профілю колії, хоча існує обмеження на корисній довжині станційних колій. Також існує різниця між структурою вагонопотоків, тому поїзда можуть бути повноскладними або повномасними. Відхилення в бік маси поїзда нерідко пов'язано із застосуванням кратної тяги, а при відхиленні маси поїздів в менший бік від норми часто має місце недовикористання тягових засобів.

Відомо, що потужність тягових засобів можна використовувати або на збільшення маси, або на збільшення ходової швидкості поїзда. При досить різних фактичних масах поїздів і одному й тому самому типі локомотивів потужність їх може бути використано повністю, якщо кожен поїзд буде слідувати з максимальною швидкістю, яка відповідає його масі та потужності локомотива. Але і таке використання потужності тяги неможливе: у графіку руху поїзда незалежно від їх маси і тягових засобів прокладені з однією і тією ж розрахунковою ходовою

швидкістю, яка визначається найменшою питомою потужністю тяги. Якщо фактична питома потужність у тих чи інших поїздів вища за розрахункову, то потужність локомотива буде недовикористаною.

Якщо у окремій категорії поїздів фактична питома потужність тяги нижча за розрахункову, то необхідна кратна тяга.

Фактичні маси поїздів за даними вибіркової статистики розподілені наступним чином від 1000 до 5000 т і більше, причому приблизно 50% лежить в межах 2900 - 4400 т, середня фактична маса поїздів 3700 т, а розрахункова маса за графіком 4000 т. В межах імовірності фактичні маси поїздів відхиляються в той чи інший бік на 1300 т.

З фактичними масами поїздів бруutto, нетто та їх довжиною пов'язані такі важливі показники як відхилення маси нетто до маси бруutto завантаженого вагонопотоку (коефіцієнт  $\varphi$ ) і погінне навантаження рухомого складу. Вивчення фактичних розподілів всіх цих показників має важливе значення при виборі раціональних норм маси поїздів і системи тягового обслуговування.

Для виявлення характеру розподілу цих даних на одному з вантажонапружених двохколіїних напрямків, який складається з чотирьох ділянок, обмежених п'ятьма сортувальними станціями А, Б, В, Г, були зібрані статичні дані про масу бруutto, нетто та складі по роду вагонів, відправлених на лінію поїздів (окрім збірних, передаточних, вивізних та порожніх), окремо в парному та непарному напрямках.

По кожній з вказаних вище сукупностей, крім маси поїздів бруutto і нетто, виявлено тари додаткових статичних рядів:

- відношення до кожного складу маси бруutto до нетто;
- довжина кожного поїзда, м;
- погінне навантаження, т/пог.м.

Таким чином на кожній ділянці напрямку і в кожен бік аналізувалося по п'яти статичним сукупностям, а всього 30 статичних рядів по 1500-2000 значень в

кожному. По кожній сукупності використання групування даних в заданому інтервалі на умовне згладжування операційної емпіричної гистограми теоретичним розподілом. Відповідність імперичного розподілу теоретичному перевірялося по критерію Пірсона. При обробці кожної статичної сукупності були отримані наступні дані:

- групування в заданому інтервалі;
- емпірична гистограма щільностей ймовірностей;
- ординати кривої теоретичного розподілу;
- середньоарифметичне відхилення і дисперсія теоретичного розподілу;
- середньоквадратичне відхилення і дисперсія теоретичного.

На додатку Б наведені результати обробки всіх п'яти статичних сукупностей для однієї з ділянок.

При цьому слід відмітити, що фактичні маси поїздів в парному напрямку коливаються в межах 1750+4250 т, при чому 92 % всіх поїздів мають масу в більш вузьких межах 2250 – 3250 т. Гистограма теоретичного розподілу маси поїздів брутто і нетто близька до нормального закону з математичним сподіванням для мас поїздів брутто 2754 і нетто 1452 т. Як бачимо з гистограми емпіричного і теоретичного розподілу частоти і щільності імовірності фактичних мас поїздів брутто, середньоарифметична маса (математичне сподівання) поїздів брутто 2754 т не може бути розрахунковим, тому, що встановлену по ній ходову швидкість при одиночній тязі можуть витримати тільки 52,5 % всіх поїздів, для інших, щоб витримати швидкість, передбачену графіком, необхідна кратна тяга. Як бачимо, в якості розрахункової при побудові графіка на даній ділянці маса поїзда повинна бути 3250 т, що дозволить охопити одиночною тягою на заданій швидкості 99% поїздів. Але при розрахунковій масі потужність локомотива буде використовуватися повністю тільки у 20,5% поїздів, у інших поїздів потужність локомотивів буде недовикористана і тим більше, чим менша фактична маса поїзда. Це не означає, що диференційовані ходові швидкості краще паралельного графіка.

В такому випадку покращення використання тягових засобів супроводжувалося значеннями додатковими затратами поїздів в очікуванні відправлення по своїй «нитці графіка», з'явилися б обгони одних вантажних поїздів іншими і пов'язаний з цим додатковий коефіцієнт зйому. Вибір єдиної розрахункової (ходової) для побудови паралельного графіка руху прямої безпосередньо пов'язали з вибором вагових норм вантажних поїздів і системи тягового обслуговування. В подальшому все ж доцільно було перейти на диференційовані ходові швидкості вантажних поїздів різної маси.

Із гістограми емпіричного і теоретичного розподілу частоти і щільності імовірності фактичних мас поїздів нетто, як і брутто, також близький до нормального закону. Приблизно 44% всіх поїздів мають масу нетто в межах 1250 – 1750 т, середня маса нетто поїздів складає 1450 т.

В ще більшій мірі, ніж маса поїздів нетто і брутто. Як видно з гістограми емпіричного і теоретичного розподілу частот і щільностей ймовірності відношень мас поїздів нетто до брутто (коефіцієнтів  $\varphi$ ) відповідають нормальному закону розподілу, що відповідає положенням теорії ймовірності та математичної статистики. Середня величина (математичне сподівання) коефіцієнту  $\varphi$  на аналізованій ділянці складає 0,546 в парний бік.

Звичайно приймається в розрахунках величина коефіцієнта  $\varphi$  порядку 0,67, фактично має місце в даному випадку лише з ймовірністю не більше 2%. З ймовірністю 0,95 фактичний коефіцієнт  $\varphi$  на даній ділянці знаходиться в межах 0,42-0,67, тобто в доволі широкому діапазоні.

Як видно з гістограми емпіричного розподілу і умовного теоретичного розподілу частот і щільностей ймовірності довжина поїздів, приблизно 80% всіх поїздів мають довжину в межах 750-850 м при стандартній довжині (корисній) колій на ділянці 850 м, що дає право стверджувати, що поїзди формуються не по масовій нормі поїздів, а по уніфікованій довжині поїздів, тобто поїзди формуються не повномасними, а повносотавними. Лише приблизно 3% всіх поїздів уходять

довгосоставними і тільки 15% важковаговими (масою більше 3000 т мають довжину меншу можливої по вмістимості станційних колій). Лінія теоретичного розподілу довжини составів умовна, тому, що в дійсності емпіричний розподіл в даному випадку не відповідає нормальному закону. Це визвано тим що, корисна довжина колій є основним фактором, що обмежує величину составів, а в поєднанні з погінним навантаженням – основні фактори, що обмежують фактичну масу відправляємих поїздів.

Не дивлячись на деяку умовність нормального розподілу фактичних поїздів і безумовну невідповідність нормального закону фактичному розподілу довжини тих же поїздів, їх похідна величина – погінне навантаження, як видно з емпіричної і теоретичної гістограми розподілу практично по нормальному закону з математичним очікуванням 3,5 т/пог.м і середньоквадратичним відхиленням 0,6 т/пог.м, тобто для 67% всіх поїздів, які слідують на ділянці в парному напрямку характерні погонні навантаження в діапазоні 3 – 4 т/пог.м. Такі дані аналізу фактичної маси поїздів тільки на одній ділянці і лише в одному напрямку, але аналіз інших ділянок в обох напрямках показав, що при незначних розбіжностях результати даних характер залежності між показниками залишається тим же. Так видно з таблиці 2.1, що в парному напрямку від 90 до 100% всіх поїздів мають маси в межах 2000-3250 т, причому приблизно біля половини їх в діапазоні 2500-3000 т. Але доля поїздів з масою 3000-3250 т достатньо велика і коливається від 20 до 40%. В парному напрямку маси від 80-90% всіх поїздів коливаються в межах 2500-3500 т, причому на поїзди з масою 2500-3000 т на напрямку слідує тільки 20-30% всіх поїздів.

## 1.2 Техніко-експлуатаційна характеристика напрямку

В даній кваліфікаційній роботі розглянуто залізничний напрямок А – Д (Рисунок 1.1-1.2), який в свою чергу складається з чотирьох ділянок ( А – Б, Б – В, В – Г, Г – Д).

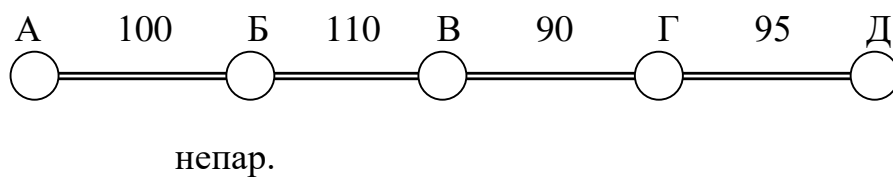


Рисунок 1.1 – Схема залізничного напрямку А – Д

На кожній ділянці розташовано по 5 проміжних станцій, залізничний напрямок повністю обладнано двоколіїним автоблокуванням.

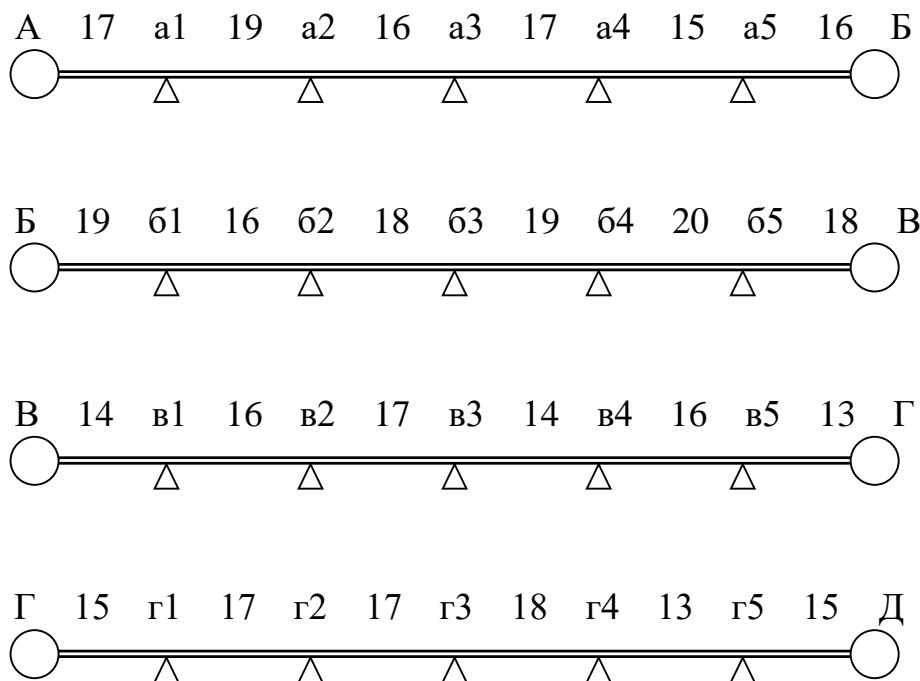


Рисунок 1.2 – Схеми ділянок напрямку

Жодна з ділянок не є електрифікована, тому залізничний напрямок А – Д обслуговується тепловозною тягою, а саме локомотивом 2ТЭ116.

Вантажний вагонопотік на напрямку має наступний вигляд:

Таблиця 1.1

Вантажний вагонопотік на напрямку

Станції	А	Б	В	Г	Д	Разом
А	Х	630	60	265	1345	2300
Б	845	Х	420	45	110	1420
В	95	370	Х	335	85	885
Г	105	290	310	Х	395	1100
Д	1125	60	55	585	Х	1825
Разом	2170	1350	845	1230	1935	7530

Таблиця 1.2

Технічна характеристика напрямку

Назва ділянок	Кількість головних колій	Засоби зв'язку на перегонах	Крутизна керуючого ухилу, %	Серія вантажного локомотива
А – Б	2	а/б	8	2ТЭ116
Б – В	2	а/б	10	2ТЭ116
В – Г	2	а/б	7	2ТЭ116
Г – Д	2	а/б	8	2ТЭ116

## 2 ОРГАНІЗАЦІЯ ВАГОНОПОТОКІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

### 2.1 Визначення маси вантажних поїздів на ділянках напрямку

Маса поїзда — це один з важливих показників роботи залізничного транспорту. Збільшення маси поїзда дає змогу підвищити провізну спроможність залізничних ліній, зменшення витрат палива та електроенергії, зменшення собівартості перевезень. Тому масу вантажного поїзда визначають виходячи з повного використання тягових якостей та потужності локомотива. Для обраного розрахункового підйому масу поїзда в тонах розраховуємо за формулою:

$$Q_{\text{бр}} = \frac{F_{\text{кр}} - (\omega'_0 + i_p)Pg}{(\omega''_0 + i_p)} \quad (2.1)$$

де  $F_{\text{кр}}$  — розрахункова сила тяги локомотива, згідно з завданням: локомотив 2ТЭ116, сила тяги  $F_{\text{кр}} = 19600$  Н [12, табл.13, стор. 294];

$P$  — розрахункова маса локомотива; згідно [6, табл.13, стор. 294];  $P = 276$  т.

$\omega'_0$  — основини питомий опір, Н/кН;

$\omega''_0$  — основний питомий опір состава, Н/кН;

$i_p$  — крутизна розрахункового підйому відповідно до завдання;

$g$  — прискорення вільного падіння,  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>.

Величина  $\omega'_0$  та  $\omega''_0$  визначають для розрахункової продуктивності локомотива ( $V_p = 24,2$  км/год).

Основний питомий опір локомотива розраховуємо за формулою:

$$\omega'_0 = 1,9 + 0,01V_p + 0,0003V_p^2 \quad (2.2)$$

Основний питомий опір состава в Н/кН визначаємо за формулою:

$$\omega_0'' = \omega_{он}'' \quad (2.3)$$

де  $\omega_{он}''$  – основний питомий опір 4 – вісних завантажених вагонів, Н/кН;

$$\omega_{он}'' = 0,7 + \frac{3 + 0,1V_p + 0,0025V_p^2}{q_{он}} \quad (2.4)$$

де  $q_{он}$  – маса, яка приходить на одну колісну пару 4 – вісного вагона, т/вісь; визначається як:

$$q_{он} = \frac{q_{бp}}{4} \quad (2.5)$$

де  $q_{бp}$  – маса брутто 4 – вісного вагона, згідно завдання  $q_{бp} = 82$  т.

$$q_{он} = 82 / 4 = 20,5 \text{ т.}$$

$$\omega_0' = 1,9 + 0,01 \cdot 24,2 + 0,0003 \cdot 24,2^2 = 2,3 \text{ Н/кН.}$$

$$\omega_{он}'' = 0,7 + \frac{3 + 0,1 \cdot 24,2 + 0,0025 \cdot 24,2^2}{20,5} = 1,03 \text{ Н/кН.}$$

Згідно з завданням на ділянках А – Б та Г – Д крутизна керуючого напрямку складає 9%, тому розрахуємо масу поїздів для ділянок А – Б, Б – В, В – Г, а для Г – Д маса поїзда буде такою як на ділянці А – Б.

Ділянка А – Б:  $i_p = 9\%$

$$Q_{бp}^{A-B} = \frac{496000 - (2,3 + 9) \cdot 276 \cdot 9,81}{(1,03 + 9) \cdot 9,81} = 4730 \text{ т.}$$

Приймаємо  $Q_{\text{бр}}^{A-B} = 4700$  т

Ділянка Б – В:  $i_p = 11$  ‰

$$Q_{\text{бр}}^{A-B} = \frac{496000 - (2,3 + 11) \cdot 276 \cdot 9,81}{(1,03 + 11) \cdot 9,81} = 3900 \text{ т.}$$

Ділянка В – Г:  $i_p = 7$  ‰

$$Q_{\text{бр}}^{A-B} = \frac{496000 - (2,3 + 7) \cdot 276 \cdot 9,81}{(1,03 + 7) \cdot 9,81} = 5977 \text{ т.}$$

Приймаємо  $Q_{\text{бр}}^{B-\Gamma} = 5950$  т

Кількість вагонів у поїзді визначаємо за формулою:

$$m = \frac{Q_{\text{бр}}}{q_{\text{бр}}} \quad (2.6)$$

Відповідно на ділянках напрямку кількість вагонів у складі поїздів дорівнює:

$$m_{A-B} = 4700:82 = 57 \text{ ваг.}$$

$$m_{B-B} = 3900:82 = 47 \text{ ваг.}$$

$$m_{B-\Gamma} = 5950:82 = 72 \text{ ваг.}$$

Довжина приймально - відправних колій (корисна) розраховується за формулою:

$$\ell_{\text{пол}} = m \cdot \ell_{\text{в}} + \ell_{\text{л}} + \ell_{\text{у}} \quad (2.7)$$

де  $\ell_{\text{в}}$  – довжина вагона, приймається 15 м;

$\ell_x$  – довжина локомотива, згідно [12, табл.13, стор. 294]  $\ell_x = 36$  м;

$\ell_y$  – неточність установки поїзд, приймається 10 м.

$$\ell_{пол}^{A-B} = 57 \cdot 15 + 36 + 10 = 901 \text{ м. Приймаємо } \ell_{пол}^{A-B} = 1050 \text{ м.}$$

$$\ell_{пол}^{B-B} = 47 \cdot 15 + 36 + 10 = 751 \text{ м. Приймаємо } \ell_{пол}^{B-B} = 850 \text{ м.}$$

$$\ell_{пол}^{B-\Gamma} = 72 \cdot 15 + 36 + 10 = 1126 \text{ м. Приймаємо } \ell_{пол}^{B-\Gamma} = 1250 \text{ м.}$$

## 2.2 Тягові розрахунки на ділянках

Тягові розрахунки виконуємо з метою визначення ходової швидкості руху поїздів. Для цього необхідно побудувати криві швидкості та часу руху поїзда розрахункової маси в парному та непарному напрямку.

Ходова швидкість визначається за формулою:

$$V_x^{nop} = L / \sum T_x \quad (2.8)$$

де  $L$  – довжина ділянки;

$\sum T_x$  – чистий час руху поїзда на ділянці.

В кваліфікаційній роботі тягові розрахунки виконано на ЕОМ. Результати розрахунків наведені в таблицях 2.1 – 2.6

На основі розрахунків визначаємо ходову швидкість в непарному та парному напрямках на ділянках А – Б, Б – В, В – Г, а також середню ходову швидкість:

$$V_x^{сер} = \frac{V_x^{пар} + V_x^{неп}}{2} \quad (2.9)$$

Ділянка А – Б:  $L = 110$  км;  $\sum T_x^{нен} = 81,33$  хв;  $\sum T_x^{нар} = 79,54$  хв.

$$v_x^{нен} = \frac{60 \cdot 110}{81,33} = 81,2 \text{ км/ГОД.}$$

$$v_x^{нар} = \frac{60 \cdot 110}{79,54} = 82,9 \text{ км/ГОД.}$$

$$v_x^{сер} = \frac{81,2 + 82,9}{2} = 82,1 \text{ км/ГОД.}$$

Ділянка Б – В:  $L = 90$  км;  $\sum T_x^{нен} = 74,49$  хв;  $\sum T_x^{нар} = 74,82$  хв.

$$v_x^{нен} = \frac{60 \cdot 90}{74,49} = 72,5 \text{ км/ГОД.}$$

$$v_x^{нар} = \frac{60 \cdot 90}{74,82} = 72,2 \text{ км/ГОД.}$$

$$v_x^{сер} = \frac{72,5 + 72,2}{2} = 72,4 \text{ км/ГОД.}$$

Ділянка В – Г:  $L = 110$  км;  $\sum T_x^{нен} = 90,67$  хв;  $\sum T_x^{нар} = 90,00$  хв.

$$v_x^{нен} = \frac{60 \cdot 110}{90,67} = 72,8 \text{ км/ГОД.}$$

$$v_x^{нар} = \frac{60 \cdot 110}{90,00} = 73,3 \text{ км/ГОД.}$$

$$v_x^{сер} = \frac{72,8 + 73,3}{2} = 73,1 \text{ км/ГОД.}$$

Таблиця 2.1

Тягові розрахунки для непарного напрямку ділянки А – Б

N	L, м	i,‰	$\omega$	v, км/год	T, хв.	RM, т·км
1	850	0,0	0,0	51,2	1,60	63,4
2	1500	-3,5	0,0	77,0	2,98	123,5
3	8000	-9,0	0,0	80,0	8,98	128,5
4	1300	-3,0	0,0	80,0	9,96	128,5
5	700	0,0	0,0	80,0	11,23	148,
6	2000	3,0	0,0	80,0	12,73	203,8
7	1800	2,5	0,0	80,0	14,08	248,7
8	1000	1,5	0,0	80,0	14,83	268,4
9	1700	0,0	0,0	80,0	16,11	288,8
10	1900	-5,0	0,0	80,0	17,53	1288,8
11	1800	-3,5	0,0	80,0	18,88	288,8
12	1550	0,0	0,0	80,0	20,05	307,5
13	3000	-2,8	0,0	80,0	22,30	307,5
14	1200	0,0	0,0	80,0	23,20	321,9
15	3850	4,0	0,0	79,7	26,09	446,2
16	1700	0,0	0,0	80,0	27,36	467,6
17	2500	-3,0	0,0	80,0	29,24	467,6
18	1400	0,0	0,0	80,0	27,36	467,6
19	7800	90,0	0,0	48,5	38,36	831,3
20	1850	-1,5	0,0	71,7	40,17	909,9
21	1700	0,0	0,0	80,0	41,48	944,0
22	1800	5,7	0,0	80,0	42,83	965,7
23	2550	0,0	0,0	74,4	44,82	1051,1
24	1500	-3,4	0,0	80,0	45,97	1087,4
25	3800	-2,7	0,0	80,0	48,84	1087,4
26	2300	0,0	0,0	80,0	50,54	1,87,4
27	1200	0,0	0,0	80,0	51,44	1101,8
28	2300	4,2	0,0	79,2	53,18	1176,3
29	2600	1,5	0,0	80,0	55,13	1230,2
30	1700	0,0	0,0	80,0	56,40	1250,6
31	3000	-5,0	0,0	80,0	58,65	1250,6
32	1500	-4,5	0,0	80,0	59,78	1250,6
33	1500	0,0	0,0	80,0	60,90	1268,7
34	2800	5,0	0,0	76,4	63,06	1361,2
35	2800	2,0	0,0	80,0	65,18	1435,5
36	2700	1,5	0,0	80,0	37,20	1488,8
37	1700	0,0	0,0	80,0	68,48	1509,2
38	2000	-3,5	0,0	80,0	69,98	1509,2
39	1300	-4,0	0,0	80,0	70,95	1509,2
40	1000	0,0	0,0	80,0	71,70	1521,3
41	7000	90,0	0,0		78,79	1820,0
42	800	0,0	0,0		79,65	1863,3
43	1200	-2,0	0,0	70,5	80,69	1908,2
44	850	0,0	0,0	80,0	81,88	

Таблиця 2.2

Тягові розрахунки для парного напрямку ділянки А – Б

N	L, м	i,‰	$\omega$	v, км/год	T, хв.	RM, т·км
1	2	3	4	5	6	7
44	850	0,0	0,0	51,2	1,60	63,4
43	1200	2,0	0,0	63,5	2,84	117,4
42	800	0,0	0,0	71,1	3,55	148,2
41	7000	-9,0	0,0	80,0	8,82	162,0
40	10000	0,0	0,0	80,0	9,57	174,0
39	1300	4,0	0,0	19,9	10,55	215,9
38	2000	3,5	0,0	80,0	12,05	276,4
37	1700	0,0	0,0	80,0	13,32	296,9
36	2700	-1,5	0,0	80,0	15,35	308,
35	2800	2,0	0,0	80,0	17,45	313,3
34	2800	-5,0	0,0	80,0	19,55	313,3
33	1500	0,0	0,0	80,0	20,67	331,4
32	1500	4,5	0,0	78,9	21,81	380,1
31	3000	5,0	0,0	75,4	24,14	480,6
30	1700	0,0	0,0	80,0	25,43	515,9
29	2600	-1,5	0,0	80,0	27,38	527,1
28	2300	-4,2	0,0	80,0	29,11	527,1
27	1200	0,0	0,0	80,0	30,1	541,6
26	2300	2,7	0,0	80,0	31,73	601,2
25	3800	3,4	0,0	80,0	34,58	713,4
24	1500	0,0	0,0	80,0	35,71	731,4
23	2550	-5,7	0,0	80,0	37,62	731,4
22	1800	0,0	0,0	80,0	38,97	753,1
21	1700	1,5	0,0	80,0	40,25	786,6
20	1850	0,0	0,0	80,0	41,63	808,9
19	7800	-9,0	0,0	80,0	47,48	808,9
18	1400	0,0	0,0	80,0	48,53	825,7
17	2500	3,0	0,0	80,0	50,41	894,4
16	1700	0,0	0,0	80,0	51,68	914,8
15	3850	-4,0	0,0	80,0	54,57	914,8
14	1200	0,0	0,0	80,0	55,47	929,2
13	3000	2,8	0,0	80,0	57,72	1008,5
12	1550	0,0	0,0	80,0	58,88	1027,2
11	1800	3,5	0,0	80,0	60,23	1081,2
10	1900	5,0	0,0	77,4	61,68	1143,6
9	1700	0,0	0,0	80,0	62,96	1172,3
8	1000	-1,5	0,0	80,0	63,71	1176,6
7	1800	-2,5	0,0	80,0	65,06	1176,6
6	2000	-3,0	0,0	80,0	66,56	1176,6
5	1700	0,0	0,0	80,0	67,84	1197,1
4	1300	3,0	0,0	80,0	68,81	1232,8
3	8000	9,0	0,0	48,4	77,18	1590,3
2	1500	3,5	0,0	31,6	78,76	1660,7
1	850	0,0	0,0	69,8	79,54	1694,4

Таблиця 2.3

## Тягові розрахунки для непарного напрямку ділянки Б – В

N	L, м	$i, \%$	$\omega$	$v$ , км/год	T, хв.	RM, т·км
1	2	3	4	5	6	7
1	850	0,0	0,0	54,3	1,49	60,1
2	2000	-3,5	0,0	80,0	3,18	113,9
3	1800	-4,5	0,0	80,0	4,53	113,9
4	3300	0,0	0,0	80,0	7,00	148,2
5	1900	5,5	0,0	78,8	8,44	209,9
6	2850	2,5	0,0	80,0	10,58	274,0
7	1450	1,5	0,0	80,0	11,67	298,6
8	1700	0,0	0,0	80,0	12,94	316,3
9	2250	2,0	0,0	80,0	14,63	359,3
10	2400	3,5	0,0	80,0	16,43	420,8
11	1600	0,0	0,0	80,0	17,63	437,6
12	3800	-2,0	0,0	80,0	20,48	443,9
13	1500	-3,5	0,0	80,0	21,24	443,9
14	2200	0,0	0,0	80,0	23,26	466,8
15	1550	4,0	0,0	80,0	24,42	510,0
16	1700	0,0	0,0	80,0	27,04	527,7
17	1800	-4,0	0,0	80,0	27,04	527,7
18	1500	-2,5	0,0	80,0	28,17	527,7
19	6500	-11,0	0,0	80,0	33,04	527,7
20	1000	0,0	0,0	80,0	33,79	538,1
21	2300	3,0	0,0	80,0	35,52	592,1
22	1150	6,5	0,0	77,7	36,39	329,7
23	2000	4,5	0,0	79,7	37,92	695,3
24	1800	0,0	0,0	80,0	39,27	713,9
25	2600	-2,5	0,0	80,0	41,22	713,9
26	2800	-3,0	0,0	80,0	43,32	713,9
27	3900	0,0	0,0	80,0	46,24	754,5
28	3000	3,5	0,0	74,8	48,58	854,9
29	1900	4,0	0,0	78,9	50,06	918,7
30	1800	0,0	0,0	50,0	51,41	939,5
31	2000	-3,0	0,0	80,0	52,91	939,5
32	1300	0,0	0,0	80,0	53,88	953,1
33	6000	11,0	0,0	48,7	60,00	1216,1
34	1000	0,0	0,0	66,1	61,04	1261,1
35	1950	-1,5	0,0	80,0	62,58	1304,8
36	1000	-2,0	0,0	80,0	63,33	1306,5
37	1700	0,0	0,0	80,0	64,61	1324,2
38	1350	6,5	0,0	77,3	65,64	1368,4
39	2000	0,0	0,0	80,0	67,14	1395,9
40	2600	-5,0	0,0	80,0	36,06	1395,9
41	3000	0,0	0,0	80,0	71,34	1427,2
42	1500	4,0	0,0	80,0	72,47	1468,9
43	1850	2,0	0,0	80,0	73,85	1504,3
44	850	0,0	0,0	74,49	74,49	1513,2

Таблиця 2.4

Тягові розрахунки для парного напрямку ділянки Б – В

N	L, м	i,‰	$\omega$	v, км/год	T, хв.	RM, т·км
1	2	3	4	5	6	7
44	850	0,0	0,0	54,3	1,49	60,1
43	1850	-2,0	0,0	80,0	3,10	123,6
42	1500	-4,0	0,0	80,0	4,22	123,6
41	3000	0,0	0,0	80,0	3,47	154,8
40	2600	5,0	0,0	80,0	8,42	238,5
39	2000	0,0	0,0	80,0	9,92	259,3
38	1350	-6,5	0,0	80,0	9,92	259,3
37	1700	0,0	0,0	80,0	12,21	277,0
36	1000	2,0	0,0	80,0	12,86	286,1
35	1950	1,5	0,0	80,0	14,42	32,9
34	1000	0,0	0,0	80,0	15,17	339,6
33	6000	-11,0	0,0	80,0	19,67	339,6
32	1300	0,0	0,0	80,0	20,65	353,1
31	2000	3,0	0,0	80,0	22,15	400,1
30	1800	0,0	0,0	80,0	23,50	418,8
29	1900	-4,0	0,0	80,0	24,92	418,8
28	3000	-6,5	0,0	80,0	27,17	418,8
27	3900	0,0	0,0	80,0	30,10	459,4
26	2800	3,0	0,0	80,0	32,20	525,2
25	2600	2,5	0,0	80,0	24,15	580,6
24	1800	0,0	0,0	80,0	35,50	599,3
23	2000	-4,5	0,0	80,0	37,00	599,3
22	1150	-6,5	0,0	80,0	37,86	599,3
21	2300	-3,0	0,0	80,0	39,59	599,3
20	1000	0,0	0,0	80,0	40,34	609,7
19	6500	11,0	0,0	48,2	47,08	899,3
18	1500	2,5	0,0	66,4	48,62	966,4
17	1800	4,0	0,0	73,4	50,16	1032,6
16	1700	0,0	0,0	80,0	51,56	1067,8
15	1550	-4,0	0,0	80,0	52,62	1067,8
14	2200	0,0	0,0	80,0	54,27	1090,7
13	1500	3,5	0,0	80,0	55,40	1129,2
12	3800	2,0	0,0	80,0	58,25	1201,9
11	1600	0,0	0,0	80,0	59,45	1218,5
10	2400	-3,5	0,0	80,0	62,25	1218,5
9	2250	-2,05	0,0	80,0	62,93	1222,3
8	1700	0,0	0,0	80,0	64,21	12,40,0
7	1450	-1,5	0,0	80,0	65,30	1245,6
6	2850	-2,5	0,0	80,0	67,43	1245,6
5	1900	-5,5	0,0	80,0	68,85	1245,6
4	3300	0,0	0,0	80,0	71,33	1279,9
3	1800	4,5	0,0	80,0	72,68	1334,0
2	2000	3,5	0,0	80,0	74,48	1385
1	850	0,0	0,0	80,0	74,82	1384,2

Таблиця 2.5

## Тягові розрахунки для непарного напрямку ділянки В – Г

N	L, м	$i, \%$	$\omega$	$v$ , км/год	T, хв.	RM, т·км
1	2	3	4	5	6	7
1	1000	0,0	0,0	49,9	1,93	75,9
2	2000	-1,5	0,0	73,4	3,85	158,9
3	9500	-7,0	0,0	80,0	10,99	172,4
4	500	0,0	0,0	820,0	11,36	179,7
5	1000	2,5	0,0	80,0	12,11	210,2
6	3700	0,0	0,0	80,0	14,89	264,1
7	1450	+1,5	0,0	80,0	15,97	271,3
8	1700	0,0	0,0	80,0	17,25	296,1
9	2000	-2,0	0,0	80,0	18,75	2,99,7
10	2500	-3,5	0,0	80,0	20,62	299,7
11	2800	0,0	0,0	80,0	22,72	340,5
12	4500	5,0	0,0	68,4	26,40	498,1
13	1750	3,0	0,0	70,7	27,90	562,8
14	1750	2,5	0,0	73,6	39,36	625,3
15	1700	0,0	0,0	80,0	30,67	674,9
16	6300	5,0	0,0	65,6	35,96	902,1
17	1850	0,0	0,0	76,7	37,52	696,1
18	4000	-3,0	0,0	80,0	40,52	980,7
19	2800	-4,5	0,0	80,0	42,62	980,7
20	2200	-1,5	0,0	80,0	44,27	991,7
21	2000	0,0	0,0	80,0	45,77	1020,8
22	2000	5,0	0,0	74,1	47,33	1089,7
23	2300	1,5	0,0	79,6	49,12	1165,1
24	1900	0,0	0,0	80,0	50,55	1194,5
25	4000	-2,0	0,0	80,0	53,55	1201,8
26	2800	-5,5	0,0	80,0	55,65	1201,8
27	3000	-2,5	0,0	80,0	58,65	1209,1
28	2000	0,0	0,0	80,0	59,40	1223,6
29	1000	3,0	0,0	79,7	60,15	1255,9
30	10000	7,0	0,0	48,3	70,64	1706,8
31	850	0,0	0,0	59,2	71,58	1747,7
32	3050	-4,5	0,0	80,0	74,03	1801,6
33	3250	-2,5	0,0	80,0	76,47	1807,5
34	1700	0,0	0,0	80,0	77,74	1832,2
35	2000	2,0	0,0	80,0	79,24	1886,8
36	1500	4,5	0,0	76,5	80,39	1936,3
37	2100	0,0	0,0	80,0	81,98	1980,7
38	2500	-3,0	0,0	80,0	83,85	1980,7
39	1800	-2,0	0,0	80,0	85,20	1974,4
40	2200	-4,0	0,0	80,0	86,85	1984,0
41	1000	0,0	0,0	80,0	87,60	1998,5
42	1950	3,5	0,0	78,1	89,09	20,62,1
43	1250	1,5	0,0	80,0	96,08	2100,0
44	850	0,0	0,0	80,0	99,87	2172,3

Таблиця 2.6

Тягові розрахунки для парного напрямку ділянки В – Г

N	L, м	$i, \%$	$\omega$	$v, \text{км/год}$	T, хв.	RM, т·км
1	2	3	4	5	6	7
44	850	0,0	0,0	47,4	1,75	67,8
43	1250	-1,5	0,0	65,5	3,06	125,0
42	1950	-3,5	0,0	80,0	4,62	169,4
41	1000	0,0	0,0	80,0	5,37	174,0
40	2200	4,0	0,0	76,5	7,05	256,6
39	1800	2,0	0,0	79,2	4,44	316,3
38	2500	3,0	0,0	78,7	10,34	398,0
37	2100	0,0	0,0	80,0	11,97	434,0
36	1500	-4,5	0,0	80,0	13,04	434,0
35	2000	-2,0	0,0	80,0	14,54	437,6
34	1700	0,0	0,0	80,0	15,82	462,3
33	3250	2,0	0,0	80,0	18,26	551,1
32	3050	4,5	0,0	73,4	20,65	654,0
31	850	0,0	0,0	77,7	21,32	683,0
30	10000	-7,0	0,0	80,0	28,83	688,0
29	1000	-3,0	0,0	80,0	28,83	688,0
28	2000	0,0	0,0	80,0	30,33	702,5
27	3000	2,0	0,0	80,0	33,33	811,7
26	2800	5,5	0,0	70,1	35,57	908,3
25	4000	2,0	0,0	78,3	38,79	1046,7
24	1900	0,0	0,0	80,0	40,22	1080,6
23	2300	-1,5	0,0	80,0	41,94	1092,1
22	2000	-5,0	0,0	80,0	43,44	1092,1
21	2000	0,0	0,0	80,0	44,94	1174,3
20	2200	1,5	0,0	80,0	46,59	1174,3
19	2800	4,5	0,0	73,9	48,78	1268,4
18	4000	3,0	0,0	75,6	51,99	1406,5
17	1850	0,0	0,0	80,0	53,40	1451,2
16	6300	-5,0	0,0	80,0	58,12	1451,2
15	1700	0,0	0,0	80,0	59,40	1475,9
14	1750	-2,5	0,0	80,0	60,71	1475,9
13	1750	-3,0	0,0	80,0	62,02	1475,9
12	4500	-5,0	0,0	80,0	65,40	1475,9
11	2800	0,0	0,0	80,0	67,50	1516,7
10	2500	3,5	0,0	77,7	69,40	1598,5
9	2000	2,0	0,0	80,0	70,92	1662,6
8	1700	0,0	0,0	80,0	72,20	1687,3
7	1450	1,5	0,0	80,0	73,28	1722,3
6	3700	0,0	0,0	80,0	76,06	1776,1
5	1000	-2,5	0,0	50,0	76,82	1776,1
4	500	0,0	0,0	80,0	77,18	1783,4
3	9500	4,0	0,0	48,5	87,03	2206,6
2	2000	1,5	0,0	64,6	59,12	2297,2
1	1000	0,0	0,0	71,5	90,00	2335,1

## 2.3 Розрахунок плану формування поїздів по напрямку

Правильна організація вагонопотоків є однією з основних задач експлуатаційної роботи залізничного транспорту.

Організація вагонопотоків в поїзди проводиться за планом формування, який визначає рід та призначення (тобто станції розформування) поїздів та груп вагонів, які формуються на залізничних станціях.

Система організації вагонопотоків встановлює найбільш економічний шлях їх прямування, раціональне роз приділення між технічними станціями сортувальної роботи по формуванню та розформуванню поїздів з навантажених та порожніх вагонів. План формування відправницьких маршрутів, а також інших поїздів з місцевих вагонопотоків.

Оптимізація системи організації вагонопотоків забезпечує:

- Підвищення продуктивності вагонопотоків по сортувальним станціям і зменшення числа переробок вагонів на шляху слідування;
- Прискорення доставки вантажів і просування порожніх вагонів в пункти навантаження;
- Зростання продуктивності поїзних локомотивів та бригад шляхом збільшення маси та складу поїздів, що слідують без відчепки локомотивів на всьому протязі діляниць їх обертання;
- Інтенсивне використання маневрових локомотивів, сортувальних пристроїв та колійного розвитку станції;
- Зменшення вартості переробки вагонів та зниження собівартості перевезень;
- Метою розрахунку плану формування поїздів є найбільш доцільний розподіл між технічними станціями (сортувальними та діляничними) роботи по організації вагонопотоків в поїзді.

Виділення вагонопотоку в окреме призначення одногрупних наскрізних поїздів допускається тільки в тому випадку, якщо задовольняється необхідна умова:

$$N \sum T_{ек} \geq cm \quad (2.10)$$

Де  $N$  – середньодобовий розмір переміщення вагонопотока, вагонів;  
 $\sum T_{ек}$  – загальна приведена економія на один вагон потоку  $N$  при пропуску його без переробки на станції, год;  
 $c$  – параметр накопичення, год;  
 $m$  – кількість вагонів у складі поїзда;  
 $T_{ек}$  – визначається за формулою.

$$T_{ек} = t_{ек} + r_{в} + r_{л} \quad (2.11)$$

Де  $t_{ек}$  – норма економії вагоно-годин на 1 вагон потоку  $N$  при пропуску його без переробки на станції, год;  
 $r_{в}$  – еквівалент переробки вагонів (приведена до вартості 1 вагоно-години економії від скорочення переробки одного вагона), год;  
 $r_{л}$  – еквівалент економії локомотиво та бригадо–годин (приведена до вартості 1 вагоно-години економії від скорочення простою локомотива і часу роботи бригади на станції перегону локомотивів від одних поїздів до інших), год;  
 Еквівалент економії локомотиво та бригадо–годин (приведена до вартості 1 вагоно-години економії від скорочення простою локомотива і часу роботи бригади на станції перегону локомотивів від одних поїздів до інших), год;  
 Якщо для одного струменя вагонопотоку витрати на накопичення перебиваються збереженням вагоно-години одній з попутних технічних станцій з

найменшою розрахунковою економією, то струмись завжди виділяється в окреме призначення.

Тоді струмені вагонопотоку задовольняють загальній умові:

$$N \cdot \min T_{ек} \geq ct \quad (2.12)$$

В процесі розрахунку оптимального варіанту плану формування поїздів до них можуть приєднуватися більш віддалені струмені вагонопотоку.

План формування однорідних поїздів можна розраховувати методами абсолютного розрахунку або аналітичним.

Метод абсолютного розрахунку полягає в підрахунках та порівняннях показників всіх можливих можливих варіантів шляхом плану формування поїздів або в послідовному виборі кращого з них шляхом виключення груп завідомо невігідних варіантів.

Цей метод застосовується при розрахунках формування однорідних поїздів для напрямків з обмеженою кількістю технічних станцій – від трьох до шести.

Зручно розраховувати по таблицям, в яких для варіантів плану формування підраховуються основні показники: кількість перероблюваних вагонів, кількість призначень, витрати приведених вагоно-годин з розподілом їх на накопичення і переробку вагонів.

Оптимальним є варіант з мінімальними витратами приведених вагоно-годин.

Якщо цей варіант по умовам колійного розвитку або перероблюючої спроможності окремих станцій не може бути реалізований, то обирається інший варіант з можливо меншими витратами приведених вагоно-годин, який задовольняє технічному розвитку кожної станції напрямку.

Для розрахунку плану формування необхідно визначити розрахункові параметри та еквіваленти. Серед них:

— параметр накопичення для вантажних поїздів на станціях напрямку (с);

— час приведеної економії від прослідкування вагону через технічні станції без переробки ( $T_{ек}$ );

— склад поїзда ( $m$ );

Параметр накопичення вагонів залежить від кількості призначень на станції, потужності вагонопотоку та інших.

Для вантажних поїздів цей параметр можна визначити за формулою:

$$c = 12 \left( 1 - \frac{2}{k + 10} \right) \quad (2.13)$$

де  $k$  – кількість призначень плану формування поїздів.

У кваліфікаційній роботі значення параметра  $c$  для поїздів, що складаються з завантажених вагонів, в залежності від кількості призначень (в цілому по станції або системі) приймаємо згідно [2, табл. 5.2, стор. 42].

Час  $T_{ек}$  залежить від типу сортувальної станції, кількості головних колій на підходах, характеристики пристроїв СЦБ та зв'язку. Характер пропуску через станцію локомотивів. На залізничному напрямку станції А, Д, В – сортувальні, а Б, Г – безгірочні сортувальні станції. Згідно [8, табл. 5.9, стор. 50], для А, Д, В  $t_{ек} = 2,7$  год при гірочному технічному інтервалі який дорівнює 16 хв, та двох локомотивах при формуванні. Для станції Б, Г  $t_{ек} = 4,6$  год при тривалості на розформування / формування поїздів 20 хв, двох маневрових локомотивах згідно [8, табл. 5.10, стор. 50].

Еквівалент переробки  $r_e$  згідно [8, табл. 5.14, стор. 55] при послідовному розташуванні парків прийому, сортувального і парку відправлення для станції А, Д, В з механізованими сортувальними  $r_e = 1,3$  год (односторонні сортувальні станції). Для станцій Б, Г  $r_e = 3,3$  год.

Еквівалент пробки  $r_n$  згідно [8, табл. 5.15, стор. 57] при автоблокуванні, двох головних коліях на перегоні, до 25-ти пасажирських поїздів, до 50 поїздів (2500 вагонів) для станцій А, Д, В, Б, Г  $r_n = 1,3$  год.

Параметр та еквіваленти для розрахунків плану формування поїздів зводимо в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7

## Розрахункові параметри плану формування поїздів

Станції	$m^*$	$c$	$t_{ек}$	$r_6$	$r_n$	$T_{ек}$
А	57	10,7	2,7	1,3	1,3	5,3
Б	47/57	9,7	4,6	3,3	1,3	9,2
В	72/47	9,7	2,7	1,3	1,3	5,3
Г	57/72	9,7	4,6	3,3	1,3	9,2
Д	57	10,7	2,7	1,3	1,3	5,3

Примітка: \* — у чисельнику вказана кількість вагонів у складі поїздів, які формуються станціями у непарному напрямку, у знаменнику вказана кількість вагонів у складі поїздів, які формуються станція в парному напрямку.

Для розрахунку плану формування напрямок ділиться на дві розрахункові частини непарну та парну. На заданому напрямку п'ять технічних станцій, що дає можливість застосовувати метод абсолютного розрахунку.

Далі будемо графіки вагонопотоків для кожної частини напрямку (рисунки 2.1-2.2). Розрахунок плану формування виконуємо за допомогою таблиць (таблиці 2.8-2.9). В таблиці заповнюємо всі не закреслені клітки шляхом обчислення за формулами, які відносяться для кожного стовбця (у лівій частині таблиці) і кожній строчці в правій її частині. Порівнянням загальних витрат приведених вагоно-годин встановлюємо оптимальний варіант. Схеми оптимальних варіантів для кожної частини напрямку наведені на рисунках 2.3 – 2.4.

Таблиця 2.8

Розрахунок плану формування для непарного напрямку А – Д.

		Призначення плану формування поїздів по станціям																				
		По станції Б		В,Г,Д		В,Г,Д		В,Г,Д		В,Г,Д												
		По станції В		Г,Д		Г,Д		Г,Д		Г,Д												
		По станції Г		Д		Д		Д		Д												
Вагонопотоки	Розрахунок плану формування по п'яти станціям	Накопичення		По станції Б	1368	912	912	456	1368	912	912	456	912									
		Перероб		По станції В	1398	1398	1398	1398	699	699	699	699	699	1398								
		Перероб		По станції Г	553	553	553	553	553	553	553	553	553	553								
		Перероб		$N_{БД} T_{ек}^B$				535					535	535								
		Перероб		$N_{БД} T_{ек}^Г$			223		223		223		223									
		Разом по станціям Б,В,Г		3319	3086	3792	3165	3301	3068	3774	4076	3398										
Призначення плану формування	К-сть призначень	Приведені вагоно-години																				
		Накопичення	переробки						Разом по станції А													
	$N_{АД} T_{ек}^B$		$N_{АГ} T_{ек}^B$	$N_{АВ} T_{ек}^B$	$N_{АД} T_{ек}^В$	$N_{АГ} T_{ек}^В$	$N_{АД} T_{ек}^Г$															
Б,В,Г,Д	4	2440						2440	5759	5526	5232	5605	5741	5508	6214	6516	5838					
Б+В,Г,Д	3	1830						2364	5683	5450	6156	5529	5665	5432	6138	6440	5762					
Б,В+Г,Д	3	1830					2254	4084	7403	7170	7876	7249	7385	7152	7858	8160	7482					
Б,В,Г+Д	3	1830						11518	13348	16667	16434	17140	16513	16649	16416	17122	17424	16746				
Б+В,Г+Д	2	1220			534			11518	13272	16591	16358	17054	16437	16573	16340	17046	17348	16670				
Б+В+Г,Д	2	1220		2254	534			4008	7327		7800		7309		7782		7406					
		1220		2254	534		2254	6262		9348		9427		9330		10338						
Б,В+Г+Д	2	1220				6636	2254	10110	13429	13196	13902	13275					13508					
		1220				6636	2254	11518	21628					24929	24696	25402	25704					
Б+В+Г+Д	1	610	11518	2254	534			14916	18235				18217									
		610	11518	2254	534	6636		21552														24950
		610	11518	2254	534		2254	17170		20256					20238							
		610	11518	2254	534		11518	26434			30226					30208						
		610	11518	2254	534	6636	2254	11518	23806			26971										
Б+Г,В,Д	3	1830		2254				4084	7403		7816		7385		7858		7482					
Б+Д,В,Г	3	1830	11518					13348		16434			16649	16416								
Б,В+Д,Г		1830				6636		8466		11552	12258	11631										11864
	2	1220		2254		6636		10110														13508
	2	1220	11518				2254	14992		18078												
	2	1220	11518		534			13272														
		1220	11518		534	6636		19968														
Б+Г+Д,В	2	1220	11518	2254				14992														
		1220	11518	2254				11518	26510													

Таблиця 2.9

Розрахунок плану формування для парного напрямку А – Д

Вагопоголки		Призначення плану формування поїздів по станціям																
		По станції Г		В,Б,А	В+Б, А	В,Б+, А	В+Б+, А	В,Б,А	В+Б, А	В,Б+, А	В+Б+, А	В+А, Б						
Розрахунок плану формування по п'яти станціям		По станції В		Б,А	Б,А	Б,А	Б,А	Б+А	Б+А	Б+А	Б+А	Б+А	Б+А	Б+А				
Вагопоголки		По станції Б		А	А	А	А	А	А	А	А	А	А					
		Накопичення		По станції Г	2097	1398	1398	399	2097	1398	1398	699	1398					
Вагопоголки		Накопичення		По станції В	912	912	912	912	456	456	456	456	912					
		Накопичення		По станції Б	553	553	553	553	553	553	553	553	553					
Вагопоголки		Перероб		$N_{ГА} T_{ек}^B$	X		509		X		509		509					
		Перероб		$N_{ГВ} T_{ек}^B$	X		1564		1564		X		1564		X			
Вагопоголки		Перероб		$N_{ГА} T_{ек}^Г$	X		883		X		883		883					
		Перероб		$N_{ВА} T_{ек}^Г$	X		773		773		773		773					
Розрахунок плану формування по п'яти станціям		Разом по станціям Г,В,Б		3562	4427	3746	4237	3879	4744	4063	5437	3372						
Призначення плану формування	К-сть призначень	Приведені вагоно-години							Разом по станції Д	X								
		Накопичення	переробки							X	X							
	$N_{ДА} T_{ек}^Г$		$N_{ДБ} T_{ек}^Г$	$N_{ДВ} T_{ек}^Г$	$N_{ДА} T_{ек}^B$	$N_{ДБ} T_{ек}^B$	$N_{ДА} T_{ек}^B$		X									
Г,В,Б,А	4	2440	X	X	X	X	X	2240	6002	6867	6186	6677	6319	7184	6503	7877	5812	
Г+В,Б,А	3	1830	X	X	442	X	X	2272	5834	6699	6018	6509	6151	7016	6335	7709	5644	
Г,В+Б,А	3	1830	X	X	X	X	265	2095	5657	6522	5841	6332	5974	6839	6158	7532	5467	
Г,В,Б+А	3	1830	X	X	X	X	X	10304	12134	15696	16561	15880	16371	16013	16878	16197	17571	15506
Г+В,Б+А	2	1220	X	X	442	X	X	10304	11966	15528	16393	15742	16203	15845	16710	16029	17403	15338
Г+В+Б,А	2	1220	X	460	442	X	X	2122	5684	X	5868	X	3001	X	6185	X	5494	
		1220	X	460	442	X	265	2387	X	6814	X	6624	X	7131	X	7824	X	
Г,В+Б+А	2	1220	X	X	X	5936	265	7421	10983	11848	11167	11658	X	X	X	X	10793	
		1220	X	X	X	5936	265	10304	17725	X	X	X	21604	22469	21788	23162	X	
Г+В+Б+А	1	610	10304	460	442	X	X	11816	15378	X	X	X	15695	X	X	X	X	
		610	10304	460	442	X	X	17752	X	X	X	X	X	X	X	X	21124	
		610	10304	460	442	X	265	12081	X	16508	X	X	X	16825	X	X	X	
		610	10304	460	442	X	X	10304	22120	X	25866	X	X	X	26183	X	X	
		610	10304	460	442	5936	265	18017	X	X	22254	X	X	X	X	X	X	
		610	10304	460	442	5936	265	10304	28321	X	X	X	X	X	X	X	33758	
Г+Б,В,А	3	1830	X	460	X	X	X	2290	5852	X	6036	X	6169	X	6353	X	5662	
Г+А,В,Б	3	1830	10304	X	X	X	X	12134	15696	15561	X	X	16013	16878	X	X	X	
Г,В+А,Б	3	1830	X	X	X	5936	X	7766	11328	X	11512	12003	X	X	X	X	11138	
Г+Б,В+А	2	1220	X	460	X	5936	X	4616	X	X	11362	X	X	X	X	X	10988	
Г+А,В+Б	2	1220	10304	X	X	X	265	11739	15351	X	X	X	15662	X	X	X	X	
Г+В+А,Б	2	1220	10304	X	442	X	X	11966	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		1220	10304	X	442	5936	X	17902	X	X	X	X	X	X	X	X	21274	
Г+Б+А,В	2	1220	10304	460	X	X	X	11984	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		1220	10304	460	X	X	X	10304	22288	X	26034	X	X	26351	X	X	X	

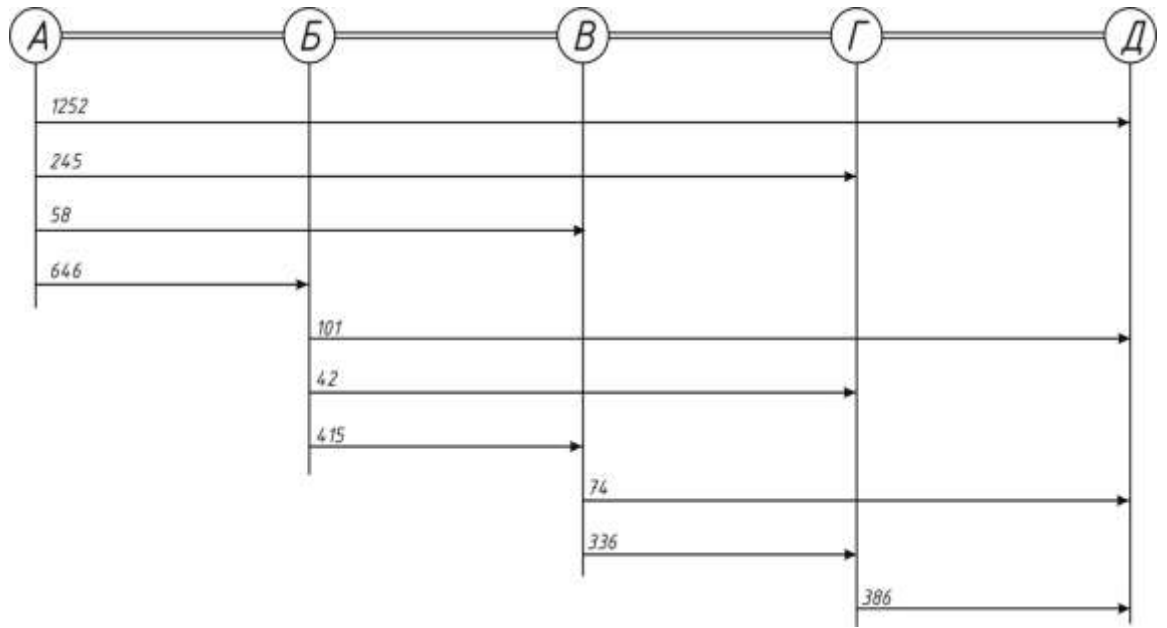


Рисунок 2.1 — Ступінчатий графік вагонопотоків непарного напрямку А – Д

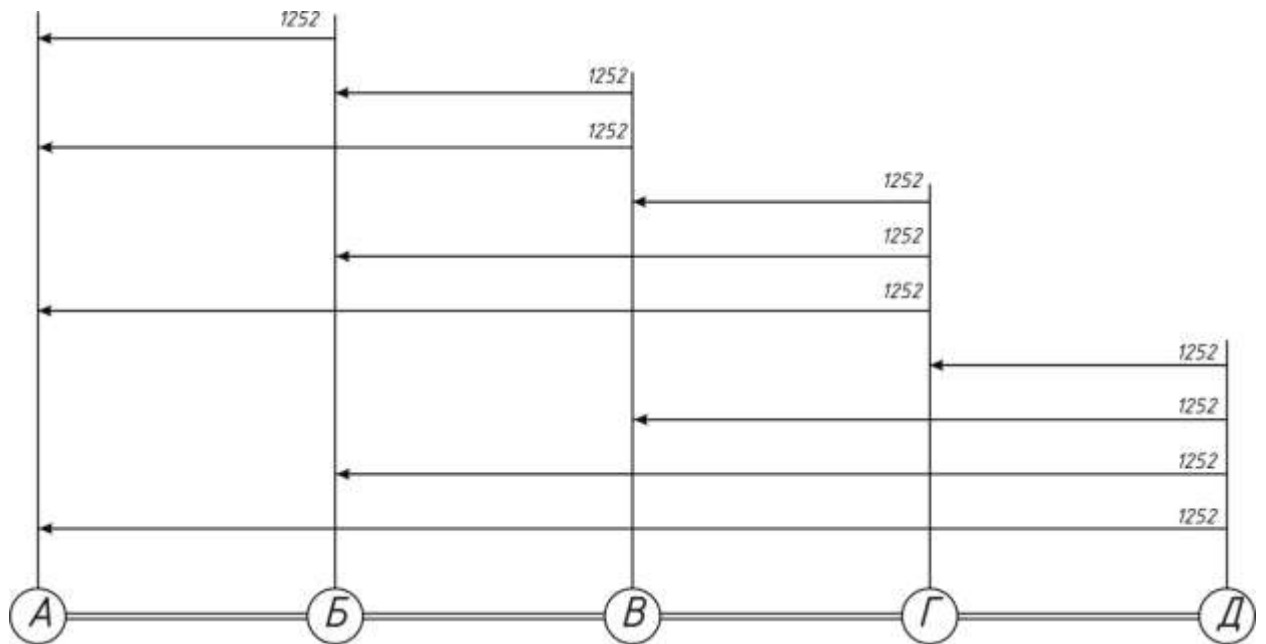


Рисунок 2.2 — Ступінчатий графік вагонопотоків парного напрямку А – Д

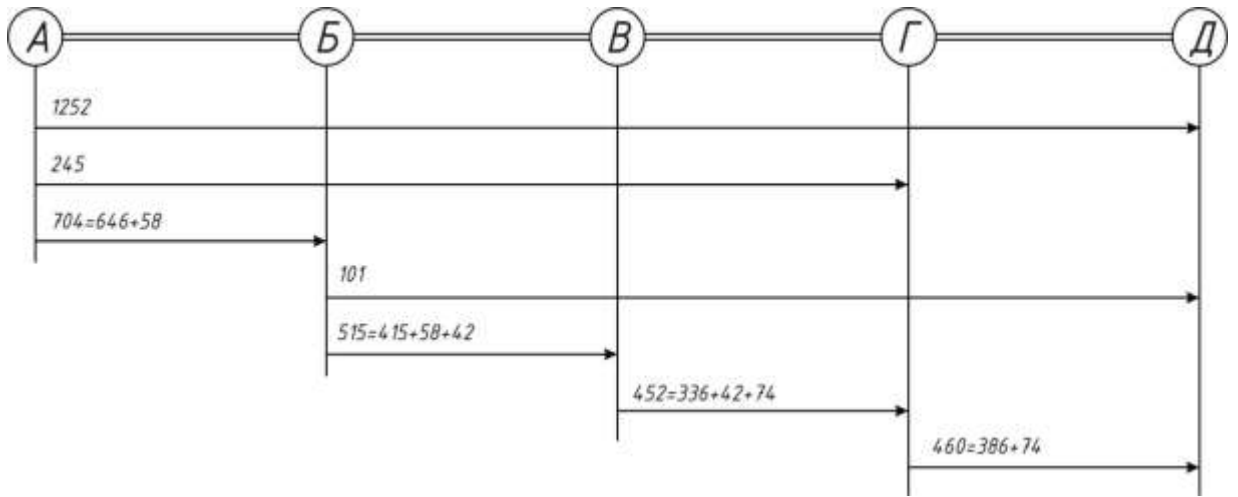


Рисунок 2.3 — Оптимальний варіант плану формування для непарного напрямку  
А – Д

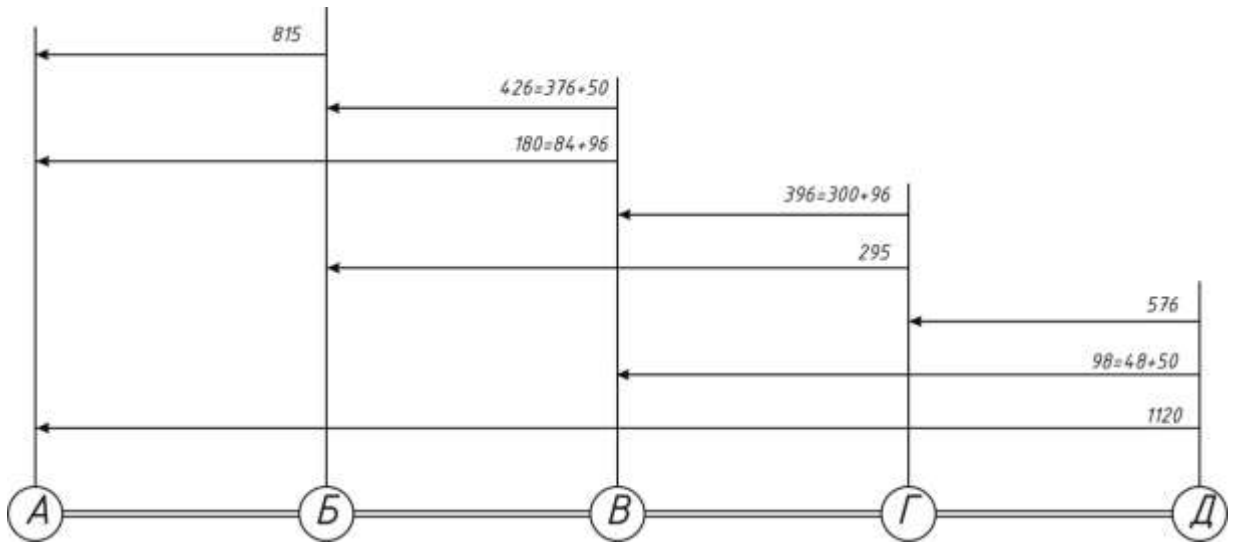


Рисунок 2.4 — Оптимальний варіант плану формування для парного напрямку  
А – Д

## **3 МЕТОДИКА ТЕХНІКО - ЕКОНОМІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ З ВИЗНАЧЕННЯ МАСИ ПОЇЗДІВ**

### **3.1 Методика техніко-економічних розрахунків**

Норма маси вантажних поїздів є одним з основних показників, який в більшій мірі визначає кількісну та якісну сторони експлуатації залізниць. Маса поїзда визначає, перш за все, розміри руху, необхідну потужність локомотивів і корисну довжину станційних колій. З масою поїзда пов'язані наявна провізна і пропускна спроможність залізничних ліній, а також ефективність їх використання, в певній мірі (при заданих типах локомотивів) швидкість руху, а відповідно і потреба у вагонному і локомотивному парках для виконання заданого обсягу перевезень. Маса поїзда визначає також експлуатаційні вимоги до потужності колій та споруд, параметром технічного оснащення залізничних станцій, конструкції вагонів і локомотивів. Маса поїзда впливає на експлуатаційні та економічні показники роботи рухомого складу. З нею пов'язані продуктивність локомотивів, напруженість роботи і відповідно ступінь зносу верхньої будови колії, інтенсивність використання потужності локомотивів і характер динамічного впливу рухомого складу на інші пристрої які забезпечують надійність і безпеку руху.

Відомо, що потужність тягових засобів можна використовувати або на збільшення маси, або на збільшення ходової швидкості поїзда. При досить різних фактичних масах поїздів і одному й тому самому типі локомотивів потужність їх може бути використано повністю, якщо кожен поїзд буде слідувати з максимальною швидкістю, яка відповідає його масі та потужності локомотива. Але і таке використання потужності тяги неможливе: у графіку руху поїзда незалежно від їх маси і тягових засобів прокладені з однією і тією ж розрахунковою ходовою швидкістю, яка визначається найменшою питомою потужністю тяги.

Слід відзначити, що математичне очікування статичного ряду з масою поїздів брутто для всіх ділянок напрямку, коливається в межах 3000-3200 т, тобто досить стійко.

В свою чергу необхідно відзначити, що в парному напрямку 60-65 % поїздів, а в непарному 20-30 % швидкість руху відповідає укладеній в графіку руху, інші ж поїзди недовикористовують резерв потужності тягових засобів.

Таблиця 3.1

Укрупнений розподіл маси поїздів та аналізуємо напрямок по відправленню їх з сортувальної станції, %

Градація маси поїздів брутто, т	Станція відправлення				
	А	Б	В	Г	Ж
	Парний напрямок				
2000-2500	—	24	21	37	19
2500-3000	—	55	40	35	45
3000-3250	—	21	39	28	36
	Непарний напрямок				
2000-2500	35	8	3	5	—
2500-3000	22	28	17	19	—
3000-3500	41	54	70	71	—
3500-3750	2	10	10	5	—

З приведених вище даних можна зробити такі висновки:

— не дивлячись на широкий діапазон маси на розглядаємому напрямку середня маса брутто стала, що можна користуватися для розрахунків розмірів руху і техніко - економічних розрахунків;

— з деякою умовністю можна вважати, що розподіл фактичних мас поїздів на ділянках, де немає чітко вираженого значного потоку важливих відправницьких маршрутів, наближається до нормального закону.

Вивчення фактичного розподілу мас поїздів і виявлення можливих закономірностей у випадкових коливання цих мас необхідно для розробки варіантів можливих єдиних або диференційованих, з переломами або уніфікованих вагових норм поїздів і відповідних систем тягових обслуговування напрямку, також необхідно для визначення економічно виправданих норм маси поїздів, з оптимізацією на основі показників графіку руху поїздів.

Слід визначити, що розподіл щільностей ймовірностей фактичної маси поїздів нетто на аналізованому напрямку частіше відповідає нормальному закону, ніж розподіл маси бруто поїздів на тих же ділянках. Середньовзвішена маса поїздів нетто (математичне сподівання) досить стійка і знаходиться в межах 1400-1600 т, а середньоквадратичне відхилення в межах 350-400 т.

Коефіцієнт  $\varphi$ , різний на різних ділянках, коливається в межах 0,475-0,625 і в непарному напрямку в межах 0,575-0,700, середнє завантаження вагонів, таким чином, в непарному напрямку вище, ніж в парному напрямку. Розподіл статичного ряду коефіцієнта  $\varphi$  краще всього відповідає нормальному закону. Аналізуючи статичні дослідження фактичний розподіл коефіцієнта  $\varphi$  на розглядаємому напрямку можна зробити висновки:

- коефіцієнт  $\varphi$  має досить широкі межі коливання практично від 0,4 до 0,7;
- математичне сподівання коефіцієнту  $\varphi$ . Хоча і різне на різних ділянках напрямку, має порівняно незначні коливання на розглянутому напрямку і може бути прийнятим 0,63 в непаному і 0,55 в парному напрямках;
- розподіл змін коефіцієнта  $\varphi$  в два напрямки в цілому відповідає нормальному закону розподілу і щільності ймовірності цього розподілу може прийматися по функції Лапласа;
- з потужністю 65-70 % значення коефіцієнта  $\varphi$  можуть відхилятися від своєї середньої величини в межах приблизно 0,058 в парному і 0,063 в непарному напрямках.

Фактичні довжини всіх поїздів на всьому напрямку коливається в межах 600-850 м в парному, так і в непарному напрямках при розрахунковій корисній довжині станційних колій 850 м. Слід відзначити, що гістограми розподілу щільностей мають специфічний характер і не відповідають нормальному закону розподілу, так в парному напрямку 60-80% всіх поїздів мають довжину 750-850 м, в непарному 50-60%.

Гістограма емпіричного розподілу фактичних довжин составів показують, що більша частина поїздів формується по довжині колій, тобто в межах 750-850 м, відхилення в більшу сторону мають 10%, в меншу до 30% поїздів.

Дані про фактичні довжини поїздів необхідні для отримання статистичної сукупності погонного навантаження рухомого складу. Її вивчення має важливе значення для розробки варіантів норм маси, так відповідне угруповання погінних навантажень може бути основною для розробки варіантів диференційованих норм маси поїздів.

Саме діапазон погінних навантажень вантажних поїздів на напрямку А – Д показав, що вони коливаються у діапазоні від 2,5 до 6,5 т/пог.м і більше.

В цілому аналіз фактичної маси поїздів, їх довжин, коефіцієнтів  $\varphi$  і погінних навантажень подібний наведеному для напрямку А – Д необхідно робити для напрямку окремо для кожного призначення плану формування перед тим, як розробляти варіанти техніко-економічних обґрунтувань норм маси і системи тягового обслуговування.

Для аналізу необхідно обрати різні періоди часу, достатньо велику кількість статистичних даних, не враховуючи вивізні, збірні, передаточні поїзди і поїзди з порожніх вагонів.

### 3.2 Взаємозв'язок норм маси поїздів з основними показниками експлуатаційної роботи

Маса брутто вантажних поїздів є величиною, що пов'язана практично зі всіма показниками експлуатаційної роботи.

Розміри руху. Потрібні розміри руху пов'язані з середньозваженою масою вантажних поїздів на даному напрямку наступним чином:

$$n_{zp} = \frac{\Gamma_n}{365 \cdot \varphi \cdot Q_{\text{бр}}} \text{ поїздів на добу,} \quad (3.1)$$

де  $n_{zp}$  – розміри вантажного руху в поїздах в середньому за добу;

$\Gamma_n$  – річний вантажопотік нетто, т;

$\varphi$  – відношення маси нетто до маси брутто з вантажного вагонно парку;

$Q_{\text{бр}}$  – середньозважена маса вантажних поїздів брутто, т;

Ходова швидкість руху. Вона пов'язана з масою поїзда або заданою потужністю локомотива, або питомою потужністю тяги. Існує залежність: чим вища розрахункова швидкість, тим менша можлива маса і навпаки. Це можна записати формулою:

$$f = \frac{N_n}{P + Q_{\text{бр}}}, \quad (3.2)$$

де  $f$  – питома потужність тяги;

$P$  – розрахункова маса локомотива, т;

$Q_{\text{бр}}$  – маса поїзда брутто, т;

$N_n$  – номінальна потужність локомотива, кВт (к.с.)

Слід сказати, що при рівних умовах, чим більша питома потужність тяги, тим вище ходова швидкість.

Дільнична швидкість пов'язана з масою поїзда через ходову швидкість, при цьому:

$$V_x = \sum_{i=0}^3 a_i \cdot f^i, \quad (3.3)$$

де  $a_i$  – коефіцієнти, різні для різних видів тяги і планів профілів колії;

Дільнична швидкість:

$$V_d = \beta_x \cdot V_x, \quad (3.4)$$

де  $\beta_x$  – коефіцієнт дільничної швидкості по ходовій;

Для двохколійних ліній:

$$\beta_x = 1 - \frac{(1 - \Delta) \cdot n_{nac} \cdot t_{обг}}{1440}, \quad (3.5)$$

де  $\Delta$  – відношення середніх швидкостей руху вантажних і пасажирських поїздів;

$n_{nac}$  – кількість пар пасажирських поїздів за добу;

$t_{обг}$  – середній час простою вантажного поїзда під обгіном, хв;

$$t_{обг} = \frac{\ell_{nep} \cdot (1 - \Delta)}{2V_x^{сер}} + 0,4, \quad (3.6)$$

де  $\ell_{пер}$  – середня довжина перегону, км;

Існує ряд інших формул, але безперечно, що існує пряма залежність дільничної і ходової швидкості.

Середньо довий пробіг вагонів пов'язаний з масою поїздів через дільничну швидкість і простій вагонів на технічній станції, виражається за формулою:

$$S_B = \frac{\ell_n}{\theta}, \quad (3.7)$$

де  $\ell_n$  – повний рейс вагона, км;

$\theta$  – оборот вагона, доб.; він в свою чергу визначається, як:

$$\theta = \frac{1}{24} \cdot \left( \frac{\ell_n}{V_d} + K_{mex} t_{mex} + K_m \cdot t_s \right), \quad (3.8)$$

де  $K_{mex}$  – кількість технічних станцій, де вагон за час підлягає обробці;

$K_m$  – коефіцієнт місцевої роботи;

$t_{mex}$  – середній простій вагону на одній технічній станції, год;

$t_s$  – середній простій вагона під вантажними операціями, год;

Величина  $t_x$  пов'язана з масою поїзда не тільки тривалістю маневрів по формуванню, перестановці, розформуванні поїздів, але і головним чином часом простою вагонів під накопиченням, що дорівнює:

$$t_{нак} = \frac{C1 \cdot m \cdot K_{нф}}{N_{нак}}, \quad (3.9)$$

де  $C1$  – середній простій вагона під накопиченням на станції, год;

$K_{нф}$  – кількість призначень плану формування;

$N_{нак}$  – кількість вагонів, які беруть участь в накопиченні составів за добу;

$m$  – состав поїзда, який дорівнює:

$$m = \frac{Q_{бр}}{q_{бр}}, \quad (3.10)$$

де  $q_{бр}$  – середня маса бруто умовного вагону, т;

$$N_{нак} = \frac{\gamma_{тр} \cdot \Gamma_n}{365 \cdot \varphi \cdot q_{бр}}, \quad (3.11)$$

де  $\gamma_{тр}$  – коефіцієнт транзитності, який представляє собою відношення перероблюваного на станції вагонопотоку до транзитного вагонопотоку, по формулі (2.9) можна представити в наступному вигляді:

$$t_{нак} = \frac{365 \cdot C1 \cdot K_{нф} \cdot \varphi \cdot q_{бр}}{\gamma_{тр} \cdot \Gamma_n}, \quad (3.12)$$

Взаємодія середньодобового пробігу вагону з дільничною швидкістю і середньою тривалістю обробки вагона на технічній станції, залежними від маси поїзда, виразимо формулою:

$$S_B = \frac{24}{\frac{1}{V_{\delta}} + \frac{t_{мех}}{L_{мех}} + \frac{K_M \cdot t_{\epsilon}}{L_n}}, \text{ км/доб} \quad (3.13)$$

де  $L_{мех}$  – вагонне плече, км;

Середньодобовий пробіг локомотива визначається, як:

$$S_{л} = \frac{48 \cdot L_{\delta}^{\lambda}}{\left[ \frac{2 \cdot \ell_{\delta}^{\lambda}}{V_{\delta}} + 2 \cdot \left( t_{mex}^{об} + \sum t_{mex}^{np} + \frac{1}{0,7 + \frac{0,013 \cdot \Gamma_{н}}{365 \cdot \varphi \cdot Q_{бр}}} \right) \right]} \quad (3.14)$$

де  $S_{л}$  – середньодобовий пробіг локомотива, км;

$\ell_{\delta}^{\lambda}$  – довжина ділянки обертання локомотива, км;

$t_{mex}^{об}$  – технологічна норма простою вагону в пункті оброки, год.;

$\sum t_{mex}^{np}$  – додаток стоянки поїзда в межах ділянки обертання локомотива при слідуванні в один бік в пунктах зміни бригад та станції технічного огляду вагонів, год.

Продуктивність вагона і локомотива.

Продуктивність вагона представляє собою добуток середньодобового пробігу вагона на динамічне навантаження вагона. Продуктивність локомотива пов'язана з масою поїзда через середньодобовий пробіг локомотива прямою закінченістю:

$$C_{т\ лок} = S_{л} \cdot Q_{бр}, \text{ т} \cdot \text{км/доб} \quad (3.15)$$

де  $C_{т\ лок}$  – продуктивність локомотива, т·км/доб бруто.

Також слід відзначити що від маси поїзда додають і вагонний парк, локомотивний парк, швидкість доставки вантажів, потрібне число бригад і інші показники.

### 3.3 Експлуатаційно - економічна ефективність підвищення маси вантажних поїздів

Задача вибору норм маси поїздів відносять до класу експериментальних задач і її рішення потребує відшукання оптимума: такої масової норми, при якій приведені витрати по здійсненню перевезень будуть мінімальними, При цьому необхідно визначити, що витрати на виконання перевезень на одноколіїній і двохколіїній ділянках будуть різними. При збільшенні маси поїздів при заданій довжині станційних колій можуть бути використані наступні способи:

- при тому ж локомотивові за рахунок зниження ходової швидкості, якщо діюча норма маси нижча розрахункової;
- за рахунок збільшення потужності тяги.

При заданих параметрах тягових засобів і довжині станційних колій збільшення маси поїзда зменшує ходову швидкість. Експлуатаційно-економічні переваги в цьому випадку наступні:

На двохколіїйних лініях.

- за рахунок скорочення розмірів руху зменшується кількість потрібних локомотивів, локомотивних бригад;
- за рахунок зниження питомої маси локомотива в поїзді знижується витрати енергоносіїв на 10000 т·км бруто;
- скорочуються витрати на маневрову роботу, які залежить від розмірів руху, але в той же час можуть зрости витрати на між маневрами пов'язані з формуванням повновагових поїздів і знаходження вагонів на станції;
- накопичується пропуск поїздів по ділянках (зменшення ймовірності непередбачуваних витрат від випадкових затримок поїздів, кількість яких прямопропорційна розмірам руху).

На одноколіїйних лініях.

При збільшенні маси поїздів дільнична швидкість частіше за все не зменшується, а в окремих випадках може, навіть зростати, через скорочення розмірів руху, не дивлячись на зменшення ходової швидкості руху, внаслідок чого до переваг перерахованих вище для одноколійних ліній характерно ще й наступне:

— може мати місце скорочення потрібного парку локомотивів і вагонів не тільки за рахунок зменшення розмірів руху, але й за рахунок підвищення дільничної швидкості;

— за рахунок зменшення числа зупинок для схрещення скорочуються витрати електроенергії та знос технічних засобів;

— можливе прискорення просування вантажів, якщо зростає дільнична швидкість;

— в окремих випадках на одноколійних лініях з'являється можливість скоротити кількість поїздів;

— з'являється можливість віддалення капіталовкладень по підсиленню пропускної спроможності лінії.

Факторами, знижуючими ефективність збільшення маси при заданому типі тягових засобів і довжині станційних колій на двоколійних і одноколійних лініях, є:

— збільшення простою вагонів під накопиченням і пунктах формування поїздів;

— затримка обороту вагонів і локомотивів головним чином на двоколійній лінії і інше.

Збільшення норм маси вантажних поїздів, яке досягають за рахунок введення більш потужного типу локомотива при збереженні існуючої довжини приймально-відправних колій можливо лише в тому випадку, коли до цього місткість колії була використана не в повній мірі.

В цьому випадку при заданому вантажопотоці дає наступні переваги двоколійна лінія:

- скорочення кількості локомотивних бригад;
- скорочення потрібної кількості бригад локомотивів;
- підвищення ходової та дільничної швидкості руху;
- скорочується кількість приймально – відправних колій;
- в зв'язку зі зменшенням розмірів руху покращується експлуатація лінії.

Окрім перерахованих вище переваг на одноколійній лінії в більшій степені чим ходова, зростає дільнична швидкість, але з'являються додаткові фактори, що знижують ефективність збільшення маси поїздів:

- збільшення витрат на утримання локомотивного господарства;
- при електричній тязі необхідні додаткові витрати на дотримання пристроїв енергопостачання.

При збільшенні норм маси, підсилення потужності тягових засобів, особливу увагу слід звернути на зміну питомої потужності тяги. Так, якщо вона залишається незмінною, при збільшенні тягових засобів, то ходова швидкість, витрати енергоносіїв, вартість локомотивного парку і пов'язані з ним техніко-економічні показники не зміняться. Якщо ж питома потужність теж збільшується, то відповідно зростає і ходова швидкість, що дає додаткові техніко-економічні переваги, але виникають додаткові витрати.

Збільшення ходової швидкості пов'язано з додатковими витратами на подолання збільшеного основного опору руху, що викликає збільшення витрат на енергоносії та утримання колії і рухомого складу.

В практичних умовах на теперішній час, якщо підсиленням тяги збільшується норма маси не всіх, а лише частини поїздів, то через паралельності графіка організувати надлишкову потужність локомотива на одночасне збільшення ходової швидкості всіх інших поїздів неможливо. Також ефективність роздільного формування поїздів з різним погінним навантаженням визначається при однаковій ходовій швидкості.

### **3.4 Тягово - енергетичні фактори, які визначають норми маси поїздів.**

Як було визначено раніше норми маси встановлюються максимально можливими по профілю колії та потужності тяги або по погонному навантаженню та довжині станційних колій, або найвигідніше в даних умовах по техніко-економічним показникам.

Норми маси поїздів розрізняють: поперегінні, дільничні, диференційовані уніфіковані та паралельні.

Поперегінні норми маси поїздів встановлюють для збірних поїздів. Вони визначаються потужністю тяги та крутизною розрахункового ухилу.

Дільничні норми маси поїздів встановлюються звичайно по потужності тяги та найбільшій крутизні розрахункового ухилу на ділянці, але не вище від максимально можливого погінного навантаження і довжини спеціальних колій на проміжних і кінцевих станцій ділянки.

Уніфіковані норми маси поїздів – єдині вагові норми для цілого напрямку. Вони є оптимальними тому що враховують підбір і розстановку локомотивів, ділянок її обертання, техніко–економічні умови виникнення і просування поїздів.

Якщо на ділянку вливаються з інших іній вантажні поїзди з іншими, ніж встановлені для цієї ділянки ваговими нормами, то такі норми називають паралельними.

Основними експлуатаційно-технічними показниками, які лежать в основі вибору найвигідніших норм маси є ходова швидкість та механічна робота , що витрачається на тягу поїздів. Ці показники можуть бути отримані точними або приблизними тяговими розрахунками в кожному конкретному випадку при порівнянні варіантів або встановленням певної залежності між масою поїзда, його ходовою швидкістю і витратою механічної роботи на його тягу при заданому типі локомотива на тому чи іншому типі профіля колії.

Добуток маси на ходову швидкість руху поїзда представляє собою годинну продуктивність локомотива і в певній мірі характеризує провізну спроможність ділянки. Максимум цього добутку відповідає, як правило, мінімуму перевізних витрат.

### **3.5 Максимально можлива маса поїздів по довжині станційних колій та погінному навантаженню рухомого складу**

Максимально можливі маси поїздів по довжині станційних колій та погінному навантаженню рухомого складу визначаються з умови:

$$Q_{\max} = P_p \cdot (l_{cm} - l_{nocm}) \quad (3.16)$$

Де  $P_p$  – розрахункове погінне навантаження вантажного та мішаного вагонопотоку, т/пог.м.

$l_{ct}$  – корисна довжина станційних приймально-відправних колій, м.;

$l_{nocm}$  – необхідна довжина колії на точність установки поїзда, м.

Основними стандартними довжинами станційних колій є довжини 850 м., 1050 м., лише окремі лінії на рівній місцевості, де подовження не викликає прогресивних витрат може бути 1250 м. Погонне навантаження вагонопотоку коливається в широких межах 3-7 т/пог. м.

Слід відзначити, що колійне навантаження залежить від перевезених по напрямку вантажів та їх процентному відношенні. Так погонне навантаження для вугілля, руди 5,9; нафтопродуктів 5,6; хлібних 4,9; лісоматеріалів 4,4 т/пог м.

У відносності з перевозимою номенклатурою вантажів на напрямку можна визначити і розрахункове погонне навантаження: в середньому на рівні 5,0-5,1 т/пог.м.; для важких вантажів 6,2-6,3 т/пог.м., для інших вантажів – 4,5-4,6 т/пог.м.

На основі розглянутих погінних навантажень в перспективі можливо відзначити максимально можливу масу поїздів з різною довжиною приймально-відправних колій.

Таблиця 3.2

Максимально можливі маси поїздів бруто на лініях з різною довжиною приймально-відправних колій.

Довжина станційних колій в м.	Маса поїздів бруто , т.	
	Максимальна	Середня
1250	8000	6000
1050	6500	4550
850	5200	3650

Залежність норм маси поїздів від потужності тяги та крутизни розрахункового ухилу. Потужність тяги, як і довжина станційних колій і погінне навантаження є одним з обмежень при збільшенні маси поїзда, хоча для сучасних локомотивів це обмеження значно менше, в основному завдяки секціонуванню.

По умові тяги при заданому типі локомотива найбільші норми маси поїздів визначаються, виходячі з умови рівночасного співвідношення сил тяги та опору при русі поїзда при розрахунковому підйомі. На цьому підйомі поїзд досягає постійної швидкості і певний час слідує з нею. За цією умовою і встановлюється відповідність розрахункової швидкості сил тяги та опору руху:

$$F_k^p = W_n \quad (3.17)$$

де  $F_k^p$  – розрахункова сила тяги локомотива (при розрахунковій швидкості);

$W_n$  – сумарний опір руху поїзда при розрахунковій встановленій швидкості.

Повний опір можна записати як:

$$W_n = P(\omega_0' + i_p) + Q_{op}(\omega_0'' + i_p) \quad (3.18)$$

де  $P$  – розрахункова маса локомотива ;

$\omega_0'$  – питомий опір руху локомотива ;

$i_p$  – крутизна розрахункового підйому;

$\omega_0''$  – питомий опір руху поїзда .

З вище наведених рівнянь:

$$Q_{op} = \frac{F_k^p - P(\omega_0' + i_p)}{\omega_0'' + i_p} \quad (3.19)$$

Найбільша величина розрахункової сили тяги локомотива  $F_k^p$  визначається умовами зчеплення коліс локомотива з рейками:

$$F_k^p = 1000P\psi_{ци} \quad (3.20)$$

де  $\psi_{ци}$  – коефіцієнт зчеплення коліс з рейками, який розраховується як:

$$\psi_{ци} = x + \frac{8}{100 + yv} \quad (3.21)$$

де  $v$  – швидкість руху.

Значення  $x$  та  $y$  приймаються у відповідності з Правилами тягових розрахунків: для електровозів постійного струму та тепловозів  $x = 0,25$ ;  $y = 20$ ; для електровозів змінного струму  $x = 0,28$ ;  $y = 15$ . Використовуючи вищенаведені формули можна побудувати залежність маси поїзда від крутизни розрахункового ухилу для локомотивів різних типів. В свою чергу тягово - енергетичні показники руху в більшій мірі визначаються обрисом та характером профіля колії. В

подальшому у виконанні техніко-економічних розрахунків буде використовуватися класифікація профіля колії по характеристиці МПТа.

Таблиця 3.3

## Класифікація профіля колії по характеристиці МПТа

Тип профіля колії по характеристиці МПТа.	Показники для характеристики типу профіля	
	Крутизна ухилу	
	розрахункового	еквівалентного
I	4-5	0,0-0,6
IIa	5-7	0,0-0,6
IIб	5-7	0,6-1,0
IIIa	7-10	0,0-0,7
IIIб	7-10	0,7-0,12
IIIв	7-10	1,2-1,8
IVa	10-13	0,4-0,8
IVб	10-13	0,8-1,6
IVв	10-13	1,6-2,5

Класифікація профіля колії по характеристиці МПТа зручна для виконання науково - дослідницьких та виробничих розрахунків. Для того, щоб віднести той чи інший профіль до типу по класифікації МПТа необхідно передчасно встановити для даної ділянки два показники: крутизну розрахункового ухилу та крутизну еквівалентного ухилу по механічній роботі, за цими даними вона може бути класифікована у відповідності до таблиці 3.3.

На одній лінії в парному та непарному напрямках можуть бути різні типи профіля.

### 3.6 Взаємозв'язок між масою та швидкістю поїзда

Співвідношення розрахункової маси та швидкості поїзда.

При заданій потужності тягових засобів маса поїзда та його встановлена швидкість на розрахунковому підйомі пов'язані між собою потужністю тяги виразом:

$$N_k = \frac{F_k V}{270} \quad \text{л.с.} \quad (3.22)$$

де  $N_k$  – потужність локомотива на ободі колеса;

$F_k$  – дотична сила тяги локомотива;

$V$  – швидкість.

Тому щоб знайти номінальну потужність локомотива, необхідно у знаменник формули (3.22) ввести ще й значення коефіцієнта корисної дії передачі, який у свою чергу в певній мірі залежить від швидкості.

Так як формула (3.22) дійсна тільки при встановленому русі, то величиною  $V$  буде розрахункова швидкість  $V_p$ , а сила тяги  $F_k$  відповідає розрахунковій силі тяги  $F_k^p$  або сумарному опору руху поїзда  $W_n$ . Підставляючи значення  $F_k^p$  у формулу (3.22), умовно зрівнюючи питомий опір локомотива состава составу  $\omega_0' = \omega_0'' = \omega_0$  і перетворюючи отримаємо:

$$Q_{op} V_p = \frac{270 \cdot N_k}{\omega_0 + i_p} - P V_p \quad \text{ТКМ/ГОД.} \quad (3.23)$$

Формула (2.23) передає залежність між масою поїзда та його сталою швидкістю на розрахунковому підйомі при заданій потужності тяги. Її можна записати як:

$$Q_{\text{фр}} V_p = \frac{F_{\kappa} V_p}{\omega_0 + i_p} - P V_p \quad (3.24)$$

При цьому із залежності, зображеної на листі видно, що зі зменшенням швидкості збільшується маса поїзда, який може вести локомотив.

### 3.7 Залежність швидкості на розрахунковому підйомі від маси поїзда

Якщо фактична маса поїзда нижче ніж розрахункова то можлива швидкість на розрахунковому ухилі  $i_p$  буде вище встановленої розрахункової швидкості по Правилам виробництва тягових розрахунків із точністю до 1,0-1,5% може бути визначена за поліномною формулою:

$$V_{\text{фр}} = a_0 + a_1 Q_{\text{ф}} + a_2 Q_{\text{ф}}^2 + a_3 Q_{\text{ф}}^3 + a_4 Q_{\text{ф}}^4 + a_5 Q_{\text{ф}}^5 \quad \text{км./год.} \quad (3.25)$$

де  $V_{\text{фр}}$  – стала фактична швидкість руху поїзда на розрахунковому підйомі, км./год.

$Q_{\text{ф}}$  – фактична маса состава брутто, т.;

$a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$  – коефіцієнти полінома різні для різних типів локомотивів і крутизни розрахункового ухила.

Ця залежність може бути описана поліномом виду:

$$V_x = \sum_{i=0}^{i=n} a_i f^i \quad \text{км/год.} \quad (3.26)$$

Враховуючи, що питома потужність тяги записана по формулі (3.2)

$$f = \frac{N_n}{P + Q_{бр}} \text{ то залежність стане явною.}$$

### 3.8 Взаємозв'язок між масою поїзда, ходовою швидкістю та провізною спроможністю лінії

Таку залежність можна визначити наступним чином. Провізну спроможність лінії в брутто т. встановленого руху за добу  $\Gamma_{доб}^{бр}$  можна визначити як:

$$\Gamma_{бр}^{доб} = Q_{бр} \cdot n_{\max} \quad \text{т/добу} \quad (3.27)$$

де  $n_{\max}$  – максимально можливі розміри вантажного руху, пар поїздів за добу,  
 $Q_{бр}$  – середня маса поїздів, брутто, т.

В свою чергу:

$$n_{\max} = \frac{\alpha \cdot 1440}{T} \quad \text{пар поїздів} \quad (3.28)$$

де  $\alpha$  – доля пропускної спроможності лінії, необхідна для пропуску пасажирських та інших поїздів термінового обертання;

$T$  – період поїзда чи пари поїздів на обмежувальному перегоні, хв..

Якщо припустити, що середня в обидві сторони швидкість на обмежувальному перегоні відповідає середній ходовій швидкості на всій ділянці, то:

$$T = \frac{2l_{обм}}{V_x} + \tau_{ст}, \quad \text{хв.} \quad (3.29)$$

де  $l_{обм}$  – довжина обмежувального перегона, км. ;

$V_x$  – середня ходова швидкість у дві сторони;

$\tau_{ст}$  – сума станційних інтервалів з урахуванням часу на розгін та уповільнення, хв..

Тоді для двоколіїної лінії:

$$\Gamma_{бр}^{доб} = \frac{\alpha \cdot 1440}{l_{обм} + \tau_n V_x} Q_{бр} \cdot V_x, \text{ т/добу} \quad (3.30)$$

де  $\tau_n$  – інтервал попутного слідування поїздів, хв.

На одноколіїній лінії :

$$\Gamma_{бр}^{доб} = \frac{\alpha \cdot 1440}{2l_{обм} + \tau_{ст} V_x} Q_{бр} \cdot V_x, \text{ т/добу} \quad (3.31)$$

З формул (3.30) та (3.31) видно, що найбільша провізна спроможність ділянки відповідає максимальному значенню добутку маси поїзда на ходову швидкість. Слід зазначити, що найбільша провізна спроможність та продуктивність заданого типу локомотива мають місце при максимально можливій масі поїзда.

Таким чином, для збільшені провізної спроможності лінії при тому ж типі локомотива доцільно збільшувати до максимально можливої масу поїзда. Звідси можна зробити висновок, що при існуючому типі локомотива в межах, допускаємою довжиною станційних колій та погінним навантаженням рухомого складу, при всіх видах тяги найвигіднішою по умовам кращого використання провізної спроможності є найбільша маса поїзда.

### 3.9 Взаємозв'язок між нормами маси поїздів та перевізними витратами

Вибір найвигідніших в техніко-економічному відношенні норм маси поїздів повинен враховувати не тільки собівартість перевезень але і вартість необхідних при цьому вагонів, локомотивів, вантажу, яки знаходиться на колесах, а якщо введення нових норм маси поїздів потребує підсилення тягових засобів, колії, маневрових засобі, розвитку станції то і витрати, що необхідні на ці цілі. При цьому капіталовкладення на рухомий склад та постійні пристрої для порівняння варіантів норм маси зручніше враховувати разом з експлуатаційними витратами. До цього капіталовитрати приводять до них через нормативний термін окупності, і такі витрати називають приведеними.

Розрахунок приведених витрат будемо проводити по двом групам показників: витрати пропорційні часу знаходження поїздів на ділянці, та енергії, необхідної на переміщення.

До часових витрат відносять витрати на придбання потрібного для освоєння заданого об'єму перевезень вагонного та локомотивного парка та вартість вантажу, який знаходиться на колесах, оплата локомотивних та поїзних бригад та поточні витрати на утримання рухомого складу.

В зв'язку з тим, що витрати на ремонт рухомого складу та колії також діляться на дві самостійні групи, пропорційні часу та енергії та через амортизаційні відрахування, до експлуатаційних витрат, пропорційних часу відноситься лише її реноваційна частина. При переробці палива, яке витрачається на власні потреби (робота двигунів при переміщенні локомотива по станційним коліям у пунктах його зміни, на технічних оглядах, при передачі локомотива від однієї бригади до іншої, роботи дизелів тепловозів на малих обертах під час нетривалих стоянок на станціях, при слідуванні по спусках без тяги і т. п.).

До енергетичних витрат, пов'язаних з рухом поїздів будемо відносити витрати по ремонту двигунів локомотива від зносу, пропорційного витраті палива

та електроенергії на потяг, значну (до 70%) долю витрат на ремонт верхньої будови колії, амортизацію баласта і шпал, витрати на екіпіровку локомотивів, мастило рухомого складу, технічний огляд вагонів та витрати на паливо та електроенергію, витрачаємих на тягу поїзда.

На відміну від часових витрат енергетичні витрати долі капітоловкладень не містять. Це суто експлуатаційні перевізні витрати, які цілком відносяться не тільки на вартість, а й на собівартість перевезень.

Розглядаючи задачу вибору оптимальної маси поїзда необхідно розділити її на етапи:

- оптимізація норми маси при збереженні параметрів тяги та довжини приймально-відправних колій;
- оптимізація норми маси при зміні параметрів тяги та довжини приймально - відправних колій.

Відповідно з цим змінюється методика техніко-економічних розрахунків при порівнянні оптимізації норм маси поїздів. Так для першої задачі основним фактором (змінним значенням) стає маса бруто поїзда для кожного з розгляданих варіантів, або як було розглядано раніше погінне навантаження рухомого складу, що залежить від маси поїзда та сили кратної тяги, з якою поїзд рухається по розрахунковому ухилу (найбільш важкому) ухилу на ділянці оберту поїздів з даною масою бруто.

Отже, для визначення оптимальної маси поїзда необхідно спочатку визначити критичну масу поїзда по величині розрахункового підйому та потужності тяги:

$$Q_{\text{бр}}^{\text{max}(m)} = \frac{F_{\kappa}^p - P(\omega_o' + i_p)}{\omega_0'' + i_p}, \text{ Т.} \quad (3.32)$$

Потім визначити масу поїзда по максимальному погінному навантаженню на

напрямку:

$$Q_{\text{бр}}^{\text{max}(m)} = P^{\text{max}} \cdot (l_{\text{cm}} - a_{\text{nocm}}), \quad (3.33)$$

з якої можна отримати:

$$P^{\text{max}} = \frac{Q_{\text{бр}}^{\text{max}(m)}}{(l_{\text{cm}} - a_{\text{nocm}})}, \text{ т/ пог.м.} \quad (3.34)$$

До того ж для визначення оптимальної маси поїзда, враховуємо, що найбільша маса поїзда, визначена по потужності тяги є найвигіднішою з точки зору використання потужності тяги, зводиться до визначення оптимальної маси поїзда в умовах коливання погінних навантажень.

Встановлений фактичний ( або припускає мий на перспективу ) розподіл погінних навантажень на 1 м. колії представлено у вигляді статистичного ряду таблиці 3.4, згідно [9, стор. 279, табл. 4.1]

Таблиця 3.4

Розподіл погонних навантажень на 1 м. колії

Показники	Номер розряду								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Середнє значення навантаження в розряді, $P_i$ , т/м	1,65	2,05	2,45	2,85	3,25	3,365	4,05	4,45	4,85
Доля поїздів від загального числа, яка приходить на даний розряд, $\alpha_i$	0,12	0,04	0,08	0,15	0,2	0,25	0,08	0,04	0,04

Визначивши за формулою (3.34) погонне навантаження на напрямку в таблиці 3.4 визначаємо долю поїздів з навантаженням меншим, ніж максимально можливе  $P_i < P^{\max}$ , потім з розрядів знаходимо такі, які б мали найбільше значення по долям поїздів тобто погінні навантаження найбільш часто повторювані, наприклад таким є 5 та 6 розряди де  $P_5 = 3,25$  т/м.  $\alpha_5 = 0,2$  та  $P_6 = 3,65$  т/м.,  $\alpha_6 = 0,25$ . Отже, маючи три варіанта погінних навантажень  $P^{\max}$ ,  $P_5$ ,  $P_6$ , для яких визначаємо середню масу поїздів за формулою:

$$Q_{бр}^{\max(m)} = \frac{P \cdot (l_{cm} - a_{ном})}{\sum_{i=1}^{i=k} \alpha_i + \frac{1}{P_n} \cdot \sum_{i=x+1}^{i=k} \alpha_i P_i}, \text{ т.} \quad (3.35)$$

де  $x$  – число розрядів, на які приходить весь діапазон погінних навантажень, починаючи з мінімальної і закінчуючи розрахунковою;

$k$  – загальне число розрядів по таблиці 3.4

Витрати по кожному з варіантів розраховуємо за формулою:

$$E_{р\text{ічн}} = 2 \cdot 365 \cdot k \cdot c \cdot \frac{Q_{бр}}{q_{бр}} \cdot C_{вгод} + 2 \cdot 365 \cdot \frac{\Gamma_{доб}}{\varphi \cdot Q_{бр}} \cdot C_{пкм}, \text{ грн./рік} \quad (3.36)$$

де  $2 \cdot 365 \cdot k \cdot c \cdot \frac{Q_{бр}}{q_{бр}} \cdot C_{вгод}$  – річні витрати на накопичення составів на станціях формування;

$k$  – число призначень плану формування;

$c$  – параметр накопичення ;

$C_{вгод}$  – укрупнена витратна ставка в русі на простої (вагоно-година);

$C_{вгод} = 1,787$  грн;

$\Gamma_{доб}$  – добовий вантажопотік;

$Q_{бр}$  – маса поїзда брутто;

$L$  – довжина напрямку;

$\varphi$  – відношення маси составу нетто до маси составу брутто;

$C_{пкм}$  – вартість 1 поїздо-кілометра по варіантам.

Для другої задачі при виборі маси поїзда одночасно з вибором параметрів тяги та довжини станційних колій, коли тип та потужність локомотива невідомі, можна вирішувати, виходячи з припущення: питома потужність тяги стала у відношенні одиниці маси поїзда, тобто приблизно пропорційна збільшенню сили тяги зі збільшенням маси поїзда. В цих умовах для кожного виду тяги на одному і тому ж профілі середні ходові швидкості руху поїздів різної маси будуть приблизно однаковими.

Тут необхідно розглянути змінні параметри тягових засобів такі як:

—  $N_{дот}$  – дотична потужність локомотива;

—  $P$  – маса локомотива;

—  $B_{лок}$  – вартість локомотива.

При цьому оговоримо, що швидкість виступає незалежною змінною, такими ж змінними виступають погінне навантаження та довжина станційних колій. Ці змінні виступають у вигляді управляючих параметрів керування підсистемою:

$$N_k = f_1(P_x; V_x; l_{cm})$$

$$P = f_2(P_x; V_x; l_{cm})$$

$$B_{лок} = f_3(P_x; V_x; l_{cm})$$

Приймаючи, що  $N_k$  пропорційно встановлена дорівнює:

$$N_k = \frac{F^p V_p}{270} \quad (3.37)$$

Для руху поїзда на розрахунковому підйомі:

$$F_k^p = P(\omega_0' + i_p) + Q_x(\omega_0'' + i_p) \quad (3.38)$$

Основний питомий опір локомотива і состава можна записати як:

$$\omega_0' = 1.9 + 0.01 \cdot V + 0.0003 \cdot V^2 \quad (3.39)$$

$$\omega_0'' = a + bV + cV^2 \quad (3.40)$$

де  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – коефіцієнти, які визначають величину основного питомого опору руху состава у функції швидкості згідно Правил тягових розрахунків.

Враховуючи і те, що  $Q_x$  – маса поїзда брутто згідно формули (3.38) можна записати, що:

$$Q_x = P \cdot (l_{cm} - a_{ном}) \quad (3.41)$$

В даному випадку погінне навантаження може бути визначено або через статистичний ряд (таблиця 3.4) або виходячі з параметрів вагонного парку, що експлуатується на ділянці:

$$p = \frac{\sum N_i \cdot q_{oi} \cdot \alpha_{oi} \cdot C_i}{\sum N_i l_i} \quad (3.42)$$

де  $N_i$  – кількість вагонів  $i$ -ого типу;

$q_{oi}$  – навантаження на вісь брутто вагону  $i$ -ого типу;

$\alpha_{oi}$ ,  $C_i$  – кількість вісей у вагоні  $i$ -ого типу ;

$l_i$  – довжина вагону  $i$ -ого типу.

При русі локомотива по розрахунковому підйомі зі встановленою швидкістю:

$$F_k^P = 1000 \cdot P \cdot \kappa_0 \cdot \varphi_{cy} \quad (3.43)$$

де  $\kappa_0$  - коефіцієнт використання зчіпної маси локомотива (при електричній тязі та постійному струмі 0,95, при змінному струмі 1, при тепловозній тязі 0,75).

Після перетворень та відповідних підстановок у формулі (3.38) отримаємо:

$$F_k^P = P(\omega_0' + i_p) + P \cdot (l_{cm} - a_{nocm})(\omega_0'' + i_p) \quad (3.44)$$

і розв'язуючи рівняння (3.43), (3.44) відносно маси локомотива, отримаємо:

$$P = \frac{P \cdot (l_{cm} - a_{nocm})(a + bV + cV^2 + i_p)}{1000 \cdot P \cdot \kappa_0 \cdot \varphi_{cy} - (1.9 + 0.01 \cdot V + 0.0003 \cdot V^2 + i_p)} \quad \text{звідки} \quad (3.45)$$

отримаємо:

$$P = \frac{3,7073 \cdot \kappa_0 \cdot \varphi_{cy} \cdot P \cdot (l_{cm} - a_{nocm})(a + bV + cV^2 + i_p)V_p}{1000 \cdot P \cdot \kappa_0 \cdot \varphi_{cy} - (1.9 + 0.01 \cdot V + 0.0003 \cdot V^2 + i_p)} \quad (3.46)$$

Таким чином дотичну потужність локомотива можна представити залежністю:

$$N_k = \mu \cdot V_p \cdot P \cdot (l_{cm} - a_{nocm}) \quad (3.47)$$

де  $\mu$  - коефіцієнт пропорційності:

$$\mu = \frac{3,7073 \cdot \kappa_0 \cdot \varphi_{cy} \cdot (a + bV + cV^2 + i_p)}{1000 \cdot P \cdot \kappa_0 \cdot \varphi_{cy} - (1.9 + 0.01 \cdot V + 0.0003 \cdot V^2 + i_p)} \quad (3.48)$$

де  $\varphi_{cy}$  – коефіцієнт зчепу колес локомотива з рейками (функція розрахункової швидкості  $V_p$ ):

1) для тепловозів та електровозів постійного струму:

$$\varphi_{cy} = x + \frac{8}{100 + yV_p} ; \quad (3.49)$$

2) для електровозів змінного струму:

$$\varphi_{cy} = x + \frac{95}{413 + yV_p} , \quad (3.50)$$

де  $x$  та  $y$  – коефіцієнти різні для різних видів тяги, згідно Правил тягових розрахунків.

Взаємозв'язок встановленої швидкості на розрахунковому ухилі з середньою ходовою швидкістю на ділянці визначається емпіричною залежністю:

$$V_p = \frac{rV_x}{S - V_x} \quad (3.51)$$

де  $V_x$  – ходова швидкість вантажних поїздів на ділянці;

$r, S$  – коефіцієнти, які залежать від тяги та профілю колії.

Що стосується розрахункової вартості локомотива, то її можна записати як функцію дотичної потужності локомотива:

$$B_{лок} = a_k \cdot N_k + e_l \quad (3.52)$$

де  $a_k$  – питома вартість локомотива;

$e_l$  – частина вартості локомотива, що не залежить від потужності.

Отже, вищенаведені розрахунки по визначенню типу тяги при варіюванні величинами: швидкість ходу, що залежить від типу тяги; довжиною станційних колій і погінним навантаженням приводять до порівняння варіантів оптимізації

маси бруто вантажних поїздів при заданих розмірах вантажопотоку, який необхідно охопити на заданому напрямку. При цьому до частини витрат, що визвані зміною довжини приймально-відправних колій, якщо вони мають місце. Так, для двоколіної ділянки річні витрати можна записати формулою:

$$E_{річн} = 2 \cdot 365 \cdot \kappa \cdot c \cdot \frac{Q_{бр}}{q_{бр}} \cdot C_{год} + 2 \cdot 365 \cdot \frac{\Gamma_{доб}}{\varphi \cdot Q_{бр}} \cdot C_{пкм} \cdot L_n + E_{пер} \quad (3.53)$$

де  $E_{пер}$  – річні приведені витрати на перевлаштування локомотивного господарства, станційних колій та пристроїв енергопостачання.

Для одноколіної ділянки ці витрати можна записати формулою:

$$E_{річн} = 2 \cdot 365 \cdot \kappa \cdot c \cdot \frac{Q_{бр}}{q_{бр}} \cdot C_{год} + 2 \cdot 365 \cdot \frac{\Gamma_{річн}}{\varphi \cdot Q_{бр}} \cdot C_{пкм} \cdot L_n + E_{пер} + \kappa_{ск} (C_{зуп}^{ен} + t_{зуп} + C_{п-год}) \quad (3.54)$$

де  $\kappa_{ск}$  – число схрещень за рік;

$t_{зуп}$  – середня зупинка поїзда при схрещенні;

$C_{зуп}^{ен}$  – енергетичні витрати на зупинку 1 поїзда;

$C_{п-год}$  – приведені витрати на 1 годину простою поїзда на ділянці.

У відповідності з приведеними нижче формулами та поясненнями до них, можна виконувати техніко-економічні розрахунки для порівняння варіантів при виборі оптимальних норм маси вантажних поїздів.

## 4 ВИБІР КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНИХ ВАРІАНТІВ МАСИ ВАНТАЖНИХ ПОЇЗДІВ

### 4.1 Вибір конкурентноспроможних варіантів норм маси

Розглянемо загальну методику виділення конкурентноспроможних варіантів за технічними умовами.

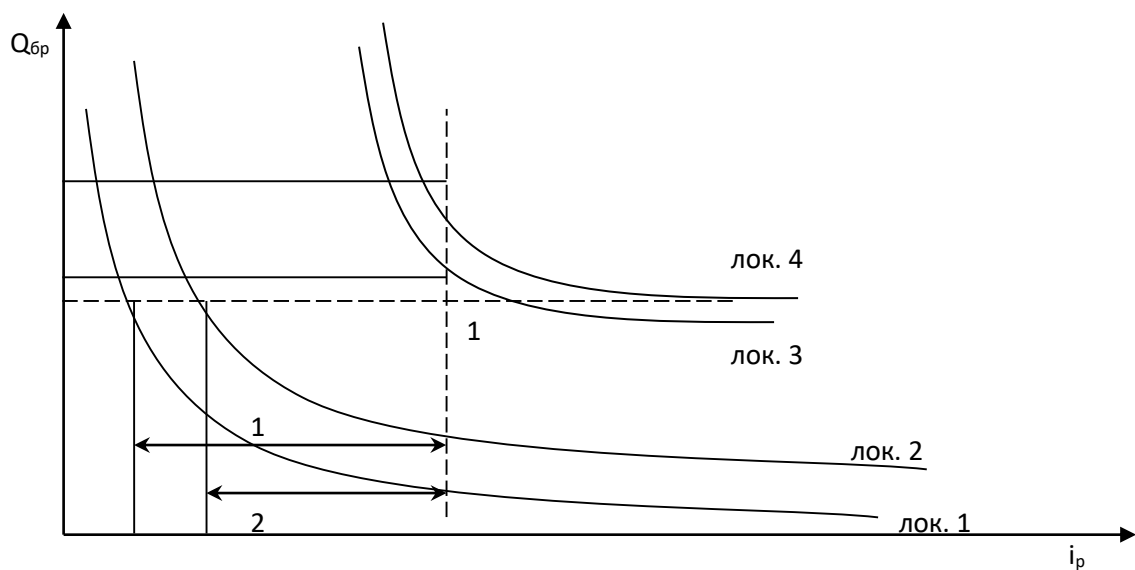


Рисунок 4.1 – Схема графо-аналітичних розрахунків по вибору конкурентноспроможних варіантів оволодіння вантажопотоком на напрямку.

На рисунку 4.1 наведена умовна принципова залежність  $Q_{бр} = f(i_p)$  для різних типів локомотивів, горизонтальною пунктирною лінією зображено обмеження можливої норми маси поїздів по довжині станційних колій та розрахунковому погінному навантаженню рухомого складу, вертикальною пунктирною лінією зображено розрахунковий ухил на ділянці або напрямку. Точка перетину цих ліній (точка 1) відповідає такому поєднанні маси поїзда та потужності локомотива, при якому  $i$  довжина станційних колій і сила тяги на розрахунковому підйомі використовуються повністю. Але практично умови, які виконують точку 1 –

частковий випадок, при якому найкращім би чином використовувалась довжина колій та сила тяги на розрахунковому підйомі. Як видно на рисунку 4.1, якщо на розглядаємій ділянці використовувати локомотиви 1-ого та 2-ого типів, то буде недовикористана корисна довжина приймально-відправних колій, тому що  $Q_{бр}^1$  та  $Q_{бр}^2$  менша, ніж  $Q_{бр}^{max}$  – визначається по довжині станційних колій, і тому для оволодіння заданим вантажопотоком на напрямку буде потрібно застосування кратної тяги на ділянках 1 та 2 для локомотивів 1-ого та 2-ого типів, це перший випадок розгляду конструктоспроможних варіантів. Другий випадок – це застосування на напрямку локомотивів 3-ого та 4-ого типу, коли потужність дозволяє на розрахунковому підйомі вести поїзда більшої маси  $Q_{бр}^3$  та  $Q_{бр}^4$ , ніж  $Q_{бр}^{max}$ .

Отже, маємо два випадки, коли є надлишок потужності локомотива та недостача потужності і потреба у кратній тязі, при чому при розгляді конструктоспроможних варіантів обираємо ті, які ближче до точки 1 (оптимального варіанту, як з точки зору використання довжини приймально-відправних колій так і потужності локомотива), такими варіантами є варіанти з використанням локомотивів 2-ого та 3-ого типів. Отримані конструктоспроможні варіанти запишемо наступним чином:

- 1) локомотивів 2;  $Q_{бр}^{max} < Q_{бр}^p$
- 2) локомотивів 2 + штовхач;  $Q_{бр}^{max}$
- 3) локомотивів 3;  $Q_{бр}^{max}$

Після того, як обрані варіанти, по кожному з них розраховується середня ходова швидкість та витрати на тягу. Після чого виконується техніко-економічні розрахунки для визначення найвигіднішого варіанту. Тобто при виборі варіантів оптимальної маси поїзда відбір виконується в два етапи: відбір варіантів по техніко-економічним параметрам, вибір варіанта по економічним параметрам.

## 4.2 Витрати, пов'язані з застосуванням кратної тяги

Як було зазначено вище при виборі конструктоспроможних варіантів, існує можливість освоєння заданого об'єму вантажопотока з використанням підштовхування. При цьому слід мати на увазі, що вплив підштовхування на середню швидкість руху поїзда на ділянці враховано в ходовій швидкості, і необхідно лише додати витрати на обладнання та утримання пунктів підштовхування та на утримання самих підштовхуючих локомотивів з бригадами, ці витрати можна записати як:

$$E_{ум}^{річн} = \kappa_{num} (E_{підш}^{річн} + 365 \cdot E^{доб}_{ум} \cdot r), \quad (4.1)$$

де  $E_{ум}^{річн}$  – додаткові витрати, що визвані утриманням технічних засобів списочного контингенту і т. п. в часі, визвані підштовхуванням;

$\kappa_{num}$  – кількість пунктів підштовхування;

$E^{доб}_{ум}$  – добові витрати на утримання одного штовхача з локомотивною бригадою;

$r$  – середнє число штовхачів на один пункт підштовхування.

Слід відзначити, що необхідна кількість штовхачів на один пункт підштовхування визначається в практичних умовах побудовою графіків обороту їх на кожному пункті окремо.

## 4.3 Уніфіковані норми маси поїздів та принципи їх вибору

Уніфікація норми маси на напрямку направлена на найбільш повне використання потужності тягових засобів та довжину приймально-відправних

колій, а також оптимально з точки зору використання технічних засобів освоїти заданий вантажопотік на напрямку. При цьому необхідно оговорити наступні умови щодо уніфікації норми маси на напрямку для поїздів, які були диференційовані по максимально можливій масі на основі тягових розрахунків для розрахункового ухилу на ділянках. Розглянемо необхідні для уніфікації дії:

- необхідно підготувати діаграму густоти руху для виділення транзитного потоку;
- діаграму норми маси на ділянці (тонно-кілометрову діаграму);
- діаграму руху до уніфікації маси та після;
- планшет із вказівкою умов роботи локомотивів;
- для визначення дільничної швидкості на ділянках напрямку можна користуватися класифікацією профіля колії по характеристиці МПТа.

Результати розрахунків по визначенню економічної ефективності уніфікації норми маси на напрямку будуть оформлені в таблицю-планшет на додатку В, на якій будуть відображені: тонно-кілометрова діаграма на напрямку, розрахунковий ухил на ділянках, кількість вагонів у поїзді на кожній з ділянок, кількість вагонів після уніфікації маси поїзда, кількість пар поїздів на ділянках до уніфікації та після, приріст або зменшення поїздів на ділянці після уніфікації, дільнична швидкість на ділянках, вартість поїздо-кілометра на ділянці, вартість поїздо-кілометра після уніфікації, витрати, пов'язані з пересуванням, витрати, пов'язані з накопиченням вагонів, витрати, пов'язані з маневровою роботою по причепленню-відчепленню вагонів при переломі норми маси, капіталовкладення в парк локомотивів і вагонів, витрати на утворення пунктів підштовхування.

#### 4.4 Вибір оптимальної маси по погінним навантаженням

Оптимальна норма маси та швидкість руху визначаються варіантом, в якому сумарні річні витрати в обох напрямках будуть мінімальними.

До цих річних витрат в оптимальному варіанті додаються приведені капіталовкладення на утримання локомотивного і вагонного парку. Тобто:

$$E_n = E_{річн} + E_n \cdot K \quad (4.2)$$

де  $E_{річн}$  – річні експлуатаційні витрати за формулою (3.35);

$K$  – капіталовкладення у вагоний та локомотивний парк;

$E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень, що дає змогу привести одно часові витрати до річних поточних витрат.

Капіталовкладення у вагонний парк визначаються за формулою:

$$K_в = \frac{\sum nL}{24V_д} Ц_в, \quad (4.3)$$

де  $Ц_в$  – ціна вагону,

$$K_в = \frac{N \cdot m \cdot L}{24V_д} Ц_в \quad (4.4)$$

$$K_в = \frac{2 \cdot \Gamma_{дод} \cdot L}{24 \cdot q_{бп} \cdot \varphi \cdot V_д} Ц_в \quad (4.5)$$

Капіталовкладення у локомотивний парк визначаються як:

$$K_{\text{л}} = \frac{\sum MH}{24} C_{\text{л}} \quad (4.6)$$

де  $C_{\text{л}}$  – ціна локомотива;

Добовий вантажопотік визначимо наступним чином :

$$\Gamma_{\text{доб}} = Q_{\text{бр}} N_{\text{max}} \quad (4.7)$$

де  $N_{\text{max}}$  – максимально можливі розміри вантажного руху в парах поїздів за добу:

$$N_{\text{max}} = \frac{\sum n}{m} \quad (4.8)$$

$$\Gamma_{\text{доб}} = q_{\text{бр}} \sum n \quad (4.9)$$

де  $\sum n$  – вантажопотік на ділянці за добу;

$m$  – кількість вагонів у складі поїзда.

Вибір оптимальної маси будемо робити на трьох ділянках напрямку: А – Б, Б – В, В – Г, тому що на ділянці Г – Д, як і на А – Б, крутизна розрахункового ухилу 9%.

Ділянка А – Б

$Q_{\text{бр}}^{\text{кр}} = 4700$  т., довжина ділянки 110км., довжина станційних колій 1050 м.; неточність встановлення составу  $a_{\text{пост}} = l_{\text{лок}} + a$ , і дорівнює  $a_{\text{пост}} = 36 + 10 = 46$  м. (2ТЭ116).

Максимальне поточне навантаження:

$$p^{\text{max}} = \frac{4700}{1050 - 46} = 4,68 \text{ т} / \text{м}$$

Обираємо ще конкурентноспроможні варіанти. Враховуючи, що  $p_{\max}$  є максимально допустимим, то вибір конкурентноспроможних варіантів погонних навантажень підлягає умові  $P_{\max} > P_i$  та критерію найбільшої повторюваності. За формулою (3.39):

$$Q_{\bar{op}}^{III} = 3,25 \cdot (1050 - 46) = 3263t. \text{ Приймаємо } 3250 \text{ т.}$$

$$Q_{\bar{op}}^{II} = 3,65 \cdot (1050 - 46) = 3665t \text{ Приймаємо } 3650 \text{ т.}$$

Використовуючи формулу (3.36) отримаємо:

$$F_{\kappa}^{III} = 3250 \cdot (1,03 + 9) + 276 \cdot (2,3 + 9) = 35716,3л.с$$

$$F_{\kappa}^{II} = 3650 \cdot (1,03 + 9) + 276 \cdot (2,3 + 9) = 39728,3л.с$$

Дільничну швидкість визначаємо за формулою:

$$V_o = \beta_x V_x \quad (4.10)$$

де  $\beta_x$  – коефієнти дільничної швидкості по ходовій;

$V_x$  – ходова швидкість (згідно тягових розрахунків п.2.2), км/год.

Величина  $\beta_x$  може визначатися не тільки по графіку руху, а й розраховуватися аналітично за формулами, що рекомендовані доктором технічних наук професором Максимовичем Б.М. на двоколійній лінії:

$$\beta_x = 1 - \frac{(1 - \Delta) \cdot n_{nac} \cdot t_{обз}}{1440} \quad (4.11)$$

де  $\Delta$  – відношення середніх швидкостей руху вантажних та пасажирських поїздів;

$n_{\text{пас}}$  – кількість пар пасажирських поїздів на добу;

$t_{\text{обг}}$  – середній час простою вантажного поїзда під обгоном у хвиликах.

$$t_{\text{обг}} = \frac{l_{\text{пер}} \cdot (1 - \Delta)}{2 \cdot V_x} + 0,4 \quad (4.12)$$

де  $l_{\text{пер}}$  – середня довжина двоколісного перегону, км.

Приймаємо  $\Delta = 0,75$ ,  $V_x^{\text{А-В}} = 82,1$  км/год.

$$t_{\text{обг}} = \frac{110 \cdot (1 - 0,75)}{2 \cdot 6 \cdot 82,1} + 0,4 = 0,43 \text{ год} = 25 \text{ хв.}$$

$$\beta_x = 1 - \frac{(1 - 0,75) \cdot 20 \cdot 25}{1440} = 0,89$$

$$V_o = 82,1 \cdot 0,89 = 66,4 \text{ км / год}$$

Знаючи масу бруто поїзда та його дільничну швидкість, визначаємо вартість 1-ого поїздо-кілометра для кожного з конструктоспроможних варіантів. Розрахунок вартості поїздо-кілометрів виконуємо в табличній формі (Додаток Г) і поетапно розписуємо в таблицях 4.1 – 4.3

Таблиця 4.1

Розрахунок вартості 1 поїздохілометра по варіантам на ділянці А – Б

Вимірювач	Витратна ставка, грн..	Витрати вимірювача	Q <sub>бр</sub> = 4700т. P=276т. V <sub>д</sub> =66,4км/год m =57 ваг.	Q <sub>бр</sub> = 3650т. P=276т. V <sub>д</sub> = 66,4 км/год m =57 ваг	Q <sub>бр</sub> = 3250т. P=276т. V <sub>д</sub> =66,4 км/год m =57 ваг
1	2	3	4	5	6
Вагонокілометри	e <sub>вк</sub> = 0,24	m · e <sub>вк</sub>	13,68	13,68	13,68
Вагоно-години	e <sub>вг</sub> =1,787	m · e <sub>вг</sub> /V <sub>д</sub>	1,53	1,53	1,53
Локомотиво-кілометр	e <sub>лкм</sub> =6,2	(1+β <sub>д</sub> ) · e <sub>лкм</sub>	6,32	6,32	6,32
Локомотиво-година	e <sub>люд</sub> = 14,78	(1/V <sub>д</sub> +β <sub>д</sub> ) · e <sub>люд</sub>	0,52	0,52	0,52
Бригадогодини	e <sub>бр</sub> =55,44	V <sub>д</sub> · e <sub>бр</sub>	1,25	1,25	1,25
Тонно-кілометри брутто	e <sub>тк</sub> =0,0021	(Q <sub>бр</sub> +P)e <sub>тк</sub>	10,5	7,9	7,4
Витрати палива	e <sub>п</sub> =1,342	$(\frac{a \cdot Q_{бр}}{10000} + a_{cm} \cdot \beta) e_p$	30,5	23,8	21,2
Разом			64,3	55,0	51,9

$$\beta_d = 0,02; K_{\Gamma} = 1,5; a = 48; a_e = 18; \beta = 0,01.$$

$$\Gamma_{\circ}^{A-B} = 82 \cdot 4316 = 353912m.$$

Використовуючи формулу (3.35), визначимо експлуатаційні витрати по кожному з варіантів:

$$E_{р\dot{ч}\dot{н}}^I = 2 \cdot 365 \cdot 6 \cdot 10,2 \cdot \frac{4700}{82} \cdot 1,787 + 2 \cdot 365 \cdot \frac{353912}{0,7 \cdot 4700} \cdot 100 \cdot 64,3 = 509508,349 \text{ тис.грн./рік}$$

$$E_{\text{річн}}^{\text{II}} = 2 \cdot 365 \cdot 6 \cdot 10,2 \cdot \frac{3650}{82} \cdot 1,787 + 2 \cdot 365 \cdot \frac{353912}{0,7 \cdot 3650} \cdot 100 \cdot 55,0 = 559701,105 \text{ тис.грн./рік}$$

$$E_{\text{річн}}^{\text{III}} = 2 \cdot 365 \cdot 6 \cdot 10,2 \cdot \frac{3250}{82} \cdot 1,787 + 2 \cdot 365 \cdot \frac{353912}{0,7 \cdot 3250} \cdot 100 \cdot 51,9 = 592556,054 \text{ тис.грн./рік}$$

Приймаємо, що найбільш вигідний за експлуатаційними витратами є варіант з критичною масою 4700 т.

Визначимо приведені витрати, використовуючи формулу (2), для усіх варіантів.

Вартість одного 4-ох вісного вагону приймаємо 98000грн., а вартість тепловоза 2ТЭ116 – 1300тис. грн. Тоді при  $E_n = 0,12$  отримаємо наступне:

$$E_n^{\text{I}} = 509508,349 + 0,12 \cdot \frac{2 \cdot 353912 \cdot 100}{24 \cdot 0,82 \cdot 0,7 \cdot 66,4} \cdot 98 + 0,12 \cdot \frac{2 \cdot 353912 \cdot 100}{24 \cdot 0,7 \cdot 4700 \cdot 66,4} \cdot 1300 = 513456,309$$

тис.грн

$$E_n^{\text{II}} = 559701,105 + 0,12 \cdot \frac{2 \cdot 353912 \cdot 100}{24 \cdot 0,82 \cdot 0,7 \cdot 66,4} \cdot 98 + 0,12 \cdot \frac{2 \cdot 353912 \cdot 100}{24 \cdot 0,7 \cdot 3650 \cdot 66,4} \cdot 1300 = 563812,305$$

тис.грн

$$E_n^{\text{III}} = 592556,054 + 0,12 \cdot \frac{2 \cdot 353912 \cdot 100}{24 \cdot 0,82 \cdot 0,7 \cdot 66,4} \cdot 98 + 0,12 \cdot \frac{2 \cdot 353912 \cdot 100}{24 \cdot 0,7 \cdot 3250 \cdot 66,4} \cdot 1300 = 596811,494$$

тис.грн

Таким чином оптимальним є І варіант з масою поїзда 4700 т. при мінімальних приведених витратах ,які складають 52071,428 тис. грн.

Ділянка Б – В

$Q_{\text{бр}}^{\text{кр}} = 3900$  т, довжина ділянки 90км, довжина станційних колій 850 м, крутизна керуючого ухилу 11%

Максимальне погінне навантаження складає:

$$P^{\text{пгн}} = \frac{3900}{850 - 46} = 4,85 \text{ т/м}$$

Обираємо ще два конкурентноспроможні варіанти, як було описано раніше і маємо:

$$Q_{\text{бр}}^{\text{II}} = 3,65 \cdot (850 - 46) = 2935 \text{ т} \text{ Приймаємо } 2900 \text{ т.}$$

$$Q_{\text{бр}}^{\text{III}} = 3,25 \cdot (850 - 46) = 2613 \text{ т} \text{ Приймаємо } 2600 \text{ т.}$$

Визначимо силу тяги на розрахунковому ухилі для обраних норм маси:

$$F_{\kappa}^{\text{II}} = 2900 \cdot (1,03 + 11) + 276 \cdot (2,3 + 11) = 38558 \text{ л.с}$$

$$F_{\kappa}^{\text{III}} = 2600 \cdot (1,03 + 11) + 276 \cdot (2,3 + 11) = 34949 \text{ л.с}$$

Ходова швидкість (згідно тягових розрахунків п.12), дорівнює 72,2 км/год

Середній час простою вантажного поїзда під обгоном дорівнює:

$$t_{\text{обг}} = \frac{90 \cdot (1 - 0,76)}{2 \cdot 6 \cdot 72,2} + 0,4 = 0,42 \text{ год} = 25 \text{ хв.}$$

$$\beta_x = 1 - \frac{(1 - 0,76) \cdot 20 \cdot 25}{1440} = 0,89$$

Дільнична швидкість на ділянці Б – В складає:

$$V_{\text{д}} = 72,2 \cdot 0,89 = 67,9 \text{ км / год}$$

Визначаємо вартість 1-ого поїздо-кілометра аналогічно А – Б. Результати зведені в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2

Розрахунок вартості 1 поїздкилометра по варіантам на ділянці Б – В

Вимірювач	Витратна ставка, грн..	Витрати вимірювача	Q <sub>бр</sub> = 3900т. P=276т. V <sub>д</sub> = 67,9 км/год m =47 ваг.	Q <sub>бр</sub> = 2900т. P=276т. V <sub>д</sub> = 67,9 км/год m =47 ваг	Q <sub>бр</sub> = 2600т. P=276т. V <sub>д</sub> = 67,9 км/год m =47 ваг
1	2	3	4	5	6
Вагонокілометри	e <sub>вк</sub> = 0,24	m · e <sub>вк</sub>	11,28	11,28	11,28
Вагоно-години	e <sub>вг</sub> =1,787	m · e <sub>вг</sub> /V <sub>д</sub>	1,24	1,24	1,24
Локмотиво-кілометр	e <sub>лкм</sub> =6,2	(1+β <sub>д</sub> ) · e <sub>лкм</sub>	6,32	6,32	6,32
Локомотиво-година	e <sub>люд</sub> = 14,78	(1/V <sub>д</sub> +β <sub>д</sub> ) · e <sub>люд</sub>	0,51	0,51	0,51
Бригадогодини	e <sub>бр</sub> =55,44	V <sub>д</sub> · e <sub>бр</sub>	1,22	1,22	1,22
Тонно-кілометри брутто	e <sub>тк</sub> =0,00211	(Q <sub>бр</sub> +P)e <sub>тк</sub>	8,81	6,7	6,07
Витрати палива	e <sub>п</sub> =1,342	$(\frac{a \cdot Q_{бр}}{10000} + a_{см} \cdot \beta) e_{п}$	25,36	18,92	16,99
Разом			54,74	46,19	43,63

Добовий вантажопотік на ділянці Б – В:

$$I_{\circ}^{Б-В} = 82 \cdot 4134 = 338988m.$$

Визначимо експлуатаційні витрати по кожному з варіантів:

КРБ – 275.02 – ДУІТ – КІЗТ – УЗТ – ТТУПІ – ПЗ

$$E_{\text{річн}}^I = 2 \cdot 365 \cdot 8 \cdot 9,7 \cdot \frac{3900}{82} \cdot 1,787 + 2 \cdot 365 \cdot \frac{338988}{0,7 \cdot 3900} \cdot 95 \cdot 54,74 = 476196,532 \text{ тис.грн./рік}$$

$$E_{\text{річн}}^{II} = 2 \cdot 365 \cdot 8 \cdot 9,7 \cdot \frac{2900}{82} \cdot 1,787 + 2 \cdot 365 \cdot \frac{338988}{0,7 \cdot 2900} \cdot 95 \cdot 46,19 = 538492,545 \text{ тис.грн./рік}$$

$$E_{\text{річн}}^{III} = 2 \cdot 365 \cdot 8 \cdot 9,7 \cdot \frac{2600}{82} \cdot 1,787 + 2 \cdot 365 \cdot \frac{338988}{0,7 \cdot 2600} \cdot 95 \cdot 43,63 = 566775,512 \text{ тис.грн./рік}$$

Отже, по експлуатаційним витратам найбільш вигідним є I варіант.

Визначимо приведені витрати для трьох варіантів.

$$E_n^I = 476196,532 + 0,12 \cdot \frac{2 \cdot 338988 \cdot 95}{24 \cdot 0,82 \cdot 0,7 \cdot 67,9} \cdot 98 + 0,12 \cdot \frac{2 \cdot 333988 \cdot 95}{24 \cdot 0,7 \cdot 3900 \cdot 67,9} \cdot 1300 = 479966,692$$

тис.грн

$$E_n^{II} = 538492,545 + 0,12 \cdot \frac{2 \cdot 338988 \cdot 95}{24 \cdot 0,82 \cdot 0,7 \cdot 67,9} \cdot 98 + 0,12 \cdot \frac{2 \cdot 338988 \cdot 95}{24 \cdot 0,7 \cdot 2900 \cdot 67,9} \cdot 1300 = 542406,945$$

тис.грн

$$E_n^{III} = 566775,512 + 0,12 \cdot \frac{2 \cdot 338988 \cdot 95}{24 \cdot 0,82 \cdot 0,7 \cdot 67,9} \cdot 98 + 0,12 \cdot \frac{2 \cdot 338988 \cdot 95}{24 \cdot 0,7 \cdot 2600 \cdot 67,9} \cdot 1300 = 570834,152$$

тис.грн

Таким чином, оптимальним на ділянці Б – В є I варіант з масою поїзда 3900 т. і приведених витратах, які складають 486552,551 тис. грн.

Ділянка В – Г

$Q_{\text{бр}}^{\text{кр}} = 5950$  т., довжина ділянки 110км., довжина станційних колій 1250 м., крутизна керуючого ухилу 7%

Максимальне погінне навантаження складає:

$$p^{\text{max}} = \frac{5950}{1250 - 46} = 4,9 \text{ т/м}$$

Обираємо ще два конкурентноспроможні варіанти з масами:

КРБ – 275.02 – ДУІТ – КІЗТ – УЗТ – ТТУПІ – ПЗ

$$Q_{\text{бр}}^{\text{II}} = 3,65 \cdot (1250 - 46) = 4395 \text{ т} \text{ Приймаємо } 4350 \text{ т.}$$

$$Q_{\text{бр}}^{\text{III}} = 3,25 \cdot (1250 - 46) = 3913 \text{ т} \text{ Приймаємо } 3900 \text{ т.}$$

Розрахуємо силу тяги на розрахунковому ухилі для обраних норм маси:

$$F_{\kappa}^{\text{II}} = 4350 \cdot (1,03 + 7) + 276 \cdot (2,3 + 7) = 37497 \text{ л.с}$$

$$F_{\kappa}^{\text{III}} = 3900 \cdot (1,03 + 7) + 276 \cdot (2,3 + 7) = 33884 \text{ л.с}$$

Ходова швидкість, згідно тягових розрахунків (п.12), дорівнює 73,1 км/год

Середній час простою вантажного поїзда під обгоном дорівнює:

$$t_{\text{обг}} = \frac{110 \cdot (1 - 0,74)}{2 \cdot 6 \cdot 73,1} + 0,4 = 0,43 \text{ год} = 25 \text{ хв.}$$

Тобто,  $\beta_x = 0,89$

Дільнична швидкість на ділянці В-Г складає:

$$V_{\text{д}} = 73,1 \cdot 0,89 = 66,2 \text{ км / год}$$

Визначаємо вартість 1-ого поїздо-кілометра на В – Г і результати зведемо в таблицю 4.3

Таблиця 4.3

Розрахунок вартості 1 поїздокілометра по варіантам на ділянці В-Г

1	2	3	4	5	6
Вагонокілометри	$e_{вк} = 0,24$	$m \cdot e_{вк}$	17,28	17,28	17,28
Вагоно-години	$e_{вг} = 1,787$	$m \cdot e_{вг}/V_{д}$	1,94	1,94	1,94
Локомотиво-кілометр	$e_{лкм} = 6,2$	$(1+\beta_{д}) \cdot e_{лкм}$	6,32	6,32	6,32
Локомотиво-година	$e_{люд} = 14,78$	$(1/V_{д}+\beta_{д}) \cdot e_{люд}$	0,52	0,52	0,52
Бригадогодини	$e_{бр} = 55,44$	$V_{д} \cdot e_{бр}$	1,26	1,26	1,26
Тонно-кілометри брутто	$e_{тк} = 0,00211$	$(Q_{бр}+P)e_{тк}$	13,14	9,76	8,81
Витрати палива	$e_{п} = 1,342$	$(\frac{a \cdot Q_{бр}}{10000} + a_{см} \cdot \beta) e_{п}$	38,57	28,26	25,36
Разом			79,03	65,34	61,49

Добовий вантажопотік на ділянці В-Г:

$$\Gamma_{\delta}^{B-B} = 82 \cdot 3459 = 324638m.$$

Визначимо експлуатаційні витрати по кожному з варіантів:

$$E_{річн}^I = 2 \cdot 365 \cdot 8 \cdot 9,7 \cdot \frac{5950}{82} \cdot 1,787 + 2 \cdot 365 \cdot \frac{332438}{0,7 \cdot 5950} \cdot 112 \cdot 79,03 = 510984,864 \text{ тис.грн./рік}$$

$$E_{річн}^{II} = 2 \cdot 365 \cdot 8 \cdot 9,7 \cdot \frac{4350}{82} \cdot 1,787 + 2 \cdot 365 \cdot \frac{324638}{0,7 \cdot 4350} \cdot 112 \cdot 65,34 = 574920,407 \text{ тис.грн./рік}$$

$$E_{річн}^{III} = 2 \cdot 365 \cdot 8 \cdot 9,7 \cdot \frac{3900}{82} \cdot 1,787 + 2 \cdot 365 \cdot \frac{324638}{0,7 \cdot 3900} \cdot 112 \cdot 61,49 = 602650,623 \text{ тис.грн./рік}$$

Як бачимо, по експлуатаційним витратам найбільш вигідним є І варіант.

Визначимо приведені витрати для трьох варіантів:

$$E_n^I = 510981,864 + 0,12 \cdot \frac{2 \cdot 324638 \cdot 112}{24 \cdot 0,82 \cdot 0,7 \cdot 66,2} \cdot 98 + 0,12 \cdot \frac{2 \cdot 324638 \cdot 112}{24 \cdot 0,7 \cdot 5950 \cdot 66,2} \cdot 1300 = 514886,904$$

тис.грн

$$E_n^{II} = 574920,407 + 0,12 \cdot \frac{2 \cdot 324638 \cdot 112}{24 \cdot 0,82 \cdot 0,7 \cdot 66,2} \cdot 98 + 0,12 \cdot \frac{2 \cdot 324638 \cdot 112}{24 \cdot 0,7 \cdot 4350 \cdot 66,2} \cdot 1300 = 578969,687$$

тис.грн

$$E_n^{III} = 602650,623 + 0,12 \cdot \frac{2 \cdot 324638 \cdot 112}{24 \cdot 0,82 \cdot 0,7 \cdot 66,2} \cdot 98 + 0,12 \cdot \frac{2 \cdot 324638 \cdot 112}{24 \cdot 0,7 \cdot 2900 \cdot 66,2} \cdot 1300 = 606844,143$$

тис.грн

Таким чином, оптимальним на ділянці В-Г є І варіант з масою поїзда 5950 т. і приведених витратах ,які дорівнюють 522073,376 тис. грн..

#### 4.5 Визначення уніфікованої маси поїздів на напрямку А – Д

Як було описано вище, уніфікація норми маси на напрямку є однією з задач оптимізації параметрів експлуатаційної роботи. Розрахунок оптимізації вибору норми маси наведено на додатку Д.

Отже, маємо наступні умови:

1) А – Б,  $L_{А-Б} = 110$  км,  $Q_{бр} = 4700$ ,  $i_p = 9\%$ , тип профіля по класифікації МШТа IIIа,  $N_B = 77$  поїздів,  $N_{пас} = 20$  пар,  $m = 57$  вагонів.

2) Б – В,  $L_{Б-В} = 90$  км,  $Q_{бр} = 3900$ ,  $i_p = 11\%$ , тип профіля по класифікації МШТа IVб,  $N_B = 91$  поїздів,  $N_{пас} = 20$  пар,  $m = 47$  вагонів.

3) В – Г,  $L_{В-Г} = 110$  км,  $Q_{бр} = 5950$ ,  $i_p = 7\%$ , тип профіля по класифікації МШТа IIб,  $N_B = 57$  поїздів,  $N_{пас} = 20$  пар,  $m = 72$  вагонів.

4) Г – Д,  $L_{Г-Д} = 95$  км,  $Q_{бр} = 4700$ ,  $i_p = 9\%$ , тип профіля по класифікації МПТа Ша,  $N_b = 65$  поїздів,  $N_{пас} = 20$  пар,  $m = 57$  вагонів.

Тип локомотива 2ТЭ116, на всьому напрямку на дві головні колії.

Ходову швидкість визначаємо, згідно тягових розрахунків. Так на розглядаємому напрямку маємо дві ділянки з нормою маси 4700 т., одну ділянку з нормою маси 5950 т, одну ділянку з нормою маси 3900 т. У зв'язку з цим можна прийняти уніфіковану норму маси 4700т., це викличе: застосування кратної тяги (підштовхування) на другій ділянці Б-В, знизить маневрову роботу по перелому маси або взагалі виключить її і т.п.

Для ділянок А – Б і Г – Д ходова швидкість  $V_x = 82,1$  км/год, а дільнична  $V_d = 66,4$  км/год.

Для ділянки Б – В  $V_x = 72,4$  км/год,  $V_d = 67,9$  км/год.

Для ділянки В – Г  $V_x = 73,1$  км/год,  $V_d = 66,2$  км/год.

Для визначення капіталовкладень у вагонний та локомотивний парк необхідно визначити робочий парк локомотивів та вагонів. Для визначення робочого парку вагонів скористаємось формулою:

$$n_p = \frac{nS}{24V_d}, \text{ вагонів} \quad (4.13)$$

$$M_p = \frac{NS}{24V_d} \text{ локомотивів} \quad (4.14)$$

де  $NS$  – поїздо-кілометри;

$nS$  – вагоно-кілометри.

Для першої ділянки А-Б:

$$n_p = \frac{4440 \cdot 110}{24 \cdot 66,4} = 271 \text{ ваг.}$$

$$M_p = \frac{77 \cdot 110}{24 \cdot 66,4} = 5 \text{ лок.}$$

$$K_l = 5 \cdot 1300 = 6500 \text{ тис. грн.}$$

$$K_v = 271 \cdot 98 = 26558 \text{ тис. грн.}$$

Для ділянки Б – В:

$$n_p = \frac{4255 \cdot 90}{24 \cdot 67,9} = 241 \text{ ваг.}$$

$$M_p = \frac{91 \cdot 90}{24 \cdot 67,9} = 6 \text{ лок.}$$

$$K_l = 6 \cdot 1300 = 7800 \text{ тис. грн.}$$

$$K_v = 241 \cdot 98 = 23618 \text{ тис. грн.}$$

Для ділянки В – Г:

$$n_p = \frac{4085 \cdot 110}{24 \cdot 66,2} = 279 \text{ ваг.}$$

$$M_p = \frac{57 \cdot 110}{24 \cdot 66,2} = 4 \text{ лок.}$$

$$K_l = 4 \cdot 1300 = 5200 \text{ тис. грн.}$$

$$K_v = 279 \cdot 98 = 27342 \text{ тис. грн.}$$

Для ділянки Г – Д:

$$n_p = \frac{3715 \cdot 95}{24 \cdot 66,4} = 310 \text{ ваг.}$$

$$M_p = \frac{65 \cdot 95}{24 \cdot 66,4} = 6 \text{ лок.}$$

$$K_l = 6 \cdot 1300 = 7800 \text{ тис. грн.}$$

$$K_v = 310 \cdot 98 = 30380 \text{ тис. грн.}$$

Слід відзначити, що при застосуванні уніфікованої норми маси на напрямку змінюється і капіталовкладення в рухомий склад на другій та третій ділянках.

Ділянка Б – В: після уніфікації  $N = 4255 : 57 = 75$  поїзда.

$$n_p = \frac{4255 \cdot 90}{24 \cdot 66,6} = 246 \text{ ваг.}$$

$$M_p = \frac{75 \cdot 90}{24 \cdot 66,6} = 5 \text{ лок.}$$

$$K_l = 5 \cdot 1300 = 6500 \text{ тис. грн.}$$

$$K_v = 246 \cdot 98 = 24108 \text{ тис. грн.}$$

Ділянка В – Г: після уніфікації  $N = 4085 : 57 = 72$  поїздів.

$$n_p = \frac{4085 \cdot 110}{24 \cdot 67,7} = 273 \text{ ваг.}$$

$$M_p = \frac{72 \cdot 110}{24 \cdot 67,7} = 5 \text{ лок.}$$

$$K_l = 5 \cdot 1300 = 6500 \text{ тис. грн.}$$

$$K_v = 273 \cdot 98 = 26754 \text{ тис. грн.}$$

Слід відзначити, що зниження  $Q_{br}$  на ділянці В – Г викличе збільшення ходової та дільничної швидкості, а при збільшенні  $Q_{br}$  на ділянці Б – В швидкість (ходова і дільнична) навпаки зменшиться.

Розрахунок вартості 1 поїздо-кілометра до уніфікації та після уніфікації виконано в табличній формі (таблиця 4.3)

Витрати, пов'язані з накопиченням в пунктах формування, на ділянках дорівнюють:

1) А – Б, Г – Д ( до і після уніфікації ):

$$E_{нак} = 2 \cdot 365 \cdot 6 \cdot 10,2 \cdot \frac{4700}{82} \cdot 1,787 = 4575,967 \text{ тис. грн./рік}$$

2) Б – В до уніфікації:

$$E_{нак} = 2 \cdot 365 \cdot 8 \cdot 9,7 \cdot \frac{3900}{82} \cdot 1,787 = 4814,596 \text{ тис. грн./рік}$$

3) В – Г до уніфікації:

$$E_{нак} = 2 \cdot 365 \cdot 8 \cdot 9,7 \cdot \frac{5950}{82} \cdot 1,787 = 7345,346 \text{ тис. грн./рік}$$

4) Б – В , В – Г після уніфікації:

$$E_{нак} = 2 \cdot 365 \cdot 8 \cdot 9,7 \cdot \frac{4700}{82} \cdot 1,787 = 5802,206 \text{ тис. грн./рік}$$

Витрати на підштовхування на другій ділянці визначаються за формулою (4.1). Річні витрати на утримання одного пункту підштовхування приймаємо:  $E_{підштг}^{річн} = 78000$  грн/рік.

Добові витрати на утримання одного штовхача з локомотивною бригадою дорівнюють  $E_{штг}^{доб} = 1720$  грн. Приймаємо два штовхача на один пункт підштовхування.

$$E_{штг}^{річн} = 1 \cdot (78000 + 365 \cdot 2 \cdot 1720) = 1333,6 \text{ тис. грн/рік}$$

Витрати, пов'язані з рухом визначимо як:

1) А – Б (до і після уніфікації):

$$E_{рух} = \frac{2 \cdot 365 \cdot 353912 \cdot 110}{0,7 \cdot 4700} \cdot 64,3 = 504932,382 \text{ тис грн/рік}$$

2) Б – В до уніфікації:

$$E_{\text{рyx}} = \frac{2 \cdot 365 \cdot 338988 \cdot 90}{0,7 \cdot 3900} \cdot 54,74 = 471381,936 \text{ тис грн./рік}$$

Б – В після уніфікації:

$$E_{\text{рyx}} = \frac{2 \cdot 365 \cdot 338988 \cdot 90}{0,7 \cdot 4700} \cdot 64,29 = 459386,595 \text{ тис грн./рік}$$

3) В – Г до уніфікації:

$$E_{\text{рyx}} = \frac{2 \cdot 365 \cdot 324638 \cdot 110}{0,7 \cdot 5950} \cdot 79,03 = 503636,519 \text{ тис грн./рік}$$

$$E_{\text{рyx}} = \frac{2 \cdot 365 \cdot 324638 \cdot 110}{0,7 \cdot 4700} \cdot 64,24 = 518262,602 \text{ тис грн./рік}$$

4) Г – Д (до і після уніфікації):

$$E_{\text{рyx}} = \frac{2 \cdot 365 \cdot 295774 \cdot 137}{0,7 \cdot 4700} \cdot 64,3 = 578120,670 \text{ тис грн./рік}$$

Тепер підрахуємо витрати для кожної з ділянок напрямку до уніфікації та після уніфікації норми маси на напрямку.

А – Б (до і після уніфікації):

$$E_{\text{А-Б}}^{\text{до, після}} = 504932,382 + 4575,967 + 0,12 \cdot (6500 + 26558) = 513475,309 \text{ тис грн./рік}$$

Б – В до уніфікації:

$$E_{\text{Б-В}}^{\text{до}} = 471381,936 + 4814,596 + 0,12 \cdot (7800 + 23618) = 479966,692 \text{ тис грн./рік}$$

Б – В після уніфікації:

$$E_{Б-В}^{після} = 459386,595 + 5802,206 + 0,12 \cdot (6500 + 24108) = 468861,761 \text{ тис грн./рік}$$

В – Г до уніфікації:

$$E_{В-Г}^{до} = 503636,519 + 7345,346 + 0,12 \cdot (5200 + 27342) = 514886,905 \text{ тис грн./рік}$$

В – Г після уніфікації:

$$E_{В-Г}^{після} = 518262,602 + 5802,206 + 0,12 \cdot (6500 + 26754) = 528055,288 \text{ тис грн./рік}$$

Г – Д (до і після уніфікації):

$$E_{Г-Д}^{до,після} = 578120,602 + 5802,206 + 0,12 \cdot (7800 + 30380) = 587278,237 \text{ тис грн./рік}$$

Враховуючи, що витрати першої та четвертої ділянок однакові як до уніфікації так і після неї, то при порівнянні витрати на цих ділянках можна не враховувати.

Витрати до уніфікації:

$$E^{до} = E_{Б-В}^{до} + E_{В-Г}^{до}$$

$$E^{до} = 479966,692 + 514886,905 = 994853,597 \text{ тис грн./рік}$$

Витрати після уніфікації:

$$E^{після} = E_{Б-В}^{після} + E_{В-Г}^{після}$$

$$E^{після} = 468861,761 + 528055,288 = 996917,049 \text{ тис грн./рік}$$

Як бачимо, витрати, пов'язані з перевезенням вантажів після уніфікації збільшилися. При цьому необхідно врахувати витрати, які визвані переломом норми маси на ділянках. Але перелом норми маси приводиться в двох напрямках: зі зменшенням маси в один бік, та зі збільшенням в інший бік.

Так повні витрати на перелом маси визначаємо за формулою:

$$E_{пер} = E_{нак}^{пер} + E_{тр}^{пер} + E_{розф(форм)}^{пер} + E_{ман}^{пер} + E_{шт}^{пер} + E_{кол}^{пер} \quad (4.15)$$

де  $E_{нак}^{пер}$  – витрати, пов'язані з простоем вагонів під накопиченням при переломі норм маси і визначаються за формулою:

$$E_{нак}^{пер} = 365 \cdot \kappa \cdot C \cdot C_{\epsilon z} \cdot \frac{Q_m}{q_{\delta p}} \text{ грн/рік} \quad (4.16)$$

де  $Q_m$  – менша норма маси поїзда брутто;

$E_{тр}^{пер}$  – витрати пов'язані з затримкою транзитних поїздів при доповненні чи відцепці груп при зменшенні норм маси, визначають як:

$$E_{тр}^{пер} = 365 \cdot C_{\epsilon z} \cdot \frac{Q_m}{q_{\delta p}} \cdot n_{\delta} \cdot \frac{t_{тр}^{дод}}{60}, \text{ грн/рік} \quad (4.17)$$

де  $t_{тр}^{дод}$  – додаткова зверх необхідної затримка транзитного поїзда для зменшення маси, хв.;

$n_{\delta}$  – кількість поїздів більшої маси, дорівнює:

$$n_{\delta} = \frac{n_m Q_m}{Q_{\delta}} \quad (4.18)$$

де  $n_m$  – кількість поїздів меншої маси;

$Q_6$  – більша маса поїзда брутто;

$E_{розф(форм)}^{пер}$  – витрати, які викликані розформуванням і формуванням поїздів більшої чи меншої маси.

$$E_{розф}^{пер} = 365 \cdot (n_m - n_6) \cdot t_{розф} \cdot C_{вз} \cdot \frac{Q_m}{q_{бр}} \text{ грн/рік} \quad (4.19)$$

$E_{ман}^{пер}$  – витрати, пов'язані з утриманням маневрових засобів та обслуговуючого персоналу в пунктах перелому маси :

$$E_{ман}^{пер} = \frac{8760 \cdot \alpha_{нр} \cdot \sum t_{ман}^{пер}}{24 - T_{пост}} \cdot C_{мрг} \text{ грн/рік} \quad (4.20)$$

де  $\alpha_{нр}$  – коефіцієнт нерівномірності завантаження маневрових засобів;

$T_{пост}$  – неробочий час маневрового локомотива;

$\sum t_{ман}^{пер}$  - добові витрати в пунктах перелому;

$C_{мрг}$  – вартість години маневрової роботи.

$E_{шт}^{пер}$  – витрати на утримання штату в пунктах перелому маси, в середньому по мережі 225 тис грн/рік на пункт перелому.

$E_{кол}^{пер}$  – витрати на будівництво додаткових колій в пункті перелому ( в розглядаємому прикладі дані витрати не мають місця).

Отже, для порівняння ефективності уніфікації норм маси транзитних поїздів на напрямку проведемо схрещений розрахунок витрат, пов'язаних з переломом маси:

$$E_{нак}^{пер} = 365 \cdot 8 \cdot 9,7 \cdot \frac{3200}{82} \cdot 1,787 = 2407,298 \text{ тис грн/рік}$$

$$n_6 = \frac{91 \cdot 3900}{4700} = 73 \text{ поїзда}$$

$$E_{mp}^{nep} = 365 \cdot 1,787 \cdot \frac{3900}{82} \cdot 73 \cdot \frac{20}{60} = 754,866, \text{ тис грн/рік}$$

$$E_{позф}^{nep} = 365 \cdot (91 - 75) \cdot 0,25 \cdot 1,787 \cdot \frac{3900}{82} = 116,322 \text{ тис грн/рік}$$

$$E_{ман}^{nep} = \frac{8760 \cdot 0,95 \cdot 20}{24 - 2} \cdot 76,79 = 580,951 \text{ тис грн/рік}$$

Так витрати, пов'язані з переломом маси складають:

$$E_{nep} = 225 + 2407,298 + 754,866 + 116,332 + 580,951 = 4084,477 \text{ тис грн/рік}$$

Тобто можемо зробити висновок, що до уніфікації маси витрати на просування транзитних поїздів складають:

$$E_{заг}^{до} + E^{nep} = 994853,597 + 4084,447 = 998938,044 \text{ тис. грн/рік}$$

$$\text{Тоді } 998938,044 - 996917,049 = 2020,995 \text{ тис грн/рік.}$$

Тобто витрати, які викликані переломом маси складають від 10 до 45 % витрат від перевезень.

Маємо, що уніфікація економічно більш вигідна, ніж перелом маси на напрямку для транзитних поїздів.

#### **4.6 Вибір оптимальної маси поїзда в сукупності з вибором локомотива та довжині приймально-відправних колій**

Для вибору локомотива та довжини приймально-відправних колій при обраній раніше уніфікованій масі поїзда приймаємо наступні параметри, що необхідні для розв'язанні цієї задачі:

— типи локомотивів 2ТЭ116 та 3ТЭ10М;

- погінне навантаження  $p = 4,7$  т/м;
- існуюча довжина приймально-відправних колій 1050 м;
- довжина напрямку 405 км, двоколійний.

Для вибору оптимального варіанту освоєння вантажопотоку необхідно порівняти освоєння вантажопотоку локомотивами двох типів при заданій довжині приймально-відправних колій. Знаходимо  $Q_{бр}^{max}$  по довжині приймально-відправних колій та погінному навантаженню:

$$Q_{бр}^{max} = 4,7 \cdot (1050 - 50) = 4700 \text{ т.},$$

що співпадає з уніфікованою нормою маси вантажних поїздів на напрямку.

Потім, використовуючи формулу (2.1) будемо залежність маси поїзда від розрахункового ухилу при заданому типі локомотива.

Для локомотива 2ТЭ116  $F_k = 496000$  Н,  $V_p = 24,2$  км/год, основний питомий опір руху локомотива складає  $\omega' = 2,3$  Н/кн.; для состава питомий опір руху поїзда  $\omega'' = 1,03$  Н/кн.; при ухилах 4%, 7 %, 9 %, 11 % розрахункова маса поїзда складає:

$$Q_{бр}^4 = \frac{496000 - (2,3 + 4) \cdot 276 \cdot 9,81}{(1,03 + 4) \cdot 9,81} = 9700 \text{ т.};$$

$$Q_{бр}^7 = \frac{496000 - (2,3 + 7) \cdot 276 \cdot 9,81}{(1,03 + 7) \cdot 9,81} = 5950 \text{ т.};$$

$$Q_{бр}^9 = \frac{496000 - (2,3 + 9) \cdot 276 \cdot 9,81}{(1,03 + 9) \cdot 9,81} = 4700 \text{ т.};$$

$$Q_{бр}^{11} = \frac{496000 - (2,3 + 11) \cdot 276 \cdot 9,81}{(1,03 + 11) \cdot 9,81} = 3900 \text{ т.};$$

Для локомотива 3ТЭ10М  $F_k = 744000$  Н,  $V_p = 23,4$  км/год,  $P = 414$  т.;  
 $\omega' = 2,3$  Н/кн.;  $\omega'' = 1,03$  Н/кн.

$$Q_{\text{бр}}^4 = \frac{744000 - (2,3 + 4) \cdot 414 \cdot 9,81}{(1,03 + 4) \cdot 9,81} = 14550 \text{ Т.};$$

$$Q_{\text{бр}}^7 = \frac{744000 - (2,3 + 7) \cdot 414 \cdot 9,81}{(1,03 + 7) \cdot 9,81} = 8950 \text{ Т.};$$

$$Q_{\text{бр}}^9 = \frac{744000 - (2,3 + 9) \cdot 414 \cdot 9,81}{(1,03 + 9) \cdot 9,81} = 7050 \text{ Т.};$$

$$Q_{\text{бр}}^{11} = \frac{744000 - (2,3 + 11) \cdot 414 \cdot 9,81}{(1,03 + 11) \cdot 9,81} = 5800 \text{ Т.}$$

Побудуємо на кресленні залежність  $Q_{\text{бр}} = f(i)$  для обох локомотивів. Як бачимо, в точці перетину ліній  $Q_{\text{бр}}^{\text{УН}} = 4700 \text{ Т.}$  та  $i_{\text{р}}^{\text{max}} = 11\%$  не проходить ні одного із залежностей  $Q_{\text{бр}} = f(i)$  розглядаємих локомотивів. Тому розрахуємо масу поїзда для локомотивів обох типів при  $i_{\text{р}} = 11\%$ :

Для 2ТЭ116:

$$Q_{\text{бр}}^{11} = \frac{496000 - (2,3 + 11) \cdot 276 \cdot 9,81}{(1,03 + 11) \cdot 9,81} = 3900 \text{ Т.};$$

Для 2ТЭ116 зі штовхачем:

$$Q_{\text{бр}}^{11} = \frac{496000 + 248000 - (2,3 + 11) \cdot 414 \cdot 9,81}{(1,03 + 11) \cdot 9,81} = 5800 \text{ Т.};$$

Для 3ТЭ10М:

$$Q_{\text{бр}}^{11} = \frac{744000 - (2,3 + 11) \cdot 414 \cdot 9,81}{(1,03 + 11) \cdot 9,81} = 5800 \text{ Т.};$$

З отриманого можна зробити наступний висновок, що освоєння заданого вантажопотоку при  $i_{\text{р}}^{\text{max}} = 11\%$  можливо за двома варіантами:

— 2ТЭ116 зі штовхачем;

— 3ТЭ10М.

Слід відзначити, що можемо визначити довжину приймально-відправних колій на перспективу:

$$l - a = \frac{Q_{\text{оп}}^{\text{ун}}}{p} = \frac{4700}{4,7} = 1000 \text{ м,}$$

тобто можна прийняти стандартну довжину приймально-відправних колій 1050 м.

Для порівняння економічних показників кожного варіанта скористаємося формулою (3.36), що складається з двох частин: в одній з яких визначаються витрати на перевезення вантажу, в іншій витрати на накопичення поїздів до розрахункової маси. Також для першого варіанту необхідно врахувати витрати, пов'язані з підштовхуванням (вартість локомотивів, необхідних для підштовхування, додаткові витрати заробітної плати локомотивним бригадам та інше).

Слід також відзначити, що для визначення витрати на перевезення вантажів можна скористатися методом витратних ставок для визначення вартості 1 поїздо - кілометра. Для цього необхідно визначити дільничну швидкість для локомотивів обох типів, для цього скористаємося формулою:

$$V_x = \frac{SV_p}{r + V_p}, \text{ км/год} \quad 4.21$$

де  $S$  і  $r$  – коефіцієнти, що залежать від типу профіля.

Для профіля IVб  $S = 97$ ,  $r = 19.5$

Ходова швидкість для локомотива 2ТЭ116:

$$V_x = \frac{97 \cdot 24,2}{19,5 + 24,2} = 53,7 \text{ км/год}$$

Ходова швидкість для локомотива ЗТЭ10М:

$$V_x = \frac{97 \cdot 23,4}{19,5 + 23,4} = 52,9 \text{ км/год}$$

Для визначення дільничної швидкості  $\beta x = 0,89$ , тоді

$$V_{\partial}^{2TЭ116} = 0,89 \cdot 53,7 = 47,8 \text{ км/год}$$

$$V_{\partial}^{3TЭ10M} = 0,89 \cdot 52,9 = 47,1 \text{ км/год}$$

Витрати, пов'язані з рухом визначаємо за формулою (2.36) по варіантам:

1-й варіант:

$$E_{\text{рух}} = \frac{2 \cdot 365 \cdot 338988 \cdot 95}{0,7 \cdot 4700} \cdot 65,76 = 469890,535 \text{ тис грн./рік}$$

2-й варіант:

$$E_{\text{рух}} = \frac{2 \cdot 365 \cdot 338988 \cdot 95}{0,7 \cdot 4700} \cdot 65,83 = 470390,722 \text{ тис грн./рік}$$

Витрати, пов'язані з накопиченням составів: 1-й варіант та 2-й варіант:

$$E_{\text{нак}} = 365 \cdot 8 \cdot 9,7 \cdot \frac{4700}{82} \cdot 1,787 = 5802,206 \text{ тис грн./рік}$$

Розрахунок вартості 1 поїздо-кілометра виконуємо у табличній формі (Таблиця 4.4)

Таблиця 4.4

## Розрахунок вартості 1 поїздо-кілометра

Вимірювач	Витратна ставка, грн.	Витрати вимірювача	Розрахунок вартості 1 поїздо-кілометра	
			2ТЭ116 зі штовхачем P= 414 т. , m = 57 ваг. Q = 4700 т. V <sub>д</sub> =47,8 км/год	3ТЭ10М P=414 т. , m = 57 ваг. Q = 4700 т. V <sub>д</sub> = 47,1 км/год
Вагонокілометри	0,24	$m \cdot e_{BK}$	13,68	13,68
Вагоно-години	1,787	$m \cdot e_{BG}/V_d$	2,13	2,16
Локомотиво-кілометр	6,2	$(1+\beta_d) \cdot e_{ЛКМ}$	6,32	6,32
Локомотиво-година	14,78	$(1/V_d + \beta_d) e_{ЛЮД}$	0,60	0,61
Бригадо-години	55,44	$V_d \cdot e_{БР}$	1,74	1,77
Тонно-кілометри брутто	0,00211	$(Q_{БР} + P) e_{ТК}$	10,79	10,79
Витрати палива	1,342	$(\frac{a \cdot Q_{БР}}{10000} + a_{cm} \cdot \beta) e_n$	30,5	30,5
Разом			65,76	65,83

Також для 1-ого варіанту визначимо витрати на підштовхування (витрати на утворення та утримання пунктів підштовхування та утримання в часі штовхачів та локомотивних бригад)  $E_{\text{пшт}}^{\text{річн}} = 78000$  грн/рік; середньодобові витрати на утримання одного штовхача з бригадами в часі 1720 грн., за формулою (3.55):

$$E_{\text{ум}}^{\text{річн}} = 1 \cdot (78000 + 365 \cdot 2 \cdot 1720) = 1333,6 \text{ тис. грн/рік}$$

Отже, витрати, пов'язані з освоєнням заданого вантажопотоку по варіантам:

1-й варіант ( 2ТЭ116 зі штовхачем):

$$E = E_{\text{нак}} + E_{\text{ум}} + E_{\text{рух}}$$

$$E = 469890,535 + 5802,206 + 1333,6 = 477026,341 \text{ тис. грн/рік}$$

2-й варіант :

$$E = E_{\text{ум}} + E_{\text{рух}}$$

$$E = 470390,722 + 5802,206 = 476192,928 \text{ тис. грн/рік}$$

Визначимо капіталовкладення у локомотивний і вагонний парк по варіантам відповідно за формулами (4.2) та (4.3):

1-й варіант :

$$K_{\text{л}} = \frac{2 \cdot 338988 \cdot 90}{24 \cdot 82 \cdot 0,7 \cdot 47,8} \cdot 98 = 95854,603 \quad \text{тис грн.}$$

$$K_{\text{в}} = \frac{2 \cdot 338988 \cdot 90}{24 \cdot 4700 \cdot 0,7 \cdot 47,8} \cdot 1300 = 22184,326 \text{ тис грн}$$

2-й варіант:

$$K_{\text{с}} = \frac{2 \cdot 338988 \cdot 90}{24 \cdot 82 \cdot 0,7 \cdot 47,1} \cdot 98 = 97279,183 \quad \text{тис грн.}$$

$$\Pi_{\text{л}}^{3\text{T}\Theta 10\text{M}} = 1800 \text{ тис грн.}$$

$$K_{\text{л}} = \frac{2 \cdot 338988 \cdot 90}{24 \cdot 4700 \cdot 0,7 \cdot 47,1} \cdot 1800 = 31173,272 \text{ тис грн.}$$

Тоді приведені витрати по варіантам визначаємо за формулою (4.1):

1-й варіант:

$$E = 477026,341 + 0,12 \cdot (95854,603 + 22184,326) = 491191,013 \text{ тис грн.}$$

2-й варіант:

$$E = 476192,928 + 0,12 \cdot (97279,193 + 31173,272) = 491607,223 \text{ тис грн.}$$

Як бачимо з розрахунків, найбільш економічно вигідним є перший варіант освоєння вантажопотоку з використанням локомотива 2ТЭ116 на всьому напрямку і з використанням підштовхування на ділянці Б – В, при цьому  $Q_{\text{бр}} = 4700$  т. на всьому напрямку і довжина приймально-відправних колій 1050м.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності. Основним видом контролю за охороною праці на станції є оперативний контроль, що здійснюється керівниками та інженером з охорони праці. Завданням оперативного контролю є оцінка рівня дотримання технологічних процесів, відповідності обладнання, засобів захисту, робочих місць вимогам безпеки, своєчасне виявлення порушень і порушників правил та норм охорони праці, вживання до них впливових заходів. Контроль здійснюється в цілому на двох ступенях, на першому ступені заступник начальника станції та начальник вантажного району, який проводиться щотижня, перевіряються умови і стан безпеки праці безпосередньо на робочих місцях керівниками підрозділів. Другий ступень контролю здійснює комісія під головуванням начальника станції, не рідше одного разу на місяць. На другому ступені контролю перевіряється організація і результати першого ступеню, виконання заходів з охорони праці, а також стан умов праці, утримання обладнання, засобів захисту та дотримання працівниками вимог безпеки на робочих місцях, проведення медичних оглядів, навчання та перевірки знань з охорони праці і інші питання. Проведення попереднього (при прийомі на роботу) й періодичних (на протязі трудової діяльності) медичних оглядів працівників певних категорій станції проводиться, згідно з чинними наказами і постановами Кабінету Міністрів України. Також на станції з метою укріплення виробничої дисципліни і з метою запобігання нещасних випадків на виробництві проводиться обов'язкове постійне медичне обстеження. Згідно із Законом України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасних випадків на виробництві і професійних захворювань, які спричинили втрату працездатності», обов'язковому страхуванню від нещасних випадків підлягають

усі працівники станції. При виникненні страхового випадку Фонд соціального страхування від нещасних випадків зобов'язаний у встановленому законодавством порядку своєчасно і в повному обсязі відшкодувати збитки, причинені працівнику в наслідок ушкодження його здоров'я, або у випадку його смерті виплачувати йому або особам, які знаходяться на його утриманні. Кожний працівник станції при виконанні своїх обов'язків зобов'язаний дотримуватися вимог нормативно-правових актів з охорони праці та правил Пожежної безпеки. Кожний працівник станції в межах своїх службових обов'язків несе особисту відповідальність щодо виконання вимог нормативно-правових документів з охорони праці, в разі порушень цих вимог працівники станції несуть відповідальність згідно з чинним законодавством. Згідно з Кодексом Законів про працю України на працівника можуть бути накладені такі стягнення: догана; звільнення. Робота залізничників основних професій, безпосередньо пов'язаних з рухом поїздів, протікає в умовах підвищеної небезпеки від вагонів і локомотивів, що рухаються, при виконанні маневрової роботи, при прийомі, відправленні і пропуску поїздів протягом будь-якого часу доби, тому недостатня освітленість робочої зони є небезпечним фактором. З метою контролю за станом освітленості і стійкої роботи паркового зв'язку на станції розробляються «карта освітленості станції» і «карта зон чутності станції». Карта освітленості є немасштабним планом станції, на який нанесені зони освітленості території з вказівкою норм освітленості у вказаних районах станції, а також відображаються точки освітлення з вказівкою їх типів. Дані заносяться в таблицю, розміщену на Kartі. Заміри освітленості проводяться щороку з відображенням у Kartі. Карта зон чутності – документ, в якому на схематичному плані станції нанесені основні пристрої станційного радіозв'язку (переговорні колонки, динаміки, стаціонарні радіостанції і ін.) і відображені зони стійкої їх чутності, а також «мертві» зони в парках станції. З метою попередження випадків виробничого та невиробничого травматизму на станції використовуються засоби паркового гучномовного зв'язку, за допомогою якого черговий по станції, диспетчер маневровий, черговий по парку завчасно сповіщають про виконання

маневрової роботи та прибуття і відправлення поїздів робітників, що працюють на коліях станції. Працівники станції під час прийняття на роботу проходять вступний інструктаж, спеціальне навчання і перевірку знань з охорони праці відповідно до «Положення про навчання та перевірку знань з питань охорони праці». До початку роботи безпосередньо на робочому місці з працівником проводиться первинний інструктаж, повторний інструктаж проводиться на робочому місці на роботах з підвищеною небезпекою - 1 раз на 3 місяці, без підвищеної небезпеки – 1 раз на 6 місяців. Позаплановий інструктаж проводиться з працівниками при введенні в дію нових або переглянутих нормативно-правових актів з охорони праці, а також внесенні змін та доповнень до них:

- при зміні технологічного процесу;
- при порушеннях працівниками вимог нормативно-правових актів з охорони праці;
- при перерві в роботі виконавця робіт більш ніж 30 календарних днів - для робіт з підвищеною небезпекою. Обсяг і зміст позапланового інструктажу визначаються в кожному окремому випадку залежно від причин і обставин, що спричинили потребу його проведення;
- за вимогою телеграфного розпорядження про нещасний випадок.

Цільовий інструктаж проводиться індивідуально з окремим працівником або з групою працівників, його обсяг і зміст визначається залежно від виду робіт що виконуватимуться при виконанні робіт не передбачених трудовою угодою, при ліквідації аварії або стихійного лиха.

Для робітників кожної професії та по видам робіт розроблені Інструкції з охорони праці з урахуванням місцевих умов роботи і видані на кожне робоче місце. Розроблення, узгодження і затвердження вказаних інструкцій з охорони праці здійснюється згідно з «Положенням про розробку інструкцій з охорони праці» (НПАОП 0.00-4.15-98). В інструкції передбаченні заходи щодо безпечного виконання робіт, в тому числі при виникненні нестандартних ситуацій, та надання

першої допомоги потерпілим при нещасних випадках. Якщо на працівників станції у порядку ущільнення робочого дня або суміщення професій покладається виконання додаткових обов'язків, пов'язаних з рухом поїздів і виконанням маневрової роботи – то до виконання таких обов'язків вони допускаються лише після навчання і перевірки знань відповідних правил, інструкцій щодо професії за сумісництвом, або додатковими обов'язками. Згідно з діючими правилами внутрішнього трудового розпорядку на станції працівники зобов'язані:

- працювати чесно і сумлінно;
- дотримуватись трудової дисципліни (вчасно приходити на роботу, продуктивно використовувати весь робочий час, своєчасно і точно виконувати розпорядження керівництва);
- дотримуватись трудової технологічної дисципліни; – утримувати у чистоті й порядку робоче місце;
- виконувати вимоги охорони праці, протипожежної безпеки, передбачені правилами і інструкціями;
- користуватись спецодягом, спецвзуттям, іншими засобами індивідуального захисту.

Керівництво станції при вступі на чергування, та на протязі робочого часу контролює явку працівників, їх працездатність, відповідність спецодягу і взуття вимогам, техніки безпеки, особливо складачів і помічників складачів поїздів, оператора при черговому по станції, прийомоздавальників вантажу та багажу, перевіряють стан робочих місць, устаткування, інструменту, освітлення, приладів опалювання, пристрою зв'язку. Перевірка наявності і справності сигналів, інструментів і інвентарю проводиться працівником, що приймає зміну, у присутності працівника, що здає зміну.

На станції відповідно до Порядку проведення атестації робочих місць за умовами праці, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 01.08.92р. № 442 (442-92-п), один раз на 5 років проводиться атестація робочих

місць працівників, зайнятих на роботах з важкими та шкідливими умовами праці. Правовою основою для проведення атестації є чинні законодавчі й нормативні акти з питань охорони і гігієни праці, списки та переліки, що дають право на пільги і компенсації залежно від умов праці. Результати атестації є основою для вирішення питань надання пільг і компенсацій за роботу у несприятливих умовах праці, а також розроблення і реалізації організаційних, технічних, економічних та соціальних заходів колективного договору щодо поліпшення умов трудової діяльності. На робочих місцях розміщені кутки охорони праці, які містять в собі наступну інформацію з питань охорони праці: довідкову, нормативно – правову, а також Інструкції з охорони праці відповідних професій. До Інструкцій з охорони праці відповідних професій включено порядок надання першої допомоги при нещасних випадках. Усі працівники проходять навчання правилам надання першої медичної допомоги. На всіх місцях роботи працівників вивішені адреси та номери телефонів найближчих медичних установ.

До місця роботи та назад після виконання роботи працівники станції повинні проходити по території станції тільки за спеціально визначеними маршрутами службових проходів, які позначаються спеціальними вказівними знаками "Службовий прохід", "Перехід через колії". Переходити через залізничні колії необхідно у спеціально встановлених для цього місцях, що мають настили, та слід користуватися пішохідними мостами і тунелями. При знаходженні працівників станції на залізничних коліях проходити треба тільки вздовж колії по узбіччю або посередині міжколійя. При цьому необхідно слідкувати за рухом поїздів, маневрових составів, локомотивів, відцепів вагонів та ін., звертаючи увагу на можливу наявність у рухомому складі предметів, які виступають за межі габариту рухомого складу, на відкриті двері та борти вагонів, одночасно звертаючи увагу на граничні стовпчики, жолоби гнучких тяг, водовідвідні лотки та колодязі, електроприводи стрілочних переводів та інші пристрої і предмети. При знаходженні на залізничних коліях необхідно спостерігати за показаннями світлофорів, положенням стрілочних переводів, звуковими і ручними сигналами.

## **5.1 Організаційні заходи щодо забезпечення пожежної безпеки підприємств Укрзалізниці**

1) Забезпечення пожежної безпеки підприємств Укрзалізниці покладається на їх керівників і уповноважених ними осіб, якщо інше не передбачено відповідним договором. Обов'язки сторін щодо забезпечення пожежної безпеки орендованого майна повинні бути визначені у договорі оренди.

2) Обов'язки осіб щодо забезпечення пожежної безпеки під час перевезення вантажів регламентуються Статутом залізниць України, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 6 квітня 1998 р. № 457, та Правилами перевезення вантажів у транспортних пакетах, затвердженими наказом Міністерства транспорту України від 21 листопада 2000 р. № 644.

3) Керівник підприємства повинен визначити обов'язки посадових осіб щодо забезпечення пожежної безпеки, призначити відповідальних за пожежну безпеку окремих будинків, споруд, приміщень, діляниць, рухомого складу, технологічного та інженерного устаткування, а також за стан і експлуатацію систем протипожежного захисту та пожежної техніки.

4) Обов'язки посадових осіб щодо забезпечення пожежної безпеки, утримання і експлуатації систем протипожежного захисту та пожежної техніки повинні бути відображені у відповідних документах (посадових інструкціях, положеннях тощо), які обов'язково надаються для ознайомлення під підпис.

5) На кожному підприємстві з урахуванням його пожежної небезпеки наказом (інструкцією) має бути встановлено відповідний протипожежний режим.

6) Працівники підприємства повинні ознайомитися з вимогами пожежної безпеки на інструктажах, під час проходження пожежно-технічного мінімуму. Витяги з правил (наказів, інструкцій) з основними вимогами і положеннями необхідно вивішувати на видних місцях.

7) Керівники підрозділів та посадові особи, відповідальні за пожежну безпеку в рухомому складі або окремих приміщеннях (ізольованих робочих місцях), зобов'язані:

— забезпечити дотримання встановленого протипожежного режиму, правил пожежної безпеки та інструкцій щодо заходів пожежної безпеки;

— не допускати до роботи осіб, які не пройшли спеціальне навчання, інструктаж або перевірку знань з питань пожежної безпеки;

— проводити періодичні огляди рухомого складу, території, будинків, виробничих і службових приміщень для контролю за утриманням шляхів евакуації, протипожежних перепон, розривів, під'їздів і доріг, засобів пожежогасіння (гідрантів, внутрішніх пожежних кранів, вогнегасників) і вживати невідкладних заходів для усунення виявлених порушень та недоліків;

— забезпечити утримання у технічно справному стані систем протипожежного захисту, пожежної техніки, зв'язку;

— стежити за справністю приладів опалення, вентиляції, електроустановок, технологічного і виробничого обладнання та вживати заходів до усунення виявлених несправностей;

— знати пожежну небезпеку рухомого складу, технологічних процесів, технологічного і виробничого устаткування, категорії приміщень виробничого та складського призначення з вибухопожежної і пожежної небезпеки, а також вимоги пожежної безпеки до зберігання, застосування і транспортування вибухонебезпечних та пожежонебезпечних речовин і матеріалів;

— стежити за своєчасним прибиранням приміщень і робочих місць;

— у разі виникнення пожежі негайно повідомити про це пожежну охорону та керівників об'єкта і за можливості приступити до її ліквідації.

8) Відповідальними за забезпечення пожежної безпеки локомотивів, моторвагонного рухомого складу і рефрижераторних секцій (поїздів), що перебувають в експлуатації, є:

- машиністи — за прийняті ними локомотиви, дизель- або електропоїзди;
- начальники (механіки) — за прийняті ними рефрижераторні секції (поїзди);
- начальники депо — за локомотиви, моторвагонний рухомий склад та рефрижераторні секції (поїзди), що приписані до депо.

9) Зазначені особи (у межах компетенції) повинні виконувати вимоги чинних інструкцій щодо забезпечення пожежної безпеки на локомотивах, моторвагонному рухомому складі та рефрижераторних секціях (поїздах).

10) Відповідальними за забезпечення пожежної безпеки у пасажирських поїздах є:

- начальники поїздів (механіки) — за прийняті ними поїзди;
- провідники, прийомоздавальники багажу, експедитори поштових вагонів, директори вагонів-ресторанів, завідувачі купе-буфетів, старші механіки-дизелісти вагонів-дизель-електростанцій — за прийняті ними вагони;
- особи, допущені до обслуговування вагонів з відеосалонами, — за прийняті ними вагони;
- начальники вагонних депо (дільниць) — за рухомий склад, приписаний до депо (дільниці) і той, що перебуває в ремонті, незалежно від місця приписки.

11) Працівники підприємств залізничного транспорту зобов'язані:

- чітко знати і виконувати правила пожежної безпеки, не допускати дій, що можуть спричинити пожежу;
- виконувати вимоги технологічних регламентів (інструкцій) щодо забезпечення пожежної безпеки в технологічних процесах і під час експлуатації рухомого складу;
- не допускати використання несправних інструментів, приладів, устаткування, дотримуватися правил безпеки під час їх експлуатації, а також виконувати вказівки керівників та осіб, відповідальних за пожежну безпеку;

- прибирати робочі місця та вимикати електрообладнання після закінчення роботи;
- вміти застосовувати первинні засоби пожежогасіння та індивідуальні засоби захисту органів дихання;
- у разі виникнення пожежі або виявлення її ознак негайно повідомити пожежну охорону, а в рухомому складі під час руху — начальника (механіка, бригадира) поїзда або машиніста локомотива та вжити заходів щодо ліквідації пожежі й евакуації пасажирів.

## **5.2 Забезпечення пожежної безпеки на залізничній станції**

1) Протипожежне водопостачання на станціях, на базах відстою вагонів пасажирських депо, в яких проводяться розформування, формування, вантажно-розвантажувальні операції та відстій рухомого складу, має відповідати вимогам чинних будівельних норм.

2) На станціях і базах відстою вагонів, що мають понад три колії, через кожні 150 м обладнуються міжшпальні лотки для прокладання щонайменше двох рукавних ліній під рейками в кожному лотку. Кількість лотків визначається залежно від витрат води на зовнішнє пожежогасіння. За наявності десяти і більше колій через кожні 150 м прокладаються сухотруби діаметром 77 мм з улаштуванням пожежних кранів. Сухотруби прокладаються не менше ніж через п'ять колій. Пожежний кран обладнується заглушкою.

3) Засоби зв'язку залізничних станцій, які можна використати для інформування про пожежу, повинні утримуватися у справному стані та бути доступними для роботи в будь-який час доби.

4) На всіх сортувальних і дільничних станціях, станціях навантаження і вивантаження небезпечних вантажів та на інших станціях за переліком,

встановленим начальником залізниці, складається додаток до техніко-розпорядчих актів (далі — ТРА) станцій, що регламентує порядок роботи з вагонами, завантаженими небезпечними вантажами класу 1 (вибуховими матеріалами). Начальник кожної станції незалежно від її класу складає інструкцію з організації гасіння пожеж у рухомому складі на станції, яка погоджується начальником загону ВПО, начальником дистанції колії, сигналізації та зв'язку, електропостачання і затверджується начальником дирекції залізничних перевезень.

Відповідно до вимог ЦУО-0022 зазначені інструкції регламентують дії працівників станцій у разі виникнення пожежі або аварії, а також порядок виклику додаткових сил і засобів інших відомств для ліквідації пожежі або аварії.

Витяги з додатків до ТРА необхідно розміщувати на видних місцях у робочих приміщеннях чергового по станції, маневрового (станційного) диспетчера, чергових по парках станцій і сортувальних гірках.

5) Організація і керівництво роботами з гасіння пожежі, рятування людей, евакуації рухомого складу та вантажів до прибуття підрозділів пожежної охорони покладаються на начальника станції і його заступників, а за їх відсутності — на чергових по станції.

## 6 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Охорона навколишнього середовища – це комплексна програма, яка потребує участі вчених багатьох спеціальностей. Найбільш активною формою захисту навколишнього середовища від шкідливого впливу викидів підприємств є повний перехід до безвідходних та маловідходних технологій і виробництв. Це потребує вирішення цілого комплексу складних технологічних, конструкторських і організаційних завдань, що ґрунтуються на підставі використання новітніх науково-технічних досягнень. Важливими напрямками екології промислового виробництва необхідно вважати: удосконалення технологічних процесів і розробка нового обладнання з меншим рівнем викидів, домішків і відходів в навколишнє середовище; економічну експертизу всіх видів виробництв і промислової продукції; заміну токсичних відходів на не токсичні; заміну не утилізованих відходів на утилізовані; широке використання додаткових методів і засобів захисту навколишнього середовища, а також раціональне використання природних ресурсів. З метою стабілізації екологічного становища і визначення стратегічних завдань підготовлено розділ комплексної програми «Екологія і охорона навколишнього середовища», яка включає низку питань з основних напрямків удосконалення технологічних процесів, впровадження прогресивних ( екологічно-чистих ) матеріалів, будівництво природоохоронних об'єктів, наукових розробок найбільш суттєвих екологічних проблем залізничного транспорту.

За характером впливу на стан середовища залізничним транспортом проблема має два аспекти:

- використання транспортом природних ресурсів;
- транспортне забруднення середовища.

Залізничний транспорт впливає на екологію як великий споживач паливних, лісових і земельних ресурсів, мінеральних і будівельних матеріалів. Хоча в

порівнянні з іншими видами транспорту (особливо автомобільним), він заподіює менше екологічного збитку.

Структура негативного впливу залізничного транспорту на середовище включає порушення стійкості природних ландшафтів транспортною інфраструктурою шляхом розвитку ерозій і зсувів; забруднення атмосфери відпрацьованими газами; постійний ріст рівня забруднення землі нафтою, свинцем, продуктами видування й опадання сипучих вантажів (вугілля, руда, цемент). Особливо небезпечні аварії на залізницях.

Природоохоронною діяльністю на залізничному транспорті займається відділ безпеки руху й охорони праці. Засоби, зв'язані з поліпшенням екологічної ситуації, безпосередньо зв'язані з модернізацією залізничного транспорту. Особливо важливий тут перехід залізничного транспорту на екологічно чисту електричну тягу. Зараз вже експлуатаційна довжина електрифікованих залізниць складає 40% (більше 9 тис. км). Оздоровленню навколишнього середовища буде сприяти культура вантажних перевезень, тобто перехід на контейнерні перевезення й інші види прогресивних методів доставки продукції. Суцям нещастям для екології є аварії на вантажних потягах. Безаварійність перевезень головна задача залізничного транспорту.

Реалізація заходів для зниження негативного впливу залізничного транспорту на навколишнє середовище, з налагодженням ефективної природоохоронної діяльності на інших видах транспорту, може значно поліпшити екологічну ситуацію в Україні.

Стан навколишнього середовища при взаємодії з об'єктами залізничного транспорту залежить від інфраструктури по будівництву залізниць, виробництву рухливого складу, виробничого устаткування й інших пристроїв, інтенсивності використання рухливого складу й інших об'єктів на залізницях, результатів наукових досліджень і їхнього впровадження на підприємствах і об'єктах галузі.

Залізничний транспорт по обсягу вантажних перевезень займає перше місце серед інших видів транспорту, по обсягу перевезень пасажирів друге місце після

автомобільного транспорту. Залізничний транспорт робить, звичайно, менший вплив на екосистему міста ніж автотранспорт.

Основний забруднюючий фактор – шум. Рівні шуму від рухливого складу ліній залізниці, що проходять поблизу жилою забудови перевищує всі припустимі норми.

Другий не менш важливий фактор впливу важкого залізничного транспорту – вібрації, що створюють при роботі великі динамічні навантаження, що викликають поширення вібрації в ґрунті і будівельних конструкціях будинків. Ці вібрації часто є також причиною виникнення шуму в приміщеннях будинків. Дослідження показали, що коливання в міру видалення на різну відстань від залізниці загасають, однак це процес немонотонний, він залежить від складених ланок на шляху поширення вібрації: рейка – стіна тунелю – ґрунт – фундамент будинку – будівельні конструкції. У тих випадках, коли будинки розташовуються в безпосередній близькості від залізничної дороги, вібрації в них можуть перевищувати гранично-припустимі значення, встановлені Санітарними нормами, у 10 разів (на 20 дБ).

Протягом кількох років проводиться робота зі створення антишумових і антивібраційних прокладок під рейкові шляхи. Проблема захисту будинків від вібрацій досить складна і здебільшого носить науково-технічний характер. Багато задач по поширенню хвиль не мають простих рішень і в основному досліджуються на чисельних моделях, що не завжди відбивають реальні властивості ґрунтових середовищ і будівельних конструкцій. Тому в більшості випадків мова йде про прогностичну оцінку вібрацій і якісне дослідження хвильових процесів.

## **6.2 Робота Укрзалізниці над зменшенням негативного впливу залізничного транспорту на природне довкілля**

Збереження чистоти навколишнього середовища завжди було одним з пріоритетів Укрзалізниці при організації перевезень. Маючи на меті зменшення шкідливого впливу залізничного транспорту на довкілля, забезпечення екологічної безпеки на транспорті та раціонального використання природних ресурсів, залізничні підприємства щорічно розробляють та здійснюють цілу низку заходів, що мають природоохоронний ефект. Зокрема, такі заходи містяться у «Плані реалізації на транспортно-дорожньому комплексі Основних напрямків державної політики в галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки на 2016-2020 роки», що затверджений наказом Міністерства транспорту України.

Зокрема, розділом 2 «Охорона і раціональне використання водних ресурсів» на всі залізниці України покладено завдання реконструкції каналізаційних очисних споруд стічних вод, ремонту та реконструкції локальних каналізаційних споруд попереднього очищення стічних вод, будівництво та реконструкцію систем оборотного водопостачання, будівництва каналізаційних мереж з підключенням до міських каналізаційних очисних споруд, установки водомірів.

Щодо охорони атмосферного повітря спільними зусиллями всіх шести залізниць України створені пункти екологічного контролю тепловозних дизелів. На Донецькій та Придніпровській залізниці було проведено реконструкцію та газифікацію котелень. На даний момент продовжується газифікація котелень Львівської, Одеської, Південної та Південно-Західної залізниць.

Розділом 4 Плану, в якому йдеться про охорону та раціональне використання земель, на Одеську та Південно-Західну залізницю покладено місію очистки місць забруднення ґрунтів нафтопродуктами. В рамках цих робіт Південно-Західною

залізницею визначається ступінь забруднення ґрунтів та підземних вод в районі розташування бази нафтопродуктів.

Проводиться планова реконструкція та відновлення гідротехнічних (водовідвідних) споруд на об'єктах залізничного транспорту всіх залізниць України.

На підприємствах Укрзалізниці постійно розробляються та впроваджуються системи статистичної звітності підприємств залізничного транспорту з питань охорони та використання природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки.

Усі структурні підрозділи залізниць як первинні природокористувачі та платники податку та оперативно підпорядковані Укрзалізниці ремонтні заводи забезпечують екологічну безпеку шляхом дотримання нормативів екологічної безпеки та використання природних ресурсів в межах лімітів та дозволів, які видаються спеціально уповноваженими органами виконавчої влади з питань охорони навколишнього середовища та екологічної безпеки за місцем розташування підприємств. З метою виховання молоді, якій не байдужий екологічний стан довкілля, усіма залізницями України щорічно проводиться підготовка та підвищення кваліфікації фахівців в галузі охорони навколишнього середовища.

Слід відзначити, що фінансування програм, спрямованих на збереження навколишнього природного середовища, здійснюється за рахунок власних коштів залізниць та капіталовкладень.

Особливо екологічно шкідливе для довкілля використання дизельної тяги. І оскільки сьогодні повністю відмовитися від неї не можливо, розроблено низку технологій для мінімізації шкідливих викидів. Це, наприклад, установка на турбіни дизелів спеціальних каталізаторів, які знижують викиди шкідливих речовин в атмосферу на 80 відсотків.

Природоохоронною діяльністю на залізничному транспорті займається відділ безпеки руху й охорони праці.

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянута уніфікація маси поїздів на залізничному напрямку. Для пересування заданого вантажного вагонопотоку (7425 вагонів) визначено маси вантажних поїздів на ділянках напрямку, зроблені тягові розрахунки з метою визначення ходової швидкості руху поїздів. Розраховано план формування поїздів на напрямку.

Розглянута методика техніко-економічних розрахунків норм маси вантажних поїздів, взаємозв'язок норм маси з основними показниками експлуатаційної роботи, експлуатаційно-економічна ефективність підвищення маси вантажних поїздів, взаємозв'язок між нормами маси поїздів та перевізними витратами, вибір конкурентноспроможних норм маси.

Обрано оптимальні маси по погінним навантаженням при заданому типі тяги (2ТЭ116) та заданій довжині станційних колій на ділянках. Так на ділянках оптимальна маса складає: на А – Б та Г – Д 4700 т., на Б – В 3900т., на В – Г 5950 т.

Визначено уніфіковану масу поїздів на напрямку, яка складає 4700 т. Підраховані витрати, приведені до уніфікації 998938,044 тис. грн/рік і після уніфікації 996917,049 тис. грн/рік. Кращім є варіант з уніфікацією маси поїзда, тому що його витрати менше, приведених витрат до уніфікації, хоча для уніфікації на ділянці Б – В і було введено один пункт підштовхування.

Було запропоновано на напрямку ввести більш потужний локомотив 3ТЭ10М, який би не вимагав підштовхування на ділянці Б – В з розрахованим керівним ухилом 11%. Але за розрахунками приведених витрат отримано, що застосування тепловоза 2ТЭ116 на напрямку разом з утриманням пункту підштовхування на ділянці Б – В викликає 491191,013 тис грн. витрати, а застосування тепловоза 3ТЭ10М без пункту підштовхування – 491607,223 тис грн./рік при уніфікованій масі поїздів на напрямку 4700т. і при довжині приймально-

відправних колій 1050м. Найбільш економічно вигідним є перший варіант освоєння заданого вагонопотоку.

У п'ятому та шостому розділах приділено увагу таким питанням, як охорона праці і навколишнього середовища на залізничних станціях, а саме правилам безпеки на залізничних коліях та питання шкідливого впливу залізничного транспорту на екологію.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила технічної експлуатації залізниць України. Київ: Транспорт, 2003. 176 с.
2. Мироненко В.К., Мацюк В.І., Родкевич О.Г. Методика визначення вартості та «справедливої ціни» доступу до інфраструктури залізничного транспорту загального користування. Залізничний транспорт. 2015. № 3. С. 28-32
3. Сорочинська О. Л. Вдосконалення системи охорони праці. Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. Серія: Транспортні системи і технології. 2012. Випуск 20.С. 273-281. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Znpdetut\\_tsit\\_2012\\_20\\_42.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Znpdetut_tsit_2012_20_42.pdf)
4. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища. Навчальний посібник. Київ: Знання, 2002. 203с.
5. Яновський П.О., Стрелко О.Г. Технологія роботи залізничних станцій і вузлів: Навчальний посібник. Київ: КУЕТТ, 2004. 381 с.
6. Сич Є.М., Гудкова В.П. Пасажирський комплекс залізничного транспорту: розвиток і ефективність: Монографія. Київ: «Видавництво «Аспект – Поліграф», 2004. 248 с.
7. Кочнев Ф.П., Сотников І.Б. Управління експлуатаційною роботою залізниць. Москва: Транспорт.1990.142 с.
8. Тихомиров І.Г. Організація руху на залізничному транспорті. Мінськ: Вища школа.1979. 190с.
9. Сотников І.Б. Експлуатація залізниць. Москва: Транспорт.1984. 224с
10. Акулінічев В.М. Залізничні станції та вузли. Москва: Транспорт. 1992. 479 с.
11. Правила тягових розрахунків для роботи поїздів. Москва: Транспорт.1985. 287 с.

12. Фуфрянський Н.А. Рухомий склад і тяга поїздів. Москва: Транспорт. 1979. 119 с.
13. Хуторянський Н.М. Рухомий склад і тяга поїздів. Москва: Транспорт.1991. 320 с.
14. Інструкція за визначенням станційних інтервалів і інтервалів між поїздами. Москва: Транспорт.1984. 135 с.
15. Про залізничний транспорт: закон України від 04 липня 1996 р. № 273/96-ВР // Відомості Верховної Ради України (ВВР). 1996. № 40. 183 с.  
[Електронний ресурс] – Режим доступу:  
<http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/273/96-%D0%B2%D1%80>
16. Статут залізниць України. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 25.12.2002 р., № 1973. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:  
<http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/457-98-%D0%BF>
17. Постанова КМУ «Правила поведінки громадян на залізничному транспорті» від 10.07.95 р. №903. Статут залізниць України, затверджений постановою КМУ від 06.04.98 р. №451.
18. Постанова КМУ «Про порядок обслуговування громадян залізничним транспортом» від 19.03.97 р. № 252.
19. Наказ Укрзалізниці від 04.12.01 р.№665-Ц «Про заходи щодо покращення якості професійної підготовки працівників залізничного транспорту».
20. Правила перевезення пасажирів, багажу, вантажобагажу та пошти залізничним транспортом України. Київ: Транспорт України, 2008. 128 с.
21. Каретников А.Д.,Воробцов Н.А. Графік руху поїздів. Москва: Транспорт.1979. 198 с.
22. Дмитрієв В.А. Економіка залізничного транспорту. Москва: Транспорт. 1985. 198 с.
23. Савенко А.С., Карпенко В.Н. Методичні вказівки для виконання курсової роботи «Розрахунок плану формування поїздів на напрямку». ДІТ.1998.

24. Піліпченко П.А. Розрахунок і побудова графіків руху поїздів. Методичні вказівки для курсового та дипломного проектування. ДПТ.1993.
25. Савенко А.С., Музыка Г.И. Оптимизация массы грузовых поездов на участках. Транспорт: Зб.наук. пр. Выпуск 8. Днепропетровск ДИИТ 2001. 97 с.
26. Рустамов Р.Ш. Підвищення ефективності експлуатації рухомого складу залізничного транспорту при перевезенні масових вантажів. Збірник ДНУЗТ. Вип.8, 2014. 26 с.
27. Тихонов К.К. Выбор оптимальных параметров эксплуатации железных дорог. Москва: Транспорт.1994. 223 с.
28. Сметанин А.И. Техническое нормирование эксплуатационной работы железных дорог. Москва: Транспорт.1984. 267 с.
29. Максимович Б.М.,Фельдман Е.Д. Взаемозв'язок норм маси з експлуатаційно-економічними показниками роботи залізниць. Київ: 1998. 250с.

## ДОДАТОК А

### Вихідні дані до кваліфікаційної роботи

1. Схеми напрямку та ділянок наведено на рисунку А1 і А2
2. Вагонопотоки наведено в табл. А1
3. Маса вагонів:  $Q_{бр.} = 86$  т. ;  $Q_{т.} = 23$  т. ; Коефіцієнт маси нетто  $\varphi_{н.} = 0,8$ .
4. Технічна характеристика напрямку наведена в табл. А2

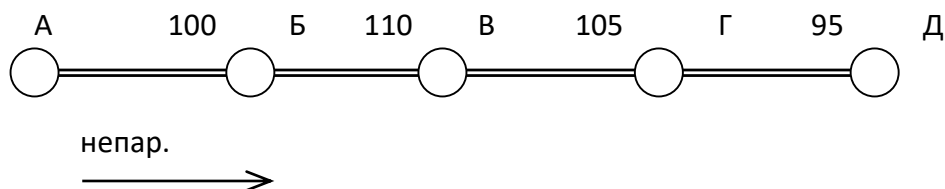


Рисунок А1 – Схема залізничного напрямку А – Д

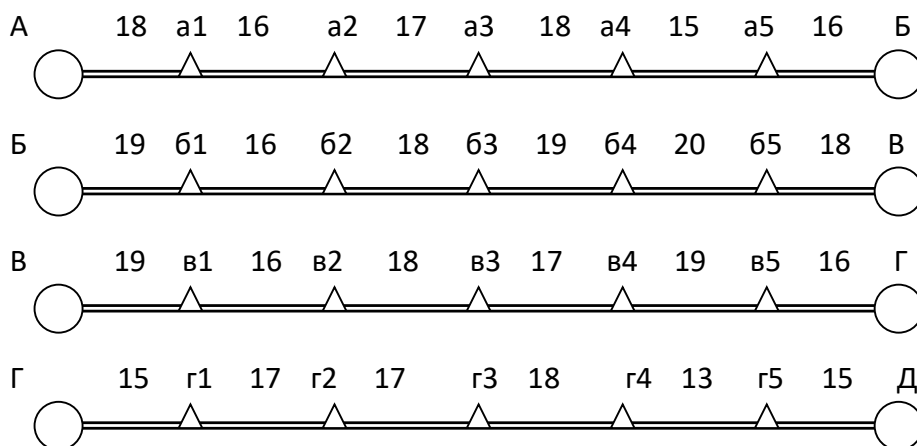


Рисунок А2 – Схеми ділянок напрямку

Таблиця А1 – Вагонопотоки

Станції	А	Б	В	Г	Д	Разом
А	Х	630	60	265	1345	2300
Б	845	Х	420	45	110	1420
В	95	370	Х	335	85	885
Г	105	290	310	Х	395	1100
Д	1125	60	55	585	Х	1825
Разом	2170	1350	845	1230	1935	7530

Таблиця А2 – Технічна характеристика напрямку

Назва ділянок	Кількість головних колій	Засоби зв'язку на перегонах	Кругизна керуючого ухилу, ‰	Серія вантажного локомотива
А-Б	2	а/б	9	2ТЭ116
Б-В	2	а/б	11	2ТЭ116
В-Г	2	а/б	7	2ТЭ116
Г-Д	2	а/б	9	2ТЭ116