

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний  
(повне найменування, факультету)

«Транспортні технології»  
(повне найменування кафедри)

**Пояснювальна записка**

до дипломного проекту (роботи)

бакалавра  
(ступінь вищої освіти)

на тему Організація роботи сортувальної станції Запоріжжя Ліве

Виконав: студент(ка) IV курсу, групи T-810сп

Спеціальності 275 Транспортні технології  
(за видами)  
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)  
«Організація перевезень і логістичне  
управління на залізничному транспорті»

  
Біана НАГНИБІДА  
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник  Роман СУЩЕНКО  
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент  Андрій ЩЕРБИНА  
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**

Факультет Транспортний  
 Кафедра «Транспортні технології»  
 Ступінь вищої освіти бакалавр  
 Спеціальність 275 «Транспортні технології (за видами)»  
 (код і найменування)  
 Освітня програма (спеціалізація) «Організація перевезень і логістичне управління на залізничному транспорті»  
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

«Транспортні технології»

Сергій ТУРПАК

«10» травня 2023 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)**

НАГНИБІДИ Біани Артемівни

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Організація роботи сортувальної станції Запоріжжя Ліве  
 керівник проєкту (роботи) д-р пед.н., проф. СУЩЕНКО Роман Віталійович,

(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «22» травня 2023 року № 207

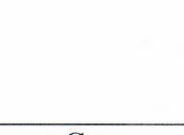
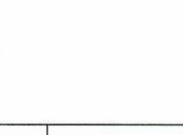
2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 06.06.2023 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) схема станції Запоріжжя-Ліве; графік руху поїздів; технологічний процес роботи станції Запоріжжя-Ліве; вартість простою вагонів; існуючий технологічний процес обробки вагонопотоку у парку "А" станції Запоріжжя Ліве

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Аналітична частина; 2 Розрахункова частина; 2.1 Розрахунок тривалості перебування вагонів на станції Запоріжжя Ліве методом табличного моделювання; 2.2 Визначення тривалості розформування состава через сортувальну гірку; 2.3 Розрахунок часу на закінчення формування составів; 2.4 Розрахунок перероблювальної спроможності сортувальної системи станції Запоріжжя Ліве у базовому варіанті; 2.5 Розрахунок тривалості знаходження вагонів під накопиченням; 2.6 Розрахунок тривалості простою вагонів по відправленню; 2.7 Підвищення перероблювальної спроможності сортувальної станції Запоріжжя Ліве шляхом переоснащення профільованої витяжної колії у сортувальну гірку малої потужності; 2.8 Аналіз роботи станції Запоріжжя Ліве після переоснащення профільованої витяжної колії у сортувальну гірку малої потужності.  
 3 Економічна частина.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів) 1 Схема станції Запоріжжя-Ліве; 2 Схема парку "А" станції Запоріжжя-Ліве; 3 Станційний диспетчерський графік станції Запоріжжя-Ліве; 4 Технологічний графік роботи механізованої сортувальної гірки; 5 Поздовжній профіль та план сортувальної гірки малої потужності; 6 Схема вагонного уповільнювача КЗ-3; 7 Технологічний графік роботи сортувальної гірки малої потужності; 8 Економічні показники.

## 6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата                                                                       |                                                                                     |
|--------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                                           | завдання видав                                                                     | прийняв виконане завдання                                                           |
| 1      | Сущенко Р.В., проф.                       |  |  |
| 2      | Сущенко Р.В., проф.                       |  |  |
| 3      | Харченко Т.В., ст.викл.                   |  |  |

7. Дата видачі завдання «10» травня 2023 року.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проєкту (роботи)                                                                                                    | Строк виконання етапів проєкту (роботи) | Примітка |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------|
| 1     | Аналітична частина                                                                                                                          | 20.05. – 24.05.                         |          |
| 2     | Розрахункова частина                                                                                                                        | 24.05. – 30.05.                         |          |
| 3     | Спеціальна частина                                                                                                                          | 30.05. – 02.06.                         |          |
| 4     | Економічна частина                                                                                                                          | 02.06. – 06.06.                         |          |
| 5     | Оформлення дипломної роботи, підготовка презентації та доповіді, перевірка дипломної роботи на плагіат, отримання рецензії та захист роботи | 06.06. – 30.06.                         |          |

**Студент(ка)**

  
(підпис)

**Керівник проєкту (роботи)**

  
(підпис)

**Біана НАГНИБІДА**

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

**Роман СУЩЕНКО**

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

ПЗ: 72 с., 2 рис., 12 табл., 8 джерел.

ЗАЛІЗНИЧНА СТАНЦІЯ, СОРТУВАЛЬНА ГІРКА, ПЕРЕРОБЛЮВАЛЬНА СПРОМОЖНІСТЬ, РОЗФОРМУВАННЯ ПОЇЗДІВ, ВАГОННИЙ СПОВІЛЬНЮВАЧ, КАПІТАЛЬНІ ВИТРАТИ, ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВИТРАТИ, ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНВЕСТИЦІЙ.

Об'єкт дослідження: залізнична станція Запоріжжя Ліве, сортувальні пристрої станції.

Мета дипломного проєкту – підвищення ефективності сортувальної системи станції Запоріжжя Ліве.

Задача дипломного проєкту – визначення ефективності інвестицій у проєкт та терміну окупності.

Методи дослідження – аналітичний, розрахунково-графічний.

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....                                                                                                                                                | 6  |
| ВСТУП .....                                                                                                                                                                   | 8  |
| 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА .....                                                                                                                                                    | 10 |
| 1.1 Загальна характеристика сортувальної станції Запоріжжя Ліве .....                                                                                                         | 10 |
| 1.2 Технічна характеристика та порядок роботи сортувальної системи .....                                                                                                      | 15 |
| 1.3 Недоліки існуючого положення й постановка завдань дипломного проєкту .....                                                                                                | 20 |
| 2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....                                                                                                                                                   | 21 |
| 2.1 Розрахунок тривалості перебування вагонів на станції Запоріжжя Ліве методом табличного моделювання .....                                                                  | 21 |
| 2.2 Визначення тривалості розформування состава через сортувальну гірку .....                                                                                                 | 25 |
| 2.3 Розрахунок часу на закінчення формування составів .....                                                                                                                   | 29 |
| 2.4 Розрахунок перероблювальної спроможності сортувальної системи станції Запоріжжя Ліве у базовому варіанті .....                                                            | 33 |
| 2.5 Розрахунок тривалості знаходження вагонів під накопиченням .....                                                                                                          | 33 |
| 2.6 Розрахунок тривалості простою вагонів по відправленню.....                                                                                                                | 38 |
| 2.7 Підвищення перероблювальної спроможності сортувальної станції Запоріжжя Ліве шляхом переоснащення профільованої витяжної колії у сортувальну гірку малої потужності ..... | 43 |
| 2.8 Аналіз роботи станції Запоріжжя Ліве після переоснащення профільованої витяжної колії у сортувальну гірку малої потужності.....                                           | 56 |
| 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....                                                                                                                                                    | 58 |
| 3.1 Економічне обґрунтування переоснащення профільованої витяжної колії у сортувальну гірку малої потужності .....                                                            | 58 |
| 3.2 Розрахунки економії експлуатаційних витрат в результаті впровадження проєктних рішень .....                                                                               | 60 |
| 3.3 Розрахунки капітальних витрат на переоснащення профільованої витяжної колії у сортувальну гірку малої потужності.....                                                     | 60 |
| 3.4 Розрахунки показників економічної ефективності проєктних рішень.....                                                                                                      | 61 |
| ВИСНОВКИ.....                                                                                                                                                                 | 64 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....                                                                                                                                                        | 65 |
| ДОДАТКИ.....                                                                                                                                                                  | 66 |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АС ВВП – автоматизована система введення, видачі і відміни попереджень

АСК – автоматизована система керування

АСК ВП УЗ-Є – система керування вантажними перевезеннями на залізничному транспорті України - єдина

АТС – автоматична телефонна станція

ВОХР – воєнізована охорона залізничного транспорту України

ВЧД – вагонне депо

ГАЦ – гіркова автоматична централізація

ГІОЦ – головний інформаційно-обчислювальний центр

ДН – дирекція залізничних перевезень

ДНЦ – поїзний диспетчер

ДНЦО – черговий по дирекції залізничних перевезень

ДН-НЗ – начальник дирекції залізничних перевезень-заступник начальника залізниці

ДС – начальник станції

ДСГ – головний інженер станції

ДСЗ – заступник начальника станції з оперативної роботи

ДСЗМ – заступник начальника станції з вантажної та комерційної роботи

ДСОР – помічник начальника станції з кадрів та соціальних питань

ДСОТ – начальник виробничо-технічного відділу

ДСП – черговий по залізничній станції

ДСПГ – черговий по сортувальній гірці

ДСПП – черговий по парку

ДСПЦ – черговий станційного поста централізації

ДСТ – начальник станційного технологічного центру з оброблення поїзної інформації і перевізних документів

- ДСЦ – диспетчер маневровий залізничної станції
- ЕЦ – електрична централізація
- ЕЧ – дистанція електропостачання
- ЗПП – запірно-пломбувальний пристрій
- ЗТК – начальник товарної контори
- ІОЦ – інформаційно-обчислювальний центр
- КМС – колійна машинна станція
- КСЕОД – комплексна система електронного обміну даними
- МПОВ – механізований пункт обробки вагонів
- ОВ – оглядач вагонів
- ОВР – оглядач – ремонтник вагонів
- ОПЦ – оператор поста централізації
- ОСГ – оператор сортувальної гірки
- ПЕОМ – персональна електронно-обчислювальна машина
- ПКО – пункт комерційного огляду поїздів та вагонів
- ПТЕ – Правила технічної експлуатації залізниць України
- ПТО – пункт технічного огляду вагонів
- ПЧ – дистанція колії
- РШРВ – регулювальник швидкості руху вагонів
- СОЦ – станційний обчислювальний центр
- СПК – стрілецько-пожежна команда
- СТЦ – станційний технологічний центр з обробки поїзної інформації та перевізних документів
- СЦБ – сигналізація, централізація і блокування
- ТГНЛ – телеграма-натурний лист
- ТНЦ – локомотивний диспетчер
- ТРА – технічно-розпорядчий акт станції
- ЦПА – централізоване випробування автогальм

## ВСТУП

Об'єктивні умови трансформаційних процесів у розвитку України зумовлюють її направленість на динамічне входження у світову економічну систему і, насамперед, в економічну інтеграцію з провідними західноєвропейськими державами. Цей процес, безумовно, приведе до зростання товарообмінних операцій між сторонами, що працюють разом. З іншого боку, геостратегічне розміщення України дає змогу їй бути вигідним мостом для транзитних перевезень товарів і пасажирів між державами Європи, Азії і Близького Сходу. Однією з визначальних систем, які забезпечують вантажні та пасажирські перевезення територією України, є транспортна система, до якої в ринкових умовах ставляться високі вимоги щодо якості, регулярності і надійності транспортних зв'язків, збереження вантажів і безпеки перевезень пасажирів, швидкості і вартості доставки.

У сучасний період впроваджуються роботи з вибору шляхів адаптації технічного оснащення та розробки нових засобів автоматизації та удосконалення технології розформування составів поїздів в умовах підвищення переробної спроможності сортувальних гірок на залізничних станціях.

Стратегія перерозподілу сортувальної роботи з метою її концентрації на сортувальних станціях є могутнім інструментом стабільності функціонування залізничного транспорту. Реалізація її дозволить залізницям забезпечити більш ефективну обробку вагонопотоків, підвищити переробну спроможність сортувальних гірок, скоротити енергетичні витрати та простої вагонів, тим самим знизити експлуатаційні витрати.

Основний елемент обігу вантажного вагона - є час знаходження на технічних станціях. Розформування составів – один з елементів простою транзитного вагону з переробкою. Скорочення часу виконання операцій по розформуванню составів поїздів на технічних станціях - найважливіший фактор прискорення обігу вагона і доставки вантажу.

Ефективне розв'язання даної проблеми полягає в комплексній автоматизації перевізного процесу, однією з підсистем якої є система комплексної автоматизації сортувальних гірок, а саме операцій насуву та розпуску у процесі розформування составів.

Скорочення часу розформування составів і підвищення переробної спроможності сортувальних гірок досягається при оптимізації процесів насуву і розпуску.

## 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Загальна характеристика сортувальної станції Запоріжжя Ліве

Станція Запоріжжя Ліве розташована у межах міста Запоріжжя та є основною сортувальною станцією в регіоні. За обсягами та складністю роботи вона віднесена до позакласних станцій. Схема колійного розвитку та взаємного розташування парків станції Запоріжжя Ліве наведена на слайді 1 графічної частини.

Станція Запоріжжя Ліве належить до Запорізького залізничного вузла. До станції примикають під'їзні колії великих металургійних та інших підприємств міста [3].

Загальна характеристика станції та підходів до неї наведена у таблиці 1.1.

Станція налічує 4 парки:

**Парк “А”** – призначений для приймання та відправлення поїздів. Парк має 20 колій, серед яких 12 колій мають спеціалізацію для приймання та відправлення пасажирських та вантажних поїздів обох напрямків, а також поїздів призначених промисловим підприємствам.

**Парк “Б”** – призначений для сортування вагонів та відправлення сформованих поїздів. Парк налічує 27 колій, 22 з них є сортувально-відправними, 3 колії призначені для приймання та відправлення поїздів з (на) промислові підприємства.

**Парк “В”** – призначений для приймання та відправлення вантажних поїздів парного та непарного напрямків. Парк налічує 10 колій.

**Парк “Л”** – призначений для приймання та відправлення транзитних вантажних поїздів, а також для відправлення парних вантажних поїздів свого формування, які переставляються з парку “Б” після закінчення формування.

На коліях парку “Л” № 1-5 є можливість формувати поїзди підвищеної довжини, які складаються з порожніх піввагонів.

Таблиця 1.1 – Загальна характеристика станції та підходів до неї

| №п/п | Найменування показника     | Значення                                                               | Примітка |
|------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1    | 2                          | 3                                                                      | 4        |
| 1    | Код ЄСР                    | 460005                                                                 |          |
| 2    | Клас станції               | позакласна                                                             |          |
| 3    | Прилеглі перегони:         |                                                                        |          |
| 3.1  | - у непарному напрямку:    | Запоріжжя – П                                                          |          |
|      | кількість головних колій   | Одна                                                                   |          |
|      | засоби зв'язку             | Двостороннє кодове автоматичне блокування з локомотивною сигналізацією |          |
|      | основний вид тяги          | Електровозна<br>Тепловозна                                             |          |
| 3.2  | - у непарному напрямку:    | Ім. Анатолія Алімова                                                   |          |
|      | кількість головних колій   | Одна                                                                   |          |
|      | засоби зв'язку             | Двостороннє кодове автоматичне блокування з локомотивною сигналізацією |          |
|      | основний вид тяги          | Електровозна                                                           |          |
| 3.3  | - у парному напрямку:      | Роз'їзд 11 км                                                          |          |
|      | кількість головних колій   | Одна                                                                   |          |
|      | засоби зв'язку             | Двостороннє кодове автоматичне блокування з локомотивною сигналізацією |          |
|      | основний вид тяги          | Електровозна                                                           |          |
| 4    | Сортувальні пристрої:      |                                                                        |          |
| 4.1  | - сортувальна гірка:       |                                                                        |          |
|      | тип гірки                  | Механізована гірка середньої потужності                                |          |
|      | кількість колій насуву     | Одна                                                                   |          |
|      | локомотиви та їх кількість | Два ВЛ-8 (ВЛ-11), один ЧМЕЇ                                            |          |
| 4.2  | - витяжні колії, їх номери | Колія №13 парку "А"                                                    |          |
|      | місткість витяжних колій   | 41 умовних вагонів                                                     |          |
|      | локомотиви та їх кількість | Один ЧМЕЗ                                                              |          |

Для виконання технологічних операцій та забезпечення експлуатаційної роботи станції, станція Запоріжжя Ліве забезпечена контингентом працівників, який подано у додатку А.

Характеристику колійного розвитку станції наведено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Характеристика колійного розвитку станції Запоріжжя Ліве

| № п/п | Назва парку | Кількість колій | Номери колій та їх призначення                                                                                                                         | Місткість в ум. вагонах | Корисна довжина в м |
|-------|-------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------|
| 1     | 2           | 3               | 4                                                                                                                                                      | 5                       | 6                   |
| 1     | “А”         | 20              | I – головна для приймання, відправлення, пропускання пасажирських і вантажних поїздів обох напрямків                                                   | 51                      | 756                 |
| 2     |             |                 | IA – головна для пропускання пасажирських і вантажних поїздів обох напрямків                                                                           | 22                      | 357                 |
| 3     |             |                 | 2 – приймально-відправна для приймання, відправлення вантажних поїздів обох напрямків та пропускання пасажирських і вантажних поїздів в обох напрямках | 58                      | 859                 |
| 4     |             |                 | 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10 – приймально-відправна для приймання, відправлення вантажних поїздів в обох напрямках                                             | 55 – 65                 | 813 – 958           |
| 5     |             |                 | VII – головна для приймання, відправлення вантажних поїздів в обох напрямках                                                                           | 59                      | 869                 |
| 6     |             |                 | 11 – приймально-відправна для приймання парних і непарних вантажних поїздів і відправлення непарних вантажних поїздів                                  | 55                      | 813                 |
| 7     |             |                 | 12 – сортувальна                                                                                                                                       | 60                      | 844                 |
| 8     |             |                 | 13 – витяжна                                                                                                                                           | 47                      | 705                 |
| 9     |             |                 | 14 – приймально-відправна для приймання, відправлення пасажирських і вантажних поїздів в обох напрямках                                                | 51                      | 757                 |

Продовження таблиці 1.2

| 1  | 2   | 3  | 4                                                                                                                                       | 5       | 6           |
|----|-----|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------|
| 10 |     |    | 15 – виставна для відстою вагонів                                                                                                       | 8       | 117         |
| 11 |     |    | 17, 18 – з'єднувальна                                                                                                                   | 21 – 32 | 304 – 460   |
| 12 |     |    | XLI – головна                                                                                                                           | 142     | 2001        |
| 13 |     |    | 21 – обвідна для обгону локомотивів                                                                                                     | 9       | 137         |
| 14 | “Л” | 7  | 1, 2, 3, 4, 5 – приймально-відправна для приймання, відправлення вантажних поїздів в обох напрямках                                     | 70 – 77 | 1026 – 1120 |
| 15 |     |    | 6 – витяжна                                                                                                                             | 13      | 215         |
| 16 |     |    | 22 – з'єднувальна                                                                                                                       | 20      | 292         |
| 17 | “В” | 10 | 1, 2 – приймально-відправна для приймання непарних, відправлення парних вантажних поїздів                                               | 58 – 60 | 857 – 888   |
| 18 |     |    | 3, 4, 5, 6, 7 – приймальна для приймання непарних вантажних поїздів                                                                     | 54 – 67 | 801 – 979   |
| 19 |     |    | 40 – з'єднувальна                                                                                                                       | 36      | 511         |
| 20 |     |    | 47a – виставна для відстою вантажних вагонів та вагових вагонів в очікуванні технологічних операцій                                     | 31      | 447         |
| 21 |     |    | 9 – витяжна                                                                                                                             | 1       | 50          |
| 22 | “Б” | 27 | 11, 12, 13, 14 – сортувально-відправна для формування вантажних поїздів в обох напрямках та відправлення поїздів непарного напрямку     | 55 – 58 | 816 – 858   |
| 23 |     |    | 15, 16, 17, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37 – сортувально-відправна для вантажних поїздів непарного напрямку | 51 – 62 | 758 – 907   |
| 24 |     |    | 38, 47 – сортувальна                                                                                                                    | 46 – 47 | 657 – 670   |
| 25 |     |    | 20 – витяжна                                                                                                                            | 12      | 186         |

Продовження таблиці 1.2

| 1  | 2 | 3 | 4                                                                                                             | 5  | 6   |
|----|---|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----|
| 26 |   |   | 19 – з'єднувальна                                                                                             | 15 | 222 |
| 27 |   |   | ЧП – приймально-відправна для приймання, відправлення вантажних поїздів зі (на) станцій (і) Силікатна, Східна | 11 | 175 |

До парку «А» та до парку «Б» станції Запоріжжя Ліве примикають під'їзні колії промислових підприємств.

Станція має централізовану електросистему для керування стрілками та сигналами.

Для розирання та складання поїздів на станції є в наявності наступні сортувальні пристрої:

- сортувальна гірка середньої потужності, яка розташована між парком приймання “В” та сортувально-відправним парком “Б”. Сортувальна гірка механізована, обладнана пристроями гіркової автоматичної централізації та фотоелектронними пристроями;
- витяжна колія спеціального профілю №13, яка розташована в непарній горловині приймально-відправного парку “А”;
- витяжна колію №20, яка розташована з парного боку сортувально-відправного парку “Б”;

Для гальмування відчепів при скочуванні з гірки, вона обладнана трьома гальмівними позиціями:

- на першій встановлено два вагонних сповільнювачі типу Т-50;
- на другій – 6 вагонних сповільнювачів, з яких 3 типу КВ-3-72 та 3 типу КЗ-3ПК;
- на третій гальмівній позиції встановлено 66 вагонних сповільнювачів типу РНЗ-2 (по 3 на кожній з 22 сортувально-відправних колій).

## **1.2 Технічна характеристика та порядок роботи сортувальної системи**

Механізована сортувальна гірка призначена для ведення маневрової роботи з розформування та формування поїздів.

Сортувальна гірка розташована у непарній горловині сортувально-відправного парку “Б”.

Висота сортувальної гірки складає 3 м 29 см.

Гірка має одну колію насування.

Механізована сортувальна гірка обладнана гірковою автоматичною централізацією блочного типу (ГАЦ), яка дозволяє здійснювати розформування составів з перемінними швидкостями і працювати в трьох режимах розпуску: попереднього набору, маршрутному, ручному.

В ГАЦ включені стрілки №№ 149, 151, 153, 157, 159, 161, 163, 165, 167, 169, 171, 173, 175, 177, 179, 181, 183, 185, 187, 189, 191, 193, обладнані електроприводами СПГБ-4М, які забезпечують переведення стрілок в термін 0,8 сек.

Система ГАЦ забезпечує розпуск на три пучки колій парку “Б”:

- Перший пучок – 7 колій – з колії №11 по колію №17 включно;
- Другий пучок – 8 колій – з колії №21 по колію №28 включно;
- Третій пучок – 7 колій – з колії №31 по колію №37 включно.

З колій №№ 11-14 передбачена можливість пересування на колії парків “В” та “Л” в об’їзд сортувальної гірки через ділянку колії, що примикає стрілкою № 155 до сортувально-відправного парку “Б” та стрілкою № 65 до приймально-відправного парку “В”.

Керування пристроями ГАЦ та контроль за їх роботою здійснюється з уніфікованого пульта, який встановлено на посту ГАЦ.

### **Гальмівні засоби, їх розташування та призначення**

Для гальмування вагонів, що скочуються з гірки, передбачені три гальмівні позиції:

*Перша гальмівна позиція (інтервальна)* – розташована між вершиною сортувальної гірки і стрілкою № 149. Позиція призначена для створення інтервалів між відчепами, необхідних для переведення стрілок, і зниження швидкості скочування великих відчепів. На першій гальмівній позиції встановлені вагонні уповільнювачі № 1,2 типу Т-50 (кліщовидні, дворейкові, з пневмокамерами), керування якими здійснює черговий по сортувальній гірці (далі - ДСПГ).

*Друга гальмівна позиція (інтервально-прицільна)* - розташована для:

- першого пучка – між стрілками №№151-153;
- другого пучка – між стрілками №№151-157;
- третього пучка – між стрілками №№149-179.

Позиція призначена для зниження швидкості скочування відчепів до такої, щоб вихід із уповільнювачів не перевищував 16,2 км/год (4,5 м/с) за умови входу на уповільнювачі зі швидкістю не більше 25,2 км/год (7,0 м/с).

На другій гальмівній позиції кожного з пучків встановлені вагонні уповільнювачі типів КВ-3-72 та КЗ-3ПК:

- для першого пучка – уповільнювачі №№3,4;
- для другого пучка – уповільнювачі №№5,6;
- для третього пучка – уповільнювачі №№7,8.

Керування уповільнювачами другої гальмівної позиції здійснюється двома операторами сортувальної гірки (далі-оператори гірки при ДСПГ):

- №№3,4 - першим оператором гірки при ДСПГ;
- №№5,6,7,8 – другим оператором гірки при ДСПГ.

*Третя гальмівна позиція (прицільна)* – розташована на початку кожної сортувально-відправної колії на відстані 50-150 м від граничних стовпчиків. Позиція призначена для прицільного гальмування з таким розрахунком, щоб найкращим чином використати місткість сортувально-відправних колій з

мінімальними “вікнами” між відчепами і забезпечити швидкість підходу відчепів до вагонів на коліях не більше 5 км/год, а вагонів з вантажами окремих категорій, що вимагають особливої обережності,- не більше 3 км/год.

На третій гальмівній позиції кожної сортувально-відправної колії встановлено по три вагонні уповільнювачі типу РНЗ-2 (важільно-натискні, балочні, з підйомом гальмових балок при гальмуванні і русі їх в горизонтальній площині).

### **Осигналізування сортувальної гірки**

Для осигналізування поїзних і маневрових маршрутів непарної горловини парку “Б” встановлені наступні світлофори:

***Гірковий світлофор Г***, який має наступні сигнальні показання:

- зелений – дозволяється розпуск вагонів зі швидкістю не більше 7 км/год;
- зелений та жовтий - дозволяється розпуск вагонів зі швидкістю не більше 4 км/год;
- жовтий - дозволяється розпуск вагонів зі швидкістю не більше 3 км/год;
- місячно-білий – дозволяється проводити маневри;
- червоний та літера “Н” на світловому покажчику – дозволяється осадити состав на колію, з якої виконується насування.

***Маневрові світлофори МГ,МГ1,МГ2***, які мають наступні сигнальні показання:

- місячно-білий - дозволяється проводити маневри;
- синій – забороняється проводити маневри.

***Маневрові світлофори МГ3,МГ4,МГ5***, які мають наступні сигнальні показання:

- місячно-білий - дозволяється проводити маневри та при цьому контролюється положення стрілок №149 та №151;

- синій – забороняється проводити маневри.

**Маршрутний світлофор ЧМ11-14**, який має наступні сигнальні показання:

- місячно-білий - дозволяється проводити маневри;
- червоний – стій.

### **Пристрої зв'язку сортувальної гірки**

В комутатор типу КАС-53 ДСПГ включені наступні телефони: начальника станції, ДСП, ДСПЦ, ДСПП парку “Б”, складачів поїздів гірки, регулювальника швидкості руху вагонів парку “Б”, станційного центру обробки поїзної інформації та перевізних документів та філіалу СТЦ парку “А”, станційного обчислювального центру, ПТО парку “Б”, начальника варти НОРБ-1, компресорної ВЧД-9, змінного електромеханіка СЦБ, операторів гірки виконавчих постів.

Маневровий радіозв'язок ДСПГ з машиністами маневрових локомотивів та складачами поїздів парку “Б” здійснюється через стаціонарну радіостанцію типу “Kenwood”.

АТС забезпечує зв'язок ДСПГ з іншими працівниками станції.

Двосторонній парковий зв'язок призначений для сповіщення працівників гіркового комплексу про план роботи з черговим составом, в процесі розформування – про особливості розформування окремих відцепів, а також для передавання розпоряджень, отримання доповідей про їх виконання та переговорів з працівниками інших господарств, працівників станції між собою та ін.

Двосторонній парковий зв'язок забезпечується мікрофонами та гучномовцями невеликої потужності у службових приміщеннях, зовнішніми мікрофонами, гучномовцями та кнопками керування, переговорними колонками, розташованими в сортувально-відправному парку “Б”.

Двосторонній парковий зв'язок дає автоматичну перевагу для розмови за наступним пріоритетом: 1-ДСПГ, 2-ДСЦ, 3-оператор ПТО.

Для зв'язку складачів поїздів з машиністами маневрових локомотивів, ДСПГ, ДСЦ, черговими по станції, ДСПЦ, ДСПП парків “Л”, “А” та між собою застосовуються портативні радіостанції типу “Kenwood”.

### **Освітлення**

У сортувально-відправному парку “Б” застосовується порталне освітлення із встановленням 193 світильників різноманітних типів (ПЗС-35, ЖО- 01-250, РКУ-250, РКУ-400).

Поряд з цим встановлені 6 прожекторних щогл з 30 світильниками різних типів (ЖО-01-400, ПКН-1000, ІО-1000, КТУ-2000, ІСУ-5000, УОЖІ - 5000), з яких 2 щогли з 19 світильниками розташовані в зоні розчеплення.

На спускній частині сортувальної гірки та в зоні розчеплення встановлені 9 опор з 10 світильниками різних типів (РКУ-400, РКУ-250, ПКН-1000, ПКН-1500, ЖО-01-250).

### **Зона розчеплення вагонів**

Роз'єднання автозчіпних приладів на гірці складачі поїздів виконують спеціальною вилкою в зоні, відведеній для розчеплення вагонів від сигналу “Г” до стрілки №61.

Зона розчеплення позначена спеціальними покажчиками “Початок розчеплення” та “Кінець розчеплення” і викладена бетонними плитами розміром 50см x 50см в один ряд.

Розчеплення вагонів складачі поїздів виконують згідно сортувальному листку, який вони отримують в автоматичному режимі на друкувальний пристрій, розташований в приміщенні складачів поїздів гірки, та за оперативними вказівками ДСПГ, отриманими по радіозв'язку або двосторонньому парковому зв'язку.

### **1.3 Недоліки існуючого положення й постановка завдань дипломного проєкту**

Основне призначення сортувальної станції - спрямування потоку вагонів і організація їх у товарні поїзди згідно зі встановленим порядком формування та організації поїздів за призначенням, пропуск поїздів без переробки та з переробкою, технічне обслуговування поїздів і комерційний огляд.

Для виконання цих завдань на високому рівні, подальшого збільшення обсягів перевезень і поліпшення якості роботи станції, необхідне належне оснащення сортувальної системи, розробка і впровадження передових технологій, залучення висококваліфікованих працівників.

Пропускна спроможність сортувальної станції є найважливішим показником ефективності оброблення транспортних потоків, використання технічних засобів і швидкості перевезення вантажів. Тому збільшення пропускної спроможності сортувальної станції є одним з основних напрямів подальшого розвитку залізничного транспорту в Україні.

На станції Запоріжжя Ліве між парками «Б» та «В» розташована механізована сортувальна гірка середньої потужності. У парку «А» є профільована витяжна колія № 13.

На профільованій витяжній колії сортування вагонів проводиться поодинокими поштовхами.

Для збільшення перероблювальної спроможності станції Запоріжжя Ліве пропонується переобладнати витяжну колію спеціального профілю №13 у сортувальну гірку малої потужності та одночасно збільшити її довжину на 150 метрів, оскільки існуюча довжина не відповідає уніфікованій довжині поїздів.

Очікується, що реалізація проєктних рішень дасть змогу збільшити пропускну спроможність станції, що призведе до скорочення часу простою вагонів.

## 2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

### 2.1 Розрахунок тривалості перебування вагонів на станції Запоріжжя Ліве методом табличного моделювання

#### Розрахунок тривалості перебування транзитного вагона з переробкою

Для розрахунку часу знаходження транзитного вагона з переробкою скористаємось формулою:

$$T_{tr}^{з/н} = t_{nn} + t_{розф} + t_{нак} + t_{ф} + t_{нев} + t_{доод}, \quad (2.1)$$

де  $t_{nn}$  – простій у парку прибуття;

$t_{розф}$  – час на розформування;

$t_{нак}$  – простій під накопиченням;

$t_{ф}$  – час на формування, включаючи перестановку состава у приймально-відправний парк “Л”;

$t_{нев}$  – простій під операціями по відправленню;

$t_{доод}$  – знаходження вагонів під додатковими операціями (промивання, пропарювання, переадресування, тощо).

#### Розрахунок часу простою вагонів на коліях приймально-відправного парку “В”

Час простою вагонів на коліях парку “В” визначаємо за формулою:

$$t_{пр} = t_{закр} + t_{від}^{Плок} + t_{оч}^{мо} + t_{мо} + t_{оч}^p, \quad (2.2)$$

де  $t_{закр}$  - час, необхідний на закріплення состава гальмівними башмаками та доповідь ДСП;

$t_{\text{від}}^{\text{Плок}}$  - час, необхідний на відчеплення поїзного локомотива та огородження состава;

$t_{\text{оч}}^{\text{мо}}$  – час очікування технічного огляду складу поїзда;

$t_{\text{мо}}$  – час на технічний огляд складу поїзда;

$t_{\text{оч}}^{\text{р}}$  – час очікування розформування складу поїзда через сортувальну гірку.

Для табличного моделювання простою вагонів у приймально-відправному парку “В”  $t_{\text{закр}}$ ,  $t_{\text{від}}^{\text{Плок}}$ ,  $t_{\text{мех}}$  приймемо згідно графіку виконання технологічних операцій при обробці поїзда, що надійшов до переробки у парк “В”, а саме:

$$t_{\text{закр}} = 1 \text{ хв} = 0,02 \text{ год};$$

$$t_{\text{від}}^{\text{Плок}} = 3 \text{ хв} = 0,05 \text{ год};$$

$$t_{\text{мех}} = 15 \text{ хв} = 0,25 \text{ год}.$$

$I_p^{\text{III}}$  - розрахунковий інтервал виводу поїздів з приймально-відправного парку “В” розрахуємо за формулою:

$$J_p^{\text{III}} = t_{\text{розф}} + \Delta t_{\text{доо}} = t_{\text{зип}}, \quad (2.3)$$

де  $t_{\text{розф}}$  - середня тривалість розпуску состава з сортувальної гірки;

$\Delta t_{\text{доо}}$  - частка часу, яка припадає на один состав від додаткових операцій, які виконуються безпосередньо з зайняттям сортувальної гірки або гіркової горловини (осаджування на горб гірки, закінчення формування через горб гірки, пропуск поїзних локомотивів, розформування місцевих і кутових передач та ін.).

Розрахунковий інтервал виводу поїздів з приймально-відправного парку “В”, який дорівнює гірковому інтервалу розрахуємо за формулою:

$$t_{zip} = \frac{1440 - \sum t_{nocm}}{n_{max}}, \quad (2.4)$$

де  $\sum t_{nocm}$  - час займання сортувальної гірки постійними операціями (змiна локомотивних бригад, огляд технічних пристроїв). Дорівнює 30 хв.;

$n_{max}$  - кількість составів за звітну добу максимальної роботи, включаючи внутрішньостанційні передачі (місцеві і кутові). Дорівнює 50 составам.

$$J_p^{III} = t_{zip} = \frac{1440 - 30}{50} = 28,2 \text{ хв.}$$

Приймаємо 28,5 хв.

Середній час простою составів (в хвиликах) у парку “В” визначимо для кожної розрахункової доби за наступною формулою:

$$t_{nn} = \frac{(\sum n_{зал} - n_n) \cdot J_p}{\sum n_{розф} + n_n - n_k}, \quad (2.5)$$

де  $\sum n_{зал}$  - сума залишків составів, які переходять на кожний розрахунковий інтервал;

$J_p$  - розрахунковий інтервал виведення составів з парку;

$\sum n_{роз}$  - кількість составів, які пройшли через парк за добу без урахування місцевих, кутових і внутрішньостанційних (при необхідності) передач;

$n_n, n_k$  - залишки составів, які переходять відповідно на початок і кінець доби.

Вплив на простій вагонів місцевих, кутових і внутрішньостанційних передач визначимо за формулою:

$$Dt = t - t_m, \quad (2.6)$$

де  $t_m$  - середній час простою составів (в хвиликах) в окремих парках станції з урахуванням місцевих кутових і внутрішньостанційних (при необхідності) передач.

Результати розрахунку простою составів у приймально-відправному парку “В” способом табличного моделювання викладемо у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Простій составів у приймально-відправному парку “В”

| Парк     | Початкові дані постійні |                 | Початкові дані (змінні) і результати розрахунку за окремі доби |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                 |
|----------|-------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------|
|          |                         |                 | 11                                                             | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | Середньо-добові |
| <b>В</b> | $J_p = 28,5$            | $\sum n_{розф}$ | 22                                                             | 25   | 21   | 29   | 23   | 24   | 22   | 29   | 22   | 25   | 24              |
|          |                         | $n_{кут} +$     | 6+                                                             | 6+   | 5+   | 6+   | 8+   | 6+   | 7+   | 7+   | 5+   | 6+   | 6+              |
|          |                         | $n_{місц} +$    | 1+                                                             | 0+   | 1+   | 1+   | 0+   | 1+   | 1+   | 0+   | 1+   | 1+   | 1+              |
|          |                         | $n_{внутр.}$    | 1                                                              | 2    | 2    | 3    | 3    | 2    | 1    | 2    | 2    | 2    | 2               |
|          |                         | $t_{nn}$        | 1,66                                                           | 1,67 | 1,62 | 1,65 | 1,64 | 1,64 | 1,64 | 1,63 | 1,67 | 1,66 | 1,65            |
|          |                         | $Dt$            | 0,98                                                           | 1,0  | 0,82 | 0,44 | 0,44 | 0,52 | 0,66 | 0,75 | 0,65 | 0,82 | 0,71            |

Час очікування технічного огляду і очікування розформування визначимо за формулою:

$$t_{очік.тех} + t_{очік.розф} = t_{ПП} - t_{зак} - t_{від}^{Плок} - t_{тех}; \quad (2.7)$$

$$t_{очік.тех} + t_{очік.розф} = 1,65 - 0,02 - 0,05 - 0,25 = 1,33 \text{ год.}$$

## 2.2 Визначення тривалості розформування состава через сортувальну гірку

Технологічний час на розформування составів із сортувальної гірки складається з окремих маневрових операцій і визначається за формулою:

$$t_{розф} = t_з + t_{нас} + t_{роз} + t_{зф}, \quad (2.8)$$

де  $t_з$  - час заїзду маневрового локомотива в парк приймання до состава;

$t_{нас}$  - час насуву составів до вершини гірки;

$t_{роз}$  - час розпуску составу з сортувальної гірки;

$t_{зф}$  - час на закінчення формування на сортувальних коліях.

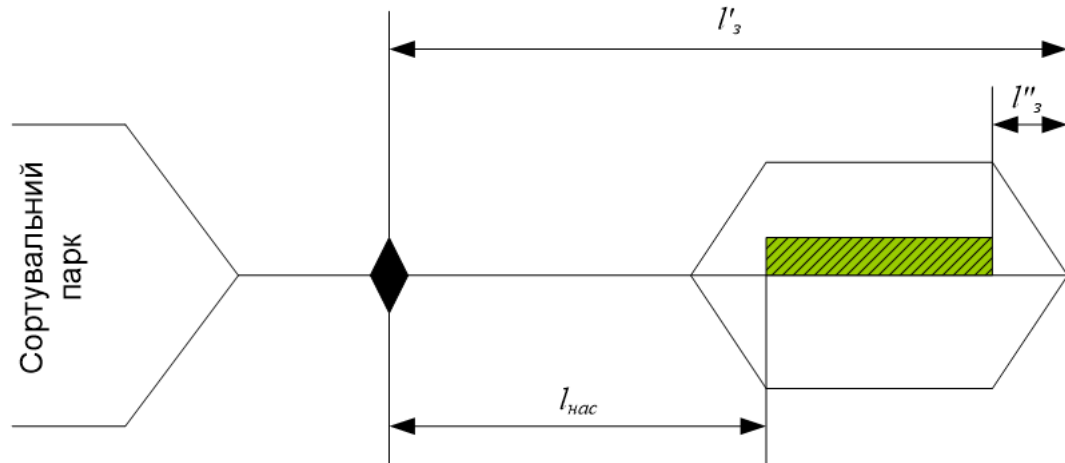
Заїзд локомотива за составом у парк прибуття виконують після відриву від вершини гірки останнього відчепу.

Час заїзду гіркового локомотива  $t_з$  у хвіст состава, що стоїть в парку прибуття, визначається залежно від довжин напіврейсів  $l'_з$  і  $l''_з$  (рисунок 2.1) за формулою:

$$t_з = t'_з + t''_з + t_{зпр}, \quad (2.9)$$

де  $t'_з$  та  $t''_з$  - відповідно час заїзду маневрового локомотива від вершини гірки за горловину парку приймання й назад до хвосту состава, хв;

$t_{зпр}$  - час на зміну напрямку руху маневрового локомотива (для електровозу ВЛ8 ухвалюємо 1,5 хв).



$l'_3$  - відстань від вершини гірки до входної горловини парку прибуття;

$l''_3$  - відстань від входної горловини до хвоста состава;

$l_{нас}$  - довжина колії насування.

Рисунок 2.1 - Схема заїзду гіркового локомотива за составом у парк прибуття й насування його до вершини гірки

Тривалість напіврейсів заїздів маневрових локомотивів у парк приймання до состава визначається за формулою:

$$t_{полур} = \left( \alpha_{pm} \cdot \frac{V}{2} + 3,6 \cdot \frac{L_{полур}}{V} \right) \div 60, \quad (2.10)$$

де  $\alpha_{pm}$  - коефіцієнт, що враховує час, необхідний для зміни швидкості руху локомотива на 1 км/год під час розгону, і час, необхідний для зміни швидкості руху локомотива на 1 км/год під час гальмування, дорівнює 2,44;

$V$  - допустима швидкість руху під час маневрів;

$L_{полур}$  - довжина напіврейсу, м.

Час заїзду маневрового локомотива від вершини гірки за горловину парку приймання становить

$$t'_3 = \left( 2,44 \cdot \frac{40}{2} + 3,6 \cdot \frac{950}{40} \right) \div 60 = 2,24 \text{ хв.}$$

Час заїзду маневрового локомотива у хвіст состава становить

$$t_3'' = \left( 2,44 \cdot \frac{3}{2} + 3,6 \cdot \frac{160}{3} \right) \div 60 = 3,26 \text{ хв.}$$

Загальний час заїзду маневрового локомотива в парк приймання за составом становить

$$t_3 = 2,24 + 3,26 + 1,5 = 7 \text{ хв.}$$

Технологічний час насування состава на сортувальну гірку з парку прибуття визначається за формулою:

$$t_{нас} = \frac{0,06 \cdot l_{нас}}{V_{нас}}, \quad (2.11)$$

де  $l_{нас}$  - відстань від вершини гірки до середньої точки положення граничних стовпчиків приймального парку або до стрілки гіркової витяжної колії. Дорівнює 455 м.;

$V_{нас}$  - швидкість насування состава на сортувальну гірку. Дорівнює 6,0 км/год.

$$t_{нас} = \frac{0,06 \cdot 455}{6} = 4,55 \text{ хв.}$$

Технологічний час розпуску состава з сортувальної гірки розраховується за формулою:

$$t_{роз} = t'_{роз} + t''_{роз}, \quad (2.12)$$

де  $t'_{роз}$  - час на розпуск состава з гірки, без урахування додаткового часу на маневри з вагонами, які заборонені до спуску з гірки без локомотива;

$t''_{роз}$  - збільшення часу розпуску на маневри з вагонами, які заборонені до спуску з гірки без локомотива.

Час на розпуск состава з гірки, без урахування додаткового часу на маневри з вагонами, які заборонені до спуску з гірки без локомотива, розраховується за формулою:

$$t'_{роз} = \frac{0,06 \cdot l_{ваг} \cdot m}{V_{роз}} \cdot \left(1 - \frac{1}{2 \cdot g_{від}}\right), \quad (2.13)$$

де  $l_{ваг}$  - довжина вагона. Дорівнює 14 м;

$m$  - кількість вагонів в составі. Дорівнює 57;

$V_{роз}$  - середня швидкість розпуску состава з гірки, км/год., яка залежить від середньої кількості вагонів у відчепі (визначається згідно таблиці 1.2 “Методичних вказівок з розрахунку норм часу на маневрові роботи, які виконуються на залізничному транспорті”, що затверджені наказом Укрзалізниці № 72-ЦЗ від 25.03.2003) [6]. Дорівнює 6,0 км/год.;

$g_{від}$  - середнє число вагонів у відчепі составу. Визначається за хронометражними спостереженнями і дорівнює 2,1.

$$t'_{роз} = \frac{0,06 \cdot 14 \cdot 57}{6,0} \cdot \left(1 - \frac{1}{2 \cdot 2,1}\right) = 6,1 \text{ хв.}$$

Збільшення часу розпуску на маневри з вагонами, які заборонені до спуску з гірки без локомотива, розраховується за формулою:

$$t''_{роз} = b_{зсг} \cdot t_{р.зсг}, \quad (2.14)$$

де  $b_{зсг}$  - співвідношення частки составів з вагонами, які заборонені до спуску з гірки без локомотива, до загальної кількості составів, що розформовуються. Дорівнює 0,48 (20/42);

$t_{р.зсг}$  - час на маневри з вагонами, які заборонені до спуску з гірки без локомотива, що приходить на один состав (визначається згідно таблиці 1.7 “Методичних вказівок з розрахунку норм часу на маневрові роботи, які виконуються на залізничному транспорті”, що затверджені наказом

Укрзалізниці № 72-ЦЗ від 25.03.2003 [6]) при довжині гіркової горловини 280 м дорівнює 9 хв.

$$t''_{роз} = 0,48 \cdot 9 = 4,32 \text{ хв.}$$

$$t_{роз} = 4,9 + 4,32 = 9,22 \text{ хв.}$$

### 2.3 Розрахунок часу на закінчення формування составів

Технологічний час на закінчення формування одногрупного состава у разі накопичення вагонів на одній колії розраховується за формулою:

$$T_{зак.форм.} = T_{ПТЕ} + T_{підг}, \quad (2.15)$$

де  $T_{ПТЕ}$  - технологічний час на виконання операцій, пов'язаних з розставленням вагонів відповідно до вимог ПТЕ (усунення різниці по висоті між поздовжніми осями автозчепів більше 100 мм, постановка вагонів прикриття, постановка порожніх вагонів в останню третину состава великовагового або довгосоставного поїзда, постановка вагонів з номенклатурними вантажами однією групою і забезпечення можливості проїзду наряду супроводження не далі 5 вагонів від групи з номенклатурними вантажами, хв.;

$T_{підг}$  - час, який витрачається на підтягування вагонів зі сторони витяжної колії для ліквідації “вікон” на коліях сортувального парку, хв.

Технологічний час, необхідний на розташування вагонів в составі поїзда у відповідності з вимогами ПТЕ розраховується за формулою:

$$T_{ПТЕ} = B + E \cdot m, \quad (2.16)$$

де  $B$ ;  $E$  - нормативні коефіцієнти, які приймаються в залежності від середнього числа операцій  $n_o$ , які необхідні для розташування вагонів в составі поїзда у відповідності з вимогами ПТЕ (визначаються згідно таблиці

3.1 “Методичних вказівок з розрахунку норм часу на маневрові роботи, які виконуються на залізничному транспорті”, що затверджені наказом Укрзалізниці № 72-ЦЗ від 25.03.2003 [6]).  $B=2,4; E=0,15$ ;

$m$  - середній склад поїзда, що формується. Дорівнює 57 вагонам.

$$T_{ПТЕ} = 2,4 + 0,15 \cdot 57 = 10,95 \text{ хв.}$$

Середнє число операцій, які необхідні для розташування вагонів в составі поїзда у відповідності з вимогами ПТЕ розраховується за формулою:

$$n_o = \frac{q}{n} \cdot m, \quad (2.17)$$

де  $q$  - кількість відцепів вагонів однієї поїзної групи, що надішли на колію накопичення за добу. Дорівнює 3 відцепам;

$n$  - загальне число вагонів, що надійшли на колію накопичення за добу. Дорівнює 227 вагонам.

$$n_o = \frac{3}{227} \cdot 57 = 0,75.$$

Час, необхідний на підтягування вагонів зі сторони витяжної колії для ліквідації “вікон” на сортувальних коліях розраховується за формулою:

$$T_{підг} = 0,08 \cdot m; \quad (2.18)$$

$$T_{підг} = 0,08 \cdot 57 = 4,56 \text{ хв.}$$

$$T_{зак.форм.} = 10,95 + 4,56 = 15,51 \text{ хв.}$$

Технологічний час на закінчення формування двогрупних поїздів розраховується за формулою:

$$T_{зак.форм.двохгруп} = T_{ПТЕ}^{гол} + T_{ПТЕ}^{хв}, \quad (2.19)$$

де  $T_{ПТЕ}^{гол}$  - час на підформування (розставлення вагонів у відповідності з вимогами ПТЕ) головної групи, хв.;

$T_{ПТЕ}^{хв}$  - час на підформування хвостової групи, хв.

Оскільки головна група переставляється на колію збирання, то час на підформування головної групи включає і час на перестановку.

З урахуванням часу на перестановку, час на підформування головної групи поїздів розраховується за формулою:

$$T_{ПТЕ}^{гол} = \mathcal{K} + I \cdot m_{гр}^{гол}, \quad (2.20)$$

де  $\mathcal{K} = 3,45$ ;  $I = 0,5$  - нормативні коефіцієнти, які приймаються в залежності від середнього числа операцій  $n_o$ , які необхідні для розташування вагонів в складі поїзда у відповідності з вимогами ПТЕ (визначаються згідно таблиці 3.1 “Методичних вказівок з розрахунку норм часу на маневрові роботи, які виконуються на залізничному транспорті”, що затверджені наказом Укрзалізниці № 72-ЦЗ від 25.03.2003 [6]);

$m_{гр}^{гол}$  - середня величина головної групи вагонів. Визначається за хронометражними спостереженнями і дорівнює 10 вагонам.

$$T_{ПТЕ}^{гол} = 3,45 + 0,51 \cdot 10 = 8,55 \text{ хв.}$$

Час на підформування хвостової групи розраховується за формулою:

$$T_{ПТЕ}^{хв} = B + E \cdot m_{гр}^{хв}, \quad (2.21)$$

де  $B$ ;  $E$  - нормативні коефіцієнти, які приймаються в залежності від середнього числа операцій  $n_o$ , які необхідні для розташування вагонів в складі поїзда у відповідності з вимогами ПТЕ (визначаються згідно таблиці 3.1 “Методичних вказівок з розрахунку норм часу на маневрові роботи, які виконуються на залізничному транспорті”, що затверджені наказом Укрзалізниці № 72-ЦЗ від 25.03.2003 [6]).  $B = 2,4$ ;  $E = 0,15$ ;

$m_{zp}^{xв}$  - середня величина хвостової групи вагонів. Визначається за хронометражними спостереженнями і дорівнює 47 вагонам.

$$T_{ПТЕ}^{xв} = 2,4 + 0,15 \cdot 47 = 9,45 \text{ хв.}$$

$$T_{зак.форм.двохгруп} = 8,55 + 9,45 = 18,0 \text{ хв.}$$

Середньовиважений час закінчення формування складів поїздів на станції визначається за формулою:

$$T_{зак.форм} = \frac{T_{зак.форм}^{одногр} \cdot N_{одногр} + T_{зак.форм}^{двогруп} \cdot N_{двогруп}}{N_{сф}}, \quad (2.22)$$

де  $N_{одногр}$ ;  $N_{двогруп}$ ;  $N_{сф}$  – кількість поїздів, які формуються на станції, відповідно одногрупних, двогрупних, всього сформованих в середньому за добу.  $N_{одногр} = 34$ ;  $N_{двогруп} = 6$ ;  $N_{сф} = 40$

$$T_{зак.форм} = \frac{15,51 \cdot 34 + 18 \cdot 6}{40} = 15,88 \text{ хв} = 0,27 \text{ год.}$$

Таким чином, час на розформування состава з гірки дорівнює:

$$t_{розф} = 7 + 4,55 + 10,4 + 6,8 = 28,75 \text{ хв.}$$

Визначивши час на розформування состава з гірки, побудуємо технологічний графік її роботи (слайд 4). На графіку визначається величина гіркового технологічного циклу  $T_{\eta}^{\circ} = 30,1$  хв - середнього часу заняття гірки розформуванням декількох составів від закінчення одного осаджування до закінчення наступного осаджування вагонів.

Гірковий технологічний інтервал  $T_u^{\circ}$  визначається розподілом гіркового циклу  $T_{\eta}^{\circ}$  на число составів, що розпускаються за один цикл

$$T_u^2 = \frac{T_u^2}{2} = \frac{30,1}{2} = 15,05 \text{ хв.}$$

#### 2.4 Розрахунок перероблювальної спроможності сортувальної системи станції Запоріжжя Ліве у базовому варіанті

Перероблювальна спроможність гірки розраховується за формулою:

$$n_{\text{гор}} = \frac{1440 - \sum T_{\text{тех}}}{T_u^2} \cdot m, \quad (2.23)$$

де  $\sum T_{\text{тех}}$  - загальний час технологічних перерв у роботі за добу, пов'язаних з поточним утриманням механізмів, екіпіруванням локомотивів і зміною складацьких і локомотивних бригад.

$$n_{\text{гор}} = \frac{1440 - 30}{15,05} \cdot 57 = 5340 \text{ вагонів за добу.}$$

#### 2.5 Розрахунок тривалості знаходження вагонів під накопиченням

Час накопичення вагонів з урахуванням витрат на накопичення великовагових і довгосоставних поїздів розраховується за формулою:

$$t_{\text{нак}} = \frac{K \cdot C \cdot m}{N_{\text{пер}} + N_{\text{міс}}} \cdot \left( 1 + \frac{N_{\text{важ}}}{N_{\text{важ}} + N_{\text{дов}}} \right) + \frac{10 \cdot \sum_{i=1}^{i=\gamma} \frac{N_{\text{міс}}^i}{n}}{N_{\text{пер}} + N_{\text{міс}}}, \quad (2.24)$$

де  $K$  - кількість призначень, що формуються, наскрізних, дільничних і порожніх поїздів;

$C$  – параметр накопичення, який визначається у залежності від кількості призначень поїздів, що формуються;

$m$  – середній склад поїзда, що формується ( $m=57$ );

$N$  – середньодобові вагонопотоки кожного призначення збірних, вивізних і передаточних поїздів;

$n$  – кількість поїздів кожного призначення, що формуються за добу, відповідно збірних, вивізних, передаточних;

$N_{пер}$  – середньодобові вагонопотоки наскрізних, дільничних і порожніх поїздів, з яких 3 призначення – багатогрупні;

$N_{місц}$  – середньодобові вагонопотоки відповідно дільничних, вивізних і передаточних поїздів, в середньому за добу (576 ваг);

$N_{місц}^i$  – середньодобові вагонопотоки окремо кожного дільничного, вивізного і передаточного поїздів, в середньому за добу;

$N_{важ}$  – середньодобові вагонопотоки великовагових поїздів. Дорівнюють 142 вагонам;

$N_{дов}$  – середньодобові вагонопотоки довгосоставних поїздів. Дорівнюють 523 вагонам;

$\gamma$  – кількість призначень відповідно дільничних, вивізних, передаточних поїздів.

Поїздоутворючий вагонопотік під час накопичення розподіляється наступним чином. Станція формує поїзди 19 призначень за планом формування та за договорами на під'їзні колії промислових підприємств, у тому числі:

– 13 – наскрізних, дільничних і порожніх, з яких 2 призначення – багатогрупні;

– 1 – вивізне (221 вагон – 4 поїзди);

– 5 – передатних на під'їзні колії промислових підприємств (565 вагонів – 16 поїздів).

Поряд з цим накопиченню підлягають:

– 1 – кутове призначення парку “Б” (22 вагони) – для порожніх вагонів, що прибувають у транзитних з переробкою поїздах, та навантажених, що прибувають для вивантаження на під’їзні колії не загального користування та для ВЧД-9, вагонів несправних, транспортерів та вагонів супроводження, що підлягають перестановці з колій парку “Б” на колії парку “А”;

– 1 – кутове призначення парку “А” (395 вагонів) – для місцевих вагонів, що вийшли після навантаження з під’їзних колій промислових підприємств на колії парку “А”, були розформовані на витяжній колії, накопичились окремою групою та були переставлені на колії парку “В” для повторного розформування за відповідними призначеннями плану формування;

– 1 – технологічне призначення (86 вагонів – номенклатурні вантажі, що підлягають повторному розформуванню на гірці для виконання особливих умов формування поїздів з вагонами встановлених категорій).

Параметр накопичення визначається за формулою:

$$C = 12 \cdot \left( 1 - \frac{2}{k+10} \right), \quad (2.25)$$

де  $k$  - кількість призначень, що формуються на сортувальній станції, наскрізних, дільничних, порожніх і місцевих поїздів.

$$C = 12 \cdot \left( 1 - \frac{2}{19+10} \right) = 11,16.$$

З урахуванням накопичення всіх поїздів (одогрупних, багатогрупних, вивізних, передатних, великовагових та довгосоставних) час накопичення складає:

$$t_{\text{нак}} = \frac{19 \cdot 11,16 \cdot 57}{1016 + 576} \cdot \left(1 + \frac{142}{142 + 523}\right) + \frac{10 \cdot \left(\frac{221}{4} + \frac{656}{16} + \frac{22}{1} + \frac{395}{8} + \frac{84}{1}\right)}{1016 + 576} =$$

$$= \frac{12086}{1592} \cdot (1 + 0,21) + \frac{10(55 + 35 + 22 + 49 + 84)}{1592} = 7,59 \cdot 1,21 + 1,54 = 10,72 \text{ год.}$$

Для табличного моделювання простою вагонів від початку накопичення до закінчення формування спочатку визначаємо розрахунковий інтервал виведення составів з сортувально-відправного парку “Б”.

Розрахунковий інтервал виведення составів з сортувально-відправного парку “Б” визначимо за формулою:

$$I_p^{СП} = \frac{\sum t_{\phi}}{M}, \quad (2.26)$$

де  $\sum t_{\phi} = 18,69$  - сума локомотиво-хвилин, що припадають на один поїзд свого формування та витрачаються на закінчення формування і перестановку складу поїзда в приймально-відправний парк “Л”.

Оскільки для перестановки составів до парку “Л” задіяний окремий маневровий локомотив, він не враховується у кількості локомотивів, задіяних на закінченні формування з боку сортувальної гірки. За таких умов  $M=1$ .

$$I_p^{СП} = \frac{18,69}{1} = 18,69 \text{ хв.}$$

Приймаємо 19 хв.

З 40 поїздів, що відправляє станція, 11 поїздів переставляються до обробки на відправлення на колії приймально-відправного парку “Л”, а 29 – пред’являються до обробки безпосередньо на коліях сортувально-відправного парку “Б”.

$$t_{\text{зак.форм}} = 16,2 \text{ хв.}$$

$$t_{\text{перест}} = 8,82 \text{ хв.}$$

За таких умов для поїздів, що переставляються до парку “Л” час формування визначається за формулою:

$$t_{\phi} = t_{\text{зак.форм}} + t_{\text{перест}}; \quad (2.27)$$

$$t_{\phi} = 16,2 + 8,82 = 25,02 \text{ хв.}$$

Для поїздів, що пред’являються до обробки безпосередньо на коліях сортувально-відправного парку “Б”

$$t_{\phi} = t_{\text{зак.форм}} = 16,2 \text{ хв.}$$

У середньому по станції час формування дорівнює:

$$t_{\phi}^{\text{сеп}} = \frac{25,02 \cdot 11 + 16,2 \cdot 29}{40} = \frac{275,22 + 469,8}{40} = \frac{745,02}{40} = 18,63 \text{ хв.} = 0,31 \text{ год.}$$

Результати розрахунку простою составів у сортувально-відправному парку “Б” від початку накопичення до закінчення формування способом табличного моделювання викладемо у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Простій составів у сортувально-відправному парку “Б”

| Парк | Початкові дані (постійні) |               | Початкові дані (змінні) і результати розрахунку за окремі доби |       |       |       |       |       |       |      |      |       |                 |
|------|---------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-----------------|
|      |                           |               | 11                                                             | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18   | 19   | 20    | Середньо-добове |
| Б    | $j_p =$                   | $\sum N_{зф}$ | 20                                                             | 22    | 20    | 23    | 20    | 19    | 20    | 19   | 19   | 22    | 20              |
|      | 19 хв.                    | $t_{СП}$      | 9,73                                                           | 10,42 | 11,43 | 12,08 | 11,27 | 10,88 | 10,68 | 12,3 | 10,4 | 11,12 | 11,03           |

Час очікування формування визначається за формулою:

$$t_{\text{очік.форм}} = t_{\text{СП}} - t_{\text{нак}} - t_{\text{зак.форм}}; \quad (2.28)$$

$$t_{\text{очік.форм}} = 11,03 - 10,72 - 0,27 = 0,04 \text{ год.}$$

## 2.6 Розрахунок тривалості простою вагонів по відправленню

Состави свого формування знаходяться до відправлення зі станції на коліях двох парків: приймально-відправного парку “Л” та сортувально-відправного парку “Б”.

Простій вагонів транзитних вагонів з переробкою по відправленню складається з наступних елементів:

Для парку “Б”

$$T_{\text{ПВ}} = t_{\text{закр}} + t_{\text{очік.тех}} + t_{\text{тех}} + t_{\text{очік.лок}} + t_{\text{прич}} + t_{\text{вип.гальм}} + t_{\text{очік.відпр}}; \quad (2.29)$$

Для парку “Л”

$$T_{\text{ПВ}} = t_{\text{пер}} + t_{\text{закр}} + t_{\text{від}}^{\text{Млок}} + t_{\text{очік.тех}} + t_{\text{тех}} + t_{\text{очік.лок}} + t_{\text{прич}} + t_{\text{вип.гальм}} + t_{\text{очік.відпр}}, \quad (2.30)$$

де  $t_{\text{пер}}$  - час на переставлення состава з сортувально-відправного парку “Б” в приймально-відправний парк “Л”;

$t_{\text{закр}}$  - час на закріплення состава гальмівними башмаками;

$t_{\text{від}}^{\text{Млок}}$  - час на відчеплення маневрового локомотива, огороження состава;

$t_{\text{очік.тех}}$  - час на очікування технічного огляду состава;

$t_{\text{тех}}$  - час на виконання технічних операцій зі складом поїзда по відправленню

$t_{\text{очік.лок}}$  - час на очікування подачі поїзного локомотива;

$t_{\text{прич}}$  - час на причеплення поїзного локомотива до складу поїзда;

$t_{\text{вип.гальм}}$  - час на скорочене випробування автогальм поїзда після попереднього випробування дії автогальм від ЦПА;

$t_{\text{очік.відпр}}$  - час на очікування відправлення.

Час на переставлення составів з сортувально-відправного парку “Б” в приймально-відправний парк “Л” визначається підсумовуванням часу виконання окремих напіврейсів, виконаних під час цих переставлень.

Тривалість окремого напіврейсу, виконаного під час переставлення вагонів і составів розраховується за формулою:

$$T_{пер} = \left( (\alpha_{pm} + \beta_{pm} \cdot m) \cdot \frac{V}{2} + 3,6 \cdot \frac{L_{полур}}{V} \right) \div 60, \quad (2.31)$$

де  $\alpha_{pm}$  - коефіцієнт, що враховує час, необхідний для зміни швидкості руху локомотива на 1 км/год під час розгону, і час, необхідний для зміни швидкості руху локомотива на 1 км/год під час гальмування, дорівнює 2,44;

$\beta_{pm}$  - коефіцієнт, що враховує додатковий час на зміну швидкості руху кожного вагона в маневровому составі на 1 км/год. під час розгону і додатковий час на зміну швидкості руху кожного вагону в маневровому составі на 1 км/год під час гальмування, дорівнює 0,1;

$m$  - число вагонів в складі сформованого поїзда. Дорівнює 57 вагонам;

$V$  - допустима швидкість руху під час маневрів. Дорівнює 15 км/год.;

$L_{полур}$  - довжина напіврейсу, м. Дорівнює 1950 м.

$$T_{пер} = \left( (2,44 + 0,1 \cdot 57) \cdot \frac{15}{2} + 3,6 \cdot \frac{1950}{15} \right) \div 60 = 8,82 \text{ хв.}$$

Для табличного моделювання простою составів у приймально-відправному парку “Л”  $t_{закр}$ ,  $t_{від}^{Млок}$ ,  $t_{тех}$ ,  $t_{прич}$ ,  $t_{вип.гальм}$  приймемо згідно графіку виконання технологічних операцій по обробці поїзда свого формування на коліях парку “Л”, а саме:

$$t_{закр} = 2 \text{ хв} = 0,03 \text{ год};$$

$$t_{\text{Млок}}^{\text{Млок}} = 2 \text{ хв} = 0,03 \text{ год};$$

$$t_{\text{тех}} = 20 \text{ хв} = 0,33 \text{ год};$$

$$t_{\text{вип.гальм}} = 10 \text{ хв} = 0,17 \text{ год}.$$

Для табличного моделювання простою составів у сортувально-відправному парку “Б”  $t_{\text{закр}}$ ,  $t_{\text{тех}}$ ,  $t_{\text{прич}}$ ,  $t_{\text{вип.гальм}}$  приймемо згідно графіку виконання технологічних операцій по обробці поїзда свого формування на коліях парку “Б”, а саме:

$$t_{\text{закр}} = 1 \text{ хв} = 0,02 \text{ год};$$

$$t_{\text{тех}} = 20 \text{ хв} = 0,33 \text{ год};$$

$$t_{\text{вип.гальм}} = 10 \text{ хв} = 0,17 \text{ год}.$$

Розрахунковий інтервал відправлення поїздів зі станції розраховується за формулою:

$$I_P^{PB} = \frac{1440}{\sum (n_{\text{сф}} + n_{\text{тр}} + n_{\text{місц}})}, \quad (2.32)$$

де 1440 – кількість хвилин за добу;

$n_{\text{сф}}$  - кількість поїздів свого формування за добу. Дорівнює 23 поїздам;

$n_{\text{тр}}$  - кількість транзитних поїздів за добу. Дорівнює 8 поїздам;

$n_{\text{місц}}$  - кількість місцевих передач. Дорівнює 10 передачам.

$$I_P^{PB} = \frac{1440}{23+8+10} = 35,12 \text{ хв}.$$

Приймаємо 35 хв.

Результати розрахунку простою составів по відправленню у приймально-відправному парку “Л” та сортувально-відправному парку “Б” способом табличного моделювання викладемо у таблицях 2.3 та 2.4 (відповідно).

Таблиця 2.3 – Простій составів по відправленню у приймально-відправному парку “Л”

| Парк | Початкові дані постійні |               | Початкові дані (змінні) і результати розрахунку за окремі доби |      |      |      |      |      |      |      |      |      |           |
|------|-------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|
|      |                         |               | 11                                                             | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | Серед/доб |
| Л    | $j_p = 35 \text{ хв}$   | $\sum n_{зф}$ | 12                                                             | 10   | 9    | 9    | 13   | 14   | 9    | 12   | 12   | 13   | 11        |
|      |                         | $\sum n_{тр}$ | 2                                                              | 8    | 3    | 4    | 6    | 8    | 10   | 12   | 11   | 11   | 8         |
|      |                         | $t_{ПВ}$      | 2,42                                                           | 2,43 | 2,45 | 2,40 | 2,41 | 2,43 | 2,47 | 2,44 | 2,43 | 2,46 | 2,43      |

Таблиця 2.4 – Простій составів по відправленню у сортувально-відправному парку “Б”

| Парк | Початкові дані постійні |                 | Початкові дані (змінні) і результати розрахунку за окремі доби |      |      |      |      |      |      |      |      |      |           |
|------|-------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|
|      |                         |                 | 11                                                             | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | Серед/доб |
| Б    | $j_p = 35 \text{ хв}$   | $\sum n_{зф}$   | 15                                                             | 17   | 12   | 14   | 11   | 14   | 13   | 11   | 13   | 13   | 13        |
|      |                         | $\sum n_{міст}$ | 10                                                             | 12   | 10   | 11   | 13   | 10   | 12   | 8    | 7    | 11   | 10        |
|      |                         | $t_{СВТ}$       | 2,53                                                           | 2,55 | 2,58 | 2,56 | 2,57 | 2,54 | 2,55 | 2,59 | 2,54 | 2,56 | 2,56      |

Середньовиважений час простою вагонів по відправленню складає:

$$T_{ПВ} = \frac{2,43 \cdot 11 + 2,56 \cdot 13}{11 + 13} = \frac{60,01}{24} = 2,5 \text{ год.}$$

Час очікування технічного огляду, прибуття поїзного локомотива та очікування відправлення розраховується за формулою:

$$t_{очік.тех} + t_{очік.лок} + t_{очік.відпр} = t_{ПВ} - t_{пер} - t_{зак} - t_{від}^{Млок} - t_{тех} - t_{прич} - t_{вин.гальм}. (2.33)$$

Оскільки перестановці підлягають лише состави, які будуть оброблятися на коліях парку “Л”, вирахуємо середньовиважений час для

поїздів свого формування, які простоюють по відправленню на коліях парків “Л” та “Б”

$$t_{пер} = \frac{8,82 \cdot 11}{24} = 4,04 \text{ хв} = 0,07 \text{ год.}$$

$$\left. \begin{aligned} t_{закр} &= (2 \text{ хв} + 1 \text{ хв}) / 2 = 1,5 \text{ хв.} = 0,03 \text{ год.}; \\ t_{відч.} &= 2 \text{ хв.} = 0,03 \text{ год.}; \\ t_{тех} &= 20 \text{ хв.} = 0,33 \text{ год.}; \\ t_{прич} &= 1 \text{ хв.} = 0,02 \text{ год.}; \\ t_{вип.гальм} &= 10 \text{ хв.} = 0,17 \text{ год.} \end{aligned} \right\} \Sigma = 34,5 \text{ хв.} = 0,58 \text{ год.}$$

$$t_{очік.тех} + t_{очік.лок} + t_{очік.відпр} = 2,5 - 0,07 - 0,58 = 1,85 \text{ год.}$$

З часу очікування перестановки в приймально-відправний парк “Л”, технічного огляду, прибуття поїзного локомотива та очікування відправлення, який становить 1,85 год., окремі складові вираховані за даними станційних диспетчерських графіків та складають:

- час на очікування обробки та відправлення – 0,71 год.;
- час на очікування відправлення через відсутність поїзних локомотивів – 1,14 год.

Підсумки поелементного розрахунку часу перебування транзитного вагону з переробкою на станції Запоріжжя Ліве наведено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Підсумки поелементного розрахунку часу перебування транзитного вагону з переробкою на станції Запоріжжя Ліве

| Найменування елементів простою транзитного вагону з переробкою     | Простій за елементами (год.) |
|--------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| <b>1 Простій у приймально-відправному парку “В”, в тому числі:</b> | <b>1,65</b>                  |
| 1.1 Виконання технологічних операцій по обробці поїзда             | 0,32                         |
| 1.2 Очікування обробки і розформування:                            | 1,33                         |
| <b>2 Розформування</b>                                             | <b>0,48</b>                  |

|                                                                                                |              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>3 Простій у сортувально-відправному парку “Б”, в тому числі:</b>                            | <b>11,34</b> |
| 3.1 Накопичення                                                                                | 10,72        |
| 3.2 Формування, з яких:                                                                        | 0,31         |
| 3.2.1 Очікування закінчення формування                                                         | 0,04         |
| 3.2.2 Закінчення формування                                                                    | 0,27         |
| <b>4 Простій по відправленню у парках “Л” та “Б”, у тому числі:</b>                            | <b>2,5</b>   |
| 4.1 Перестановка составів з сортувально-відправного парку “Б” в приймально-відправний парк “Л” | 0,07         |
| 4.2 Виконання технологічних операцій по обробці поїзда                                         | 0,58         |
| 4.3 Очікування обробки і відправлення                                                          | 0,71         |
| 4.4 Очікування подачі поїзних локомотивів                                                      | 1,14         |
| <b>ВСЬОГО простій транзитного вагону з переробкою:</b>                                         | <b>15,97</b> |

## **2.7 Підвищення перероблювальної спроможності сортувальної станції Запоріжжя Ліве шляхом переоснащення профільованої витяжної колії у сортувальну гірку малої потужності**

Сортувальна гірка – це спорудження на території залізничної станції у вигляді насипу, через який прокладають колії, які поєднують між собою парк прибуття з сортувальним парком, призначене для формування та розформування вагонів.

Сортувальна гірка складається з трьох основних елементів: насувної частини, вершини гірки і спускної частини.

Насувна частина гірки – зона від останніх стрілочних переводів підгіркової горловини приймального парку до вершини гірки на кожній колії насування. Вона представляє собою похилу ділянку шляху, що має перед вершиною гірки підйом зазвичай не менше 8 ‰ та довжину 50 м для стиснення складу і полегшення розчеплення вагонів перед горбом гірки.

Спускна частина представляє собою ділянку між вершиною гірки й розрахунковою точкою, що знаходиться на відстані 50-100 м від найбільш віддаленого граничного стовпчика входної горловини сортувального парку та розташовується на швидкісному ухилі крутизною не менш 25 ‰ для

забезпечення максимальних швидкостей руху відчепів і швидкого відриву їх від складу на вершині гірки під дією сили тяжіння, які розподіляються по коліях сортувального парку.

Профіль спускної частини сортувальної гірки складається з окремих елементів, довжина та крутизна яких повинні забезпечувати найкращі умови скочування вагонів.

Ухил і довжина елементів профілю повинні забезпечувати:

- інтервали між відчепами, що дозволяють перевести стрілки при збереженні розрахункової швидкості розпуску і виключення початку відчепів;
- встановлену швидкість входу вагонів на уповільнювачі;
- рушання з місця поганих бігунів при несприятливих умовах у разі їх зупинки при гальмуванні;
- вийняток саморозчеплення вагонів у місці сполучення ухилів насувної і спускної частини.

Вершина гірки – найвища точка гірки відносно колій сортувального парку, на якій групи вагонів (відчепа) розчеплюються і направляються за призначенням на підгіркові колії.

Горб гірки – перевальна частина сортувальної гірки, звідки вагон (відчеп) починає самостійно рухатися вниз. Включає криві різного радіусу, що сполучають у вертикальній площині ділянки насувної і спускної частин гірки.

Розрахункова висота гірки визначається за умови забезпечення проходу вагона з поганими ходовими якостями (“поганого” бігуна) при несприятливих умовах (взимку при зустрічному вітрі) до розрахункової точки, яка розташована у гірок малої потужності на відстані 50 м за граничним стовпчиком найбільш важкої за умовами скочування колії. Визначимо висоту сортувальної гірки.

Вихідні данні для виконання розрахунків:

- рід вагонів, що сортируються на гірці: КР4 (критий чотирьохосний);

- вага вагонів:  $q_v = 30$  т;
- площа поперечного перетину вагону:  $S = 9,7$  м<sup>2</sup>;
- тип підшипників вагонів: роликові;
- довжина елементів сортувальної гірки:  $l_{ув} + l_{ен} = 120$  м – швидкісна ділянка та гальмівна,  $l_{ск} = 50$  м – стрілочна ділянка сортувальної гірки (слайд 5);
- кількість стрілочних переводів, які проходить відчеп при скочуванні:  $n = 7$ ;
- температура зовнішнього повітря:  $t^0 = -25$  С°;
- швидкість вітру:  $V_{\epsilon} = 4,25$  м/с;
- кут між напрямом вітру та віссю ділянки колії, по якій рухається відчеп:  $\varphi = 30^\circ$ ;
- марка хрестовини стрілочних переводів: 1/7;
- відстань між осями суміжних колій:  $s = 5,7$  м;
- радіус кривої  $R = 300$  м.

Нижче наведені розрахунки.

Визначимо висоту гірки за формулою:

$$H_{\Gamma} = \frac{1}{1000} \left[ L_p (w_0 + w_{сер}) + 9 \sum \alpha^0 + 20n \right] - \frac{v_0^2}{2 \cdot g'}, \quad (2.34)$$

де  $L_p$  – довжина гіркової горловини від вершини гірки до розрахункової точки, м;

$w_0$  – основний питомий опір руху розрахункового поганого бігуна, Н/кН; визначаємо з додатку Г, де  $w_0 = 3,9$ ;

$w_{сер}$  – питомий опір від повітряного середовища та вітру, Н/кН;

9 – додаткова питома робота сил опору розрахункового поганого бігуна у кривих ділянках колії на кожний градус куту повороту;

$\sum \alpha^0$  - сума кутів повороту на шляху прямуювання відчепів до розрахункової точки, град.;

20 – допоміжна питома робота сил опору від ударів при прямуювання через стрілочний перевід;

$n$  – кількість стрілочних переводів на шляху прямуювання відчепів;

$\frac{V_0^2}{2 \cdot g'}$  - енергетична висота, яка відповідає швидкості розпуску вагонів з гірки, м.;

$V_0$  - розрахункова швидкість насування вагонів на гірку, м/с. Для гірок малої потужності приймають 0,97 м/с;

$g'$  - прискорення сил тяжіння з урахуванням впливу частин вагону, що обертаються, м/с<sup>2</sup>.

Визначимо довжину гіркової горловини  $L_p$  від вершини гірки до розрахункової точки:

$$L_p = l_{ув} + l_{zn} + l_{стр} + l_{ск}, \quad (2.35)$$

де  $l_{ув}$  - довжина швидкісної ділянки сортувальної гірки, м;

$l_{zn}$  - довжина гальмівної ділянки сортувальної гірки, м;

$l_{стр}$  - довжина стрілочної ділянки сортувальної гірки, м;

$l_{ск}$  - довжина ділянки підгіркового парку сортувальної гірки, м.

Визначимо довжину стрілочної ділянки сортувальної гірки:

$$l_{ск} = X + a, \quad (2.36)$$

де  $X$  – відстань від стрілочного переводу до граничного стовпчика, м (рисунок 2.2);



переводу відстань від вісі граничного стовпчика до вісі кривої  $P$  повинно бути збільшено на величину  $\Delta$  у зв'язку з тим, що при проході кривої кузов вагону зміщується у середину кривої на величину  $\Delta$  (визначаємо з додатку Д, де  $\Delta=0,12$  м).

Визначимо відстань при розташуванні граничного стовпчика або сигналу у межах кривої бокової колії (рисунок 2.2) по формулі:

$$X = \frac{s}{\operatorname{tg} \alpha} + T - C, \quad (2.37)$$

при цьому:

$$C = OD \cdot \operatorname{tg} \beta = (R - s + p), \quad (2.38)$$

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad (2.39)$$

де  $\alpha$  – кут повороту на шляху прямування відчепів до розрахункової точки, град. Знаходимо, виходячи з марки хрестовини стрілочного переводу:

$$\alpha = \operatorname{arctg} (1 / 7) = 8,130094^{\circ},$$

$$T = 300 \cdot \operatorname{tg} \frac{8,130094}{2} = 21,32 \text{ м.}$$

В цій формулі також невідоме значення  $\operatorname{tg} \beta$ . Його можна визначити через  $\cos \beta$ . З трикутника ODE знайдемо  $\cos \beta$ :

$$\cos \beta = \frac{OD}{OE} = \frac{R - s + p}{R - p - \Delta}, \quad (2.40)$$

$$\cos \beta = \frac{300 - 5,3 + 2,05}{300 - 2,05 - 0,12} = 0,996378,$$

тоді  $\beta = 4,878014^\circ$ .

$$C = (300 - 5,3 + 2,05) \cdot \operatorname{tg} 4,878014 = 25,33 \text{ м.}$$

$$X = \frac{5,3}{\operatorname{tg} 8,130094} + 21,32 - 25,33 = 33 \text{ м.}$$

Від вершини гірки до розрахункової точки послідовно укладені 7 стрілочних переводів, тоді:

$$X = 33 \cdot 7 = 231 \text{ м.}$$

Необхідно також врахувати відстань  $a$  від центру переводу до стику рамної рейки, яка для стрілочних переводів марки 1/7 дорівнює 10 м.

Тоді довжина гіркової горловини від вершини гірки до розрахункової точки буде складати:

$$L_p = 120 + 231 + 70 + 50 = 471 \text{ м.}$$

У склад  $\sum \alpha^0$  та  $n$  входять кути повороту розрахункової колії (враховуючи стрілочні) у градусах та стрілочні переводи, які розташовані протягом довжини гіркової горловини  $L_p$  по розрахунковій колії, у якій найкрутіший шлях, тобто більше кутів повороту. Кут повороту  $\alpha = 8,130094^\circ$ . На слайді 2 бачимо, що найкрутіший шлях з більшою кількістю кутів повороту у колії № 12.

Опір повітряного середовища  $w_{cep}$  визначимо за формулою:

$$w_{cep} = \frac{17,8 \cdot C_x \cdot S}{(273 + t^o) \cdot q_6} \cdot V_p^2, \quad (2.41)$$

де  $C_x$  – коефіцієнт повітряного опору одиночних вагонів або першого вагону у відчепі; визначається у залежності від роду вагона та куту за додатком Е;

$S$  – площа поперечного перетину одиночного вагону у відчепі, м<sup>2</sup>;

$q_{\theta}$  – вага вагону, т;

$t^{\circ}$  – температура повітря, С<sup>°</sup>;

$V_p$  – розрахункова швидкість скочування відчепів, м/с.

Коефіцієнт повітряного опору  $C_x$  обирають у залежності від роду вагона та куту  $\theta$  (кут між результуючим вектором відносної швидкості та напрямку руху відчепу).

Швидкість  $V_p$  та кут  $\theta$  можна розрахувати за формулами:

$$V_p^2 = V_{\text{сер}}^2 + V_{\theta}^2 + 2V_{\text{сер}} \cdot V_{\theta} \cdot \cos \varphi, \quad (2.42)$$

$$\theta = \arcsin \frac{V_{\theta} \cdot \sin \varphi}{V_p}, \quad (2.43)$$

де  $V_{\text{сер}}$  – середня швидкість відчепів на ділянці, м/с;

$V_{\theta}$  – швидкість вітру, яка приймається незмінною на усьому протязі сортувальної гірки, м/с;

$\varphi$  – кут між напрямом вітру та віссю ділянки колії, по якій рухається відчеп;

$\theta$  – кут між результуючим вектором руху відчепу та напрямком вітру.

$$V_p^2 = 0,97^2 + 4,25^2 + 2 \cdot 0,97 \cdot 4,25 \cdot \cos 30 = 26,14 \text{ м/с},$$

тоді  $V_p = 5,1$  м/с.

$$\theta = \arcsin \frac{4,25 \cdot \sin 30}{5,1} = 25^\circ$$

Тоді:

$$w_{сер} = \frac{17,8 \cdot 1,56 \cdot 9,7}{(273 - 25) \cdot 30} \cdot 26,14 = 1,05 \text{ н/кН}.$$

Прискорення сил тяжіння з урахуванням впливу частин вагону, що обертаються визначається за формулою:

$$g' = \frac{g}{1 + \frac{0,42 \cdot n}{q_s}}, \quad (2.44)$$

де  $g$  – прискорення сили тяжіння, рівне  $9,81$  м/с<sup>2</sup>;

$n$  – кількість вісей вагону;

$q_s$  – маса вагону, т.

$$g' = \frac{9,81}{1 + \frac{0,42 \cdot 4}{30}} = 9,29 \text{ м/с}^2.$$

Знайдемо висоту гірки:

$$H_r = \frac{1}{1000} [471 \cdot (3,9 + 1,55) + 9 \cdot 24 + 20 \cdot 7] - \frac{0,97^2}{2 \cdot 9,29} = 2,4 \text{ м}.$$

Ухил швидкісної ділянки визначається за формулою:

$$i_{\text{шв}} = \frac{10^3 \cdot H_z - l_{\text{zn}} \cdot i_{\text{zn}} - l_{\text{стр}} \cdot i_{\text{стр}} - l_{\text{ск}} \cdot i_{\text{ск}}}{l_{\text{шв}}}, \quad (2.45)$$

де  $i_{\text{zn}}$  - ухил гальмівної ділянки, приймаємо  $i_{\text{zn}} = 5 \text{ ‰}$ ;

$i_{\text{стр}}$  - ухил стрілочної ділянки, приймаємо  $i_{\text{стр}} = 1,5 \text{ ‰}$ ;

$i_{\text{ск}}$  - ухил ділянки підгіркового парку, приймаємо  $i_{\text{ск}} = 1 \text{ ‰}$ .

$$i_{\text{шв}} = \frac{10^3 \cdot 2,4 - 60 \cdot 5 - 301 \cdot 1,5 - 50 \cdot 1}{60} = 27,7 \text{ ‰}.$$

Технологічний графік роботи сортувальної гірки малої потужності у парку “А” наведено на слайді 7. Перероблювальна спроможність гірки малої потужності становить 1354 вагони на добу. Загальна перероблювальна спроможність сортувальної станції визначається сумою перероблювальних спроможностей всіх сортувальних пристроїв. Отже, загальна перероблювальна спроможність станції Запоріжжя Ліве буде дорівнювати 6694 вагонів на добу.

На сортувальних гірках регулювання швидкості скочування відчепів здійснюється за допомогою гальмівних засобів (вагонних сповільнювачів). Вагонні сповільнювачі забезпечують нормальну роботу гірки шляхом збереження мінімальних інтервалів між відчепами на розділових стрілках, які необхідні для пропуску попередніх бігунів, і переведення за ними стрілок для бігунів, що йдуть позаду. Крім того, при підході до вагонів на підгіркових коліях сортувального парку швидкість відчепа, що скочується не повинна перевищувати припустимої швидкості співударяння.

При сортуванні вагонів з гірки потрібно здійснювати гальмування двох видів – інтервальне й прицільне. Інтервальне гальмування забезпечує необхідні інтервали між відчепами для безпечного проходження їх по стрілочних переводах і гальмівним пристроям у межах спускної частини

гірки. Прицільним гальмуванням регулюється швидкість руху відчепів залежно від відстані, яку вони повинні пройти в підгірковому парку.

Для здійснення інтервального гальмування призначена перша гальмівна позиція. Робота її полягає в створенні інтервалів між відчепами на другій гальмівній позиції й на розділових стрілках, розташованих до неї, а також у забезпеченні швидкості, припустимої при вході на сповільнювачі другої позиції.

У дипломному проєкті пропонується механізація сортувальної гірки малої потужності шляхом впровадження вагонного уповільнювача.

Пропонуємо використати вагонний уповільнювач типу КЗ-3 на першій гальмівній позиції (слайд 5).

Друга гальмівна позиція вже розташована на всіх сортувальних коліях парку “А” з боку гірки у підгірковому парку. На цих коліях, обладнаних башмакоскидачами напівхрестовинного типу, гальмування здійснюється регулювальниками швидкості руху вагонів за допомогою ручних гальмівних башмаків. Друга гальмівна позиція призначена для прицільного гальмування, при якому забезпечується зчеплення відчепів з допустимими швидкостями.

Вагонний уповільнювач КЗ-3 (слайд 6) призначений для зменшення швидкості руху при розпуску відчепів на механізованих сортувальних гірках. Він експлуатується в районах з помірним кліматом “У”, категорії розміщення І за ГОСТ 15150-69 “Виконання для різних кліматичних районів”, при граничних робочих значеннях температури зовнішнього повітря від -50 °С до + 45 °С і відносній вологості до 100%.

До складу виробу входять: гальмівна система (власне уповільнювач), два повітрозбірника ємністю 300 л або 400 л з електропневматичними пристроями розподілу повітря та управління роботою гальмівних циліндрів, комплект деталей для монтажу. За принципом дії відноситься до натисних гальмівних пристроїв з пневматичним приводом секцій. Складається з двох незалежних гальмівних ниток по три (п'ять) ланок, змонтованих на дерев'яних брусах.

Шини на гальмівних балках виконані зі зносостійкої сталі і є основним гальмівним елементом уповільнювача. При зносі більше 30 мм шини підлягають заміні.

Приводні секції уповільнювача представляють собою систему важеля з загальною віссю. Гальмівне зусилля від пневматичних циліндрів передається рівномірно через систему важеля на шини гальмівних балок і далі на обидві сторони колеса вагона.

Пружинний механізм приводної секції являє собою систему пружин, які служать для одночасного підведення гальмівних шин сповільнювача до коліс вагона, а також для швидкого і плавного повернення важелів приводної секції у вихідне положення.

Пневматичний циліндр представляє собою виконавчий механізм, який перетворює енергію стисненого повітря у поступальний рух і через систему важелів приводної секції в гальмівне зусилля шин уповільнювача.

При в'їзді вагона на уповільнювач, оператор включає необхідну ступінь гальмування залежно від ваги вагона, швидкості його руху та наявності рухомого складу на сортувальній колії, на яку слідує відчеп. Сигнал від пульта управління надходить на регулятор тиску керуючої апаратури ВУПЗ -72. Регулятор, у свою чергу, подає повітря з пневмомережі у пневмоциліндри під тиском, відповідним обраної ступені. Відповідно ступені гальмування, зусилля від пневмоциліндрів через важільні системи приводних секцій передається гальмівним балкам як зовні, так і всередині колії, що призводить до одночасного зіткнення гальмівних шин з колесом вагона.

При загальмованому положенні пружинний механізм забезпечує необхідні відстані між гальмівними шинами і головкою рейки.

При автоматичному знятті тиску повітря в повітропроводній мережі, гальмівна система повертається у вихідне положення під дією пружинного механізму і власної ваги. Подача стисненого повітря до пневмоциліндрів

уповільнювача здійснюється від двох повітрязбирачів з керуючою апаратурою ВУПЗ-72, які включені до гіркової або станційної пневмомережі.

Технічна характеристика вагонного уповільнювача КЗ-3 представлена у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Технічна характеристика вагонного уповільнювача КЗ-3

| Показник                                                                                                                                                        | Величина                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 1                                                                                                                                                               | 2                           |
| Максимальне зусилля натиснення гальмівних шин при максимальному тиску повітря у пневмомережі, кН(тс)                                                            | 150 (15)                    |
| Зусилля натиснення гальмівних шин на вході по вісі пневмокамери при номінальному тиску, кН (тс)                                                                 | 150 (15)                    |
| Гальмівна потужність при номінальному тиску повітря у пневмомережі, м.єн.в.; при гальмуванні, не менше:<br>- 92-тонного вагона:<br>- 180-тонного вагона:        | 100±20 (10±2)<br>1,4<br>1,1 |
| Витрата повітря на одне гальмування, м³; не більше:                                                                                                             | 1,28                        |
| Максимальна швидкість розпуску вагонів або входу на уповільнювач, м/с                                                                                           | 8,5                         |
| Максимальне уповільнення при гальмуванні вагонів, м/с²                                                                                                          | 4,0                         |
| Час спрацювання при номінальному тиску, с; не більш:<br>- при гальмуванні:<br>- при знятті гальмування:                                                         | 0,8<br>0,7                  |
| Тиск стисненого повітря, Мпа (кгс/см²):<br>- максимальне:<br>- номінальне:                                                                                      | 0,8 (8)<br>0,65 (6,5)       |
| Допустиме падіння тиску повітря в пневмомережі уповільнювача в гальмівному положенні за одну хвилину при номінальному тиску у мережі, Мпа (кгс/см²), не більше: | 0,12 (1,2)                  |
| Кількість ступенів гальмування (забезпечуваних апаратурою управління)                                                                                           | 4,0                         |
| Ширина колії в межах уповільнювача, мм                                                                                                                          | 1520+6/-2                   |

Продовження таблиці 2.6

| 1                                                                                                                                                                                         | 2                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Габаритні розміри уповільнювача (КЗ-3), мм:<br>- довжина по гальмівним балкам, не більше:<br>- довжина по рейкам у межах уповільнювача:<br>- ширина по пневмокамерам, не більше:          | 7950/12475<br>11492±10/13475±50<br>3700/3700 |
| Тип рейки уповільнювача                                                                                                                                                                   | P65                                          |
| Повна маса уповільнювача (КЗ-3), кг                                                                                                                                                       | 20000±700/32730±900                          |
| Відстань від центру вісі секції привідної до УГР, мм                                                                                                                                      | 310±0,5                                      |
| Розчин гальмівних шин у положеннях, мм:<br>- відторможеному:<br>- заторможеному:                                                                                                          | 179+4<br>120±4                               |
| Відстань від верхньої порожнини гальмівних шин до УГР.<br>У положеннях, мм:<br>- заторможеному всередині і зовні колії:<br>- відторможено зовні колії:<br>- відторможено всередині колії: | 102±3<br>95±3<br>93±3                        |
| Бічний зазор з внутрішньою гальмівною шиною і рейкою. У положеннях, мм:<br>- заторможено:<br>- відторможено:                                                                              | 36+4<br>64+4                                 |

Довжина витяжної колії парку “А” становить 705 м та вміщує 47 вагонів. З метою забезпечення розформування составів уніфікованої довжини, необхідно збільшити довжину витяжної колії на 150 м. Це дозволить значно скоротити час на розформування составу.

## **2.8 Аналіз роботи станції Запоріжжя Ліве після переоснащення профільованої витяжної колії у сортувальну гірку малої потужності**

На підставі розрахованих показників можна зробити наступний висновок. Після переоснащення профільованої витяжної колії у сортувальну гірку малої потужності скоротився час на розформування состава, підвищилася перероблювальна спроможність станції. Внаслідок цього виявилось значне скорочення простою вагонів у парку приймання,

сортувальному парку й у парку відправлення. Порівняльну характеристику показників наведено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Порівняльна характеристика показників

| Найменування елементів простою транзитних вагонів з переробкою                                 | Простій за елементами (год.) |                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------|
|                                                                                                | Базовий варіант              | Проектний варіант |
| <b>1 Простій у приймально-відправному парку “В”, в тому числі:</b>                             | <b>950,4</b>                 | <b>910,08</b>     |
| 1.1 Виконання технологічних операцій по обробці поїзда                                         | 184,32                       | 184,32            |
| 1.2 Очікування обробки і розформування:                                                        | 766,08                       | 725,76            |
| <b>2 Розформування</b>                                                                         | <b>276,48</b>                | <b>253,44</b>     |
| <b>3 Простій у сортувально-відправному парку “Б”, в тому числі:</b>                            | <b>6353,28</b>               | <b>5967,36</b>    |
| 3.1 Накопичення                                                                                | 6174,72                      | 5610,24           |
| 3.2 Формування, з яких:                                                                        | 178,56                       | 178,56            |
| 3.2.1 Очікування закінчення формування                                                         | 23,04                        | 23,04             |
| 3.2.2 Закінчення формування                                                                    | 155,52                       | 155,52            |
| <b>4 Простій по відправленню у парках “Л” та “Б”, у тому числі:</b>                            | <b>1440</b>                  | <b>1440</b>       |
| 4.1 Перестановка составів з сортувально-відправного парку “Б” в приймально-відправний парк “Л” | 40,32                        | 40,32             |
| 4.2 Виконання технологічних операцій по обробці поїзда                                         | 334,08                       | 334,08            |
| 4.3 Очікування обробки і відправлення                                                          | 408,96                       | 408,96            |
| 4.4 Очікування подачі поїзних локомотивів                                                      | 656,64                       | 656,64            |
| <b>ВСЬОГО простій транзитних вагонів з переробкою:</b>                                         | <b>9020,16</b>               | <b>8570,88</b>    |

Отже, завдяки впровадженню проектних рішень, простій транзитних з переробкою вагонів скоротився на  $9020,16 - 8570,88 = 627,84$  вагоно-годин на добу.

### 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

На сортувальній станції використовуються сучасні технічні засоби, які дозволяють прискорити процес проходження вагонів через систему сортування, максимально виключити людський фактор і підвищити безпеку виробничого процесу. Витяжна колія спеціального профілю перетворюється на сортувальну гірку малої потужності, щоб скоротити час розбирання та складання поїздів, тим самим покращуючи загальну обробну спроможність станції та скорочуючи тривалість простою поїздів, які очікують на розбирання.

#### 3.1 Економічне обґрунтування переоснащення профільованої витяжної колії у сортувальну гірку малої потужності

Для економічного обґрунтування переоснащення профільованої витяжної колії у сортувальну гірку малої потужності необхідно визначити очікувану економію експлуатаційних витрат в результаті впровадження проєктних рішень та порівняти її з загальними капіталовкладеннями у реалізацію проєкту.

Підсумкові значення вагоно-годин простою вагонів на станції наведено в таблицях 3.1 і 3.2.

Таблиця 3.1 – Простої вагонів на станції Запоріжжя Ліве (базовий варіант)

| Найменування елементів простою транзитних вагонів з переробкою     | Простій за елементами (год.) |
|--------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 1                                                                  | 2                            |
| <b>1 Простій у приймально-відправному парку “В”, в тому числі:</b> | <b>950,4</b>                 |
| 1.1 Виконання технологічних операцій по обробці поїзда             | 184,32                       |
| 1.2 Очікування обробки і розформування:                            | 766,08                       |

Продовження таблиці 3.1

| 1                                                                                              | 2              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| <b>2 Розформування</b>                                                                         | <b>276,48</b>  |
| <b>3 Простій у сортувально-відправному парку “Б”, в тому числі:</b>                            | <b>6531,84</b> |
| 3.1 Накопичення                                                                                | 6174,72        |
| 3.2 Формування, з яких:                                                                        | 178,56         |
| 3.2.1 Очікування закінчення формування                                                         | 23,04          |
| 3.2.2 Закінчення формування                                                                    | 155,52         |
| <b>4 Простій по відправленню у парках “Л” та “Б”, у тому числі:</b>                            | <b>1440</b>    |
| 4.1 Перестановка составів з сортувально-відправного парку “Б” в приймально-відправний парк “Л” | 40,32          |
| 4.2 Виконання технологічних операцій по обробці поїзда                                         | 334,08         |
| 4.3 Очікування обробки і відправлення                                                          | 408,96         |
| 4.4 Очікування подачі поїзних локомотивів                                                      | 656,64         |
| <b>ВСЬОГО простій транзитного вагону з переробкою:</b>                                         | <b>9198,72</b> |

Таблиця 3.2 – Простой вагонів на станції Запоріжжя Ліве (проектний варіант)

| Найменування елементів простою транзитного вагону з переробкою                                 | Простій за елементами (год.) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| <b>1 Простій у приймально-відправному парку “В”, в тому числі:</b>                             | <b>910,08</b>                |
| 1.1 Виконання технологічних операцій по обробці поїзда                                         | 184,32                       |
| 1.2 Очікування обробки і розформування:                                                        | 725,76                       |
| <b>2 Розформування</b>                                                                         | <b>253,44</b>                |
| <b>3 Простій у сортувально-відправному парку “Б”, в тому числі:</b>                            | <b>5967,36</b>               |
| 3.1 Накопичення                                                                                | 5610,24                      |
| 3.2 Формування, з яких:                                                                        | 178,56                       |
| 3.2.1 Очікування закінчення формування                                                         | 23,04                        |
| 3.2.2 Закінчення формування                                                                    | 155,52                       |
| <b>4 Простій по відправленню у парках “Л” та “Б”, у тому числі:</b>                            | <b>1440</b>                  |
| 4.1 Перестановка составів з сортувально-відправного парку “Б” в приймально-відправний парк “Л” | 40,32                        |
| 4.2 Виконання технологічних операцій по обробці поїзда                                         | 334,08                       |
| 4.3 Очікування обробки і відправлення                                                          | 408,96                       |
| 4.4 Очікування подачі поїзних локомотивів                                                      | 656,64                       |
| <b>ВСЬОГО простій транзитного вагону з переробкою:</b>                                         | <b>8570,88</b>               |

Таким чином, економія вагоно-годин простою вагонів на станції становить:  $\Delta = 9198,72 - 8570,88,32 = 627,84$  вагоно-годин на добу.

### 3.2 Розрахунки економії експлуатаційних витрат в результаті впровадження проєктних рішень

Для визначення економії експлуатаційних витрат необхідно помножити величину вимірника на одиничну видаткову ставку. Вартість однієї вагоно-години дорівнює 56,25 грн.

Економія експлуатаційних витрат за рік становить:

$$\Delta E = 627,84 \cdot 56,25 \cdot 365 = 12890,34 \text{ тис.грн.}$$

### 3.3 Розрахунки капітальних витрат на переоснащення профільованої витяжної колії у сортувальну гірку малої потужності

Розрахунки величини капітальних витрат зведемо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Відомість капітальних витрат на переоснащення профільованої витяжної колії у сортувальну гірку малої потужності

| Показник                                      | Загальні витрати,<br>тис.грн |
|-----------------------------------------------|------------------------------|
| Перебудова ГАЦ                                | 1531,76                      |
| Будівництво верхньої будови залізничних колій | 2136,47                      |
| Вартість вагонних сповільнювачів КЗ-3 (2шт.)  | 7246,24                      |
| Загальнобудівельні роботи                     | 3574,61                      |
| Налаштування обладнання                       | 1862,35                      |
| Монтаж вагонних сповільнювачів КЗ-3           | 6218,68                      |
| Додаткове устаткування                        | 1647,25                      |
| Перебудова повітряпроводів                    | 1457,84                      |
| <b>РАЗОМ</b>                                  | <b>25675,2</b>               |

Економічну доцільність переоснащення профільованої витяжної колії у сортувальну гірку малої потужності визначаємо шляхом розрахунків показників загальної ефективності інвестицій: чистий дохід та строк окупності.

### 3.4 Розрахунки показників економічної ефективності проєктних рішень

Експлуатаційні витрати в проєктному варіанті будуть складатися з витрат на поточне утримання та ремонт обладнання і амортизаційних відрахувань:

$$З_{ек}^{np} = З_{рем} + A_{заг}, \quad (3.1)$$

де  $З_{рем}$  - витрати на поточне утримання та ремонт обладнання, тис.грн.

$A_{заг}$  - амортизаційні відрахування, тис.грн.;

Витрати на поточне утримання та ремонт обладнання визначаємо за формулою:

$$З_{рем} = \frac{K_6 \cdot \%_p}{100} \quad (3.2)$$

де  $\%_p$  - відсоток річних відрахувань на ремонт та поточне утримання обладнання,  $\%_p = 2,4\%$

$$З_{рем} = \frac{25675,2 \cdot 2,4}{100} = 616,205 \text{ тис.грн.}$$

Амортизаційні відрахування розрахуємо за формулою:

$$A = \frac{K_6 \cdot \%_{KBAP}}{100}, \quad (3.3)$$

де  $\%_{KBAP}$  - відсоток амортизаційних відрахувань в квартал, приймаємо  
 $\%_{KBAP} = 2\%$

$$A_I = \frac{25675,2 \cdot 2}{100} = 513,504 \text{ тис.грн};$$

$$A_{II} = \frac{(25675,2 - 513,504) \cdot 2}{100} = 503,234 \text{ тис.грн};$$

$$A_{III} = \frac{(25161,696 - 503,234) \cdot 2}{100} = 493,169 \text{ тис.грн};$$

$$A_{IV} = \frac{(24658,462 - 493,169) \cdot 2}{100} = 483,306 \text{ тис.грн};$$

Загальні річні амортизаційні відрахування складуть:

$$A_{заг} = 513,504 + 503,234 + 493,169 + 483,306 = 1993,213 \text{ тис.грн.}$$

Експлуатаційні витрати за рік у проектному варіанті складуть:

$$З_{ек}^{np} = 616,205 + 1993,213 = 2609,418 \text{ тис.грн.}$$

Строк окупності інвестицій становить:

$$T_{ок} = \frac{25675,2}{12890,34 - 2609,418} \approx 2,5 \text{ роки.}$$

При капітальних витратах на переоснащення витяжної колії спеціального профілю у сортувальну гірку малої потужності 25675,2 тис.грн. відбувається економія експлуатаційних витрат у рік на 10280,92 тис.грн.

Строк окупності складає 2,5 роки. Таким чином, переоснащення профільованої витяжної колії у сортувальну гірку малої потужності є економічно доцільним. Економічні показники наведено на слайді 8.

## ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті пропонується переоснащення витяжної колії спеціального профілю у гірку малої потужності з одночасним збільшенням її довжини. Загальна перероблювальна спроможність сортувальної системи станції Запоріжжя Ліве при цьому зростає. В свою чергу, таке переоснащення позитивно впливає на тривалість простою вагонів на станції (транзитних з переробкою).

Капітальні витрати на реалізацію проєктних рішень складають 25675,2 тис.грн. За рахунок скорочення тривалості простою вагонів на станції, щорічно передбачається економія експлуатаційних витрат у розмірі 10280,92 тис.грн. Строк окупності складе 2,5 роки. Таким чином, впровадження проєктних рішень є економічно доцільним.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте/ Под ред. П.С.Грунтова. – М.: Транспорт, 1994. – 544 с.
2. Железнодорожные станции и узлы/ Под ред. В.М.Акулиничева, Н.Н.Шабалина – М.: Транспорт, 1980. – 479 с.
3. Технологічний процес роботи станції Запоріжжя Ліве.
4. Нагорний Є.В., Берестов І.В., Крючков В.О. Технічні засоби регулювання швидкості скочування відчепів на сортувальних гірках : Посібник до курсів „Залізничні станції та вузли”, „Концепції удосконалення технічного оснащення та технологічного забезпечення залізничних станцій” – Харків: ХарДАЗТ, 1998. – 70с.
5. Концепція та програма реструктуризації на залізничному транспорті України. – Київ, 2006.
6. Методичні вказівки з розрахунку норм часу на маневрові роботи, які виконуються на залізничному транспорті, затверджені наказом Укрзалізниці від 25.03.2003 № 072-ЦЗ.
7. Практичні рекомендації щодо складання технологічного процесу роботи сортувальної станції, затверджені наказом Укрзалізниці від 22.12.2009 №715-Ц.
8. Белов И.В., Галабурда В.Г., Данилин В.Ф. и др. Экономика железнодорожного транспорта; под ред. И.В.Белова. - М.: Транспорт, 1989.

## ДОДАТКИ

ДОДАТОК А  
КОНТИНГЕНТ СТАНЦІЇ

Таблиця А.1 - Контингент станції

| №<br>п/п                       | Найменування посади                                                                               | Скорочена<br>назва | Кількість | Примітка |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------|----------|
| 1                              | 2                                                                                                 | 3                  | 4         | 5        |
| <b>Адміністративний апарат</b> |                                                                                                   |                    |           |          |
| 1                              | Начальник станції                                                                                 | ДС                 | 1         |          |
| 2                              | Заступник начальника станції                                                                      | ДСЗ                | 1         |          |
| 3                              | Заступник начальника станції                                                                      | ДСЗМ               | 1         |          |
| 4                              | Головний інженер                                                                                  | ДСГ                | 1         |          |
| 5                              | Помічник начальника станції з кадрів та соціальних питань                                         | ДСОР               | 1         |          |
| 6                              | Начальник виробничо-технічного відділу                                                            | ДСОТ               | 1         |          |
| 7                              | Начальник станційного технологічного центру оброблення поїзної інформації і перевізних документів | ДСТ                | 1         |          |
| 8                              | Начальник товарної контори                                                                        | ЗТК                | 1         |          |
| 9                              | Інженер                                                                                           | ДСІС               | 1         |          |
| 10                             | Інженер з охорони праці                                                                           | ДСЮ                | 1         |          |
| 11                             | Інженер з організації та нормування праці                                                         | ДСН                | 1         |          |
| 12                             | Інженер – технолог                                                                                | ДСІТ               | 2         |          |
| 13                             | Інженер з розшуку вантажів                                                                        | -                  | 1         |          |
| 14                             | Інженер                                                                                           | ДСІСМ              | 1         |          |
| 15                             | Секретар                                                                                          | -                  | 1         |          |
| 16                             | Комірник                                                                                          | -                  | 1         |          |
| 17                             | Начальник штабу цивільної оборони                                                                 | -                  | 1         |          |
| 18                             | Юристконсульт                                                                                     | -                  | 1         |          |
|                                | <b>Разом</b>                                                                                      |                    | <b>19</b> |          |
| <b>Господарство перевезень</b> |                                                                                                   |                    |           |          |
| 19                             | Диспетчер маневровий                                                                              | ДСЦ                | 5         |          |
| 20                             | Черговий по станції                                                                               | ДСП                | 12        |          |
| 21                             | Черговий по парку                                                                                 | ДСПП               | 10        |          |
| 22                             | Черговий по парку “Л”                                                                             | ДСПП “Л”           | 5         |          |
| 23                             | Черговий по сортувальній гірці                                                                    | ДСПГ               | 5         |          |
| 24                             | Складач поїздів                                                                                   | -                  | 21        |          |
| 25                             | Регулювальник швидкості руху вагонів                                                              | РШРВ               | 10        |          |
| 26                             | Оператор сортувальної гірки                                                                       | ОСГ                | 24        |          |
| 27                             | Сигналіст                                                                                         | -                  | 10        |          |
| 28                             | Черговий станційного поста централізації                                                          | ДСПЦ               | 5         |          |

## Продовження таблиці А.1

|                                 |                                                                                                           |                     |            |  |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------|--|
| 29                              | Старший оператор станційного технологічного центру оброблення поїзної інформації та перевізних документів | Ст.оператор<br>СТЦ  | 7          |  |
| 30                              | Оператор станційного технологічного центру оброблення поїзної інформації та перевізних документів         | Оператор СТЦ        | 35         |  |
| 31                              | Оператор при черговому по станції                                                                         | Оператор при<br>ДСП | 5          |  |
| 32                              | Оператор поста централізації                                                                              | ОПЦ                 | 10         |  |
| 33                              | Оператор електронно-обчислювальних машин                                                                  | Оператор ЕОМ        | 13         |  |
| 34                              | Електромонтер з ремонту та обслуговування електроустаткування                                             | -                   | 1          |  |
| 35                              | Слюсар - ремонтник                                                                                        | -                   | 1          |  |
| 36                              | Прибиральник виробничих приміщень                                                                         | -                   | 3          |  |
| 37                              | Станційний робітник                                                                                       | -                   | 1          |  |
|                                 | <b>Разом</b>                                                                                              |                     | <b>183</b> |  |
| <b>Комерційне господарство</b>  |                                                                                                           |                     |            |  |
| 38                              | Касир товарний (старший)                                                                                  | -                   | 2          |  |
| 39                              | Касир товарний                                                                                            | -                   | 26         |  |
| 40                              | Агент з розшуку вантажів                                                                                  | -                   | 1          |  |
| 41                              | Старший приймальник поїздів                                                                               | -                   | 6          |  |
| 42                              | Приймальник поїздів                                                                                       | -                   | 34         |  |
| 43                              | Бригадир ПКО                                                                                              | -                   | 2          |  |
| 44                              | Прийомоздавальник вантажу та багажу                                                                       | -                   | 31         |  |
| 45                              | Прибиральник виробничих приміщень                                                                         | -                   | 1          |  |
| 46                              | Оператор бюро інформації про підхід і прибуття вантажів                                                   | -                   | 5          |  |
| 47                              | Агент комерційний                                                                                         | -                   | 10         |  |
|                                 | <b>Разом</b>                                                                                              |                     | <b>118</b> |  |
| <b>Пасажирське господарство</b> |                                                                                                           |                     |            |  |
| 48                              | Касир квитковий                                                                                           | -                   | 2          |  |
|                                 | <b>Разом</b>                                                                                              |                     | <b>2</b>   |  |
|                                 | <b>Всього по станції</b>                                                                                  |                     | <b>322</b> |  |

## ДОДАТОК Б

Графік виконання технологічних операцій при обробці поїзда, що надійшов до переробки у парк "В"

| Найменування операцій                                                                          | До<br>прибуття<br>поїзда | Після прибуття поїзда |    |    |    |    |    | Виконавець                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|----|----|----|----|----|-------------------------------------|
|                                                                                                |                          | Час в хв              |    |    |    |    |    |                                     |
|                                                                                                |                          | 0                     | 5  | 10 | 15 | 20 | 30 |                                     |
| Одержання РНЛ,<br>розмітка состава                                                             |                          |                       |    |    |    |    |    | Оператор СТЦ                        |
| Складання сортуваль-<br>ного листка                                                            |                          |                       |    |    |    |    |    | Оператор СТЦ                        |
| Одержання від поїзного<br>диспетчера повідом-<br>лення про номер поїзда і<br>час його прибуття |                          |                       |    |    |    |    |    | ДСП через оператора при<br>ДСП      |
| Сповіщення працівників<br>СТЦ, ПТО і ПКО про<br>час і колю прибуття<br>поїзда                  |                          |                       |    |    |    |    |    | Оператор при ДСП                    |
| Контрольна перевірка<br>состава у вхідній<br>горловині                                         |                          |                       |    |    |    |    |    | Оператор ЕОМ поста<br>списування    |
| Закріплення состава<br>поїзда                                                                  |                          | 1                     |    |    |    |    |    | Сигналіст парку "В"                 |
| Відчеплення<br>локомотива                                                                      |                          | 2                     |    |    |    |    |    | Локомотивна бригада                 |
| Огородження состава                                                                            |                          | 1                     |    |    |    |    |    | Працівники ПТО                      |
| Технічне<br>обслуговування<br>состава, відпускання<br>гальм                                    |                          |                       |    | 17 |    |    |    | Працівники ПТО                      |
| Комерційний огляд<br>состава                                                                   |                          |                       |    | 17 |    |    |    | Працівники ПКО                      |
| Доставка перевізних<br>документів до СТЦ                                                       |                          |                       | 5  |    |    |    |    | Сигналіст парку "В"<br>пневмопоштою |
| Перевірка РНЛ та<br>перевізних документів                                                      |                          |                       | 10 |    |    |    |    | Оператор СТЦ                        |
| Коригування<br>сортувального листка                                                            |                          |                       |    | 9  |    |    |    | Оператор СТЦ                        |
| Загальна тривалість<br>обробки поїзда                                                          |                          |                       | 21 |    |    |    |    |                                     |

## ДОДАТОК В

Графік обробки передаточних поїздів по прибуттю з під'їзних колій  
промислових підприємств у парк "А"

| Найменування операцій                                                                       | До<br>пред'яв-<br>лення                                                              | Час, хв |   |    |    |    |    |    |    |    |    | Виконавці                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------------------------------------------|
|                                                                                             |                                                                                      | 0       | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 |                                                 |
| Сповіщення оператора<br>СТЦ, працівників ПТО і<br>ПКО про час і колію<br>знаходження поїзда |     |         |   |    |    |    |    |    |    |    |    | ДСП або<br>оператор при<br>ДСП                  |
| Зустріч поїзда<br>причетними<br>працівниками                                                |     |         |   |    |    |    |    |    |    |    |    | Працівники ПТО,<br>ПКО, експедиції              |
| Закріплення состава                                                                         |    |         | 1 |    |    |    |    |    |    |    |    | ДСПП парку<br>"А", ОПЦ або<br>РШРВ парку "А"    |
| Відчеплення локомо-<br>тива                                                                 |   |         | 1 |    |    |    |    |    |    |    |    | Локомотивна<br>бригада                          |
| Огородження состава                                                                         |   |         | 1 |    |    |    |    |    |    |    |    | Працівники ПТО                                  |
| Прохід від поїзда для<br>здачі документів у<br>експедицію промис-<br>лового підприємства    |   |         |   | 5  |    |    |    |    |    |    |    | Складач поїздів<br>промислового<br>підприємства |
| Технічний огляд<br>составу й усунення<br>несправностей                                      |  |         |   |    |    | 30 |    |    |    |    |    | Працівники ПТО                                  |
| Оформлення перевізних<br>документів в експедиції<br>та їх здача у товарну<br>контору        |   |         |   | 7  |    |    |    |    |    |    |    | Працівники<br>експедиції                        |
| Комерційний огляд<br>составу й усунення<br>несправностей                                    |  |         |   |    |    |    | 30 |    |    |    |    | Працівники ПКО                                  |
| Списування составу з<br>перевіркою і<br>нанесенням крейдяної<br>розмітки                    |  |         |   |    |    |    | 30 |    |    |    |    | Працівники ПКО                                  |
| Загальна тривалість<br>обробки поїзда                                                       |  |         |   |    |    | 45 |    |    |    |    |    |                                                 |

## ДОДАТОК Г

## Основний питомий опір розрахункових бігунів

| Вага<br>розрахункових<br>бігунів, т | Основний питомий опір руху вагонів, Н/т, при температурі повітряного середовища |      |       |      |       |      |       |      |       |      |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
|                                     | вище 0                                                                          |      | – 5°  |      | – 15° |      | – 25° |      | – 35° |      |
|                                     | ковз.                                                                           | рол. | ковз. | рол. | ковз. | рол. | ковз. | рол. | ковз. | рол. |
| 22                                  | 4,8                                                                             | 3,9  | 5,1   | 3,9  | 5,5   | 4,0  | 6,1   | 4,1  | 6,9   | 4,2  |
| 25                                  | 4,7                                                                             | 3,8  | 5,0   | 3,8  | 5,4   | 3,9  | 6,0   | 4,0  | 6,8   | 4,1  |
| 30                                  | 4,6                                                                             | 3,7  | 4,9   | 3,7  | 5,3   | 3,8  | 5,8   | 3,9  | 6,6   | 4,0  |
| 35                                  | 4,4                                                                             | 3,5  | 4,7   | 3,5  | 5,1   | 3,6  | 5,6   | 3,7  | 6,3   | 3,8  |
| 40                                  | 4,2                                                                             | 3,4  | 4,5   | 3,4  | 4,9   | 3,5  | 5,4   | 3,6  | 6,2   | 3,7  |
| 50                                  | 4,0                                                                             | 3,2  | 4,3   | 3,2  | 4,7   | 3,3  | 5,1   | 3,4  | 5,8   | 3,5  |
| 60                                  | 3,8                                                                             | 3,0  | 4,1   | 3,0  | 4,5   | 3,1  | 4,9   | 3,2  | 5,5   | 3,3  |
| 70                                  | 3,6                                                                             | 2,9  | 3,9   | 2,9  | 4,3   | 3,0  | 4,7   | 3,1  | 5,3   | 3,2  |
| 80                                  | 3,5                                                                             | 2,8  | 3,7   | 2,8  | 4,1   | 2,9  | 4,5   | 3,0  | 5,1   | 3,1  |

Примітка. Норми основного питомого опору для вагонів з підшипниками ковзання вказані у графах, які позначені буквами “ковз.”, а для вагонів на роликових підшипниках – у графах, які позначені буквами “рол.”.

[illegible]

## ДОДАТОК Е

## Значення коефіцієнтів повітряного опору

| Рід вагонів  | Кількість осей | Площа поперечного перетину вагону, м <sup>2</sup> | Кут $\theta$ між результуючим вектором відносної швидкості та напрямом руху відчепів |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
|--------------|----------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|              |                |                                                   | 0                                                                                    | 10°                 | 20°                 | 30°                 | 50°                 | 70°                 | 90°                 |
| Критий вагон | 4              | 9,7                                               | $\frac{1,12}{0,22}$                                                                  | $\frac{1,46}{0,38}$ | $\frac{1,64}{0,56}$ | $\frac{1,58}{0,67}$ | $\frac{0,92}{0,85}$ | $\frac{0,29}{0,29}$ | $\frac{0,1}{0,1}$   |
| Піввагон     | 4              | 8,5                                               | $\frac{1,36}{0,5}$                                                                   | $\frac{1,68}{0,69}$ | $\frac{1,83}{0,82}$ | $\frac{1,76}{0,88}$ | $\frac{1,11}{0,8}$  | $\frac{0,43}{0,43}$ | $\frac{0,1}{0,1}$   |
| Піввагон     | 6              | 10,2                                              | $\frac{1,46}{0,5}$                                                                   | $\frac{1,71}{0,7}$  | $\frac{1,80}{0,88}$ | $\frac{1,72}{0,98}$ | $\frac{1,16}{0,89}$ | $\frac{0,51}{0,51}$ | $\frac{0,15}{0,15}$ |
| Піввагон     | 8              | 10,7                                              | 1,56                                                                                 | 1,95                | 2,09                | 2,03                | 1,15                | 0,4                 | 0,15                |
| Платформа    | 4              | 4,1                                               | 1,51                                                                                 | 2,02                | 2,30                | 2,23                | 1,30                | 0,4                 | 0,1                 |
| Цистерна     | 4              | 9,8                                               | 0,59                                                                                 | 0,82                | 0,96                | 0,96                | 0,59                | 0,19                | 0,05                |
| Цистерна     | 8              | 10,3                                              | 0,81                                                                                 | 1,08                | 1,22                | 1,10                | 0,65                | 0,19                | 0,05                |
| Хопер        | 4              | 9,9                                               | 0,92                                                                                 | 1,18                | 1,38                | 1,46                | 1,21                | 0,68                | 0,25                |

Примітки:

1. Повітряний опір чотирьохвісної платформи з контейнерами дорівнюється опору критого чотирьохвісного вагону.
2. У таблиці у чисельнику указані значення опору для одиночних вагонів, а у знаменнику – для відчепів.