

Дніпропетровський національний університет залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна

На правах рукопису

Назаров Олексій Анатолійович

УДК 656.212

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СОРТУВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ
НА ГІРКАХ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ
РОЗПОДІЛЕНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ВІДЧЕПІВ**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

Дисертація
на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Науковий керівник
Муха Юрій Опанасович
кандидат технічних наук, доцент

Дніпропетровськ – 2012

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	7
1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ МЕХАНІЗАЦІЇ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ВІДЧЕПІВ НА СОРТУВАЛЬНИХ ГІРКАХ	12
1.1 Аналіз проблем технології регулювання швидкості вагонів на сортувальних гірках балковими вагонними уповільнювачами	15
1.1.1 Проблема управління балковими вагоноуповільнювачами	16
1.1.2 Проблема утворення вікон між відчепами	17
1.1.3 Проблема високої середньої швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальних коліях	18
1.1.4 Проблеми систем автоматизації регулювання швидкості відчепів на сортувальних гірках	20
1.1.5 Аналіз методів поліпшення якості прицільного регулювання швидкості	22
1.2 Альтернативні технології регулювання швидкості відчепів на закордонних сортувальних гірках	24
1.3 Закордонний досвід використання систем розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних гірках	27
1.4 Закордонний досвід використання систем розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних коліях	34
1.5 Висновки, постановка задачі та мета дослідження	41
2 ПАРАМЕТРИ СИСТЕМИ РОЗПОДІЛЕНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ВІДЧЕПІВ ТА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ГАЛЬМУВАННЯ ВІДЧЕПІВ ТОЧКОВИМИ РЕГУЛЯТОРАМИ ШВИДКОСТІ	44
2.1 Устрій та принцип дії ТВУ	44
2.2 Устрій та принцип дії ТВПУ	48
2.3 Параметри системи розподіленого регулювання швидкості відчепів точковими регуляторами швидкості	50
2.4 Удосконалення математичної моделі сортувальної гірки	53
2.5 Модель заповнення вагонами сортувальної колії	57
2.6 Оцінка адекватності моделі	62
2.7 Висновки	68
3 АНАЛІЗ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ РОЗПОДІЛЕНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ВІДЧЕПІВ НА ВІТЧИЗНЯНИХ	

СОРТУВАЛЬНИХ ГІРКАХ	70
3.1 Аналіз доцільності застосування точкових регуляторів швидкості вагонів на сортувальних гірках	70
3.2 Аналіз доцільності застосування ТВУ на сортувальних гірках з нормативним профілем	73
3.3 Метод розрахунку спеціального профілю та визначення схеми розташування ТВУ на сортувальних гірках, обладнаних системою розподіленого регулювання швидкості відчепів	80
3.4 Аналіз доцільності застосування ТВУ на сортувальних гірках зі спеціальним профілем	83
3.5 Аналіз доцільності застосування точкових регуляторів швидкості вагонів на сортувальних коліях	85
3.6 Висновки	91
4 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ЗАЛЕЖНОСТІ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЗАПОВНЕННЯ СОРТУВАЛЬНОЇ КОЛІЇ ВАГОНАМИ ВІД ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ РОЗПОДІЛЕННОГО РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ВІДЧЕПІВ	93
4.1 Методика дослідження показників якості заповнення сортувальної колії вагонами	94
4.2 Аналіз впливу параметрів системи розподіленого регулювання швидкості відчепів із застосуванням ТВУ на якість заповнення сортувальної колії вагонами	96
4.3 Аналіз впливу параметрів системи розподіленого регулювання швидкості відчепів із застосуванням ТВПУ на якість заповнення сортувальної колії вагонами	100
4.4 Визначення раціонального співвідношення між ухилом колії та щільністю розміщення точкових регуляторів швидкості вагонів	106
4.4.1 Вихідна інформація й апроксимація показників P і G	108
4.4.2 Розв'язання задачі векторної оптимізації по показниках P і G для сортувальних колій, оснащених ТВУ	111
4.4.3 Розв'язання задачі векторної оптимізації по показниках P і G для сортувальних колій, оснащених ТВПУ	115
4.5 Висновки	119
5 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ РОЗПОДІЛЕННОГО РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ВІДЧЕПІВ НА СОРТУВАЛЬНИХ КОЛІЯХ	122
5.1 Техніко-експлуатаційна характеристика сортувального комплексу	122
5.2 Нормування маневрової роботи на станції	124

5.3. Техніко-економічна оцінка варіантів технічного оснащення сортувальних колій системою розподіленого регулювання швидкості відчепів	132
5.3.1. Розрахунок капітальних витрат на обладнання ТВУ сортувальних колій станції та експлуатаційних витрат на їх утримання	132
5.3.2. Розрахунок економії річних експлуатаційних витрат, пов'язаних з пошкодженням вагонів	134
5.3.3. Розрахунок економії річних експлуатаційних витрат, пов'язаних з простоем составів в парку приймання сортувальної станції	140
5.3.4. Розрахунок економії приведених річних експлуатаційних витрат	143
5.4. Висновки	145
ВИСНОВКИ	147
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	150
ДОДАТОК А ГАЛЬМОВА ХАРАКТЕРИСТИКА ТВУ, ХАРАКТЕР ВАГОНОПОТОКУ ТА ДАНІ НАТУРНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ	160
ДОДАТОК Б РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ З АНАЛІЗУ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТВУ НА ГМП	160
ДОДАТОК В РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ З АНАЛІЗУ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТВУ НА ГСП	160
ДОДАТОК Г РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ З АНАЛІЗУ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТВУ НА ГВП	160
ДОДАТОК Д РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАПОВНЕННЯ ВАГОНАМИ СОРТУВАЛЬНОЇ КОЛІЇ	197
ДОДАТОК Е АКТИ ТА ДОВІДКИ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ	200

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ДП – дуже поганий бігун

ДХ – дуже хороший бігун

П – поганий бігун

ПГП – паркова (третя) гальмова позиція

ТВУ – точковий вагонний уповільнювач

ТВПУ – точковий вагонний прискорювач-уповільнювач

ГМП – сортувальна гірка малої потужності

ГСП – сортувальна гірка середньої потужності

ГВП – сортувальна гірка великої потужності

Х – хороший бігун

ЗСГ – заборонено спускати з гірки

ВСТУП

Актуальність теми. В умовах конкуренції на транспортному ринку України та Східної Європи виникає необхідність пошуку нових шляхів, спрямованих на зменшення собівартості переробки вагонів на станціях. Традиційно при проектуванні сортувальних гірок основну увагу приділяють підвищенню переробної спроможності гірки. Але останнім часом, у зв'язку зі зменшенням обсягів переробки і значним підвищенням тарифів на енергоносії, на перший план виходять інші критерії, пов'язані з енерго- і ресурсозбереженням сортувального процесу. В цих умовах проектні розробки щодо спорудження нових сортувальних пристроїв або реконструкції існуючих повинні забезпечувати енергозбереження, темп, якість і безпеку сортувального процесу, схоронність вагонного парку і вантажів, що перевозяться, ефективність капітальних вкладень.

Якість низки технологічних процесів на станціях і під'їзних коліях не повною мірою відповідає вимогам безпеки руху поїздів, вимогам охорони праці і сучасним технологіям. Так, до 50 % від усіх пошкоджених вагонів пошкоджується на сортувальних гірках при перевищенні допустимої швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальних коліях, особливо при гальмуванні ручними гальмовими башмаками.

У зв'язку з цим, актуальним для залізничного транспорту України залишається питання впровадження нових технологій і нових технічних засобів, які підвищують якість і зменшують вплив людського фактору на процес розпуску составів з сортувальної гірки. Тому дослідження ефективності використання на сортувальних гірках систем розподіленого регулювання швидкості відчепів з використанням точкових регуляторів є досить актуальним.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана у відповідності з пріоритетними напрямками розвитку, що визначені у постанові Кабінету Міністрів України № 1390 від 16.12.2009 «Про затвердження Державної цільової програми реформування залізничного транспорту на 2010-2019 роки» та у розпорядженні Кабінету Міністрів України №1555-р від 16.12.2009 «Про схвалення Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року», а також пов'язана з НДР, що виконані Дніпропетровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна: «Дослідження впроваджуваних систем автоматизації» (договір № 48.06.89.89), «Аналіз та оцінка можливостей системи управління швидкістю скочування вагонів на гірках і напрямків їх удосконалення» (договір № 45.35.91.91), «Техніко-експлуатаційні характеристики роботи сортувальної гірки ст. Пенза-3, обладнаної системою КГМ-04» (договір № 43.32.91.91) та «Удосконалення інформаційних технологій на залізничному транспорті» (№ державної реєстрації 0111U007619), у яких автор є виконавцем і автором звітів.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є зменшення експлуатаційних витрат, пов'язаних із процесом розформування составів на сортувальних гірках, за рахунок впровадження систем розподіленого регулювання швидкості відчепів точковими регуляторами.

Для досягнення зазначеної мети в дисертації поставлені й вирішені наступні **задачі**:

- аналіз проблем регулювання швидкості скочування відчепів та досвіду використання точкових регуляторів швидкості вагонів на сортувальних гірках;
- удосконалення математичної моделі скочування відчепів з гірки та їх накопичення на сортувальній колії для урахування роботи точкових регуляторів швидкості;
- розробка методів оцінки ефективності використання точкових вагонних уповільнювачів (ТВУ) на спускній частині сортувальних гірок;
- дослідження залежності показників якості процесу заповнення сортувальних колій вагонами від параметрів системи розподіленого регулювання швидкості відчепів;
- розробка методу визначення раціональних параметрів системи розподіленого регулювання швидкості відчепів точковими регуляторами на сортувальних коліях ;
- удосконалення методу оцінки ефективності застосування систем розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних коліях.

Об'єктом дослідження є процес розформування-формування составів вантажних поїздів на сортувальних гірках.

Предмет дослідження – параметри систем розподіленого регулювання швидкості відчепів, показники якості сортувального процесу.

Методи дослідження. Методи імітаційного моделювання, чисельні методи вирішення диференціальних рівнянь були використані для розробки моделі процесу заповнення вагонами сортувальної колії та удосконалення моделі скочування відчепів з гірки, а також для аналізу доцільності використання ТВУ на спускній частині сортувальних гірок. Методи теорії ймовірностей, математичної статистики та регресійного аналізу використовувалися для дослідження залежності показників якості процесу заповнення сортувальних колій вагонами від параметрів систем розподіленого регулювання швидкості відчепів. Метод векторної оптимізації використано для визначення функціональних залежностей між параметрами систем розподіленого регулювання швидкості відчепів точковими регуляторами, що забезпечують раціональні показники якості процесу заповнення сортувальних колій вагонами. Метод витратних ставок використаний для оцінки ефективності застосування системи розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних коліях.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

1. Вперше розроблено метод визначення параметрів системи розподіленого регулювання швидкості відчепів на спускній частині сортувальної гірки, який дозволяє оцінити доцільність використання точкових вагонних уповільнювачів замість балкових.
2. Вперше отримані залежності показників якості процесу заповнення сортувальних колій вагонами від параметрів системи розподіленого регулювання, які дозволяють розробити нормативи для проектування сортувальних гірок, обладнаних такими системами.

3. Вперше сформульовано та розв'язано задачу векторної оптимізації із визначення раціональних параметрів систем розподіленого регулювання швидкості відчепів точковими регуляторами, що забезпечують ефективні значення показників якості процесу заповнення сортувальних колій вагонами.

4. Удосконалено математичну модель скочування відчепів з гірки, яка, на відміну від існуючої, дозволяє враховувати процеси гальмування та прискорення відчепів точковими регуляторами, а також удосконалено модель процесу заповнення вагонами сортувальної колії, яка обладнана системою розподіленого регулювання швидкості, при розформуванні составів з гірки.

Практичне значення отриманих результатів. Наукові результати, отримані в дисертаційній роботі, а також розроблені моделі та методи можуть бути використані при створенні системи розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних гірках, які дозволять суттєво зменшити вплив людського фактору на сортувальний процес та підвищити його якість. Також на ці дані можна спиратися під час розробки нормативних документів з проектування сортувальних гірок, обладнаних системами розподіленого регулювання швидкості відчепів.

Розроблене програмне забезпечення дозволяє аналізувати показники якості сортувального процесу в залежності від зміни параметрів системи розподіленого регулювання швидкості відчепів; вирішення завдання здійснюється з використанням імітаційного моделювання процесу розпуску розрахункових відчепів з гірки, а також моделювання процесу заповнення сортувальної колії вагонами.

Результати роботи розглянуті на технічній нараді Придніпровської залізниці щодо доцільності їх експериментального впровадження на сортувальній гірці станції Кривий Ріг–Сортувальний; також вони використовуються в навчальному процесі при підготовці спеціалістів та магістрів зі спеціальності 7(8).100403 «Організація перевезень та управління на залізничному транспорті» при виконанні дипломних магістерських робіт та в курсі лекцій з дисципліни «Розрахунок та проектування сортувальних пристроїв на станціях», а також під час підвищення кваліфікації фахівців служби перевезень. Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними документами, що наведені у додатках до дисертації.

Особистий внесок здобувача. Усі результати теоретичних і експериментальних досліджень, наведені в роботі, отримані автором самостійно.

Статті [67, 78, 82] опубліковані одноосібно. У роботах, опублікованих у співавторстві, особистий внесок автора полягає в наступному. У роботі [68] розроблений алгоритм математичного моделювання процесу заповнення сортувальних колій вагонами та наведені результати моделювання. У статті [31] обґрунтована необхідність відмови від позиційного гальмування відчепів на сортувальних гірках і запропоновано новий підхід до розв'язання цієї проблеми за допомогою точкових вагонних уповільнювачів.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та були схвалені на 2-й міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка і управління» (Київ, КУЕТТ, 2004 р.); на 65-й, 67-й, 68-й, 69

-й, 70-й, 71-й та 72-й міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2005, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 та 2012 рр.); на 4-й міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми й перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: керування, економіка й технології» (Київ, ДЕТУТ, 2008 р.); на міжнародній науково-практичній конференції «Транспортні зв'язки. Проблеми й перспективи» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2008 р.); на 7-й міжнародній науковій конференції «Проблеми економіки транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2008 р.); на 2-й і 3-й міжнародних науково-технічних конференціях «Інтеграція України в міжнародну транспортну систему» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2010, 2011 рр.); на науковому семінарі кафедри у 2010 р.

У повному обсязі дисертація доповідалася й була схвалена на міжкафедральному науковому семінарі Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна 12 квітня 2012 р.

Публікації. За результатами дисертації опубліковано 20 наукових праць, у тому числі 5 наукових статей у наукових фахових виданнях, затверджених ВАК України, 1 додаткова наукова стаття і 14 тез доповідей у матеріалах міжнародних наукових конференцій.

РОЗДІЛ

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ МЕХАНІЗАЦІЇ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ВІДЧЕПІВ НА СОРТУВАЛЬНИХ ГІРКАХ

На Укрзалізниці експлуатується 35 сортувальних станцій, що мають 49 механізованих сортувальних гірок, на яких щодоби переробляються десятки тисяч вагонів. Сортувальні гірки відіграють важливу роль у прискоренні доставки вантажів клієнтурі й скороченні простоїв вагонів, забезпеченні схоронності вантажів. У сучасних умовах, коли на перше місце виходять якісні показники роботи залізничного транспорту, роль сортувальних гірок ще більше зростає.

У цей час на вітчизняних сортувальних гірках реалізується концепція інтервально-прицільного регулювання швидкості відчепів, відповідно до якої гірки обладнуються гальмовими позиціями. Перша позиція розташовується, як правило, перед розділовою стрілкою, друга за розділовою стрілкою й на початку паркових колій третя позиція.

Перші дві гальмові позиції створюють необхідні часові інтервали між вагонними відчепами, що скочуються з гірки, достатніми для переведення відповідних стрілок, і забезпечують розрахункову швидкість відчепів на виході із цих позицій. Паркова гальмова позиція (ПГП) повинна забезпечувати допустиму швидкість підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії вагонних відчепів на підгіркових коліях (не більше ніж 5 км/год.).

Механізація процесу гальмування вагонів на гірці середньої потужності дозволяє усунути малопродуктивну й небезпечну працю 30-40 регулювальників швидкості відчепів, у тому числі 12-16 чол. на її спускній частині.

Сьогодні на сортувальних гірках експлуатується близько 3500 гіркових і паркових вагонних уповільнювачів різних типів. Більшість із них було розроблено кілька десятиліть назад і до теперішнього часу фізично й морально застаріли. Вони відрізняються також підвищеним енергоспоживанням й трудомісткістю в обслуговуванні.

Близько 90 % парку експлуатованих сьогодні вагонних уповільнювачів фізично зношені й мають потребу в повній заміні або капітальному ремонті.

З урахуванням сформульованих обставин перед ученими галузі було поставлено завдання розробити нове покоління вагонних уповільнювачів, що відповідають сучасним експлуатаційно-технічним вимогам. У першу чергу це висока надійність і економічність у витраті енергоресурсів, невелика металоємність (не більше 25 т у розрахунку на одиницю гальмової потужності), невелика глибина закладання від рівня головки рейок (не більше 1 м на спускній частині гірки й 0,6 м на підгіркових коліях), низька трудомісткість обслуговування (не більше 120 чол./міс. для гіркових і 80 чол./міс. для паркових уповільнювачів у розрахунку на одиницю гальмівної потужності).

Особливо високі вимоги пред'являються до швидкодії вагонних уповільнювачів при розгальмовуванні, від якого залежить точність вигальмовування вагонних відчепів, а отже й швидкість їхнього підходу до

вагонів на сортувальній колії в підгірковому парку, схоронність вантажів, а також ступінь заповнення сортувальних колій вагонами та обсяг маневрової роботи. Для дотримання нормативних вимог [1] цей час не повинний перевищувати 0,8 с для гіркових і 0,6 с для паркових гальмових механізмів.

Процес розформування-формування составів є одним з найважливіших процесів роботи дільничних, вантажних та сортувальних станцій. В цьому процесі головну роль відіграє сортувальна гірка, від конструкції та технології роботи якої залежить раціональне використання гіркових пристроїв. Нераціональний вибір конструктивних та технологічних параметрів сортувальних гірок, принципів гальмування відчепів приводить до браку в роботі і виходу з ладу технічних засобів, пошкодження вагонів та псування вантажів. Якби всі вагони при скочуванні з гірки рухались з однаковою швидкістю, тоді інтервал між відчепами, що рухаються один за одним, дорівнював би початковому інтервалу між ними. У дійсності питомий опір руху вагонів та дальність пробігу їх у сортувальному парку різняться, тому швидкість відчепів, що скочуються з гірки, не однакова. Коли попередній відчеп рухається з меншою швидкістю, ніж відчеп, що рухається за ним, інтервал між ними буде зменшуватись. Якщо він зменшиться до такої величини, що між відчепами, які послідовно рухаються, не можливо буде перевести розділювальну стрілку, тоді вагони потраплятимуть на колії інших призначень і потрібна буде додаткова маневрова робота для того, щоб переставити їх на колії свого призначення.

Для нормальної роботи гірки повинен зберігатися достатній інтервал між відчепами на розділювальних стрілках, щоб пропустити відчеп, що йде попереду, і перевести за ним стрілку для наступного відчепа, що рухається за ним. Крім того при підході до вагонів на сортувальних коліях швидкість відчепа, що рухається, не повинна перевищувати допустиму швидкість з'єднання вагонів. Порухення зазначеної умови може призвести до пошкодження вагонів та вантажів. Якщо швидкість відчепа на сортувальній колії замала, може виникнути ситуація, коли пробіг відчепа скоротиться, він не докотиться до точки прицілювання і на підгірковій колії утвориться вікно. Прагнення підвищувати темп розпуску составів і заповнювати підгіркові колії без вікон призводить до загострення протиріччя між інтервальним та прицільним гальмуванням, яке можна послабити за допомогою ТВУ, розташованих з певною щільністю на кожній сортувальній колії.

Практичний досвід експлуатації сортувальних гірок у нашій країні показує, що задача забезпечення якісного заповнення сортувальних колій остаточно не вирішена. За офіційною статистикою, із загальної кількості вагонів, ушкоджених на станціях, близько 70 % виводяться з ладу на сортувальних гірках, і за останні роки відзначається збільшення кількості подібних випадків.

Збільшення в загальному вагонному парку частки вагонів, що перебувають у власності недержавних компаній, розширення зовнішньоекономічних зв'язків України, що виражається в зростанні обсягів експортних і імпорتنних перевезень, а також ряд інших макро- і мікроекономічних факторів спричиняють особливу актуальність питань забезпечення якісного заповнення сортувальних колій вагонами і схоронності вагонів та вантажів при переробці на сортувальних гірках.

1.1 Аналіз проблем технології регулювання швидкості вагонів на сортувальних гірках балковими вагонними уповільнювачами

Практично на всіх сортувальних гірках залізниць України й більшості іноземних держав прийнята технологія інтервально-прицільного регулювання швидкості відчепів, відповідно до якої гірки обладнують гальмовими позиціями, які розташовують, як правило, відповідно перед розділювальною стрілкою (перша гальмова позиція), перед пучковою стрілкою (друга гальмова позиція) і на початку паркових колій (паркова гальмова позиція).

Основне призначення гіркових гальмових позицій, розташованих на спускній частині, полягає в тому, щоб забезпечити необхідні часові інтервали між відчепами, що скочуються з гірки, достатні для переведення відповідних стрілок і забезпечення підходу до ППП зі швидкістю не вище за 6 м/с.

На ППП швидкості відчепів повинні бути достатні для того, щоб, по-перше, вони докотилися до розрахункової точки, а по-друге, щоб швидкість підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії у парку не перевищувала 5 км/год. (

.3 =1,4 м/с).

Відповідно до цієї технології верхні гальмові позиції сортувальних гірок великої й середньої потужності обладнуються балковими вагонними уповільнювачами типу (в Україні – Т-50, КЗ-5, КНП-5, НК-114, ЗВУ, ВЗПГ і КВ різних модифікацій), а паркові – уповільнювачами, що не вимагають установлення на фундаментні плити, РНЗ-2 з короткою гальмовою шиною або КНП-5 з довгою шиною.

Прийнята технологія регулювання швидкості відчепів забезпечує необхідну інтенсивність розпуску составів, однак не виключає збоїв в роботі сортувальної гірки, пошкоджуваності вагонів і вантажів, які в них перевозяться. Це зв'язане головним чином з інерційністю й нестабільністю гальмових характеристик балкових уповільнювачів, залежністю від стану поздовжніх профілів колій, помилками в роботі гіркових операторів і автоматизованих систем керування через неповне урахування факторів, що впливають [2–4]. Незважаючи на відзначені недоліки, системи інтервально-прицільного регулювання набули домінуючого поширення на залізницях в усьому світі й успішно функціонують от уже майже сто років.

1.1.1 Проблема управління балковими вагонними уповільнювачами

За допомогою гальмових позицій, розташованих на спускній частині гірки, регулюють величину інтервалів між відчепами на розділювальних елементах. Однак керування балковими вагонними уповільнювачами негнучке, дуже важко піддається автоматизації. Гірковий оператор може вибрати одну із чотирьох ступенів гальмування залежно від навантаження на вісь вагона, а також регулювати момент загальмовування й розгальмовування відчепа. Самі уповільнювачі мають високу інерційність, через що неможливо домогтися точного виконання команди керування на загальмовування й розгальмовування.

Крім того, не розроблено єдиного чіткого алгоритму керування вагонними уповільнювачами гальмових позицій спускної частини гірки [5].

Загальноновизнаним є те, що найважливіша роль у підвищенні переробної спроможності станцій і вдосконаленні технології сортування вагонів відводиться питанню створення й впровадження засобів комплексної механізації й автоматизації виробничих процесів на станціях і цьому приділяється належна увага [2, 6].

На діючих сортувальних станціях у якості найбільш раціонального шляху підвищення ефективності роботи сортувальних гірок, схоронності перевезених вантажів, безпеки розпуску составів і техніки особистої безпеки експлуатаційного персоналу слід розглядати механізацію й автоматизацію сортувального процесу з використанням балкових вагонних уповільнювачів сучасної конструкції й впровадження автоматизованих систем керування сортувальним процесом.

Поряд з можливістю збільшення переробки вагонів механізація й автоматизація операцій по організації розпуску составів на сортувальній гірці покликана вирішувати ряд інших найважливіших соціально-економічних проблем:

- 1) підвищення продуктивності праці;
- 2) ліквідація важкої праці регулювальників швидкості руху відчепів і вивід їх з небезпечної зони;
- 3) забезпечення схоронності вагонного парку та вантажів;
- 4) підвищення рівня безпеки персоналу, не зв'язаного безпосередньо з процесом розформування-формування поїздів.

Однак аналіз стану, що склався в цій області, показує, що очікуваного ефекту від цих заходів залізничний транспорт не отримує. Якість сортувального процесу залишається низькою [7].

Рівень пошкоджуваності вагонів не зменшується з переходом від ручного (з допомогою башмаків) гальмування на механізоване й автоматизоване гальмування вагонними уповільнювачами, особливо на гірках великої потужності. Залишається слабким ефект від впровадження систем автоматизації сортувального процесу, незважаючи на широкі функціональні можливості цих систем.

Становище погіршилося по мірі завершення переведення вагонного парку на роликові підшипники, оскільки існуючі ухили сортувальних колій (до 3 ‰ і більше) є початково прискорювальними для більшості вагонів. Так, наприклад, на коліях з ухилами 1,5–2,0 ‰ практично 90 % важких вагонів неможливо загальмувати так, щоб швидкість з'єднання була не вищою за 5 км/год. Разом з тим впровадження нових поглинаючих апаратів автозчепних пристроїв, що дозволяє збільшити швидкість підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з 5–6 км/год. до 10–11 км/год. затримується на невизначений термін.

Знизити швидкість з'єднання вагонів до безпечного рівня об'єктивно стає неможливим, оскільки стан фактичного профілю такий, що намагання випустити відчепа з безпечною швидкістю приводить до передчасних зупинок відчепів з поганими ходовими властивостями на початку сортувальних колій, до збільшення обсягів маневрової роботи з осаджування і до зниження швидкості й темпу розпуску приблизно на 25–30 % [8].

1.1.2 Проблема утворення вікон між відчепами

За прийнятою методикою [9] висоту сортувальної гірки визначають виходячи з умови пробігу розрахункового відчепа з поганими ходовими властивостями без гальмування на відстань 50 м за ПГП. З урахуванням того, що для забезпечення інтервалів на спускній частині гірки гальмують відчепа не тільки з хорошими, але й із середніми та поганими ходовими властивостями, їхній пробіг ще більше зменшується й зростає ймовірність утворення вікон. Крім того, цьому сприяють помилки гіркових операторів у визначенні й реалізації швидкості виходу відчепів із гальмових позицій через відсутність інформації про їхні ходові властивості, інерційність й неточність роботи уповільнювачів, а також через незадовільний стан в плані й профілі сортувальних колій, які, як показала проведена на ряді гірок геодезична зйомка, мають ділянки не тільки зі значними ухилами, але й з протиухилами.

Осаджування вагонів на сортувальних коліях, ліквідація «чужинців» через передчасні зупинки займають на гірках від 30 до 40 % тривалості перерв між розпусками составів. Тільки усунення цих непродуктивних операцій дозволить підвищити переробну спроможність гірки на 15-20 %. Проведена у Всесоюзному науково-дослідному інституті залізничного транспорту попередня техніко-економічна оцінка показала високу ефективність застосування альтернативного способу регулювання швидкості руху й накопичення вагонів на сортувальних коліях, розташованих на прискорювальних ухилах, за допомогою додаткової утримуючої ПГП. Застосування технології накопичення вагонів на утримуючій ПГП на початку сортувальних колій з подальшим просуванням вагонів в глибину сортувального парку за рахунок прискорювального ухилу сортувальних колій хоча й здатна поліпшити експлуатаційні показники роботи гірки, але вимагає значних витрат на збільшення ухилу сортувальних колій, на влаштування додаткової гальмової позиції, а також витрат на управління нею [8].

1.1.3 Проблема високої середньої швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальних коліях

Оскільки ліквідація вікон знижує продуктивність сортувальної гірки, вимагаючи непродуктивних витрат часу й маневрових засобів, прагнення забезпечити високий рівень переробки вагонів призвело на практиці до широкого застосування технології проштовхування передчасно зупинених відчепів наступними відчепами, що прямують на ту саму колію, зі швидкістю, яка часто перевищує допустиму. Зі збільшенням обсягів переробки вагонів на гірці відбувається значне зростання середньої швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії. Така технологія істотно знижує обсяг маневрової роботи з осаджування вагонів, але приводить до псування вантажів і пошкоджень вагонів, та навіть до сходу вагонів з рейок.

Підхід відчепів до вагонів на сортувальній колії з підвищеною швидкістю викликається не тільки використанням технології проштовхування вагонів, але й неминучими помилками операторів і погрішностями в роботі систем

автоматизації. Проведені Уральським відділенням Всеросійського науково-дослідного інституту залізничного транспорту спостереження показали, що середня швидкість підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії на автоматизованих гірках становить 6,7 км/год. [8]. Це на 7,5 % вище, ніж у середньому по всіх гірках мережі, а ймовірність підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії зі швидкістю більше 10 км/год. вище, ніж на механізованих гірках. Підвищені швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії - причина пошкодження в середньому більше двох вагонів розраховуючи на 1000 перероблених, а загальні втрати тільки від ремонту вагонів становлять близько 6 млн грн у рік.

Недоліки прицільного способу регулювання швидкості, які, як показали дослідження, не можуть бути повністю усунуті й при обладнанні підгіркових колій двома гальмовими позиціями [10, 11]. Додаткова ПГП розташовується при відповідному обґрунтуванні на окремих сортувальних коліях на відстані до 400 м всередину сортувального парку. Чим далі в глибину сортувального парку розташована додаткова ПГП, тим менше вона використовується для регулювання швидкості, тому що тривалий час є зайнятою вагонами, що накопичуються на колії.

Регулювання швидкості ручними гальмовими башмаками в глибині сортувального парку здійснювати важко через те, що переходити з одного міжколійя в інше регулювальникам швидкості заважають состави, що накопичуються на сусідніх коліях.

1.1.4 Проблеми систем автоматизації регулювання швидкості відчепів на сортувальних гірках

Автоматизація роботи сортувальних гірок є складовою частиною систем автоматизації роботи сортувальних станцій і всього залізничного транспорту в цілому. У нашій країні й закордоном проводяться роботи зі створення систем для автоматичного регулювання швидкості вагонів на сортувальних гірках. Майже всі ці системи передбачають регулювання швидкості за допомогою балкових механічних вагонних уповільнювачів.

При реалізації режимів гальмування на гальмових позиціях, що обладнані балковими вагонними уповільнювачами, неминуче виникають погрішності пов'язані з різними факторами (недостовірністю інформації про ходові властивості відчепів і про умови розпуску, точністю настроювання системи автоматичного регулювання швидкості, інерційністю виконавчих пристроїв, тощо), тому необхідно систему автоматизації потрібно налаштовувати на такі режими гальмування, які забезпечують максимальну надійність розділення всіх відчепів состава, що розформовується. Це дозволить, з одного боку, мінімізувати ймовірність виникнення на спускній частині гірки нагонів, пов'язаних з можливими помилками регулювання швидкостей виходу відчепів із гальмової позиції, а з іншого – знизити ризики утворення вікон між відчепами на сортувальних коліях та підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з небезпечною швидкістю.

Відповідно до методики, викладеної в [12], у роботі [13] були проведені дослідження різних технологій регулювання швидкості руху відчепів на спускній частині сортувальної гірки великої потужності. Аналізувалися різні алгоритми і методики регулювання швидкості [14]. Виконані дослідження показали необхідність продовження досліджень з оптимізації й розробки нових технологій регулювання швидкості руху відчепів на автоматизованих сортувальних гірках.

Виконаний аналіз роботи сортувальних гірок станцій Машен, Мюнхен-Північний [15–17], Нюрнберг, Альте Зюдерельбе [18–20], Антверпен-Північний [21, 22], а також низки інших станцій Європи й Америки [23–26] показав, що впроваджені на них системи гіркової автоматики MSR 32 [27–30] (Siemens, Німеччина), Saxbi [31] (Франція), DDC III (США) [24], SARPO [32] (AXTONE, Польща), КСАУ СП АСТРА [33] і КСАУ СС [32] (Росія)) мають функції автоматизованого керування процесом розпуску составів, аналогічні тим, що створюються і для вітчизняних сортувальних гірок. Схожим є й набір датчиків (швидкості та ваги відчепів, лічильників осей), що використовуються для управління технологічним процесом розпуску. Однак, за рахунок досить великої кількості сортувальних колій на закордонних станціях за практично однакового вагонопотоку з переробкою, більш актуальною є проблема прицільного регулювання швидкості відчепів, що скочуються з гірки.

Таким чином, виконаний аналіз свідчить про те, що дотепер завдання створення автоматизованої системи управління режимами гальмування відчепів на гальмових позиціях, що забезпечує необхідну якість процесу розформування, до кінця не вирішена.

Однак, за певних обставин більш доцільним є регулювання швидкості вагонів, як убік зниження, так і убік підвищення швидкості [34]. Особливо це стосується прицільного регулювання швидкості. Як відомо, у всіх системах автоматизованого регулювання швидкості відчепів закладена концепція прицільного гальмування, тобто швидкість виходу відчепа з останньої гальмової позиції залежить від дальності пробігу, від його ходових властивостей, від метеорологічних умов. Тобто із ПГП всі відчепи виходять із різними швидкостями. При визначенні швидкості виходу відчепів з ПГП неминучі погрішності внаслідок неточностей у визначенні довжини колії вільного скочування вагонів, у визначенні ходових властивостей вагонів, опору від кривих, а також внаслідок різного стану колії (наявності на рейках льоду, снігу, тощо). Всі ці погрішності приводять до того, що швидкість виходу з ПГП розраховується не точно.

Ще однією проблемою прицільного гальмування відчепів є низька точність реалізації розрахованої швидкості виходу відчепів з ПГП [35].

До ПГП пред'являються високі вимоги. Якщо немає інших засобів регулювання швидкості вагонів, тоді помилки в реалізації швидкості виходу відчепів із ПГП неможливо виправити, оскільки далі на великому протязі відбувається некерований рух відчепа. При цьому важкі відчепи з хорошими ходовими властивостями можуть розігнатися до швидкості, що перевищує безпечну швидкість підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії, а відчепи з поганими ходовими властивостями можуть не докочуватися до точки

прицілювання через недостатній запас кінетичної енергії.

На гальмовій позиції відбувається швидкий, імпульсний вплив гальмової сили на відчеп. При цьому різко змінюється динаміка його руху внаслідок дії інерційних сил. Наслідки такого гальмування важко передбачувати до моменту переходу відчепа в режим динамічно усталеного руху вільного скочування та істотно знижують точність прогнозування його руху [36].

Відповідно до норм проектування сортувальних пристроїв [9] ухил сортувальних колій повинен становити 0,6‰. Однак і у випадку проектування сортувальної колії за цими нормами якості прицільного гальмування балковими вагонними уповільнювачами ПГП на початку сортувальних колій залишається низькою. Причини наступні:

- відсутні пристрої, що дозволяють оперативно й точно отримати необхідну інформацію для розрахунків швидкості виходу відчепа з ПГП;
- рівень точності реалізації розрахованої величини швидкості виходу відчепа з ПГП невисокий:
- неможливо визначити координату точки прицілювання відчепа, насамперед через те, що відчеп, що йде попереду, може перебувати в русі, коли наступний відчеп ще перебуває на ПГП;
- важко врахувати зміну опору руху відчепа від середовища й вітру, яке в сортувальному парку залежить від розташування вагонів, що накопичуються, на даній і на сусідніх сортувальних коліях.

1.1.5 Аналіз методів поліпшення якості прицільного регулювання швидкості

Як показують дослідження [37, 38], для вирішення проблеми прицільного регулювання необхідно комплексне використання вагонних уповільнювачів і прискорювачів (осаджувачів), оскільки частина відчепів, що скочуються, не має достатньо енергії, щоб пройти необхідну відстань у сортувальному парку. Тому, щоб забезпечити заповнення сортувальних колій без вікон, необхідно збільшувати кінетичну або потенційну енергію зазначених відчепів, або примусово осаджувати їх на потрібну відстань. Крім використання кожного із трьох зазначених способів можливі також їхні комбінації.

Більш доцільним для підвищення кінетичної енергії відчепів при їхньому вході в сортувальний парк є використання прискорювачів, оскільки це дозволить здійснювати вибіркове прискорення вагонів.

Також було встановлено [39], що при збільшенні ухилу сортувальної колії до 4,6 ‰ протягом 600 м до кінця сортувального парку може докотитися близько 95 % всіх відчепів.

Очевидно, що підвищення висоти гірки також повинне привести до скорочення кількості «вікон» і зменшення обсягу роботи з осаджування вагонів, однак при цьому неминучі додаткові витрати на реконструкцію профілю насувної та спускної частини гірки. Тому, щоб оцінити ефективність підвищення висоти гірки й установити її оптимальну величину, необхідно насамперед досліджувати й кількісно оцінювати вплив висоти гірки на якість прицільного регулювання й, зокрема, на швидкість підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії і на

величину «вікон» між ними на сортувальних коліях. Рішення даної задачі, з огляду на складний імовірнісний характер сортувального процесу, доцільно здійснювати методом статистичного моделювання в комбінації з моделюванням процесу руху окремих відчепів, описуваного диференціальними рівняннями [2, 40].

Сучасні дослідження процесу розпуску составів із сортувальної гірки, як правило, не міняють математичного моделювання процесу скочування відчепів із гірки. Перші практично вживані моделі минулого розроблені в Дніпропетровському інституті інженерів залізничного транспорту наприкінці 60-х років. Цими питаннями займалися В. І. Бобровський, М. П. Божко, Ю. О. Муха, М. Р. Ющенко та інші. Ними був створений ряд математичних моделей руху відчепів на спускній частині сортувальної гірки, які досі використовуються в дослідженнях процесу розформування составів на сортувальних гірках [41-48].

Проведений аналіз потенційних можливостей прицільного способу регулювання показує необхідність розгляду альтернативних способів заповнення колій з використанням додаткових гальмових позицій, осаджувачів, домкратоподібних прискорювачів-уповільнювачів точкового типу тощо. [49].

1.2 Альтернативні технології регулювання швидкості відчепів на закордонних сортувальних гірках

Недоліки прицільного способу регулювання швидкості не можуть бути усунуті повністю ні шляхом механізації та автоматизації роботи ПГП, ні шляхом влаштування на сортувальних коліях двох гальмових позицій. Саме ці обставини призвели до розробки й впровадження на закордонних залізницях систем керованого просування вагонів на сортувальних коліях, розташованих у тому числі й на прискорювальних ухилах [50].

В якості альтернативи прицільному способу регулювання швидкості вагонів на коліях накопичення застосовується примусове регулювання швидкості відчепів вагонними уповільнювачами точкового типу, або вагоноосаджувачами на всьому протязі сортувальної колії від виходу з ПГП до точки прицілювання.

Ефективність застосування вагоноосаджувачів досить низька [50] й, до того ж, дуже сильно залежить від інтенсивності надходження відчепів на колію накопичення. Якщо інтенсивність висока, тоді візок вагоноосаджувача просто не встигає повертатися у вихідне положення після осаджування одного відчепа, для того щоб захопити наступний.

Результати аналізу теоретичних і практичних розробок показали, що вирішення питань, які стосуються забезпечення якісного заповнення колій накопичення вагонів на залізницях інших країн відбувається за рахунок впровадження сучасних технічних засобів, зокрема, нових пристроїв гальмування вагонів. Наявні закордоном технічні пристрої орієнтовані на забезпечення високого ступеня заповнення вагонами корисної довжини сортувальних колій і дотримання допустимих швидкостей руху вагонів у момент з'єднання відчепів з вагонами на сортувальній колії. Серед найбільш відомих можна назвати систему регулювання швидкості вагонів за допомогою гвинтових гідравлічних вагонних уповільнювачів типу ASEA (Швеція, рис. 1.1) [51] і вагонних прискорювачів-

уповільнювачів, розроблених фірмою Hitachi (Японія) [50], принцип дії яких оснований на примусовому осаджуванні вагонів на сортувальній колії за допомогою візка-штовхача, що захоплює вагон і просуває його по сортувальній колії із заданою швидкістю.



Рисунок 1.1 – Гвинтовий гідравлічний уповільнювач типу ASEA

У низці країн широке застосування знайшли системи розподіленого регулювання швидкості руху відчепів на сортувальних коліях. Як правило, у них використовуються малопотужні некеровані домкратоподібні вагонні уповільнювачі точкового типу. Такі системи використовуються на залізницях Австрії, Німеччини, Норвегії, ПАР, КНР, Угорщини і низки інших країн. Багаторічний досвід їхньої експлуатації показує, що з використанням подібних систем питання забезпечення якісного заповнення сортувальних колій вагонами (без утворення вікон і без пошкодження вагонів та псування вантажів при з'єднанні вагонів із високими швидкостями) можуть вирішуватися досить ефективно. У цих країнах протягом останніх 15-25 років ведуться безперервні роботи з удосконалення конструкції самих вагонних уповільнювачів і схем їхнього розташування на сортувальних коліях. У результаті в деяких країнах (зокрема, у КНР та ФРН) вже розроблені досить зручні й життєздатні системи регулювання швидкості руху вагонів за допомогою точкових регуляторів швидкості.

Система з використанням точкових вагонних уповільнювачів (ТВУ) є однією з найпоширеніших на закордонних сортувальних гірках (Англія, ФРН, Угорщина, КНР). Система побудована на основі використання для регулювання швидкості вагонів некерованих ззовні малопотужних ТВУ, єдиною умовою гальмування якими є перевищення відчепом заздалегідь установленної контрольної швидкості, що істотно спрощує систему регулювання швидкості вагонів в порівнянні із прицільним способом гальмування на стаціонарних гальмових позиціях, розташованих на початку сортувальних колій. Не потрібно визначати ходові властивості відчепів, дальність їхнього пробігу й інші параметри для

розрахунку швидкості виходу з гальмової позиції [52].

В системі реалізується технологія розподіленого регулювання швидкості вагонів. Ця технологія регулювання швидкості вагонів на підгіркових коліях дозволяє заповнювати колії підгіркового парку без «вікон» на всю зону регулювання і без перевищення допустимої швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії.

Суть технології полягає в наступному: відчепи, незалежно від їх ходових властивостей, випускаються з ПГП зі швидкістю, не більшою за допустиму швидкість підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії. Далі на певній розрахунковій відстані від цієї гальмової позиції повинна розташовуватися позиція прискорювачів-уповільнювачів, які повинні бути настроєні на певну розрахункову швидкість виходу вагонів із цієї позиції. Якщо при підході до позиції прискорювачів-уповільнювачів швидкість відчепа перевищує розрахункову, пристрої спрацьовують як уповільнювачі й гальмують відчеп. Якщо ж швидкість відчепа менше розрахункової, тоді пристрої спрацьовують як прискорювачі й підвищують швидкість відчепа до розрахункової величини. Від однієї позиції прискорювачів-уповільнювачів вагони переміщаються до наступної, де на них чинять відповідний вплив прискорювачі-уповільнювачі цієї позиції й так далі до кінця зони регулювання.

За цих умов дуже важливо правильно розмістити кожен позицію прискорювачів-уповільнювачів з урахуванням їх потужності, як у режимі прискорення, так і в режимі гальмування, а також з урахуванням ухилу колій сортувального парку.

При розробці нової конструкції прискорювача-уповільнювача повинні враховуватися наступні основні вимоги [53]:

- а) потужність по прискоренню й уповільненню повинна бути достатня для того, щоб довести швидкості розрахункових відчепів з поганими і хорошими ходовими властивостями до розрахункової;
- б) конструкція регуляторів швидкості вагонів повинна бути налаштована на підтримування певної швидкості у залежності від місця її установки. Так, якщо прискорювачі-уповільнювачі будуть установлюватися на площадці, тоді швидкість повинна бути вище в порівнянні з тим, якщо ця ж позиція буде розміщатися на попутному ухилі;
- в) конструкція повинна забезпечувати надійність і безпечність роботи пристрою;
- г) мати малу металоємність;
- д) дозволяти встановлювати її в кривих малих радіусів;
- е) мати просту конструкцію.

1.3 Закордонний досвід використання систем розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних гірках

На низці сортувальних гірок за кордоном використовують системи розподіленого регулювання швидкості відчепів, де гальмування здійснюється тільки ТВУ. На інших гірках ТВУ використовують тільки на сортувальних коліях, а гальмові позиції на спускній частині обладнують балковими вагонними

уповільнювачами.

На гірках першого типу ТВУ розташовують уздовж всього маршруту скочування відцепу з гірки. Тому профіль спускної частини гірки повинен бути таким, щоб швидкість відцепів з поганими ходовими властивостями не перевищувала той рівень, на якому ТВУ починають його гальмувати. Разом з тим кількість ТВУ, розташованих на спускній частині гірки, повинна забезпечувати в будь-якій точці швидкість руху відцепів з хорошими ходовими властивостями на одному рівні зі швидкістю відцепів з поганими ходовими властивостями. Виконання цих вимог приводить до обмеження швидкості розпуску составів, тому що ТВУ здатні підтримувати швидкість вагонів в обмеженому діапазоні:

$$0 \leq V \leq 5 \text{ м/с.}$$

Отже, обладнання гірок тільки уповільнювачами точкового типу доцільно при невисокій інтенсивності переробки вагонів й до того ж вимагає зміни існуючих нормативів проектування сортувальних гірок [54].

ТВУ можна застосовувати на сортувальних гірках у комбінації із класичними балковими вагонними уповільнювачами: на спускній частині гірки для інтервального регулювання швидкості відцепів й на ПГП для зниження швидкості відцепів до безпечного рівня використовують балкові вагонні уповільнювачі, а на сортувальних коліях для підтримування швидкості відцепів в безпечних межах ТВУ.

Це не вимагає з одного боку збільшувати роботу з гальмування відцепів на спускній частині гірки, а з іншого боку створює умови для керованого просування відцепів, накопичення вагонів на всій корисній довжині сортувальних колій, та забезпечує підхід відцепів до вагонів, які вже зупинилися на сортувальній колії, з безпечною швидкістю [55].

На закордонних сортувальних гірках, обладнаних системами розподіленого регулювання швидкості відцепів, задача інтервального регулювання вирішується шляхом забезпечення протягом стрілочної зони однакової швидкості скочування будь-яких відцепів [56]. За рахунок цього зберігаються приблизно однакові інтервали між відцепами на всіх розділювальних стрілочних переводах. На коліях накопичення в сортувальному парку за допомогою точкових регуляторів швидкості вагонів підтримується рівень швидкості відцепів в безпечних межах.

Системи розподіленого регулювання швидкості відцепів засновані на застосуванні енергонезалежних типів вагонних уповільнювачів точкового типу, які не споживають ззовні енергії для створення гальмівного ефекту, а використовують кінетичну енергію вагонів, що рухаються з гірки. В останні десятиліття такі системи дістали поширення на гірках низки закордонних країн - Німеччини, Англії, Італії, Польщі, ПАР тощо. Такі уповільнювачі застосовуються також і на залізницях Росії [57–63].

Перші згадування в літературних джерелах про технологію розподіленого регулювання швидкості відцепів із використанням ТВУ, розроблених фірмою Dowty (Великобританія), відносяться до кінця 60-х років XX століття, коли на одній з сортувальних колій станції Ашчерч були встановлені такі уповільнювачі й проведені їхні випробування. Надалі подібні ТВУ були випробувані й на станції

Хол.

Зараз ТВУ мають поширення на сортувальних гірках Європи (Англія, Німеччина, Швейцарія, Угорщина, Польща, Норвегія), де застосовують два принципово різні типи таких пристроїв – газонаповнені фірми Dowty й з тарілчастими пружинами фірми Thyssen (Німеччина). На сортувальних гірках Китаю застосовують газонаповнені точкові уповільнювачі TDJ, що виготовляються за англійською ліцензією й аналогічні по конструкції ТВУ фірми Dowty (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – ТВУ фірми Dowty

ТВУ типу Dowty й Thyssen в робочому режимі здатні поглинати від 1200 до 1650 Дж енергії, що перетворюється в теплоту. У результаті температура усередині обладнання при кожному спрацьовуванні підвищується приблизно на 1°C , тому частота спрацьовування обмежена (не більш 30 хв^{-1}). При цьому величина гальмівного зусилля, як правило, не перевищує 20–22 кН і обмежена навантаженням на рейку від колеса вагона легкої вагової категорії з таким розрахунком, щоб не допустити його відриву від рейки в момент взаємодії з робочою голівкою вагонного уповільнювача. При цьому чим важчий вагон, тим менший гальмовий ефект припадає на 1 тону його маси. Така особливість роботи ТВУ є їхнім органічним недоліком. У результаті потрібна велика кількість ТВУ протягом шляху скочування вагонів для створення необхідного гальмового ефекту. Як правило, на кожній підгірковій колії встановлюють 800–1200 ТВУ типу Dowty, Thyssen або TDJ.

Незважаючи на зазначені недоліки, системи розподіленого регулювання швидкості відцепів точковими вагонними уповільнювачами підвищують якість сортувального процесу, повністю виключають пошкоджувальність вагонів і псування вантажів. Але для ефективної роботи ТВУ потрібний поздовжній ухил колії не менший за 1,5 ‰. Як правило, при переході до точкових вагонних уповільнювачів необхідна коштовна реконструкція профілю гірки й підгіркових колій.

Особливо слід підкреслити, що висока надійність роботи ТВУ може бути забезпечена тільки при високій якості їх технічного обслуговування з організацією на гірках спеціалізованих майстерень, що мають коштовне ремонтне й діагностичне обладнання, випробувальні стенди, що поставляються заводами-

виготовлювачами, як правило, за окремим контрактом. Вартість таких стендів становить \$300–400 за штуку, що набагато більше вартості самих уповільнювачів. При неможливості організації необхідного технічного обслуговування ТВУ, особливо китайського виробництва, швидко виходять із ладу, а для відновлення їх працездатності необхідний капітальний ремонт в умовах заводів-виготовлювачів. Вартість такого ремонту може сягати 50...70 % і більше від початкової вартості виробу.

Випадки сходу вагонів з рейок на сортувальній гірці трапляються рідко, однак створюють тривалі порушення в роботі станції, спричиняють пошкодження вагонів і вантажів, а також технічного обладнання сортувальної гірки. Розподіле не регулювання швидкості з відносно невисокими й близькими до постійних швидкостями відчепів в стрілочній зоні, надійним контролем і точним дотриманням інтервалів між відчепами набагато зменшують ступінь ризику потрапляння відчепів на колію не за призначенням [64-66].

Китайські ТВУ типу TDJ - це газонаповнені пристрої, за конструкцією аналогічні ТВУ типу Dowty. На мережі китайських залізниць експлуатується близько 400 тис. таких пристроїв.

Деякий досвід експлуатації китайських ТВУ накопичений і на російських залізницях. Так, в 90-і роки минулого століття невелика партія китайських ТВУ типу TDJ у кількості 220 одиниць була встановлена й випробувана на спускній частині гірки № 4 станції Ленінград-Сортувальний Московський між першою та другою ГП на спускній частині гірки. При цьому 117 з них, установлених ближче до першої ГП були настроєні на критичну швидкість спрацьовування 5,2 м/с, інші 103 шт. – на швидкість 5,5 м/с.

У ході першого етапу випробувань було встановлено, що швидкість підходу вагонів до другої ГП відчутно знизилася, тому загальна кількість установлених уповільнювачів була зменшена до 187 шт., а їх критична швидкість збільшена. Ці заходи дозволили підняти швидкість підходу до другої ГП легких вагонів до 20 км/год, а для важких відчепів – до 21...23 км/год. При такій схемі розміщення уповільнювачів TDJ сортувальна гірка № 4 пропрацювала один місяць.

З моменту установлення ТВУ був заведений журнал обліку відмов і ремонту уповільнювачів, а також виконаний хронометраж робочого дня обслуговуючого персоналу для нормування й оцінки трудових витрат на технічне обслуговування пристроїв.

Було встановлено, що протягом цього місяця потік відмов склав 2–3 уповільнювача щодня й 4–5 штук - після вихідних, тому що в суботу й неділю огляд і ремонт уповільнювачів не виконувався. Характер відмов наступний: випадання пружинистих шплінтів діаметром 3 мм і відкручування або закручування регулювальних гайок для зміни значення критичних швидкостей; розшплінтування ущільнювальних гайок робочої порожнини циліндра, що ковзає; деформація самого циліндра і його штока, злам кріплень до рейки.

Більшість несправностей і відмов ТВУ не могли бути ліквідовані в експлуатаційних умовах, оскільки вимагали конструктивної переробки пристроїв, можливої тільки в заводських умовах.

У зв'язку з настанням холодної пори року й погіршенням ходових властивостей відчепів, що розпускаються з гірки, усі уповільнювачі були перенастроєні на критичні швидкості вище допустимих для моделі TDJ-302. Це, природно, призвело до збільшення числа відмов в роботі пристроїв.

Після першого етапу дослідної експлуатації ТВУ при огляді колісних пар маневрових тепловозів, що працюють на сортувальній гірці № 4, виявлене зношування неробочої поверхні гребеня колісних пар по всій окружності колеса. Згідно з [67] такі колісні пари локомотивів підлягають бракуванню й виключенню їх з маневрової й поїзної роботи. Для зниження величини зношування було визнано необхідним обмежити швидкість руху локомотивів через домкратоподібні уповільнювачі, що, природно, погіршило умови проведення маневрових операцій, однак, так і не розв'язало проблеми. Після ще двох місяців дослідної експлуатації всі уповільнювачі TDJ були зняті з ділянки між першою та другою ГП через інтенсивне зношування гребенів колісних пар локомотивів і велику кількість відмов ТВУ. На цьому перший етап практичного використання домкратоподібних вагонних уповільнювачів TDJ на станції Ленінград-Сортувальний-Московський був завершений. За його результатами були зроблені наступні висновки:

- уповільнювачі TDJ мають стійкий гальмовий ефект, що не залежить від погодних умов і стану бандажів колісних пар;

- для гальмування вагонів не потрібно витрат електроенергії;

- матеріальні витрати на монтажні роботи з установаження їх на колії мінімальні.

- працезатрати на поточне утримування установлених на гірці уповільнювачів TDJ виявилися менше в порівнянні із балковими вагонними уповільнювачами, при цьому основна частина регламентних робіт повинна виконуватися в майстерні дистанції, а не на коліях;

- для ремонту й технічного обслуговування не потрібно надання технологічних "вікон", використання вантажопідйомних механізмів і участі працівників служб колії й руху.

До основних недоліків уповільнювачів TDJ слід віднести

- неможливість їх установки на коліях, де проводяться інтенсивні маневрові пересування локомотивів, через швидке зношування неробочої частини гребеня колісних пар локомотивів;

- низка вузлів і деталей ТВУ не витримує інтенсивного розпуску вагонів (більш 3000– 4000 вагонів на добу);

- недостатня також верхня межа (5 м/с) значення контрольної швидкості,

- ослаблена міцність рейки через велику кількість просвердлених отворів (цей недолік конструктори вже виправили шляхом кріплення ТВУ до підшви рейки).

Оцінюючи результати проведених випробувань у цілому, можна сказати, що Октябрьською залізницею набутий певний досвід експлуатації ТВУ китайського виробництва, який може виявитися корисним при розв'язанні питання про можливість і доцільності впровадження таких уповільнювачів і на інших залізницях [68].

Російськими фахівцями в 1989 р. був проведений аналіз роботи ТВУ на автоматизованій сортувальній гірці станції Ференцварош (Угорщина), яка реконструйована в 1987–1988 рр., має 32 сортувальні колії, об'єднані в 4 пучка по 8 колій. Вона обладнана пучковою ГП – перед кожним з 4-х пучків встановлене по одному гідравлічному ваговому уповільнювачу Thyssen польського виробництва довжиною 18,5 м. Гідросистеми цих уповільнювачів об'єднані й пов'язані із загальною насосною станцією, розташованою в міжколійї сортувальної гірки, що й забезпечує циркуляцію масла в гідросистемі тиском 120 кг/див^2 .

Корисна довжина сортувальних колій станції Ференцварош становить 700 – 900 м, причому на їхньому початку вони мають ухил $6,4 \text{ ‰}$ (75 м), потім $2,4 \text{ ‰}$ (200 м), $1,4 \text{ ‰}$ (70 м), $0,7 \text{ ‰}$ (155 м). Наступні 100 – 200 м (в залежності від довжини колії) ухил дорівнює нулю, а наприкінці колій влаштований противоухил $2,0 \text{ ‰}$ убік гірки довжиною 100 м.

На кожній сортувальній колії встановлено по 310–320 ТВУ типу Thyssen (у зоні більших ухилів вони розташовані частіше, менших – рідше). Схема розташування ТВУ розраховується на комп'ютері. Усього на станції встановлено 10500 ТВУ, які обслуговують 12 робітників експлуатаційного персоналу. До їхнього обов'язку входить щоденний візуальний огляд усього парку ТВУ, заміна пристроїв, що вийшли з ладу, на нові, виконання необхідних робіт з технічного обслуговування й комплексної перевірки працездатності замінних пристроїв на спеціальному стенді. Щомісяця експлуатаційним персоналом вилучається з колії й зазнає заміни й перевірки на стенді до 1000 ТВУ.

Паспортна переробна спроможність гірки становить 4000 ваг/добу. Однак на практиці через обмежену швидкість входу вагонів на ТВУ до $4,5\text{--}5,0 \text{ м/с}$ і накладення інших обмежень за умовами автоматизації вона не перевищує 3000 ваг/добу.

Довжина составів свого формування у сортувальному парку не перевищує 40 вагонів, при цьому питома вага 4-осних вагонів близько 35 ‰ , інші 2-осні. Швидкість насування вагонів становить на гірці $0,9 \text{ м/с}$. Незважаючи на досить легкі за вітчизняними мірками умови переробки составів, за календарний рік на гірці ст. Ференцварош за звітними даними було ушкоджено 13 вагонів.

1.4 Закордонний досвід використання систем розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних коліях

Певний досвід використання китайських ТВУ типу TDJ накопичений також і на прикордонній з Китаєм станції Забайкальск (Росія).

Особливістю географічного розташування станції Забайкальск є наявність сильних вітрів уздовж сортувального парку. При цьому, якщо сортувальний парк розташувати на горизонтальному майданчику без поздовжнього ухилу, тоді при сильному зустрічному вітрі виникає небезпека зупинки й навіть зустрічного руху вагонів (особливо порожніх) убік горба гірки. Ця обставина привела до необхідності запроектувати сортувальний парк із ухилом колій від 4 ‰ до $1,5 \text{ ‰}$ і

використовувати для гальмування вагонів китайські ТВУ типу TDJ (рис. 1.3), які розташовані по 400 одиниць на кожній сортувальній колії. При цьому наприкінці сортувальних колій місткістю 71 вагон для закріплення вагонів встановлене по 160 домкратоподібних затримувачів типу TDJT-101, розташованих на кожній колії чотирма групами по 40 одиниць в кожній.

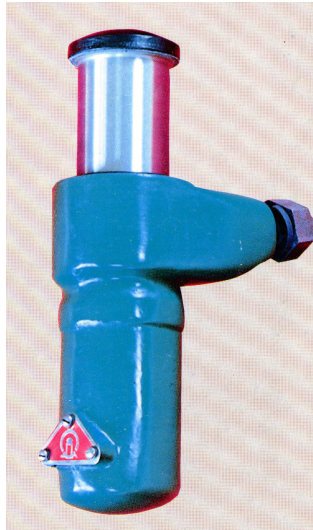


Рисунок 1.3 – Точковий вагонний уповільнювач типу TDJ

Затримувачі – це ТВУ, налаштовані на гальмування за будь-якої швидкості вагона.

На гірці є експлуатаційний персонал у кількості 17 чоловік, що обслуговує в цей час балкові вагонні уповільнювачі типу КЗ-3 і КЗ-5, а також компресорну станцію, що постачає уповільнювачам стиснене повітря. Домкратоподібні вагонні уповільнювачі й затримувачі перебувають на гарантійному обслуговуванні китайськими фахівцями. Експлуатаційний персонал гірки не приймає участі в обслуговуванні й поточному ремонті китайських уповільнювачів і затримувачів.

Подібна система була впроваджена й успішно експлуатувалася на прикордонній станції Забайкальск у сортувальному парку «Б» колії 1435 мм. За відгуками працівників станції, проблема забезпечення якісного заповнення підгіркових колій у період експлуатації сортувальної гірки була вирішена практично повністю.

У рамках комплексної оцінки проводилося техніко-економічне порівняння варіантів системи регулювання швидкості, а також порівняння якісних розходжень по варіантах з використанням натуральних показників [69, 70].

Результати виконаної техніко-економічної оцінки показали наступне:

- 1) Використання ТВУ практично повністю усуває випадки пошкодження вагонів і вантажів на підгіркових коліях.
- 2) При установці ТВУ поздовжній профіль сортувальних колій проектується прискорювальним, внаслідок чого забезпечується високий ступінь заповнення колій і операції по осаджуванню вагонів практично виключаються з технологічного циклу роботи гірки.
- 3) За рахунок якісного заповнення сортувальних колій значно знижується величина гіркового технологічного інтервалу та, як наслідок, збільшується переробна спроможність гірки. Скорочення гіркового інтервалу для

прогнозованих умов роботи гірки й сортувального парку станції Забайкальск привело до скорочення одного гіркового локомотива, у порівнянні з варіантом використання традиційної системи гальмування вагонів, що реалізує принцип прицільного гальмування на ППП.

4) При використанні ТВУ за рахунок збільшення переробної спроможності гірки значно скорочується простій составів в очікуванні розформування. Для прогнозованих розмірів переробки скорочення відповідних експлуатаційних витрат склало 557,8 тис. руб. у рік (140 тис. грн).

Крім економічного ефекту, пов'язаного із скороченням обсягу маневрової роботи на коліях сортувального парку, усуненням пошкоджень вагонів і вантажів на сортувальній гірці й сортувальних коліях, використання в сортувальному парку ТВУ має ряд якісних переваг.

Низький рівень завантаження сортувальної гірки (45 %) при використанні ТВУ створює ряд істотних переваг:

1) достатній резерв переробної спроможності гірки забезпечує можливість легкого освоєння в перспективі обсягу переробки вагонів, що збільшується, по станції Забайкальск, без необхідності перебудови системи розформування-формування;

2) поліпшуються умови роботи станції в періоди пікових навантажень (тимчасового збільшення розмірів переробки понад розрахункові);

3) наявність резерву переробної спроможності гірки сприяє швидкому відновленню нормальних умов роботи при порушеннях технологічного процесу.

Зручність виконання технологічних операцій при реалізації варіанта з використанням ТВУ забезпечується за рахунок наступних факторів:

1) високий ступінь заповнення сортувальних колій практично не потребує відволікання маневрових локомотивів на операції осаджування вагонів;

2) дотримання безпечних умов з'єднання вагонів на коліях сортувального парку усуває необхідність маневрових робіт, пов'язаних з виключенням ушкоджених на гірці вагонів із составів, що формуються.

ТВУ забезпечують:

1) незалежність процесу регулювання швидкостей руху вагонів по коліях сортувального парку;

2) зручність оперативного керування роботою гірки (не потрібний контроль гіркового оператора за процесом руху вагонів по сортувальних коліях, зникає необхідність «перестраховального» гальмування з метою виключення зіткнень вагонів із підвищеними швидкостями).

Необхідно відзначити, що навіть незначні пошкодження цистерн із нафтою можуть привести до її розливу, забрудненню навколишнього середовища й інших досить серйозним екологічним наслідкам. У зв'язку із цим особливе значення з погляду інженерного захисту навколишнього середовища й усунення несприятливих екологічних наслідків подібних надзвичайних ситуацій має практично повне виключення випадків зіткнення вагонів з підвищеними швидкостями при використанні ТВУ. При використанні ТВУ значно зменшується рівень шуму при гальмуванні й з'єднанні вагонів, що сприяє скороченню сумарного шумового забруднення навколишнього середовища й поліпшує умови

праці працівників станції.

При використанні ТВУ повністю зникає необхідність знаходження регулювальників швидкості вагонів в небезпечній зоні руху рухомого складу. Як наслідок, суттєво зменшується загальний рівень травматизму працівників станції. Знижується психоемоційне навантаження, і поліпшуються умови роботи гіркових операторів.

Разом з тим, не можна не відзначити й недоліки, пов'язані з проектом застосування уповільнювачів типу TDJ, запропонованого китайською стороною.

Проект вимагає досить значного обсягу капітальних вкладень. Так, вартість одного уповільнювача TDJ-402 становить більше \$300 (2400 грн); вартість затримувачів, які розташовують наприкінці сортувальних колій для запобігання виходу вагонів за межі їхньої корисної довжини, ще вище. За проектом, що запропонований Дослідницьким центром систем регулювання швидкості вагонів ТВУ системи TDJ Харбінської залізниці КНР, на кожну сортувальну колію буде потрібно встановити 400 уповільнювачів TDJ-402 і 160 затримувачів. Загальна вартість засобів гальмування по парку «С» складе більше \$3 млн (24 млн грн). З врахуванням проектних і будівельно-монтажних робіт капітальні витрати будуть ще більше.

Було встановлено, що застосування ТВУ і затримувачів на станції Забайкальск забезпечує наступні переваги:

- повністю ліквідує можливість ушкодження вагонів і вантажів у вагонах в процесі розпуску за рахунок забезпечення руху вагонів по сортувальній колії з безпечною швидкістю;
- ліквідує можливість утворення вікон між вагонами по довжині сортувальних колій, що виключає необхідність проведення маневрових операцій по з'єднанню відцепів, які передчасно зупинилися;
- не вимагає контролю гірковим оператором ходу просування вагонів уздовж сортувального парку, тим самим знижується психологічне навантаження гіркових операторів;
- забезпечується стабільність гальмування вагонів, що не залежить від стану колісних пар вагонів (забруднення мазутом, наявність фарби на боковинах тощо)

Разом з тим, відзначені наступні негативні моменти, пов'язані з використанням ТВУ:

- зниження темпу й добових обсягів переробки вагонів у порівнянні з використанням класичних принципів інтервально-прицільного гальмування з використанням тільки натискних балкових вагонних уповільнювачів;
- необхідність установації натискних балкових вагонних уповільнювачів на спускній частині гірки й на початку сортувальних колій, створення компресорної й пневмомережі, що зв'язане зі значними капіталовкладеннями;
- необхідність влаштування прискорювального ухилу не менше 1,5 ‰ по всій довжині сортувального парку;
- неможливість механізованого очищення колій від снігу за допомогою існуючої снігоприбиральної техніки;
- значні капіталовкладення й експлуатаційні витрати на обслуговування пристроїв при обладнанні сортувальних колій ТВУ. За експертними оцінками

сумарна вартість ТВУ становить не менше 6 млн руб. (1,5 млн грн) на колію, а щомісячні експлуатаційні витрати – 120 людино-годин/міс. на 1 колію (загальні експлуатаційні витрати зростають в 2-2,5 рази), тобто необхідно мати приблизно 3 людини експлуатаційного персоналу на один пучок сортувальних колій;

- додаткові витрати енергії гіркових локомотивів на подолання опору ТВУ при витягуванні сформованих составів із сортувальних колій, обмеження швидкості витягування (не більш 18 км/год.).

З урахуванням вищенаведених переваг і негативних моментів, властивих системам розподіленого регулювання швидкості ТВУ, питання про можливість і доцільність їх широкого використання на сортувальних гірках у кожному конкретному випадку повинне вирішуватися на основі глибокого техніко-економічного обґрунтування.

Застосування технології квазінеперервного регулювання швидкості відчепів із використанням ТВУ можливе на заново проєктованих сортувальних станціях, розташованих у південних регіонах, де виключені низькі температури повітря й рясні снігопади.

Найбільш показовим є досвід використання точкових уповільнювачів на станції Секешфехервар (Угорщина) висотою, що має гірку, 3,8 м з 11 сортувальними коліями з корисною довжиною 500–600 м. За вітчизняною класифікацією [9] ця гірка належить до гірок малої потужності. Характерною рисою її конструкції є те, що при реконструкції виявилось неможливим змінити висоту гірки, тому що вершина гірки розташована на мосту, під яким проходить міська автодорога. Балкових уповільнювачів на гірці немає, усю роботу з гальмування вагонів виконують ТВУ, розставлені за розрахованою схемою на спускній частині гірки й у сортувальному парку.

Фактична переробна спроможність гірки через обмежену швидкість входу вагона на ТВУ (не більш 5,0 м/с) становить не більше 900 ваг/добу. Швидкість насування составів на гірку становить 0,9 м/с.

На спускній частині гірки встановлено 200 ТВУ, а на кожному з 11 сортувальних колій ще приблизно по 250 шт. Загальна кількість встановлених ТВУ становить 3000 шт.

Розбирання й ремонт ТВУ на станції не виконуються – усі несправні уповільнювачі вилучаються з колії (цим зайнято 2 людини) і відправляються на завод. Враховуючи, що ст. Секешфехервар розташована в межах міста, уздовж спускної частини гірки по обидва боки встановлена шумопоглинальна стінка висотою 1,2 м і довжиною 250 м.

Експлуатаційні показники роботи цієї гірки нижче, ніж на ст. Ференцварош. Так, маючи в 3,5 рази меншу переробку вагонів, тут за рік відбувається в 2 рази більше ушкоджень рухомого складу під час розпуску (26 випадків). Працівники гірки пояснюють це рядом причин: неоптимальним профілем гірки, недостатньою кількістю ТВУ, більш низькою надійністю газонаповнених уповільнювачів типу Dowty в порівнянні з Thyssen. У перспективі їх використання на гірці більше не планується.

Найбільш правильним рішенням в ситуації, що склалася, є прискорення розробки й впровадження вітчизняних аналогів подібних систем. З огляду на дуже

велику перспективність використання ТВУ на мережі залізниць України економічно вигідною є розробка вітчизняної комп'ютерної програми розрахунку епюри розташування ТВУ на спускній частині гірки і на сортувальних коліях. Наявність такої програми дозволить:

- проводити технічну експертизу іноземних проектів систем розподіленого гальмування;
- самостійно розробляти проекти розміщення домкратоподібних уповільнювачів;
- перейти до розробки й активного впровадження систем розподіленого гальмування, що використовують точкові уповільнювачі вітчизняної конструкції, у такий спосіб повністю ліквідувавши технологічне відставання від передових країн, що мають значний позитивний досвід експлуатації подібних систем (зокрема, від КНР) [62, 71, 72].

Слід зазначити, що в Росії за завданням МШС в 1991-1993 рр. на рівні винаходу був розроблений, виготовлений і випробуваний на експериментальній гірці ст. Щербинка Московської залізниці дослідний зразок ТВУ. Однак через значну вартість виготовлення, обладнання сортувальних колій і підтримки надійної роботи таких уповільнювачів, особливо в зимовий період у районах із сильними снігопадами й різкими коливаннями добових температур, подальші роботи з постановки на виробництво ТВУ були визнані МШС недоцільними.

1.5 Висновки, постановка задачі та мета дослідження

1. На основі аналізу наявного закордонного досвіду використання точкових регуляторів швидкості вагонів я зробив висновок, що системи розподіленого регулювання швидкості відчепів з використанням ТВУ здатні поліпшити якість сортувального процесу, підвищити схоронність рухомого складу й вантажів, ліквідувати важку й небезпечну працю регулювальників швидкості руху вагонів.

2. Однак на практиці щоб реалізувати ефект від застосування ТВУ треба враховувати характер вагонопотоку та реальні профілі гірок і підгіркових колій. Для отримання ефекту необхідно виконати великий обсяг коштовних робіт з реконструкції гірок та забезпечити надійне функціонування пристроїв у зимовий період.

3. ТВУ можна застосовувати на сортувальних гірках у комбінації із класичними балковими вагонними уповільнювачами на спускній частині гірки й на ПГП. Це не потребує, з одного боку, збільшувати роботу з гальмування відчепів на спускній частині гірки, а з іншого боку - створює умови для просування відчепів в сортувальному парку з безпечною швидкістю і накопичення вагонів на всій корисній довжині сортувальних колій.

Аналіз робіт, присвячених вирішенню проблем механізації та автоматизації процесу регулювання швидкості вагонів на сортувальних гірках свідчить про те, що проблема якості регулювання швидкості скочування відчепів до кінця не вирішена. Особливо це стосується прицільного регулювання швидкості відчепів.

Якість заповнення сортувальних колій залишає бажати кращого. Бажання скоротити обсяги маневрової роботи з ліквідації вікон між вагонами на сортувальних коліях призводить до підвищення середнього рівня швидкості

з'єднання вагонів і, як наслідок, до пошкодження вагонів та псування вантажів під час розпуску с гірки.

Дослідження багатьох вчених [2, 9, 10, 11, 32] довели до висновку, що досягти задовільної якості заповнення сортувальних колій вагонами за допомогою прицільного гальмування відчепів на стаціонарній ПГП на початку сортувальних колій з додатковою пересувною ПГП вглибині сортувального парку неможливо в принципі. Тому виникла потреба застосування альтернативних технологій регулювання швидкості скочування відчепів з гірки за допомогою точкових регуляторів швидкості вагонів.

Задача дисертаційного дослідження постала спочатку такою: чи можливо обладнати сортувальні гірки, запроектовані за існуючими нормативами, системою розподіленого регулювання швидкості відчепів з використанням точкових регуляторів? Якщо ні, тоді яким має бути поздовжній профіль спускної частини гірки та сортувальної колії, обладнаних системою розподіленого регулювання швидкості відчепів, а також якими мають бути параметри точкових регуляторів та схема їх розташування на шляху скочування відчепів?

В процесі дослідження завдання було уточнене до того, щоб визначити, які параметри повинні бути у системи розподіленого регулювання швидкості відчепів для підвищення ефективності сортувального процесу.

Оскільки точкові регулятори швидкості вагонів на вітчизняних залізницях не використовуються, для вирішення поставленої задачі була удосконалена математична модель скочування відчепів з гірки та їх накопичення на сортувальній колії, в якій врахована можливість гальмування ТВУ.

РОЗДІЛ 2

ПАРАМЕТРИ СИСТЕМИ РОЗПОДІЛЕНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ВІДЧЕПІВ ТА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ГАЛЬМУВАННЯ ВІДЧЕПІВ ТОЧКОВИМИ РЕГУЛЯТОРАМИ ШВИДКОСТІ

Система розподіленого регулювання швидкості відцепів являє собою низку установлених уздовж шляху скочування відцепів із сортувальної гірки точкових регуляторів швидкості вагонів. Пристрої кріпляться до рейок із заздалегідь визначеними інтервалами, тобто з певною щільністю. Пристрої взаємодіють із колесом рухомого складу і в залежності від швидкості налаштування регуляторів гальмують або прискорюють вагон.

Регулятори швидкості точкового типу залежно від робочого тіла поділяють на гідравлічні, пневматичні й механічні [72]. Гальмовий або прискорювальний ефект виникає у гідравлічних або пневматичних регуляторах швидкості за рахунок використання як робочого тіла рідини або повітря. У регуляторах механічного типу гальмове зусилля виникає за рахунок сили тертя дисків. Незважаючи на використання різних принципів поглинання енергії, принцип взаємодії регуляторів з колесом вагона в них однаковий.

Вперше фірмою Dowty розроблено два різні за функціональним призначенням типи точкових пристроїв регулювання швидкості вагонів. Це точкові вагонні уповільнювачі (ТВУ) й прискорювачі-уповільнювачі (ТВПУ).

2.1 Устрій та принцип дії ТВУ

ТВУ являє собою металевий циліндр, у який вставлений капсуль уповільнювача з грибоподібною голівкою зверху і з поршнем, що вмонтований усередині капсуля. Циліндр кріпиться до внутрішньої сторони шийки рейки. Капсуль виготовлений з високоміцної сталі із загартованою грибоподібною голівкою. Капсуль може бути вийнятий з корпусу циліндра для технічного обслуговування. Поршнева частина зі швидкісним (2) та перепускним (4) клапанами усередині капсуля (рис. 2.1) заповнена маслом та азотом.

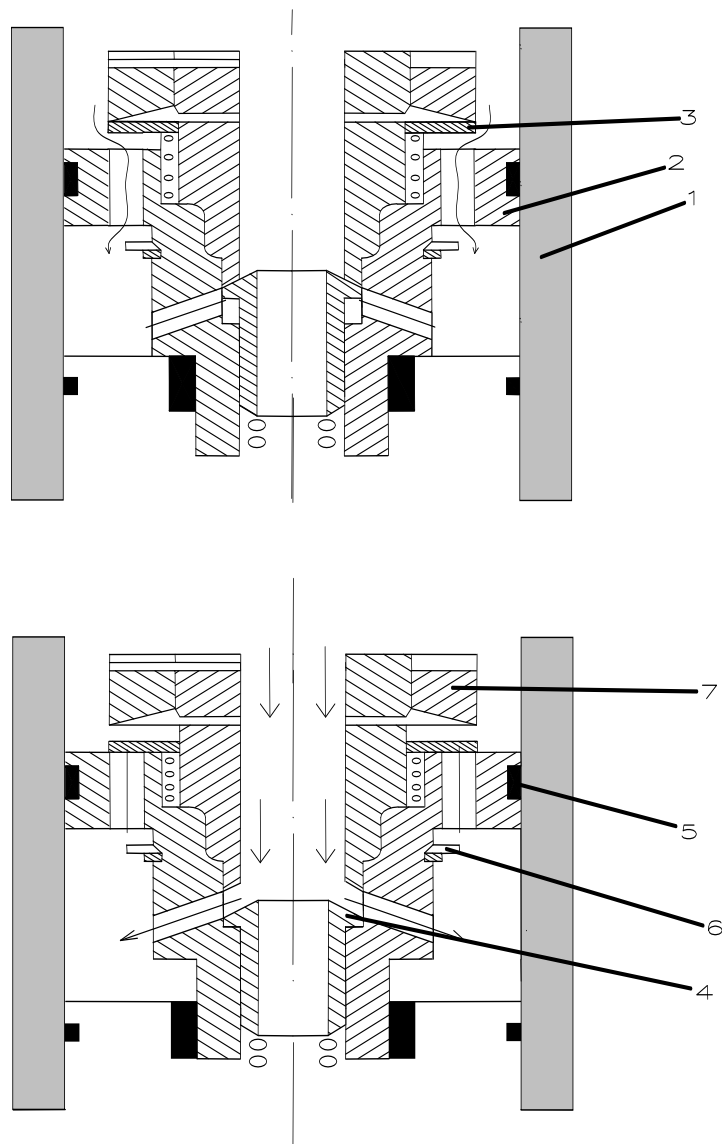


Рисунок 2.1 – Капсуль ТВУ в розрізі:

1 – стінка капсуля; 2 - швидкісний клапан; 3 - регулювальна пластина;
4 - перепускний клапан; 5 - ковзун; 6 - демпфер; 7 - регулювальний болт

Проїжджаючи через ТВУ, гребінь колеса вагона натискає на виступаючу над рівнем головки рейки частину капсуля уповільнювача. У залежності від швидкості руху вагона капсуль уповільнювача просувається усередину корпусу під тиском гребеня колеса вагона з відбиранням або без відбирання енергії [63, 73].

ТВУ заздалегідь налаштовують на певну контрольну швидкість спрацьовування, яка для ТВУ може регулюватися в межах від 0 до 5 м/с.

Коли вагон рухається зі швидкістю нижче за контрольну швидкість, відбувається так зване холосте спрацьовування ТВУ, капсуль уповільнювача (1, рис. 2.1) переміщується вниз під тиском гребеню колеса вагона майже без опору. Тобто колесо вагона повільно наїжджає на капсуль уповільнювача, гребінь колеса вагона натискає на грибоподібний капелюшок капсуля уповільнювача, капсуль

уповільнювача на ковзунах (5) пересувається донизу, а швидкісний клапан лишається на місці нерухомим. Об'єм верхньої камери усередині капсуля зменшується, натомість збільшується об'єм нижньої камери капсуля уповільнювача. Масло усередині капсуля перетікає із верхньої камери в нижню через отвори регулювального клапана доти, поки не вирівняється тиск у верхній і нижній камерах.

Від удару капсуля об дно циліндра уповільнювача фірми DOWTY захищає стиснутий азот, якій амортизує удар. В конструкції ТВУ фірми Thyssen ця функція покладена на пружини, на які спирається капсуль уповільнювача.

Стрілочками показаний напрямок перетікання масла з верхньої в нижню камеру капсуля уповільнювача.

Після звільнення уповільнювача колесом вагона стиснутий азот виштовхує капсуль в вихідне положення. Масло знов через отвори регулювального клапана перерозподіляється між верхньою та нижньою камерами капсуля уповільнювача. Таким чином пересування капсуля уповільнювача в вертикальному напрямку відбувається без відчутного опору.

Коли вагон рухається зі швидкістю вище за контрольну швидкість спрацьовування ТВУ, колесо вагона достатньо швидко натискує на капелюшок капсуля уповільнювача. Різко зростає тиск у верхній і падає в нижній камерах капсуля уповільнювача. Різке зростання тиску у верхній камері капсуля миттєво стискає пружину, що утримує регулювальну пластину (3) від перекриття отворів швидкісного клапана, і регулювальна пластина перекриває отвори в швидкісному клапані. Тобто перепад тиску між камерами капсуля перекриває швидкісний клапан. Після перекриття швидкісного клапана високий тиск масла у верхній камері капсуля починає тиснути на перепускний клапан (4). Під тиском стискається пружина перепускного клапана і відкриваються отвори перепускного клапана. Масло через ці отвори перетікає в нижню камеру капсуля. Таким чином переміщення капсуля уповільнювача у вертикальному напрямку відбувається з подоланням опору пружини перепускного клапана. Енергія вагона витрачається на стиснення пружини перепускного клапана для його відкриття.

Таким чином, енергія вагона витрачається на проштовхування масла з верхньої камери в нижню через перепускний клапан уповільнювача. Кількість енергії гальмування залежить від контрольної швидкості спрацьовування, на яку заздалегідь налаштовують ТВУ. Ця швидкість налаштовується за допомогою спеціального регулювального болта (7). Ним регулюється ступінь стиснення пружини, яка утримує регулювальну пластину від закриття отворів швидкісного клапана. Контрольна швидкість спрацьовування ТВУ може регулюватися в межах від 0 (у так званих точкових затримувачів) до 5 м/с [74].

Як тільки-но колесо вагона звільняє уповільнювач, відбувається розширення стислого азоту. Капсуль уповільнювача починає повертатися у початкове положення. Перепускний клапан (якщо він відкривався) замикається, а масло через швидкісний клапан перетікає з нижньої камери у верхню доти, поки тиск між ними не вирівняється. Демпфер (6) призначено для плавного повернення капсуля уповільнювача у початкове положення.

Важливою особливістю ТВУ є те, що налаштовані на певну контрольну швидкість спрацьовування вони працюють повністю автономно, не потребують ручного або автоматизованого керування, а також зовнішніх джерел енергії, або живлення. Їх установлюють уздовж колії скочування відчепів у сортувальному парку для утримування швидкості скочування відчепів у визначених межах. На коліях, обладнаних ТВУ, постійну швидкість відчепів із поганими ходовими властивостями повинні забезпечувати ухил сортувальної колії. А відчепи з хорошими ходовими властивостями, якщо їхня швидкість перевищує контрольну, на яку налаштовані ТВУ, повинні гальмуватися.

Згідно з технічною характеристикою ТВУ питома робота на гальмування чотирьохвісного вагона масою 80 т при контрольній швидкості 5 м/с складає близько 0,008 м еп. в.

2.2 Устрій та принцип дії ТВПУ

Прискорювач-уповільнювач вагонів точкового типу складається із двох частин, що узгоджено працюють у тісній взаємодії одна з одною (рис. 2.2). ТВПУ складається з капсуля уповільнювача й пневматичного капсуля прискорювача, управління яким здійснюється уповільнювачем через повітряний клапан. Якщо кожний ТВУ працює автономно, тоді для роботи ТВПУ необхідна компресорна установка з повітропроводом для подачі повітря в капсуль прискорювача.

Обидва елементи монтуються на внутрішній стороні шийки рейки один за одним за напрямком скочування вагонів: спочатку прискорювач, а за ним уповільнювач. Нормальне положення штока капсуля прискорювача (7) трохи нижче рівня головки рейки, коли гребінь колеса вагона не повинен торкатися капелюшка капсуля прискорювача.

Коли вагон рухається зі швидкістю нижче контрольної швидкості спрацьовування, капсуль уповільнювача без опору пересувається усередину корпусу. Направляючий поршень (2) стискає пружину (3) до контакту з повітряним клапаном (4). Дали стискає пружину (5). Цього зусилля достатньо, щоб перевести повітряний клапан в середнє положення, яке дозволяє стислому повітрю надходити в капсуль прискорювача. Через повітряний клапан з повітропроводу в капсуль прискорювача надходить стиснене повітря, яке штовхає вгору капсуль прискорювача, додаючи у такий спосіб додаткову енергію колесу вагона в момент проходження його через уповільнювач.

Як тільки-но колесо вагона звільняє уповільнювач, капсуль прискорювача повертається у вихідне положення, повітряний клапан закривається, подача повітря в капсуль прискорювача припиняється й капсуль прискорювача повертається у вихідне положення.

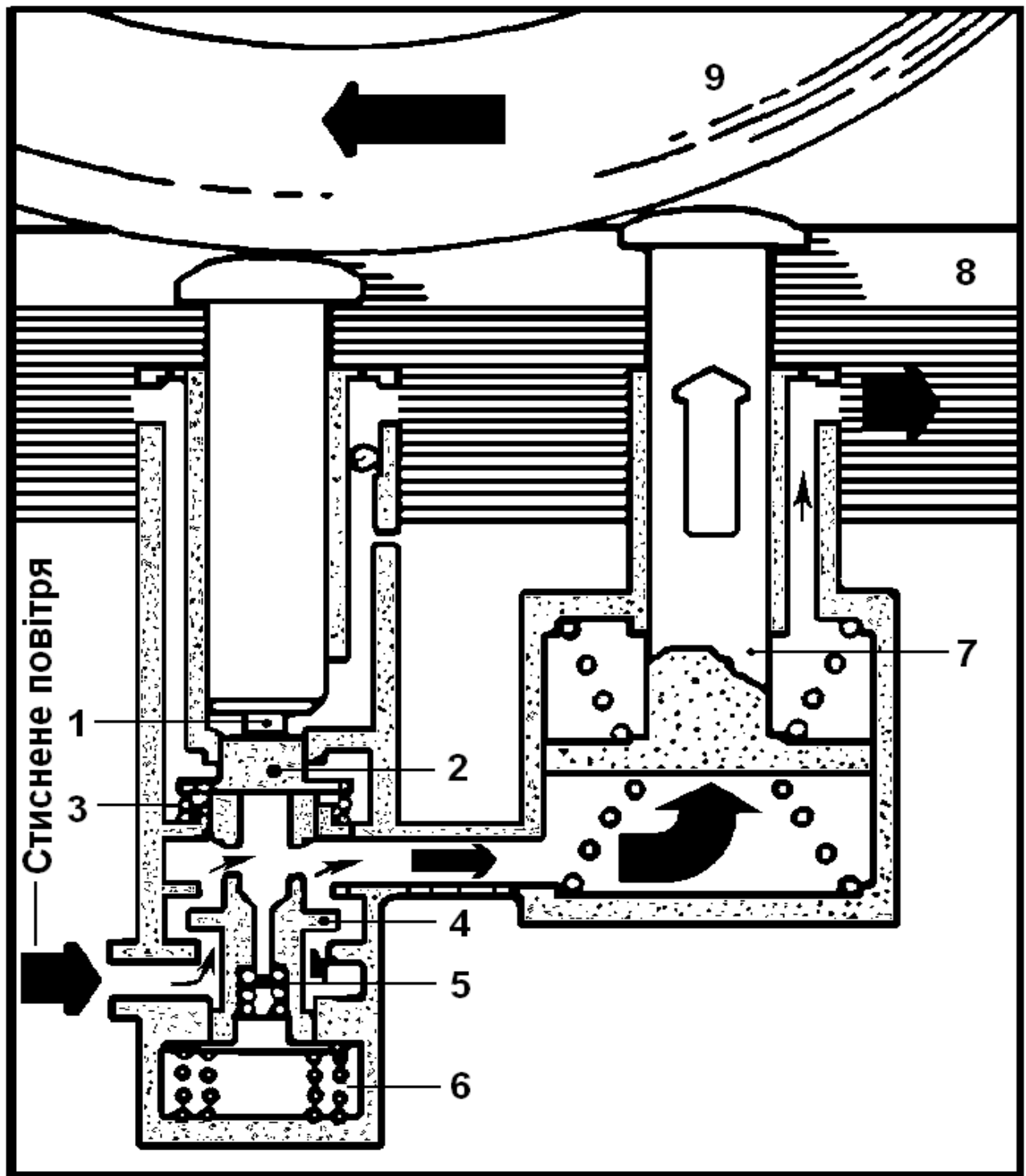


Рисунок 2.2 – Точковий вагонний прискорювач-уповільнювач:

1 – капсуль уповільнювача; 2 – направляючий поршень; 3, 5, 6 – пружини;
4 – повітряний клапан; 7 – капсуль прискорювача; 8 – рейка; 9 – колесо вагона

Якщо вагон рухається зі швидкістю вище контрольної швидкості спрацювання, уповільнювач гальмує вагон. Принцип роботи уповільнювача описаний вище. Того зусилля, що передається від капсуля уповільнювача через направляючий поршень, достатньо для того, щоб стиснути пружини (3, 5 та 6) та перекрити повітряний клапан в нижньому положенні. Тим самим стисле повітря не надходить в капсуль прискорювача, тобто він не спрацьовує.

Згідно с технічною характеристикою енергія прискорення ТВПУ за одне спрацьовування приблизно дорівнює 0,02 м ен. в. для порожнього чотирьохосного вагона масою 22 т, а для завантаженого чотирьохосного вагона масою 80 т – 0,005 м ен. в.

2.3 Параметри системи розподіленого регулювання швидкості відчепів точковими регуляторами швидкості

При вільному коченні колеса по рейці на нього діють рушійні сили: складова ваги вагона й сили опору тертя в підшипниках, тертя кочення колеса по рейці, опір від кривих і стрілок, опір вітру тощо. Коли ж вагон вступає у взаємодію з регулятором швидкості, на нього діють додаткові зовнішні сили з боку цих регуляторів. Якщо взяти гідравлічний прискорювач-уповільнювач, налаштований на розрахункову швидкість виходу вагонів, тоді залежно від швидкості набігання вагона він діє як уповільнювач, якщо швидкість вагона перевищує розрахункову, або як прискорювач, якщо швидкість менше за розрахункову. Відповідно до цього дія зовнішніх сил на колесо вагона й робота, виконувана цими силами, будуть мати різні значення.

Протягом часу, коли колесо вагона повертається на кут α (рис. 2.3), на нього чинить вплив вертикальна сила опору переміщенню капсуля уповільнювача $F_{\text{оп}} \sin \alpha$, яка в свою чергу спричиняє додатковий опір руху вагона $F_{\text{оп}} \sin \alpha$ і залежить від контрольної швидкості спрацьовування ТВУ $V_{\text{н}} \sin \alpha$ та від швидкості руху вагона під час набігання його колеса на уповільнювач $V \sin \alpha$. Робота сили опору руху вагона, чинена одним точковим регулятором на одне колесо $A_{\text{оп}} \sin \alpha$ є функцією від радіусу колеса вагона по колу катання $R \sin \alpha$, радіусу по гребеню колеса вагона $R_{\text{г}} \sin \alpha$, радіусу капелюшка капсуля уповільнювача $R_{\text{к}} \sin \alpha$ та вертикальної сили опору капсуля уповільнювача $F_{\text{оп}} \sin \alpha$.

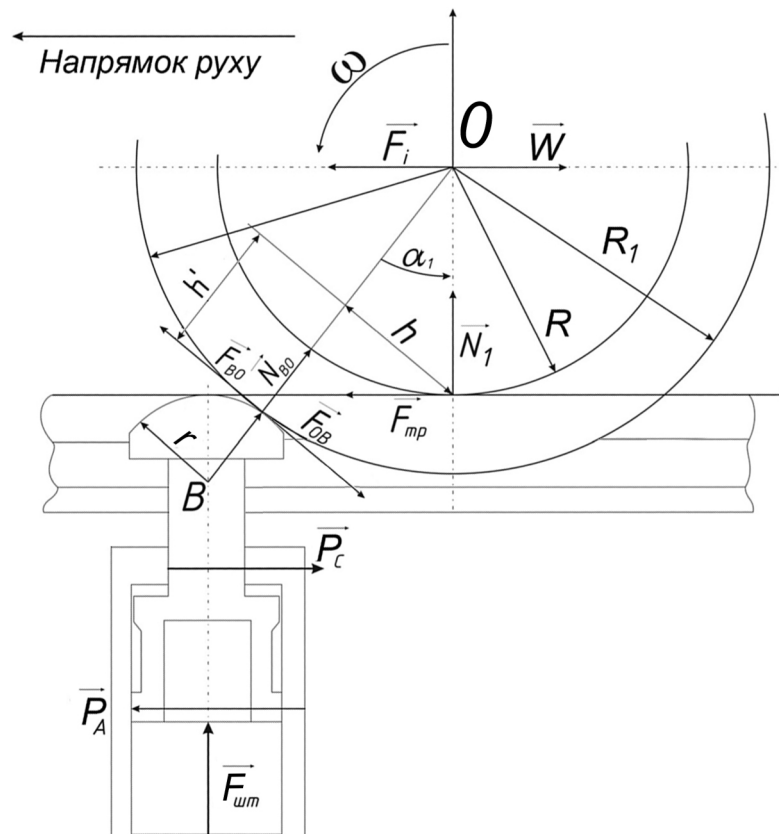


Рисунок 2.3 – Схема відносного розташування ТВУ, колеса вагона та рейки в момент набігання колеса на голівку капсуля уповільнювача

Установити взаємозв'язок між ухилом колії й кількістю точкових регуляторів швидкості можна, виходячи із закону збереження енергії [75].

Енергія відчепа по колії скочування змінюється за рахунок дії сил опору руху й за рахунок роботи, чиненої точковими вагонними уповільнювачами:

$$E_{DSMT4} = E_{DSMT4} + W_{\text{опору}} - W_{\text{ТВУ}},$$

де E_{DSMT4} – повна енергія відчепа на початку ділянки скочування, Дж;

E_{DSMT4} – повна енергія відчепа в будь-якій наступній точці ділянки скочування, Дж;

– робота сил опору руху відчепа на ділянці, Дж;

– робота, чинена ТВУ, Дж.

Відчеп в будь-якій точці має запас кінетичної й потенційної енергії

$$E_{DSMT4} = T + U,$$

де T, U – відповідно кінетична й потенційна енергія відчепа, Дж.

За умови утримання сталої швидкості відчепа в будь-якій точці ділянки скочування кінетична енергія на початку й в кінці ділянки повинна бути однаковою. Тоді рівняння прийме вигляд

$$E_{DSMT4} = E_{DSMT4}, \quad (2.1)$$

де U й U – потенційна енергія на початку й в кінці ділянки скочування, Дж.

Потенційна енергія відчепа визначається за формулою:

$$E_{\text{DSMT4}} = m \cdot g \cdot h, \quad (2.2)$$

де m – маса відчепа, кг;
 g – прискорення вільного падіння, м/с,
 h – перепад висот на ділянці скочування, м.

З врахуванням (2.2) рівняння (2.1) приймає наступний вигляд:

$$E_{\text{DSMT4}} = m \cdot g \cdot h, \quad (2.3)$$

де h – перепад висоти на ділянці колії, м, що визначається за формулою:

$$h = L \cdot \sin \alpha, \quad (2.4)$$

де L – довжина ділянки колії, м;
 α – ухил колії, %.

Тоді рівняння (2.4) прийме вигляд:

$$h = L \cdot \sin \alpha, \quad (2.5)$$

Робота сил опору руху відчепа визначається як

$$A_{\text{DSMT4}} = F_{\text{опору}} \cdot L, \quad (2.6)$$

де $F_{\text{опору}}$ – сила опору руху відчепа, Н;
 або через питомий опір руху відчепа:

$$A_{\text{DSMT4}} = F_{\text{опору}} \cdot L, \quad (2.6)$$

де $F_{\text{опору}}$ – сумарний питомий опір руху відчепа, Н/кН.

Робота ТВУ визначається за формулою

$$A_{\text{ТВУ}} = P_{\text{ТВУ}} \cdot t, \quad (2.7)$$

де n – кількість осей у відчепі;
 N – кількість ТВУ на ділянці скочування відчепа;
 $P_{\text{ТВУ}}$ – робота, чинена одним ТВУ за одне спрацьовування, Дж.
 Підставимо (2.6) і (2.7) у рівняння (2.5):

$$A_{\text{DSMT4}} = F_{\text{опору}} \cdot L$$

$$. \quad (2.8)$$

Розділимо обидві частини рівняння (2.8) на $A_{\text{ТВУ}}$ і перейдемо до поняття щільності розміщення ТВУ:

$$A_{\text{DSMT4}} = F_{\text{опору}} \cdot L$$

У результаті рівняння (2.8) прийме наступний вигляд:

(2.9)

При застосуванні на сортувальній гірці ТВУ необхідно визначити, як часто (з якою щільністю) їх потрібно розставити на колії скочування відчепів, а також визначити ухил цієї колії. Задача в цьому випадку зводиться до того, щоб всі осі відчепів з найкращими ходовими властивостями гальмувалися б ТВУ й за рахунок цього їх швидкість залишалася б на рівні тієї, на яку налаштовані ТВУ (на рівні контрольної швидкості спрацьовування), наприклад, м/с.

2.4 Удосконалення математичної моделі розрахунку та проектування сортувальної гірки

Сучасні дослідження процесу розпуску составів із сортувальної гірки, як правило, не міняють математичного моделювання процесу скочування відчепів із гірки. За допомогою отриманих вище залежностей (2.8) та (2.9) удосконалено модель [43, 47, 76, 77] регульованого скочування відчепів з гірки. Тобто програма була доповнена гальмовими характеристиками ТВУ, які з певною щільністю можливо розташовувати на будь-яких ділянках маршруту скочування відчепів, окрім зони гостряків та хрестовин стрілочних переводів, зі щільністю до чотирьох уповільнювачів на один погонний метр колії, тобто по два на кожній рейці.

Розташування ТВУ по маршруту скочування відчепа з гірки задається як окремі елементи профілю з додатковим параметром кількістю ТВУ, окрім довжини і ухилу, з врахуванням обмежень, що наведені вище, тоді можна скласти масив координат ТВУ на цій ділянці профілю [78].

Координата чергового ТВУ на -й ділянці профілю визначається за формулою:

, (2.10)

де

- довжина ділянки профілю, м;
- кількість ТВУ на ділянці профілю;
- наскрізний лічильник ТВУ в порядку збільшення координат;
- m – лічильник ділянок профілю.

Моделювання скочування відчепа виконується з кроком переміщення , що відповідає мінімальній відстані між віссю відчепа та розташованим попереду

точковим регулятором . Крок переміщення розраховується наступним чином. Початковий крок переміщення порівнюється з відстанню від кожної осі відчепа до наступного ТВУ й з відстанню до кінця ділянки профілю, по якій котиться дана вісь. Якщо координата будь-якої осі відчепа

виявиться рівною координаті певного точкового регулятора, тоді моделюється гальмування, прискорення або холосте спрацьовування точкового регулятора.

На кожному кроці переміщення визначається еквівалентний ухил:

$$,$$

- де
- навантаження на вісь відчепа, кН/вісь;
 - ухил, по якому котиться -а вісь, ‰;
 - вага відчепа, кН.

Питомий опір середовища й вітру моделюється згідно [77]:

$$,$$

- де
- відносна швидкість відчепа і вітру, м/с;
 - коефіцієнт опору вітру;
 - площа поперечного перерізу вагона, м²;
 - розрахункова температура повітря, °С;
 - маса відчепа, т;
 - кількість вагонів у відчепі.

$$,$$

- де
- швидкість відчепа на початку кроку переміщення, м/с;
 - швидкість вітру, м/с;
 - кут між напрямком скочування відчепа й напрямком вітру, град.
- Коефіцієнт опору вітру визначається згідно [79].

$$,$$

- де
- кут між вектором відносної швидкості й напрямком руху відчепа, град.;
 - , – постійні коефіцієнти.

$$.$$

Кут між напрямком скочування відчепа й напрямком вітру визначається за формулою

$$\alpha = \arctan \frac{v_{\text{в}}}{v_{\text{р}}}$$

де $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{р}}$ – відповідно напрямок вітру й напрямок розпуску, град.

Швидкість відчепа в кінці чергового кроку переміщення визначається за формулою:

$$v_{\text{к}} = \sqrt{v_{\text{в}}^2 + v_{\text{р}}^2}$$

де Δl – крок переміщення відчепа, м;

a – прискорення вільного падіння з врахуванням інерції обертальних частин відчепа, м/с².

$$a = g \cdot \sin \alpha$$

$$v_{\text{к}} = \sqrt{v_{\text{в}}^2 + v_{\text{р}}^2}$$

де a – прискорення вільного падіння, м/с².

З урахуванням кроку переміщення збільшується поточне значення координати відчепа й коректується масив розташування осей відчепа на ділянках профілю.

Якщо після коректування з'ясується, що координата будь-якої осі відчепа виявиться рівною координаті певного ТВУ, тоді моделюється гальмування або холосте спрацьовування уповільнювача в залежності від того, яка швидкість відчепа в цей момент.

При спрацьовуванні ТВУ швидкість відчепа знижується:

$$v_{\text{к}} = \sqrt{v_{\text{в}}^2 + v_{\text{р}}^2}$$

де W – робота точкового регулятора, Дж.

Робота ТВУ прямо пропорційна контрольній швидкості спрацьовування й відбувається тільки якщо швидкість відчепа в момент проходження колеса відчепа по уповільнювачу вище контрольної швидкості ТВУ. Якщо швидкість відчепа нижче контрольної швидкості спрацьовування ТВУ, тоді відбувається так зване «холосте» спрацьовування уповільнювача, тобто відчеп проходить уповільнювач практично без втрати кінетичної енергії [80].

Розрахунки з проектування висоти і профілю сортувальних гірок різних конструкцій виконано за допомогою даної моделі на ЕОМ. Результати розрахунків наведено в розділі 3 даної роботи.

2.5 Модель заповнення вагонами сортувальних колій

Модель заповнення вагонами сортувальних колій дозволяє задавати профіль сортувальної колії, обладнаної системою розподіленого регулювання швидкості відчепів і фіксувати показники якості процесу накопичення вагонів з урахуванням проштовхування відчепів, що передчасно зупинилися, черговими відчепами [5, 81]. Алгоритм моделювання приведений на рис. 2.4.

В процесі накопичення вагонів на сортувальній колії вирішується дві задачі: задача найбільш повного заповнення колії вагонами з одного боку і задача забезпечення безпечної швидкості підходу відчепів до вагонів, що зупинилися на колії, з іншого.

На процес чинить вплив безліч факторів, велика частка з яких некеровані. А якість заповнення сортувальної колії вагонами прийнято оцінювати за ступенем заповнення сортувальної колії вагонами і ймовірністю підходу відчепів до вагонів в сортувальному парку з допустимою швидкістю, причому обидва показники необхідно максимізувати. Крім того, що ці показники не повною мірою відображають якість заповнення сортувальної колії вагонами, вони є суперечливими в тому сенсі, що при збільшенні ухилу сортувальної колії та збільшенні швидкості входу відчепа на сортувальну колію поліпшується перший показник, тобто збільшується ступінь заповнення сортувальної колії вагонами, і погіршується другий – зростає ймовірність підходу відчепів до вагонів в сортувальному парку з допустимою швидкістю.

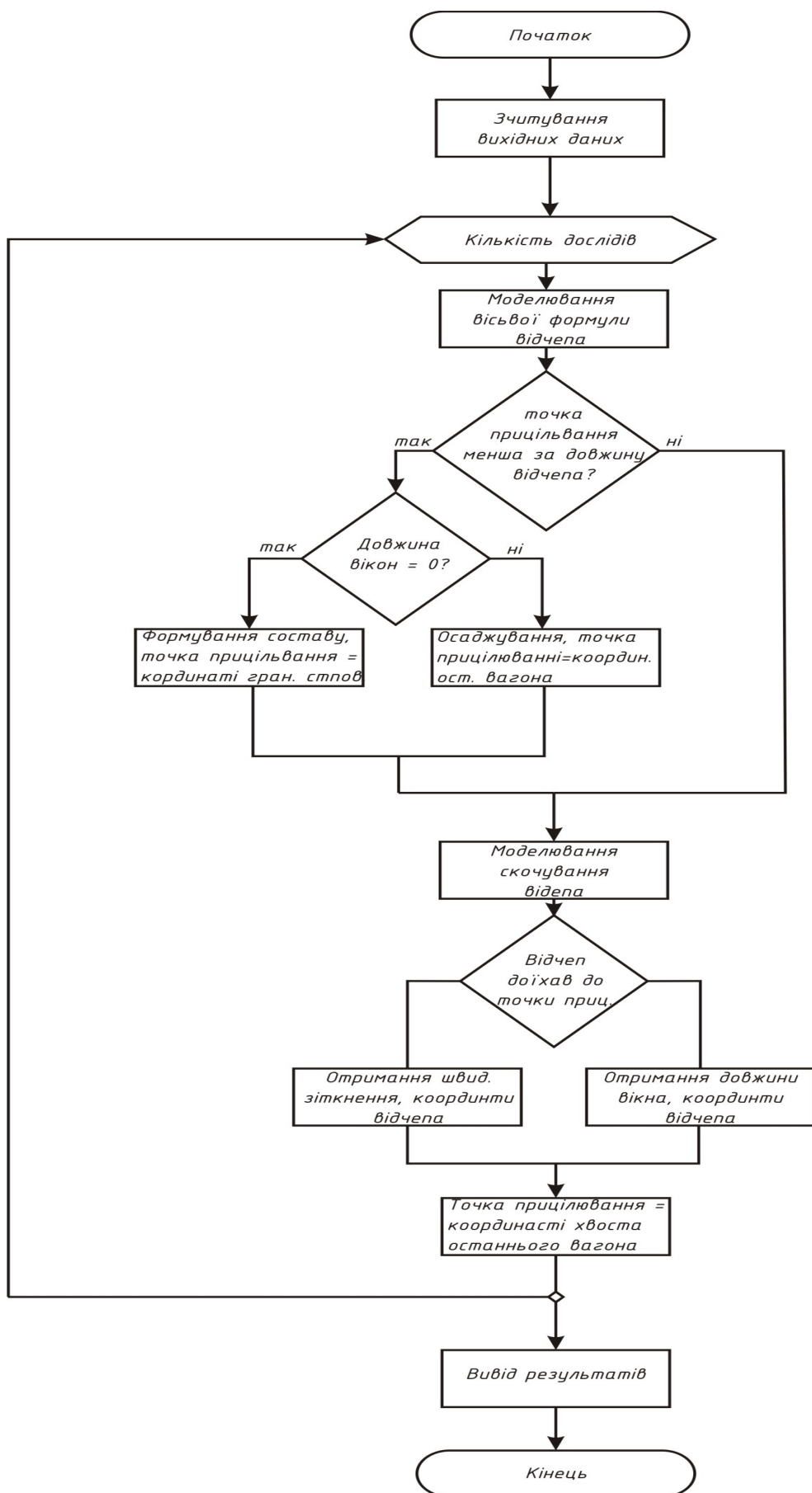


Рисунок 2.4 – Алгоритм моделювання заповнення вагонами сортувальних колій

Для того, щоб отримати показники якості накопичення вагонів на сортувальній колії потрібно виконати спостереження з фіксацією швидкостей підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії, а також довжини вікон між вагонами після розпуску чергового состава і після кожного осаджування або підтягування вагонів.

Провести такі натурні спостереження технічно і організаційно дуже складно. Тому для вирішення поставленої задачі використовувалася імітаційна модель заповнення вагонами сортувальної колії.

Починаючи від ПГП, відповідно до кількості ТВУ, розташованих на елементах профілю сортувальної колії, складається масив координат ТВУ за формулою (2.10).

Далі визначаються початкові умови скочування відчепа. Температура навколишнього середовища, швидкість й напрямок вітру моделюються як випадкові величини за розподілом частот повторення цих параметрів.

Модель відчепа побудована на основі осьової моделі, доповненої параметрами вагонів в його складі, та швидкістю виходу з ПГП.

Кількість вагонів у відчепі моделюється як випадкова величина. В якості вихідних даних використовується таблиця розподілу вагонопотоку за кількістю вагонів у відчепі, що отримана шляхом натурних спостережень (дод. А, табл. А.1).

Аналогічно для кожного вагона у відчепі визначається його вага й тип. Ці дані отримані також шляхом обробки статистичних даних натурних спостережень. За типом вагона визначається кількість осей, навантаження на вісь і відстані між сусідніми осями відчепа.

Значення основного питомого опору руху вагона визначається як випадкова величина згідно [2].

Основний питомий опір руху відчепа визначається як середньозважена величина по масі вагонів у складі відчепа:

$$.DSMT4 \quad ,$$

де — маса вагона, т;

— основний питомий опір вагона, Н/кН;

— кількість вагонів у відчепі.

Використання керованої ПГП необхідно для того, щоб загальмувати всі відчепи до контрольної швидкості точкових уповільнювачів. Цю функцію не можна залишити за ТВУ, установленим з великою щільністю, оскільки різко зростає ймовірність нерозділення відчепів на останніх елементах на спускній частині гірки. Це пов'язане з тим, що швидкість довгих легких відчепів швидко знижується за рахунок гальмування передніх осей відчепа в той самий час останні осі таких відчепів ще не звільнили останній розділювальний елемент. Збільшується ризик нагону таких відчепів наступними відчепами і, як наслідок, їх

нерозділення. Оператор ПГП може загальмувати будь-які осі відчепа залежно від оперативного становища, що складається в процесі розпуску состава, не допускаючи загальмовування відчепа, поки той не звільнить останній розділювальний елемент. Швидкість виходу відчепа з ПГП моделюється як нормально розподілена випадкова величина за формулою

де μ – математичне очікування швидкості виходу відчепа з ПГП, м/с;
 σ – середньоквадратичне відхилення швидкості виходу відчепа з ПГП, м/с;

r – випадкове число з нормальним законом розподілу.

Координата точки прицілювання залежить від корисної довжини сортувальної колії, якщо відчеп скочується на вільну колію, або від координати автозчепного пристрою вагона, який надійшов на сортувальну колію останнім в попередньому відчепі.

Координата точки прицілювання першого відчепа дорівнює довжині сортувальної колії. Після скочування відчепа знову моделюється нова координата точки прицілювання від координати останньої осі попереднього відчепа. Якщо ця координата виявиться менше довжини наступного відчепа, тоді моделюється операція осаджування вагонів.

Далі моделюється початкове положення відчепа після виходу його з ПГП, тобто формується:

- масив номерів елементів, на яких перебувають осі відчепа;
- масив відстаней від кожної осі відчепа до кінця елемента профілю, на якому вона перебуває;
- масив, у якому записана кількість ТВУ пройдених кожною віссю до моменту виходу відчепа з ПГП.

У момент виходу відчепа з ПГП поточній координаті першої осі у відчепі присвоюється значення відстані між першою й останньою осями відчепа.

Швидкість відчепа v в кінці кроку переміщення s розраховується за формулою

$$v = \mu + \sigma \cdot r \quad (2.11)$$

Після скочування відчепа визначається нова координата точки прицілювання для наступного відчепа довжиною L за формулою

$x_{i+1} = x_i + L$, якщо відчеп докотився до точки прицілювання з координатою x_i або за формулою $x_{i+1} = x_i + L$, якщо відчеп не докотився до точки прицілювання.

Так моделюється послідовне скочування відчепів із гірки i , якщо відчеп докотився до вагонів на сортувальній колії, тоді фіксується швидкість з'єднання відчепа з вагонами, якщо ні, то фіксується довжина вікна

L . Якщо ця координата виявиться менше за довжину

наступного відчепа , тоді моделюється операція осаджування. Після завершення накопичення состава на колії за нормою маси або довжини состава моделюється прибирання вагонів з колії та підтягування групи вагонів, що залишаються на колії, в хвіст сортувального парку.

2.6 Оцінка адекватності моделі

Після розробки математичної моделі заповнення вагонами сортувальної колії була виконана оцінка її адекватності. Із цією метою був виконаний статистичний аналіз випадкових величин швидкості підходу відчепів до вагонів в сортувальному парку за результатами натурних спостережень на реальній станції й за результатами моделювання. Для цього були досліджені вибірки зазначених значень швидкості, що отримані в результаті натурних спостережень на станції й за результатами моделювання процесу заповнення вагонами сортувальної колії.

Для статистичного аналізу використовувалася вибірка значень швидкості підходу відчепів до вагонів в сортувальному парку (, , ...,), отримана в результаті спостережень протягом трьох змін (обсяг вибірки , табл. А.5 додатку А) на сортувальних коліях станції Нижньодніпровськ-Вузол, профіль яких відповідає нормативам. За даними вибірки побудований статистичний ряд розподілу, а також визначені статистичні оцінки математичного очікування й середнього квадратичного відхилення швидкості підходу відчепів до вагонів в сортувальному парку (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Розрахунки параметрів розподілу випадкової величини швидкості підходу відчепів до вагонів в сортувальному парку за результатами натурних спостережень

Номер розряду у	Ліва межа розряду, м/с	Права межа розряду, м/с		, м/с		м/с	м/с ²	
1	0,50	1,06	15	0,78	0,1875	0,146	0,114	0,335
2	1,06	1,62	51	1,34	0,6375	0,854	1,145	1,138
3	1,62	2,18	10	1,9	0,125	0,238	0,451	0,223
4	2,18	2,74	3	2,46	0,0375	0,092	0,227	0,067
5	2,74	3,3	1	3,02	0,0125	0,038	0,114	0,022
Σ			80		1	1,368	2,051	

Тепер розрахуємо основні параметри розподілу випадкової величини швидкості підходу відчепів до вагонів в сортувальному парку (X) за результатами натурних спостережень:

математичне очікування:

.DSMT4 ,

.DSMT4 м/с;

математичне очікування квадрата випадкової величини:

.DSMT4

,

.DSMT4

(м/с)²;

дисперсія випадкової величини:

.DSMT4

,

.DSMT4

(м/с)²;

середньоквадратичне відхилення:

.DSMT4

,

.DSMT4

м/с;

коефіцієнт варіації:

,

;

параметр Ерланга:

.DSMT4

,

.DSMT4

.

Щоб уявити характер зміни випадкової величини побудуємо гістограму розподілу випадкової величини швидкості підходу відчепів до вагонів в сортувальному парку за результатами натурних спостережень (рис. 2.5).

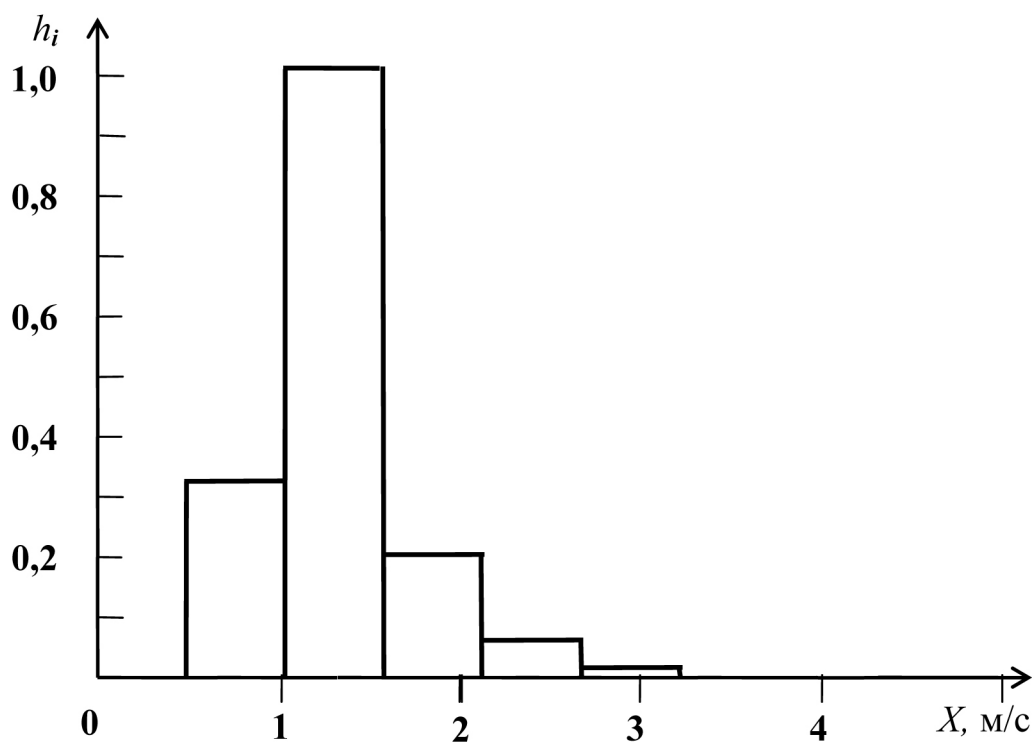


Рисунок 2.5 – Гістограма розподілу випадкової величини швидкості підходу відчепів до вагонів в сортувальному парку за результатами натурних спостережень

За результатами моделювання заповнення вагонами сортувальної колії, ухил якої запроєктований згідно із вимогами чинних норм проектування [9], і була отримана вибірка (, , ...,) обсягом . За даними вибірки побудований статистичний ряд розподілу, а також визначені статистичні оцінки математичного очікування й середнього квадратичного відхилення (див. табл. 2.2).

Тепер розрахуємо основні параметри розподілу випадкової величини швидкості підходу відчепів до вагонів в сортувальному парку (Y) за результатами моделювання:

математичне очікування:

$$\bar{Y} = \sum_{i=1}^n Y_i \cdot P_i$$

$$\bar{Y} = 1,342 \text{ м/с};$$

Таблиця 2.2 – Розрахунки параметрів розподілу випадкової величини швидкості підходу відчепів до вагонів в сортувальному парку за результатами моделювання

Номер розряду	Ліва межа розряду, м/с	Права межа розряду, м/с		, м/с	Pi	м/с	м/с ²	
1	0,50	0,906	12	0,703	0,135	0,095	0,067	0,332
2	0,906	1,312	30	1,109	0,337	0,374	0,415	0,83
3	1,312	1,718	33	1,515	0,371	0,562	0,851	0,913
4	1,718	2,124	12	1,921	0,135	0,259	0,498	0,332
5	2,124	2,53	2	2,327	0,022	0,052	0,122	0,055
Σ			89		1	1,342	1,951	

математичне очікування квадрата випадкової величини:

$$\overline{Y^2} = \sum_{i=1}^n Y_i^2 \cdot P_i$$

$$\overline{Y^2} = 1,951 \text{ (м/с)}^2;$$

дисперсія випадкової величини:

$$D_Y = \overline{Y^2} - \bar{Y}^2$$

$$D_Y = 0,609 \text{ (м/с)}^2;$$

середньоквадратичне відхилення:

$$\sigma_Y = \sqrt{D_Y}$$

коефіцієнт варіації: $\frac{DSMT4}{m/c};$

параметр Ерланга:

$\frac{DSMT4}{m/c},$

$\frac{DSMT4}{m/c}.$

Гістограма розподілу випадкової величини X наведено на рис. 2.6.

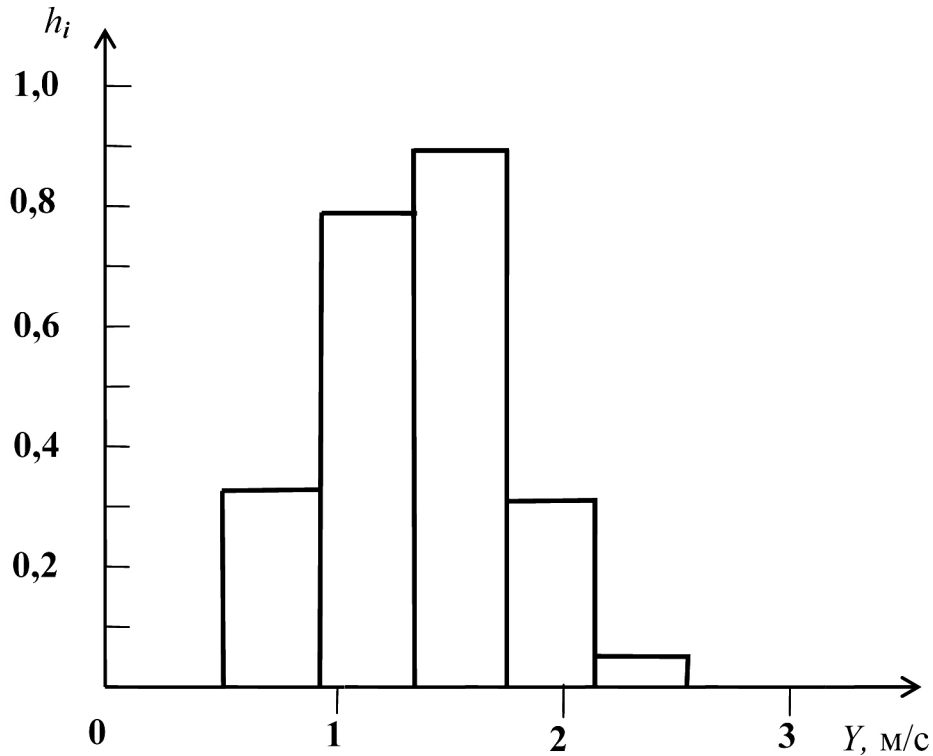


Рисунок 2.6 – Гістограма розподілу випадкової величини швидкості підходу відчепів до вагонів в сортувальному парку за результатами моделювання.

Таким чином, у результаті статистичного аналізу встановлено, що випадкові величини X і Y підпорядковуються нормальному закону розподілу з досить близькими параметрами: для вибірок даних про швидкість підходу відчепів до вагонів в сортувальному парку, отриманих на станції й за допомогою математичної моделі, оцінки математичного очікування, відповідно рівні m/c і m/c ; оцінки середнього квадратичного відхилення – m/c .

$DSMT4$ m/c , $DSMT4$ m/c . Отримані статистичні параметри свідчать про близькість результатів моделювання дослідним даним натурних спостережень.

Для підвищення достовірності ствердження про адекватність розробленої моделі за даними зазначених вибірок була виконана перевірка гіпотези про їхню належність до однієї генеральної сукупності. Для перевірки гіпотези про однорідність двох вибірок ($X_1, X_2, \dots, X_n$) і ($Y_1, Y_2, \dots, Y_m$) обсягами, відповідно, n і m використаний U-критерій Уїлкоксона [82]. Даний критерій призначений для перевірки гіпотези H_0 про те, що функції розподілу і двох генеральних сукупностей однакові ($F(x) = G(x)$); конкуруюча гіпотеза H_1 : $F(x) \neq G(x)$.

Значення критерію Уїлкоксона визначаються за допомогою виразів:

де R_x, R_y – сума рангів, які відповідають елементам вибірок X і Y . DSMT4 (n, m) і U (2.11)

Ранги DSMT4 (n, m) являють собою номери елементів обох вибірок, розташованих у порядку зростання ($X_{(1)} \leq X_{(2)} \leq \dots \leq X_{(n)}$). За результатами розрахунків зазначених статистик для вибірок DSMT4 і DSMT4 були отримані значення U_x і U_y .

При перевірці гіпотези H_0 : DSMT4 проти конкуруючої гіпотези H_1 : DSMT4 ухвалюється двостороння критична область; при цьому гіпотеза H_0 відкидається, якщо $U_x < U_{\alpha/2}$ або $U_y < U_{\alpha/2}$.

DSMT4. При більших значеннях DSMT4

наближене значення критичного значення можна визначити як [82]:

$$U_{\alpha/2} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{1}{n} \right) \Phi^{-1} \left(\frac{\alpha}{2} \right) \sqrt{n} \quad (2.12)$$

де Φ^{-1} – квантіль порядку нормального розподілу.

Квантіль визначається за прийнятим рівнем значимості:

де α – рівень значимості (прийнятий $\alpha = 0.05$).

Для розглянутих вибірок $.DSMT4$ і $.DSMT4$,
 , [82]. Тоді відповідно до виразу (2.11)
 . Оскільки $.DSMT4$
 , тоді основна гіпотеза про належність вибірок .

$DSMT4$ і $.DSMT4$ до однієї генеральної сукупності не суперечить експериментальним даним і може бути прийнята. Таким чином, можна стверджувати, що розроблена математична модель заповнення вагонами сортувальної колії адекватна й може бути використана для подальших досліджень .

2.7 Висновки

1. Проаналізовано устрій та принцип дії точкових регуляторів швидкості вагонів і встановлено, що робота сил гальмування ТБУ й ТВПУ є функцією контрольної швидкості, на яку налаштовані ці пристрої, робота сил гальмування при холостому спрацьовуванні й робота з прискорення є практично сталими величинами й не залежать від контрольної швидкості, на яку налаштовані точкові регулятори швидкості вагонів.

2. При обладнанні сортувальних колій точковими регуляторами швидкості вагонів необхідно визначити, з якою щільністю їх потрібно розташовувати по колії скочування відчепів, а також визначити ухил цієї колії. Для цього встановлено взаємозв'язок між ухилом сортувальної колії та щільністю розташування точкових регуляторів швидкості вагонів на колії.

3. Удосконалена математична модель скочування відчепів з сортувальної гірки, яка доповнена блоком регулювання швидкості відчепів ТБУ і ТПВУ. Розроблено та реалізовано алгоритм регулювання швидкості відчепів точковими регуляторами швидкості вагонів.

4. На бази цієї моделі створена окрема математична модель заповнення вагонами сортувальної колії, яка обладнана системою розподіленого регулювання швидкості відчепів. Модель дозволяє задавати профіль сортувальної колії, обладнаної системою розподіленого регулювання швидкості відчепів і фіксувати показники якості процесу накопичення з урахуванням проштовхування вагонів черговими відчепами. Алгоритм моделювання заповнення вагонами сортувальних колій враховує виконання операцій осаджування або підтягування вагонів на сортувальній колії, а також перестановку накопичених составів в парк відправлення.

5. Адекватність отриманої моделі заповнення сортувальної колії вагонами підтверджена на основі статистичного аналізу вибірок значень швидкості підходу відчепів до вагонів в сортувальному парку, які були отримані за результатами натурних спостережень на реальній станції й за результатами моделювання заповнення сортувальної колії вагонами. За допомогою критерію Уїлкоксона встановлено, що ці вибірки належать до однієї генеральної сукупності, внаслідок чого можна стверджувати, що розроблена математична модель адекватно

відображує процес заповнення сортувальної колії вагонами.

РОЗДІЛ 3

АНАЛІЗ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ РОЗПОДІЛЕНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ВІДЧЕПІВ НА ВІТЧИЗНЯНИХ СОРТУВАЛЬНИХ ГІРКАХ

3.1 Аналіз доцільності застосування точкових регуляторів швидкості вагонів на сортувальних гірках

ТВУ на спускній частині сортувальної гірки, не обладнаної балковими вагонними уповільнювачами, потрібні для гальмування відчепів з хорошими ходовими властивостями.

Завдання із визначення щільності розташування ТВУ в цьому випадку зводиться до того, щоб вона забезпечувала гальмування всіх осей відчепів з найкращими ходовими властивостями і за рахунок цього їх швидкість залишалася б на рівні контрольної швидкості спрацьовування ТВУ. Контрольна швидкість спрацьовування, на яку завчасно налаштовують ТВУ, обмежена діапазоном [0; 5] м/с.

В якості розрахункового відчепа прийнято дуже хороший бігун (ДХ). Характеристики розрахункових відчепів наведені в табл. А.4 додатку А.

З рівняння (2.9) отримано залежність потрібної щільності розташування ТВУ від ухилу колії для підтримання швидкості ДХ на рівні контрольної швидкості спрацьовування (рис. 3.1, пряма 1):

$$, \quad (3.1)$$

де m – відповідно маса, кг; n – кількість осей і сумарний питомий опір руху дуже хорошого бігуна, Н/кН;

E – енергія, що поглинається ТВУ, налаштованим на певну контрольну швидкість спрацьовування.

Наприклад, ТВУ, налаштований на контрольну швидкість спрацьовування 1,5 м/с, за одне спрацьовування поглинає 1165 Дж енергії [71].

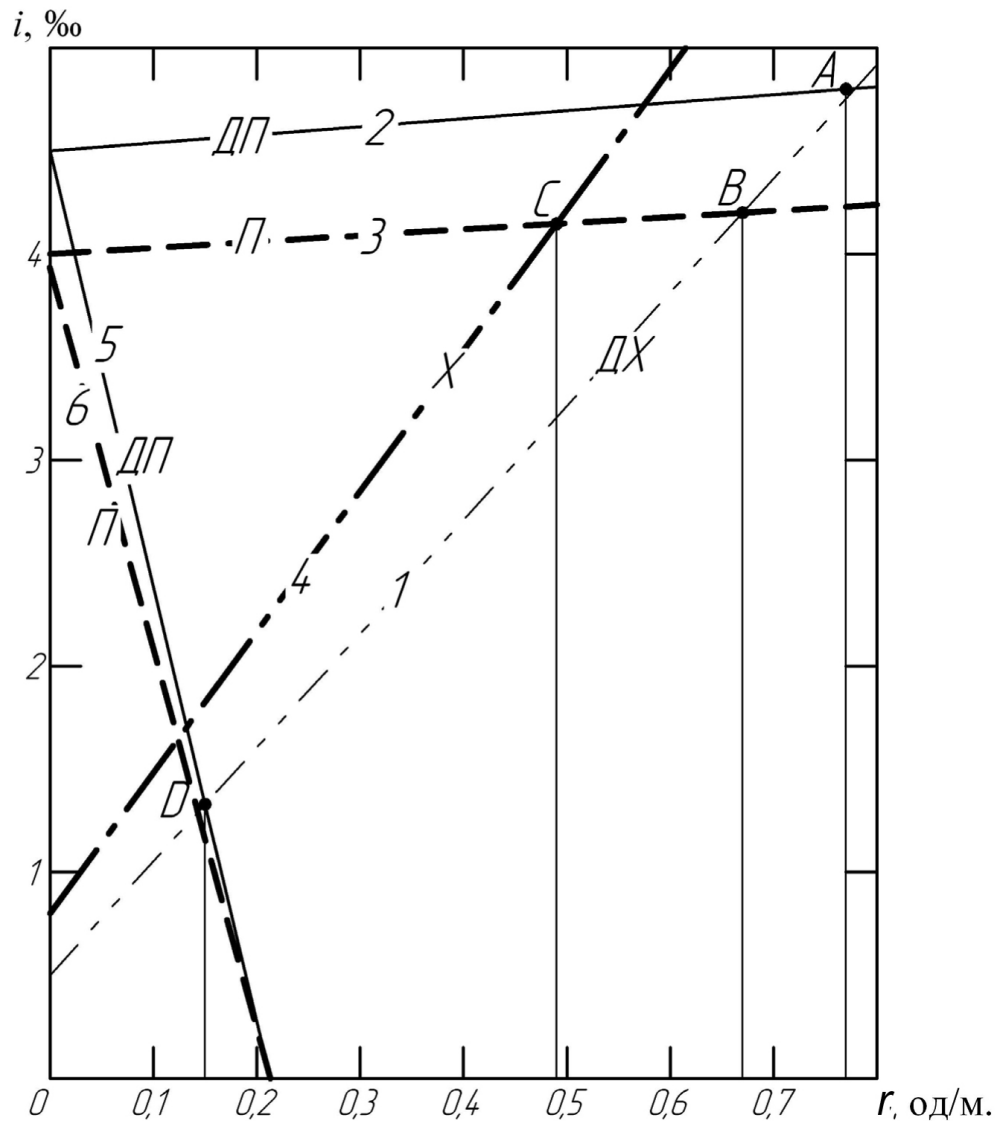


Рисунок 3.1 – Залежність ухилу колії (i) від потрібної щільності (r) розташування ТВУ – прямі 1-4; ТВПУ – прямі 5 та 6

З іншого боку, всі осі відчепа з поганими ходовими властивостями зазнають опору від холостого спрацьовування ТВУ, при цьому швидкість відчепа з поганими ходовими властивостями повинна залишатися на рівні швидкості спрацьовування ТВУ.

У якості другого розрахункового відчепа візьмемо дуже поганий бігун (ДП). Підставимо дані ДП в рівняння (2.9) і отримаємо залежність потрібної щільності розташування ТВУ від ухилу колії для підтримання швидкості ДП на рівні контрольної швидкості спрацьовування (рис. 1, пряма 2):

$$, \quad (3.2)$$

де m – відповідно маса, кг; n – кількість осей і сумарний питомий опір руху дуже поганого бігуна, Н/кН;

E – енергія, що поглинається ТВУ при холостому спрацьовуванні.

У загальному випадку, розв'язуючи систему рівнянь (3.1) і (3.2), необхідно врахувати як основний питомий опір руху відцепів, так і опір середовища й вітру.

На рис. 3.1 (точка А) показаний розв'язок системи рівнянь (3.1) і (3.2) без урахування впливу середовища й вітру на швидкість скочування розрахункових відцепів, тобто в якості питомого опору руху взяті значення основного питомого опору руху розрахункової пари

відцепів ДП-ДХ. В результаті отримано ухил $i = 4,5$ ‰ і щільність розташування ТВУ $r = 0,77$ од./м. Інакше кажучи, ТВУ, установлені на

колії ухилом 4,8 ‰ із щільністю 0,77 од./м, забезпечують утримання швидкості всіх відцепів, включно з розрахунковою парою, на рівні контрольної швидкості спрацьовування ТВУ.

Розрахунки виконані за умови, що ТВУ налаштовані на контрольну швидкість спрацьовування 1,5 м/с. Це означає, що всі осі, які проходять по ТВУ зі швидкістю поступального руху вище 1,5 м/с, будуть гальмуватися ними з відбором енергії 1165 Дж за одне спрацьовування. Якщо швидкість нижче 1,5 м/с, тоді відбувається холосте спрацьовування ТВУ практично без відбору енергії. При холостому спрацьовуванні відбирається 20 Дж енергії відчепа [71]. У результаті вибіркового гальмування осей відцепів вирівнюються швидкості відцепів з хорошими і поганими ходовими властивостями.

Для розрахунків ухилу й потрібної щільності розташування ТВУ можуть бути прийняті інші розрахункові відчепи в залежності від характеристики вагонопотоку на сортувальній гірці.

Якщо в якості розрахункових відцепів взяти ДХ і поганий бігун (П), потрібна щільність розташування ТВУ зменшується до 0,67 од./м, а ухил колії до 4,2 ‰ (рис. 3.1, точка В).

У цьому випадку буде підтримуватися сталою швидкість усіх відцепів із ходовими властивостями кращими, ніж в П. Відчепи з гіршими ходовими властивостями будуть рухатися з гальмуванням і можуть передчасно зупинитися, утворюючи вікна, які можуть бути ліквідовані наступними відчепами.

Розрахунки ухилу й потрібної щільності розташування ТВУ для Х та П показує, що щільність розташування ТВУ знижується до 0,49 од./м, у той самий час як ухил практично не зменшується (рис. 3.1, точка С).

Аналізуючи результати розрахунків, можна зробити висновок, що ухил колії практично не залежить від вибору розрахункового відчепа з хорошими ходовими властивостями, а цілком визначається вибором розрахункового відчепа з поганими ходовими властивостями, а щільність розташування ТВУ на ухилі визначається вибором розрахункового відчепа з хорошими ходовими властивостями.

У будь-якому випадку кожного разу всі рішення стосовно обладнання сортувальних колій ТВУ належать до області, обмеженої віссю ординат і прямими 1 і 2 (див. рис. 3.1), і залежать від характеристик вагонопотоку, що підлягає переробці.

Щоб регулювати швидкість скочування відцепів на ухилах порядку 1 ‰ на сортувальних коліях існуючих сортувальних гірок, необхідно додавати енергію відчепам з поганими ходовими властивостями (підштовхувати їх).

У зв'язку із цим кожний ТВУ може бути замінений ТВПУ. Елемент прискорювача працює тільки в комплекті з елементом уповільнювача, тому прискорювачів на колії не може бути встановлено більше, ніж уповільнювачів.

Потрібна щільність розташування ТВПУ може бути розрахована аналогічно щільності розташування ТВУ для розрахункового відчепа з поганими ходовими властивостями:

$$\quad , \quad (3.3)$$

де $E_{\text{пр}}$ – енергія прискорення, що додається відчепу за одне спрацьовування прискорювача, 1150 Дж [71].

Вирішуючи систему рівнянь (3.1) і (3.3), отримаємо щільність розташування ТВПУ 0,15 одиниць на метр колії й ухил колії 1,33 ‰ (рис. 3.1, точка D). Цей ухил майже відповідає існуючим на цей час ухилам сортувальних колій.

ДП, втрачаючи на шляху скочування енергію за рахунок основного питомого опору руху, отримує додаткову енергію від прискорювачів. Таким чином підтримується постійна швидкість скочування ДП. Витрата енергії при скочуванні ДХ відбувається так само, як при обладнанні колії ТВУ.

3.2 Аналіз доцільності застосування ТВУ на сортувальних гірках з нормативним профілем

На сортувальних гірках, що обладнані системами розподіленого регулювання швидкості відцепів, задача інтервального регулювання вирішується шляхом забезпечення протягом всієї зони розташування розділових стрілочних переводів однакової сталої швидкості скочування всіх відцепів. За рахунок цього зберігаються приблизно однакові інтервали між відчепами на розділових стрілочних переводах. На сортувальних коліях швидкість відцепів підтримується на рівні безпечної швидкості підходу відцепів до вагонів на сортувальній колії.

Із закордонного досвіду експлуатації систем розподіленого регулювання швидкості відцепів на сортувальних гірках, можна виділити три різні підходи до розв'язання проблеми регулювання швидкості скочування відцепів з гірки [47]:

1) використання на спускній частині гірки ухилу, що забезпечує постійну швидкість скочування поганого бігуна, а швидкість відцепів із меншим питомим опором руху підтримувати за допомогою ТВУ;

2) використання на спускній частині гірки ухилу, що забезпечує постійну швидкість скочування хорошого бігуна, а швидкість відцепів із більшим питомим опором руху підтримувати за допомогою ТВПУ;

3) комбінація перших двох підходів.

За основу для порівняння сортувальних гірок з балковими вагонними уповільнювачами на гальмових позиціях та сортувальних гірок, обладнаних системами розподіленого регулювання швидкості відчепів, на яких в основу регулювання швидкості скочування відчепів покладений перший підхід. Порівняння виконане для гірок малої (ГМП), середньої (ГСП) і великої потужності (ГВП), поздовжній профіль яких відповідає вимогам ПНПСУ ВСН 207-89 [9].

У якості критерію для порівняння обрана максимально можлива швидкість розпуску $V_{\text{розп}}$, реалізована на гірці, за умовою розділення на всіх розділових елементах несприятливої послідовності скочування розрахункової пари відчепів ДП і ДХ, які скочуються один за одним.

У якості розділових елементів приймаються ізольовані секції розділових стрілочних переводів і балкових вагонних уповільнювачів на стаціонарних гальмових позиціях спускної частини гірки.

Розрахункова швидкість розпуску зазначеної вище послідовності розрахункових відчепів за умов розділення на розділових елементах спускної частини гірки визначається за наступних обмежень:

- 1) ДП скочується без гальмування на стаціонарних гальмових позиціях спускної частини гірки;
- 2) швидкість входу відчепів на гальмову позицію спускної частини гірки

обмежено величиною $V_{\text{гальм}}$ м/с;

- 3) швидкість входу відчепів на ПГП обмежено величиною $V_{\text{ПГП}}$ м/с;
- 4) моделювання проводилося для метеоумов, характерних для грудня;
- 5) мінімальна величина запасу інтервалу на балковому вагонному уповільнювачі прийнята згідно з [9] в залежності від типу уповільнювачів та черговості скочування розрахункових відчепів; на розділовому стрілочному переводі $V_{\text{стр}}$ с.

Величина розрахункової швидкості розпуску визначається як максимальне її значення, при якому дотримуються дані обмеження. Найбільше з знайдених значень і є потрібне значення.

Виконане порівняння сортувальних гірок з балковими вагонними уповільнювачами на гальмових позиціях спускної частини та сортувальних гірок, обладнаних системами розподіленого регулювання швидкості відчепів. Порівняння виконане за критерієм реалізації максимально можливої швидкості

розпуску $V_{\text{розп}}$, за умов розділення на всіх розділових елементах несприятливої послідовності скочування розрахункової пари відчепів з дуже поганими (ДП) і дуже хорошими (ДХ) ходовими властивостями, які скочуються один за одним.

$$V_{\text{розп}} = \min(V_{\text{гальм}}, V_{\text{ПГП}}, V_{\text{стр}}) \quad (3.4)$$

де — максимально можлива швидкість розпуску за умов розділення розрахункової послідовності відчепів на стрілочній позиції, визначається для кожної послідовності скочування розрахункової пари відчепів за формулою

$$; \quad (3.5)$$

— ймовірність розділення розрахункової послідовності відчепів на стрілочній позиції

$$, \quad (3.6)$$

де — довжина розрахункового відчепа, м;

— інтервал між розрахунковими відчепами на вершині гірки, с;

— інтервал між розрахунковими відчепами на розділовому стрілочному переводі, с;

— мінімальний резерв інтервалу між розрахунковими відчепами на розділовому стрілочному переводі, с;

— кількість сортувальних колій, що примикають відповідно до лівого та правого відхилення стрілочного переводу;

— кількість колій накопичення в сортувальному парку.

Перевірка доцільності використання систем розподіленого регулювання швидкості відчепів на вітчизняних сортувальних гірках розглянута на прикладах сортувальних гірок малої, середньої та великої потужності з використанням математичної моделі скочування розрахункової послідовності відчепів з гірки. Математична модель сортувальної гірки була доповнена моделлю регулювання швидкості відчепів під час розпуску з гірки ТВУ (див. розділ 2).

Виконана перевірка доцільності обладнання ТВУ сортувальних гірок нормативним профілем, висота и профіль яких відповідають [9], а також сортувальних гірок зі спеціальним профілем, розрахованим за спеціальною методикою.

Для перевірки доцільності використання систем розподіленого регулювання швидкості відчепів на вітчизняних сортувальних гірках з нормативним профілем запроектована ГМП на 16 сортувальних колій [83]. В додатку Б (рис. Б.1, табл. Б.1–Б.8) наведений розгорнутий план маршруту скочування відчепів на розрахункову важку колію і поздовжній профіль гірки, схему розташування ТВУ по маршруту скочування розрахункових відчепів з гірки, розрахункові параметри гірки, поздовжній профіль розрахункової важкої колії, результати моделювання скочування розрахункової послідовності відчепів з гірки з нормативним профілем, обладнаної балковими вагонними уповільнювачами та ТВУ.

Аналіз даних табл. Б.5 дозволяє стверджувати, що обраний режим гальмування на перший гальмовій позиції ДХ є граничним. Ствердження ґрунтується на тому, що в розрахунковій послідовності відчепів збільшити

швидкість розпуску неможливо, тому що буде порушено обмеження по запасу інтервалу на розділових елементах (). З тієї ж самої причини неможливо

змінити режим гальмування ДХ. Отже, швидкість $=1,83$ м/с – це потенційно можлива швидкість розпуску, яка може бути реалізована на гірці, що обладнана одною механізованою гальмовою позицією на спускній частині гірки.

В розрахунках прийнято, що розташовувати ТВУ слід починаючи з координати, в якій швидкість ДХ сягає контрольної швидкості спрацьовування ТВУ. Далі ТВУ розташовують по маршруту скочування з щільністю, що потрібна для підтримування постійної швидкості скочування ДХ на рівні контрольної швидкості спрацьовування ТВУ.

На малих ухилах (при швидкості спрацьовування 5 м/с це ухили 5 ‰ та менше) швидкість скочування ДП зменшується. В той самий час, щоб зменшити, або підтримувати постійну швидкість скочування ДХ на таких ухилах потрібно встановлювати ТВУ. Розташування ТВУ призводить до ще більшої втрати швидкості ДП (за рахунок відбирання енергії під час холостого спрацьовування ТВУ), що у свою чергу погіршує умови розділення відчепів на розділових стрілках. Тому розташування ТВУ на ухилах менше за 5 ‰ в стрілочній зоні не передбачається.

Чим вище швидкість спрацьовування ТВУ, тим краще умови розділення відчепів на розділових стрілочних переводах. Але якщо поздовжній профіль спускної частини гірки не забезпечує розгін ДП до максимально можливої за конструкцією контрольної швидкості спрацьовування ТВУ, можна налаштувати ТВУ на швидкість, до якої може розігнатися ДП. На ГМП ТВУ настроєні на контрольну швидкість спрацьовування 4,5 м/с.

Перевірка доцільності використання систем розподіленого регулювання швидкості відчепів на вітчизняних ГСП розглянута на прикладі сортувальної гірки на 24 сортувальні колії [83]. В додатку В наведений розгорнутий план маршруту скочування відчепів на розрахункову важку колію і поздовжній профіль гірки (рис. В.1, табл. В.1–В.8), схему розташування ТВУ по маршруту скочування розрахункових відчепів з гірки, розрахункові параметри гірки, поздовжній профіль розрахункової важкої колії, результати моделювання скочування розрахункової послідовності відчепів з гірки з нормативним профілем, обладнаної балковими вагонними уповільнювачами та ТВУ.

Режим гальмування ДХ на першій гальмовій позиції обраний виходячи з умов забезпечення мінімального резерву інтервалу на кожному розділовому елементі для обох послідовностей скочування розрахункової пари ДХ і ДП. Режим гальмування на пучковій ГП визначається швидкістю підходу до ПГП 4,5 м/с. Ця швидкість обрана виходячи з номінальної потужності ПГП 1,2 м.е., яка забезпечує загальмування відчепів до безпечної швидкості підходу довагонів на сортувальній колії, а за потреби й зупинку важкого вагона (див. табл. В.5). Якщо реалізувати швидкість підходу до ПГП менше, ніж 4,5 м/с, тоді швидкість розпуску в такому випадку буде свідомо нижче 2,17 м/с.

ТВУ на спускній частині ГСП настроєні на контрольну швидкість спрацьовування 5 м/с.

Перевірка доцільності використання систем розподіленого регулювання швидкості відчепів на вітчизняних ГВП здійснена на прикладі сортувальної гірки на 32 сортувальні колії [83]. В додатку Г (рис. Г.1, табл. Г.1–Г.8) наведений розгорнутий план маршруту скочування відчепів на розрахункову важку колію і поздовжній профіль гірки, схему розташування ТВУ по маршруту скочування розрахункових відчепів з гірки, розрахункові параметри гірки, поздовжній профіль розрахункової важкої колії, результати моделювання скочування розрахункової послідовності відчепів з гірки з нормативним профілем, обладнаної балковими вагонними уповільнювачами та ТВУ.

Енергетична висота, що гаситься на першій і другій гальмовій позиціях, підбиралася за тим самим принципом, що і на ГСП. Результати розрахунків показують, що на цій гірці може бути реалізована швидкість розпуску 1,75 м/с.

ТВУ на спускній частині ГВП настроєні на контрольну швидкість спрацьовування 5 м/с.

Таким чином, чим вище контрольна швидкість спрацьовування ТВУ, тем краще умови розділення відчепів на розділових елементах. Але якщо висота й поздовжній профіль гірки не забезпечують розгін ДП до максимально можливої по конструкції уповільнювача швидкості спрацьовування, тоді ТВУ настроюють на ту швидкість, яку можливо реалізувати при скочуванні з гірки ДП, інакше ДХ на здоганяє ДП. На ГВП, виходячи із цих міркувань, обрана контрольна швидкість спрацьовування ТВУ не 5 м/с, а 4,5 м/с, тому що ДП може розігнатися на спускній частині гірки тільки до 4,5 м/с.

Результати розрахунків по визначенню розрахункової швидкості розпуску на сортувальних гірках з нормативним профілем наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняння сортувальних гірок з нормативним профілем

	ГМП		ГСП		ГВП	
	Розрахунок послідовність відчепів	Швидкість розпуску, м/с	Розрахунок послідовність відчепів	Швидкість розпуску, м/с	Розрахунок послідовність відчепів	Швидкість розпуску, м/с
Сортувальна гірка зі стаціонарними гальмовими позиціями	ДП-ДХ-ДП	1,83	ДП-ДХ-ДП	2,17	ДП-ДХ-ДП	1,75
Сортувальна гірка, обладнана ТВУ	ДП-ДХ-ДП	1,05	ДП-ДХ-ДП	1,15	ДП-ДХ-ДП	1,4
Нормативні параметри	ДП-Х-ДП*	1,2	ДП-Х-ДП	1,4	ДП-ДХ-ДП	1,7

*Примітка. При частці порожніх вагонів більше 30 %, в протилежному випадку приймається послідовність П-Х-П.

З таблиці бачимо, що обладнання спускної частини гірок існуючих конструкцій (тобто без реконструкції плану й профілю) системами розподіленого регулювання швидкості відчепів не призводить до збільшення розрахункової швидкості розпуску.

3.3 Метод розрахунку спеціального профілю та визначення схеми розташування ТВУ на сортувальних гірках, обладнаних системою розподіленого регулювання швидкості відчепів

Спираючись на результати аналізу потенційних можливостей обладнання сортувальних гірок з нормативним профілем системою розподіленого регулювання швидкості відчепів, розроблено метод розрахунку спеціального профілю спускної частини гірок і схеми розташування ТВУ.

Для забезпечення запасу інтервалу між відчепами на першому розділовому стрілочному переводі перший елемент профілю спускної частини гірки слід проектувати якомога більш крутим. Згідно [9] його ухил не може бути більшим за 50 ‰ (‰). Довжина його повинна бути достатньою для того, щоб ДХ розігнався до швидкості спрацьовування ТВУ (бажано до 5 м/с).

Ухил наступної ділянки профілю спускної частини гірки повинний забезпечувати постійну швидкість скочування ДП, а щільність розташування ТВУ повинна бути такою, що гарантує утримання постійної швидкості скочування ДХ на рівні контрольної швидкості спрацьовування ТВУ. Але це реалізувати неможливо, тому що існує обмеження, що наступний елемент поздовжнього профілю спускної частини гірки не може відрізнятись від попереднього більш ніж на 25 ‰ [9].

Тому далі слід проектувати проміжну ділянку таким ухилом, на якому можливо утримувати постійну швидкість скочування ДХ, при максимальній щільності розташування ТВУ на цій ділянці. Цей ухил залежить від контрольної швидкості спрацьовування уповільнювачів, від можливості або неможливості розташування ТВУ на ділянці. ТВУ неможна розташовувати в межах хрестовин та гостряків стрілочних переводів. На решті ділянок колії можна розташовувати ТВУ в міжшпальних ящиках.

Якщо контрольна швидкість спрацьовування ТВУ на другій ділянці 5 м/с, тоді значення ухилу колії на ділянці повинні бути в межах ‰ в залежності від ухилу першої ділянки профілю спускної частини гірки, від кількості стрілочних переводів і суми кутів поворотів кривих ділянок колії на ділянці (‰) [84]. Довжина та ухил цієї ділянки повинні забезпечувати розгін ДП до контрольної швидкості спрацьовування ТВУ наприкінці цієї ділянки.

Третю ділянку профілю спускної частини гірки протягом всієї стрілочної зони слід проектувати ухилом, який забезпечує постійну швидкість скочування ДП (‰). Щільність розташування ТВУ на цій ділянці повинна гарантувати утримання постійної швидкості скочування ДХ на рівні контрольної швидкості спрацьовування ТВУ.

Наприклад, для утримання швидкості скочування відчепів на ріні 5 м/с на ухилі 10 ‰ ТВУ слід розташовувати зі щільністю трохи більшою за один уповільнювач на метр.

Більша щільність розташування ТВУ призводить до зниження швидкості скочування ДП, так саме і недостатня щільність розташування ТВУ призводить до збільшення швидкості скочування ДХ. І те й інше погіршує умови розділення відчепів на розділових стрілочних переводах, знижує розрахункову швидкість розпуску і переробну спроможність сортувальної гірки. Після стрілочної зони поздовжній профіль слід проектувати виходячи з умов заповнення вагонами сортувальних колій та забезпечення підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю.

Для ілюстрації на рис. 3.2 наведено нормативний та спеціальний профілі ГСП.

Як бачимо, головним чином за рахунок істотного збільшення ухилу стрілочної зони висота ГСП приблизно на 1 м вище за аналогічну гірку з нормативним профілем. Так само ГМП та ГВП зі спеціальним профілем вище за аналогічні гірки з нормативним профілем відповідно на 1,25 м та 0,6 м.

Тепер розглянемо застосування систем розподіленого регулювання швидкості відчепів на гірках зі спеціальним профілем, який запроектовано згідно викладеній вище методики.

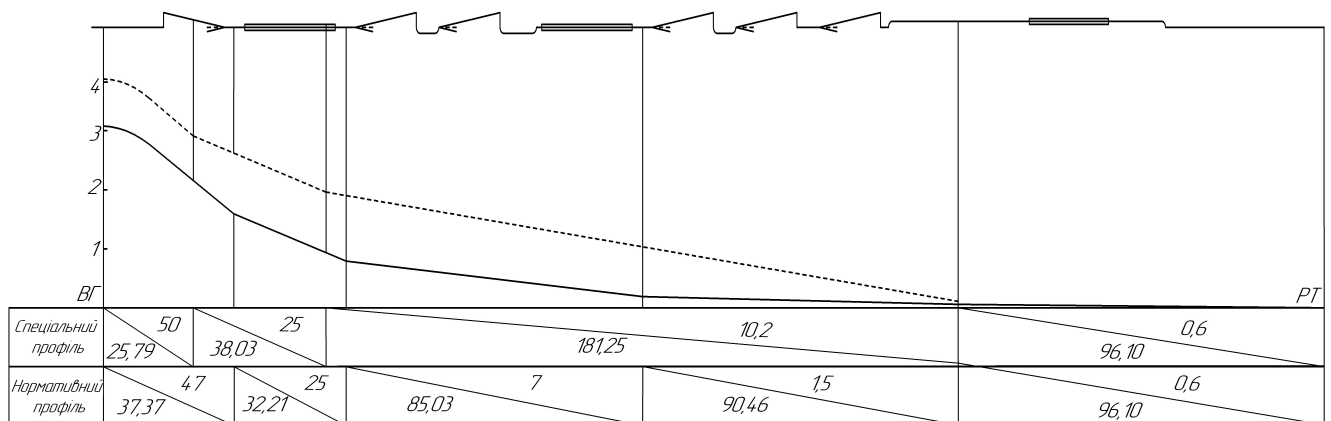


Рисунок 3.2 – Нормативний та спеціальний поздовжній профіль сортувальної гірки

3.4 Аналіз доцільності застосування ТВУ на сортувальних гірках зі спеціальним профілем

Для аналізу доцільності використання ТВУ на ГМП зі спеціальним профілем узятий той самий план гіркової горловини на 16 колій. На рисунку Б.1 додатку Б наведений розгорнутий план маршруту скочування розрахункового відчепа на розрахункову важку колію, спеціальний профіль розрахункової важкої колії і схема розташування ТВУ. Спеціальний поздовжній профіль розрахункової важкої колії і схема розташування ТВУ наведені в табл. Б.9 та табл. Б.10.

Поздовжній профіль і щільність розташування ТВУ розраховані у відповідності з положеннями методики, викладеної вище. Результати моделювання скочування розрахункової послідовності відчепів наведені в додатку Б (табл. Б.11 та Б.12).

Для аналізу доцільності використання ТВУ на ГСП зі спеціальним профілем узятий той самий план гіркової горловини на 24 колії (додаток В рис. В.1). На рисунку наведений розгорнутий план маршруту скочування на розрахункову важку колію, спеціальний профіль розрахункової важкої колії і схема розташування ТВУ. Спеціальний поздовжній профіль розрахункової важкої колії і схема розташування ТВУ наведені також в табл. В.9 та табл. В.10 та результати моделювання скочування розрахункової послідовності відчепів в табл. В.11 та В.12.

Для аналізу доцільності використання ТВУ на ГВП зі спеціальним профілем узятий той самий план гіркової горловини на 32 колії (додаток Г рис. Г.1). На рисунку наведений розгорнутий план маршруту на розрахункову важку колію, спеціальний профіль розрахункової важкої колії і схема розташування ТВУ, спеціальний поздовжній профіль розрахункової важкої колії і схема розташування ТВУ (табл. Г.9 та Г.10), результати моделювання скочування розрахункової послідовності відчепів (табл. Г.11 та Г.12).

Дані для порівняння можливостей конструкцій гірок по реалізації розрахункової швидкості розпуску наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Порівняння сортувальних гірок з нормативним профілем та балковими вагонними уповільнювачами на спускній частині з гірками зі спеціальним профілем та системою розподіленого регулювання швидкості відчепів.

Сортувальна гірка	ГМП		ГСП		ГВП	
	Розрахунок кова послідов ність відчепів	Швидкість розпуску, м/с	Розрахунок кова послідов ність відчепів	Швидкість розпуску, м/с	Розрахунок кова послідов ність відчепів	Швидкість розпуску, м/с
з нормативним профілем та стаціонарними гальмовими позиціями	ДП-ДХ-ДП (2,02)	1,83	ДП-ДХ-ДП (3,02)	2,17	ДП-ДХ-ДП (4,13)	1,75
з нормативним профілем, обладнана ТВУ	ДП-ДХ-ДП (2,02)	1,05	ДП-ДХ-ДП (3,02)	1,15	ДП-ДХ-ДП (4,13)	1,4
зі спеціальним профілем, обладнана ТВУ	ДП-ДХ-ДП (3,27)	2,05	ДП-ДХ-ДП (4,07)	1,84	ДП-ДХ-ДП (4,74)	1,7
Нормативні параметри	ДП-Х-ДП	1,2	ДП-Х-ДП	1,4	ДП-ДХ-ДП	1,7

*Примітка. У дужках зазначена висота гірки (перепад висот між вершиною гірки і граничним стовпчиком за останнім розділовим стрілочним переходом по маршруту скочування на розрахункову важку колію.

Як бачимо, сортувальні гірки зі спеціальним профілем, обладнані ТВУ, вище за гірки зі стаціонарними гальмовими позиціями на спускній частині. Швидкість розпуску, реалізована на гірках, обладнаних ТВУ, задовольняє вимоги [9].

ГМП зі спеціальним профілем, що обладнана ТВУ, в 1,5 рази вище ніж гірка з гальмовою позицією на спускній частині. Але ця гірка забезпечує досить високу розрахункову швидкість розпуску, що задовольняє вимоги [9] і є порівняною з варіантом нормативної сортувальної гірки з механізованою гальмовою позицією на спускній частині. Тобто ефект від реконструкції профілю дуже малий. За умов підвищення висоти гірки в 1,5 рази, розрахункова швидкість розпуску зростає лише на 10 % від 1,83 м/с до 2,05 м/с.

ГСП зі спеціальним профілем, що обладнана ТВУ, на 1,05 м вище за гірку з гальмовими позиціями на спускній частині. Ця гірка забезпечує порівняно з варіантом сортувальної гірки з нормативним профілем та стаціонарними гальмовими позиціями на спускній частині, дещо нижчу, але досить високу розрахункову швидкість розпуску. Отже реконструкція профілю та обладнання ТВУ спускної частини ГСП недоцільно.

ГВП зі спеціальним профілем, що обладнана ТВУ, на 0,6 м вище за гірку з гальмовими позиціями на спускній частині. Ця гірка забезпечує розрахункову швидкість розпуску, що відповідає нормі [9] для ГВП. Однак незважаючи на збільшення висоти гірки, розрахункова швидкість розпуску падає від 1,75 до 1,70 м/с. Тому реконструкція профілю та обладнання ТВУ спускної частини ГВП проводити недоцільно.

Аналіз можливостей використання систем розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних гірках Укрзалізниці показує, що тільки на ГМП, обладнаних ТВУ, може бути реалізована висока швидкість розпуску (порядку 2 м/с) за умови реконструкції профілю спускної частини гірки.

3.5 Аналіз доцільності застосування точкових регуляторів швидкості вагонів на сортувальних коліях

Використання ТВУ і ТВПУ у сортувальному парку теоретично дозволяє накопичувати состави без вікон і без осаджувань маневровим локомотивом з боку гірки, забезпечує підхід відцепів до вагонів, що накопичуються на сортувальній колії, з безпечною швидкістю.

При цьому значно спрощується алгоритм управління ПГП, тому що всі відцепи можна випускати з однаковою швидкістю. Якщо точність реалізації заданої швидкості виходу відцепів із ПГП невисока, є доцільність ліквідувати погрішність точковими регуляторами швидкості вагонів.

До недоліків можна віднести той факт, що при використанні ТВУ необхідний ухил сортувальних колій більший в порівнянні з існуючими ухилами сортувальних колій на станціях.

Використання ТВПУ знімає цей недолік. Ухил сортувальних колій у цьому випадку порівняний з ухилами сортувальних колій на існуючих сортувальних гірках. Але прискорювачі не працюють автономно, вони потребують живлення від зовнішнього джерела енергії.

Технологію забезпечення якісного заповнення вагонами сортувальної колії з використанням точкових регуляторів швидкості вагонів можна поділити на дві складові:

1) знизити швидкість скочування відцепів до безпечного рівня швидкості підходу відцепів до вагонів, що знаходяться на сортувальній колії;

2) підтримувати цю швидкість в безпечних межах протягом всього шляху скочування відчепа до точки прицілювання.

Першу частину задачі можна вирішити різними способами:

1) за допомогою ПГП;

2) за допомогою ТВУ, які настроєні на контрольну швидкість спрацьовування, що поступово спадає до рівня безпечної, починаючи від граничного стовпчика за останнім розділовим стрілочним переводом до початку зони накопичення вагонів;

3) за допомогою протиухилу (природною гальмовою позицією).

Виконане дослідження доцільності використання кожного з трьох способів зниження швидкості вагонів на сортувальних коліях до безпечного рівня. Виявлені переваги і недоліки кожного з них в порівнянні з найбільш звичною технологією з використанням стаціонарної ПГП, обладнаної балковими вагонними уповільнювачами.

В результаті дослідження другого способу з використанням ТВУ збільшується ризик нерозділення довгих легких відцепів з наступними короткими відчепами на останніх розділових стрілочних переводах спускної частини гірки (рис. 3.3).

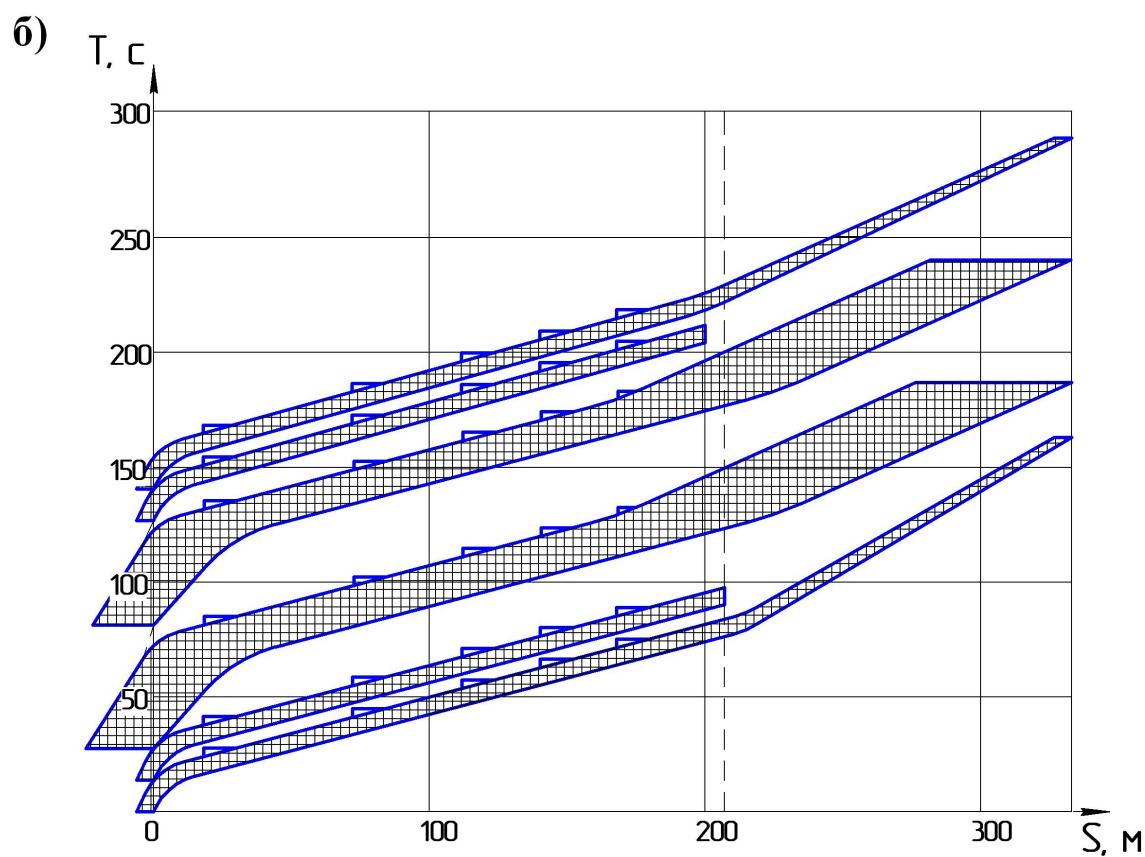
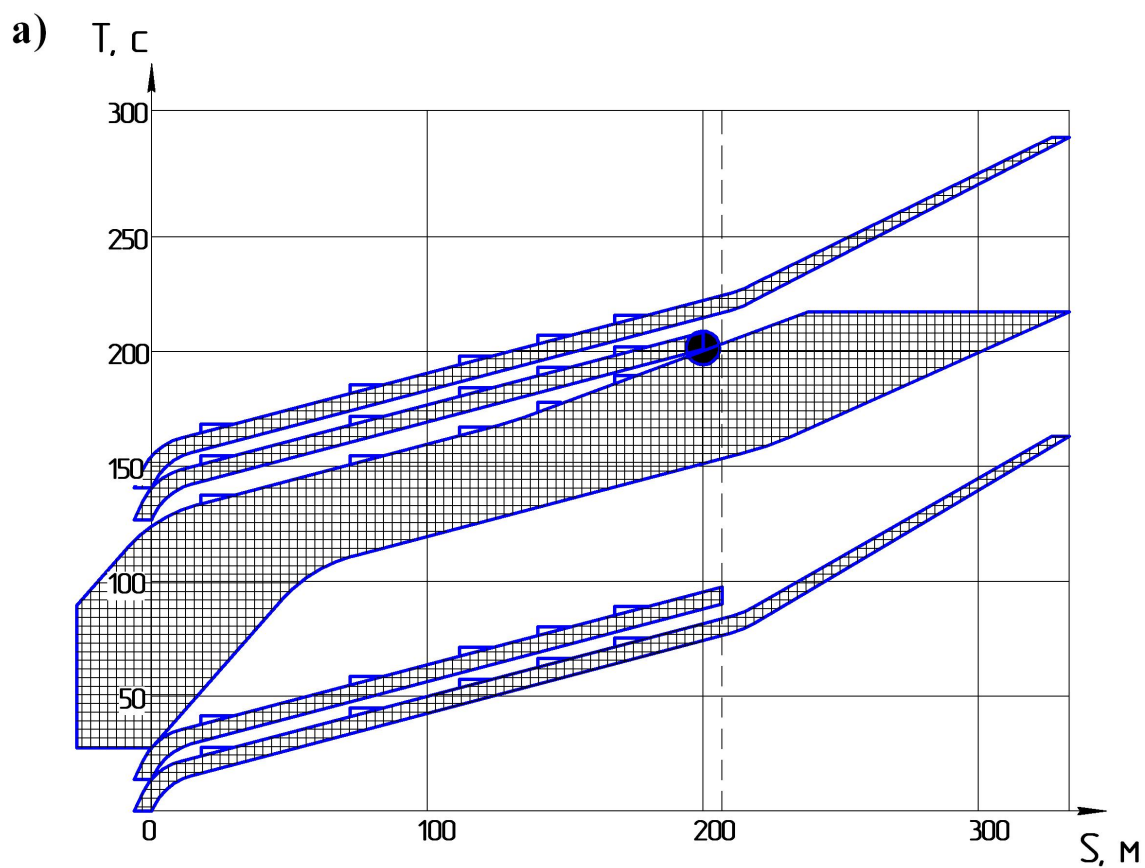


Рисунок 3.3 – Криві часу скокування відчепів з гірки: а) восьмикутний відчеп, б) восьмикутний відчеп, розділений навпіл.

Таке може трапитися, тому що коли перші осі довгого відчепу вже гальмуються ТВУ, настроєними на меншу швидкість спрацювання, останні осі ще перебувають в стрілочній зоні. Це призводить до того, що наступний відчеп може наздогнати довгий відчеп,

швидкість якого менша з-за гальмування його перших осей.

Цю проблему можна вирішити технічно або технологічно. Технічно пропонується відсунути далі від стрілочної зони початок встановлення ТВУ для зниження швидкості відчепів на сортувальних коліях до безпечної. Але це може призвести до того, що ми не встигнемо знизити швидкість ДХ до безпечного рівня, коли сортувальна колія майже заповнена вагонами і координата точки прицілювання розташована на початку сортувальної колії. Технологічно пропонується додатково розчіпляти довгі відчепи на більш короткі складачем на гірці. Це звісно небажане додаткове навантаження на складача на сортувальній гірці.

Третій спосіб зниження швидкості відчепів запропонований як альтернативний для зменшення кількості засобів регулювання швидкості вагонів.

Для зниження швидкості скочування відчепів до безпечного рівня на ГМП за останнім розділовим стрілочним переводом запроектовано протиухил 14,8 %, тому що є обмеження максимально можливої різниці суміжних ділянок профілю спускної частини гірки 25 %. Довжина протиухилу розрахована таким чином, щоб за несприятливих умов в кінці протиухилу швидкість ДП була 1 м/с (додаток Б, табл. Б.11).

Недоліки цього способу такі самі, як і при використанні ТВУ для зниження швидкості вагонів на сортувальних коліях до безпечного рівня. На доданок до цього є ще і ризик зупинки розпуску з причини неподолання протиухилу відчепом з поганими ходовими властивостями у разі зниження швидкості насуву состава на гірку або перегальмовування на попередніх гальмових позиціях.

Друга частина задачі утримання швидкості руху будь-якого відчепа в безпечних межах за допомогою ТВПУ досить просто вирішується. На ухилі 1 % достатньо розташувати ТВПУ з щільністю одиниць на метр колії і буде гарантовано, що всі відчепи просуватимуться по сортувальній колії з безпечною швидкістю. Якщо збільшити ухил до 1,3 % та щільність встановлення ТВПУ до

одиниць на метр колії, тоді буде ще й гарантована відсутність передчасних зупинок відчепів, тобто гарантується відсутність утворення вікон між вагонами.

Другу частину задачі за допомогою ТВУ можна вирішити таким чином:

1) або запроектувати ухил, що підтримує постійну швидкість скочування ДП, а всі решту відчепів гальмувати ТВУ, що настроєні на безпечну швидкість підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії;

2) або запроектувати ухил, що підтримує постійну швидкість скочування відчепа з середніми ходовими властивостями, відчепи з кращими ходовими властивостями гальмувати ТВУ, що настроєні на безпечну швидкість підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії, а відчепи з гіршими ходовими властивостями проштовхувати далі в парк наступними відчепами з ліпшими ходовими властивостями.

Використання ТВУ на сортувальній колії розглянуто на прикладі ГМП, характеристики якої наведені в додатку Б на рис. Б.1. Перша ділянка профілю довжиною 100 м запроектована ухилом 6,7 % для підтримування постійної швидкості ДП. ТВУ настроєні на контрольну швидкість спрацьовування 1 м/с. Ухил збільшений в порівнянні з попередніми розрахунками, тому що на цій ділянці ТВУ розташовані з більшою щільністю ніж необхідно для підтримування постійної швидкості скочування усіх відчепів. Тому що на цій ділянці необхідно якомога раніше знизити швидкість скочування відчепів з хорошими ходовими властивостями, ТВУ розташовані з різною щільністю: спочатку

уповільнювача на метр, для того, щоб знизити швидкість ДХ до 1 м/с, потім уповільнювач на метр колії для підтримання постійної швидкості скочування усіх відчепів (додаток Б, табл. Б.10).

Наступна ділянка має ухил 2,2 % для підтримання постійної швидкості скочування відчепів зі середніми ходовими властивостями. Короткі відчепи з

гіршими ходовими властивостями передбачається проштовхувати далі в парк наступними відчепами з кращими ходовими властивостями. Відчепи з кращими ходовими властивостями гальмують ТВУ, які розташовані на цій ділянці з щільністю 1 уповільнювач на 4 м колії. Довжина цієї ділянки повинна уточнюватися в залежності від характеру вагонопотоку, що накопичується на сортувальних коліях. Решта сортувальної колії запрофільовано ухилом 0,6 ‰, останні 100 м корисної довжини – протиухилом 2 ‰ [9].

Таким чином на сортувальних коліях зі спеціальним профілем за допомогою ТВУ можна вирішувати завдання якісного заповнення колій та забезпечення при цьому безпечної швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії. Однак більш круті ухили сортувальних колій призводять до небезпеки уходу вагонів з колії накопичення в бік парку відправлення, якщо не вжити додаткових заходів для запобігання цьому.

Попередній аналіз використання ТВУ для реалізації функцій прицільного гальмування відчепів свідчить про те, що недоцільно використовувати точкові регулятори швидкості вагонів для зниження швидкості скочування відчепів на початку сортувальних колій, тому що це призводить до додаткових проблем для інтервального регулювання швидкості відчепів. А саме до погіршення умов розділення довгих відчепів з наступними короткими відчепами на останніх розділових стрілочних переводах.

Якщо відсунути зону розташування ТВУ для зниження швидкості відчепів до безпечного рівня в бік зони накопичення вагонів на сортувальній колії, тоді збільшується ризик не встигнути загальмувати важкий відчеп з хорошими ходовими властивостями до безпечної швидкості підходу до вагонів на колії накопичення. Тому для зниження швидкості скочування відчепів на початку сортувальних колій доцільно здійснювати за допомогою балкових вагонних уповільнювачів на стаціонарній ПГП.

Протягом шляху скочування відчепа на сортувальній колії доцільно використовувати точкові регулятори швидкості вагонів для утримання швидкості в безпечних межах.

3.6 Висновки

1. Встановлено, що недоцільно розташовувати ТВУ на малих ухилах у стрілочній зоні сортувальних гірок з нормативним профілем, тому що це призводить до зниження швидкості скочування відчепів із поганими ходовими властивостями, що різко негативно впливає на умови розділення відчепів.

2. Результати розрахунків показали, що конструкції сортувальних гірок, розрахованих у відповідності до чинних правил і норм проектування, не доцільно обладнувати системами розподіленого регулювання швидкості відчепів з використанням ТВУ без зміни профілю спускної частини гірки.

3. Розрахунки показали, що принципово можливо ефективно використовувати системи розподіленого регулювання швидкості відчепів на спускній частині вітчизняних сортувальних гірок. Однак, щоб досягти високого рівня переробної спроможності профіль спускної частини гірки повинний бути змінений відповідно до розробленого методу.

4. Розроблено метод розрахунку спеціального профілю сортувальних гірок, які пропонується обладнати системою розподіленого регулювання швидкості відчепів, та схеми розташування ТВУ, що дозволить максимально виключити людський фактор з процесу регулювання швидкості відчепів на спускній частині сортувальної гірки.

5. Сортивальні гірки, спускна частина яких запроектована спеціальним профілем, виявилися приблизно на 1 м вище за аналогічні, запроектовані нормативним профілем.

6. Зроблено висновок про недоцільність зниження швидкості відцепів до безпечної швидкості підходу до вагонів на сортувальних коліях точковими регуляторами швидкості. Цю функцію треба залишити за стаціонарними ПГП, розташованими на початку сортувальних колій. Значно спрощується алгоритм управління ПГП, тому що всі відчепи передбачається випускати з однаковою швидкістю. Якщо точність реалізації заданої швидкості виходу відцепів із ПГП невисока, є доцільність ліквідувати погрішність точковими регуляторами швидкості вагонів.

7. Використання ТВУ і ТВПУ у сортувальному парку дозволяє накопичувати состави без вікон і без осаджувань маневровим локомотивом з боку гірки, забезпечує підхід відцепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю. До недоліків можна віднести той факт, що при використанні ТВУ необхідний ухил сортувальних колій в 2 – 3 рази більший в порівнянні з існуючими на станціях. Таким чином за допомогою ТВУ можна вирішувати завдання заповнення колій та забезпечення при цьому безпечної швидкості підходу відцепів до вагонів на сортувальній колії зі спеціальним профілем. Однак більш круті ухили сортувальних колій призводять до небезпеки виходу вагонів з колій накопичення в бік парку відправлення, якщо не вжити додаткових заходів для запобігання цьому. Використання ТПВУ знімає цей недолік. Ухил сортувальних колій у цьому випадку порівняний з ухилами сортувальних колій на існуючих сортувальних гірках. Але прискорювачі не працюють автономно, вони потребують зовнішнього джерела енергії.

РОЗДІЛ 4

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ЗАЛЕЖНОСТІ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЗАПОВНЕННЯ СОРТУВАЛЬНОЇ КОЛІЇ ВАГОНАМИ ВІД ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ РОЗПОДІЛЕНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ВІДЧЕПІВ

Якість заповнення вагонами сортувальних колій оцінюють за різними показниками. Але всі вони недосконалі. Кожний з них не в повній мірі характеризує якість процесу. Універсального показника немає [85-91]. Це зв'язано з тим, що мета процесу полягає в тому, щоб з одного боку всі відчепи докотилися до вже зупинених на сортувальній колії вагонів без утворення вікон, а з іншого боку щоб швидкість підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії при цьому була в безпечних межах. Тому для оцінки якості заповнення вагонами сортувальних колій обрані два показники, що характеризують обидва боки процесу:

- ступінь заповнення сортувальної колії вагонами;
- ймовірність підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії із безпечною швидкістю.

Обидва показники потрібно максимізувати.

Ступінь заповнення сортувальної колії вагонами визначається за формулою

$$,$$

- де
- довжина всіх вагонів, що знаходяться на сортувальній колії, м;
 - корисна довжина сортувальної колії, м.

Цей показник фіксується після чергового розпуску состава з гірки. По завершенні моделювання визначається середнє значення.

Ймовірність підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії із безпечною швидкістю визначається наступним чином:

$$,$$

- де
- кількість відчепів, що з'єдналися з вагонами на сортувальній колії з безпечною швидкістю;

– загальна кількість відчепів з врахуванням відчепів, які утворили вікна.

Для більш чіткого уявлення характеру змін процесу заповнення сортувальної колії вагонами використовується ще один показник: ймовірність з'єднання відчепів з вагонами на сортувальній колії з безпечною швидкістю. На відміну від попереднього показника він відображає відношення кількості відчепів, що з'єдналися з безпечною швидкістю, до кількості всіх відчепів, що з'єдналися з вагонами на сортувальній колії, тобто без врахування відчепів, які утворили вікна.

У якості змінних параметрів системи розподіленого регулювання швидкості відчепів обрані довжина та ухил першої ділянки колії сортувального парку, а також кількість ТВУ на ній.

При цьому кількість точкових регуляторів швидкості вагонів на сортувальній колії та ухил сортувальної колії повинні бути мінімальними.

Дослідження залежності проводилося шляхом математичного моделювання процесу заповнення вагонами сортувальної колії.

За результатами моделювання процесу заповнення вагонами сортувальних колій виконано дослідження та аналіз залежності показників якості процесу від параметрів системи розподіленого регулювання швидкості відчепів.

4.1 Методика дослідження показників якості заповнення сортувальної колії вагонами

При моделюванні розпуску вагонів на колію сортувального парку були використані наступні початкові дані:

- математичне очікування швидкості виходу з ПГП м/с;
- середньоквадратичне відхилення швидкості виходу з ПГП м/с;
- довжина сортувальної колії: м;
- математичне очікування основного питомого опору руху вагона Н/кН;
- середньоквадратичне відхилення основного питомого опору руху вагона Н/кН.

Характеристики вагонопотоку, що підлягає переробці на сортувальній гірці наведені в додатку А (табл. А.1 – А.3).

Для розрахунку гіркового технологічного циклу були зібрані статистичні дані вагонопотоку станції Нижньодніпровськ-Вузол. Для цього було проаналізовано дані натурних листів поїздів, які прибувають на станцію в розформування. З них було виявлено, 20 % поїздів мають вагони заборонені для розпуску з гірки, також виявлено що середня кількість розчеплень вагонів в складах поїздів, що підлягають формуванню, у місцях розбіжності поздовжніх осей автозчепних пристроїв і постановки вагонів прикриття складає близько 10 % від загальної кількості вагонів.

Профіль сортувальної колії та рішення рівняння руху вагонів по сортувальній колії в енергетичному вигляді зображено на рис. 4.1.

У процесі дослідження показників якості заповнення сортувальної колії вагонами варіювалися наступні параметри системи розподіленого регулювання швидкості відчепів:

- ухил першої ділянки сортувальної колії довжиною 400 м;
- щільність розташування на цій колії точкових регуляторів швидкості у вагонів.

Ухил сортувальної колії змінювався від нормативних 0,6 до 3,5 ‰, а щільність розташування на ній ТВУ до одного уповільнювача на метр колії. Інші

параметри системи залишалися незмінними: контрольна швидкість спрацювання ТВУ – м/с, довжина ділянки сортувальної колії, на якій розташовувалися ТВУ, – м.

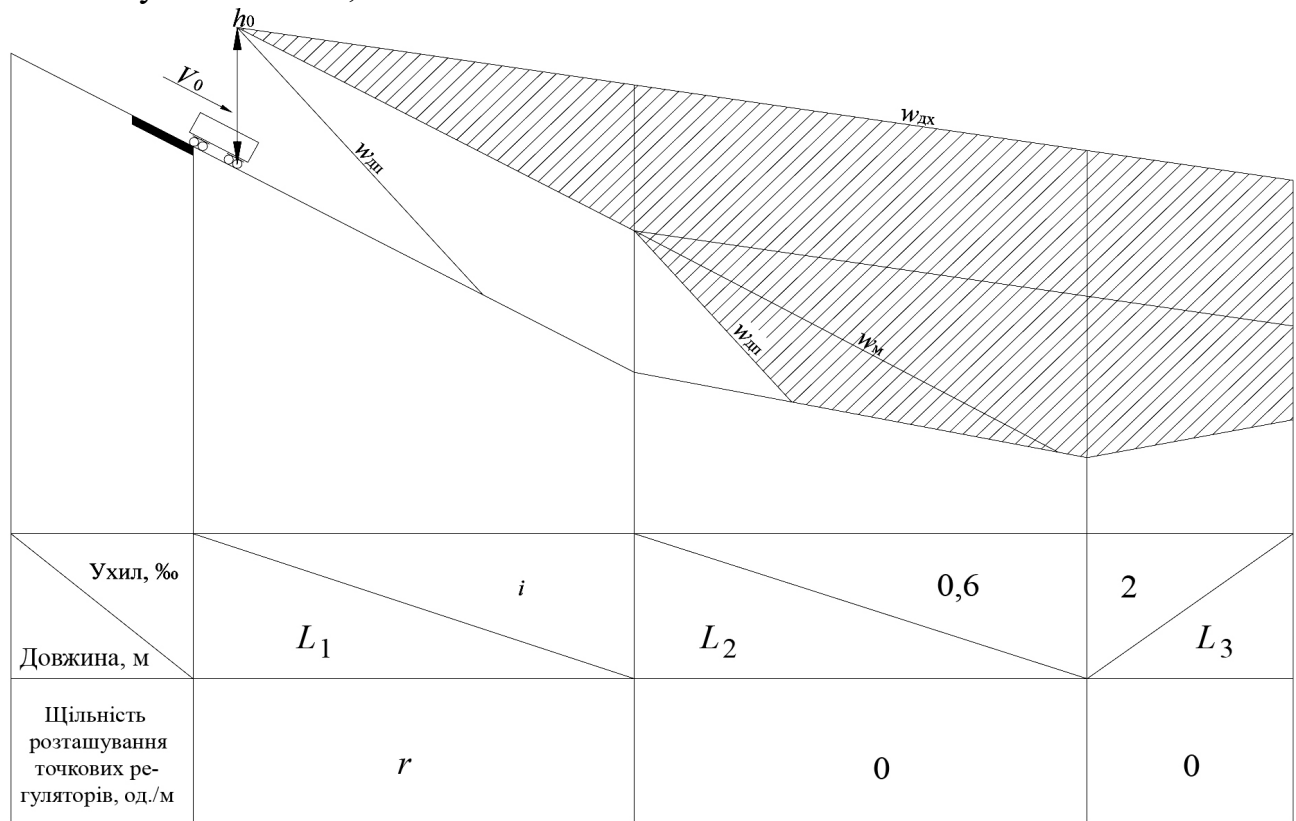


Рисунок 4.1 – Поздовжній профіль сортувальної колії та рішення рівняння руху відчепа в енергетичному вигляді

По всіх варіантах виконано моделювання процесу заповнення сортувальної колії вагонами та визначені показники якості процесу заповнення сортувальних колій вагонами.

4.2 Дослідження впливу параметрів системи розподіленого регулювання швидкості відчепів із застосуванням ТВУ на якість заповнення сортувальної колії вагонами

За результатами моделювання, які наведені в додатку Д, побудовані графіки залежностей ступеня заповнення сортувальної колії вагонами, ймовірності підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю, часу осаджування вагонів, кількості пошкоджених вагонів по варіантах від параметрів системи.

Результати моделювання ймовірності підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю при щільності розташування ТВУ від 0 до 1 од./м, а також при ухилах від 0,6 до 3,5 ‰ наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Ймовірність (P) підходу з безпечною швидкістю відчепів до вагонів на сортувальній колії, оснащений ТВУ

Щільність ТВУ, од./м	Ухил, ‰						
	0,6	1	1,5	2	2,5	3	3,5

0,0	0,389	0,478	0,533	0,351	0,152	0,061	0,035
0,1	0,389	0,509	0,670	0,730	0,549	0,307	0,159
0,2	0,386	0,510	0,689	0,829	0,838	0,710	0,477
0,3	0,378	0,501	0,684	0,836	0,889	0,882	0,801
0,4	0,373	0,496	0,676	0,832	0,890	0,896	0,869
0,5	0,367	0,488	0,671	0,828	0,891	0,908	0,910
0,6	0,361	0,481	0,663	0,822	0,890	0,906	0,906
0,7	0,358	0,472	0,654	0,818	0,889	0,908	0,911
0,8	0,357	0,469	0,648	0,813	0,888	0,907	0,910
0,9	0,348	0,459	0,637	0,807	0,885	0,907	0,910
1,0	0,342	0,454	0,630	0,802	0,883	0,907	0,911

Графіки залежності ймовірності підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю від ухилу сортувальної колії та щільності розташування ТВУ зображено на рис. 4.2.

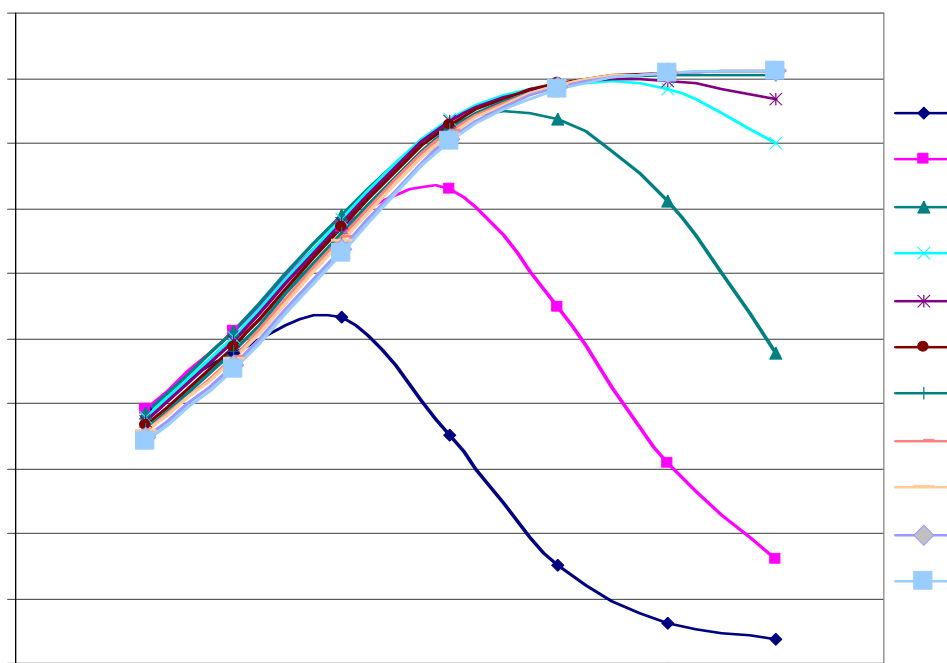


Рисунок 4.2 – Графік залежності ймовірності підходу відчепів до вагонів з безпечною швидкістю від ухилу сортувальної колії і щільності розташування ТВУ

Аналіз залежностей (див. рис. 4.2) показує, що за малої щільності розташування ТВУ разом із збільшенням ухилу спочатку зростає ймовірність підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю, сягає певного максимуму, а потім спадає. Це відбувається як за рахунок зменшення частки відчепів з вікнами, так і за рахунок зменшення частки відчепів, які підходять до вагонів на сортувальній колії з небезпечною швидкістю (рис. 4.3).

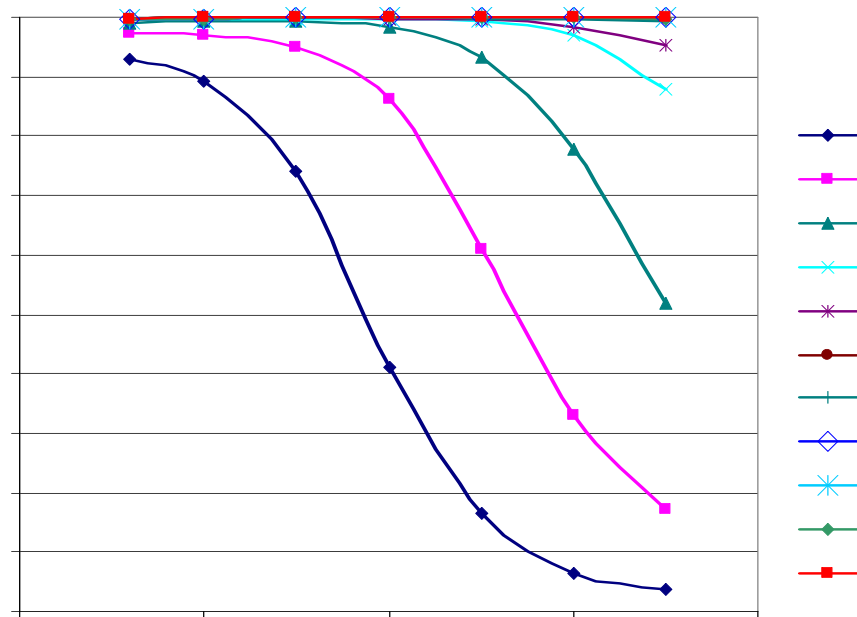


Рисунок 4.3 – Графік залежності ймовірності з'єднання відчепів з вагонами на сортувальній колії з безпечною швидкістю від ухилу сортувальної колії і щільності розташування ТВУ

Аналізуючи графіки залежностей на рис. 4.3 можна відмітити, що при достатній щільності розташування ТВУ можна забезпечити майже стовідсоткову ймовірність з'єднання відчепів з вагонами на сортувальній колії з безпечною швидкістю на будь-якому ухилі дослідного діапазону.

Результати моделювання ступеня заповнення сортувальної колії вагонами при щільності розташування ТВУ від 0 до 1 од./м, а також при ухилах від 0,6 до 3, 5 ‰ наведені в табл. 4.2. Графіки залежності ступеня заповнення колії вагонами від ухилу сортувальної колії та щільності розташування ТВУ зображено на рис. 4.4.

Таблиця 4.2 – Ступінь (G) заповнення вагонами сортувальної колії, що оснащена ТВУ

Щільність ТВУ, од./м	Ухил, і ‰						
	0,6	1	1,5	2	2,5	3	3,5
0,0	0,547	0,568	0,633	0,734	0,800	0,847	0,891
0,1	0,544	0,565	0,624	0,723	0,775	0,784	0,812
0,2	0,543	0,562	0,620	0,719	0,773	0,778	0,779
0,3	0,542	0,560	0,619	0,713	0,771	0,778	0,778
0,4	0,542	0,558	0,616	0,710	0,771	0,778	0,778
0,5	0,542	0,556	0,612	0,705	0,769	0,777	0,778
0,6	0,540	0,555	0,608	0,701	0,768	0,777	0,778
0,7	0,540	0,554	0,606	0,698	0,767	0,777	0,778
0,8	0,539	0,554	0,606	0,696	0,766	0,777	0,778
0,9	0,538	0,552	0,600	0,690	0,764	0,777	0,778

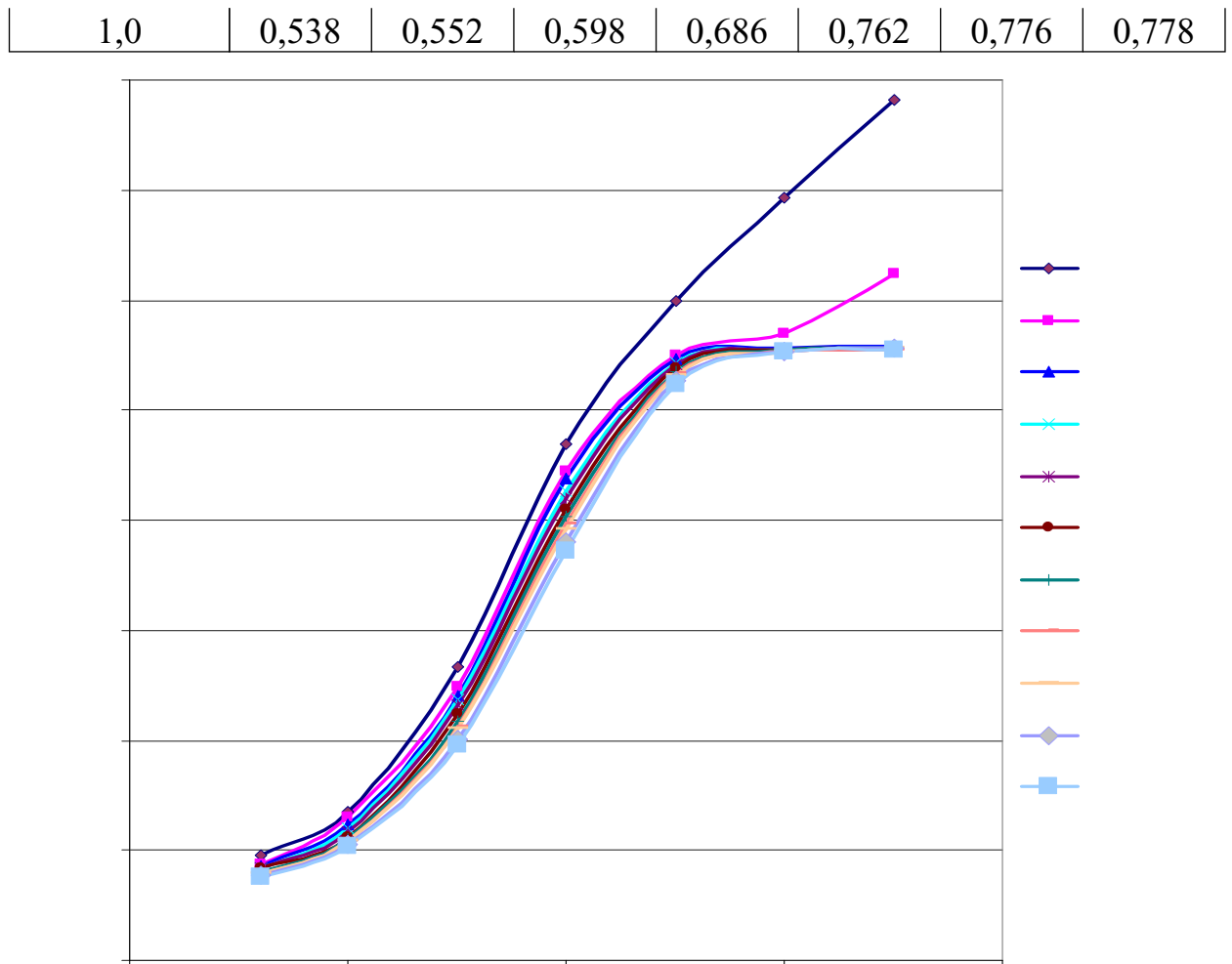


Рисунок 4.4 – Графік залежності ступеня заповнення сортувальної колії вагонами від ухилу і щільності розташування ТВУ

Ступінь заповнення колії вагонами повинна бути якнайбільшою. Аналіз залежностей на рис. 4.4 показує, що щільність розташування ТВУ не суттєво впливає на ступінь заповнення сортувальної колії вагонами. Із збільшенням щільності розташування ТВУ ступінь заповнення сортувальної колії вагонами дещо зменшується. Також потрібно відмітити, що ступінь заповнення вагонами сортувальної колії, обладнаної системою розподіленого регулювання швидкості відчепів з використанням ТВУ, сягає лише 80 %. Це пояснюється тим, що ТВУ встановлені лише на початку сортувальної колії, далі відбувається нерегульоване скочування відчепів. Також слід зазначити, що при збільшенні ухилу колії від 0, 6 ‰ до 2,5 ‰ ступінь заповнення колії вагонами значно зростає, а при подальшому збільшенні ухилу зростання незначне.

Ймовірність підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю та ступінь заповнення сортувальної колії вагонами суперечливі показники. Вони по різному реагують на зміни параметрів системи розподіленого регулювання швидкості відчепів. Якщо один показник зростає, зменшується інший. Порівнюючи графіки залежностей показників якості заповнення сортувальної колії вагонами (рис. 4.2 та 4.4) бачимо, що покращити обидва

показника можна тільки за умов збільшення як ухилу сортувальної колії, так і щільності розташування ТВУ на сортувальної колії. Отже оснащення сортувальної колії ТВУ дає позитивні результати, обидва показники покращуються. Однозначно якими мають бути параметри системи розподіленого регулювання швидкості відчепів з використанням ТВУ, аналізуючи залежності на рис. 4.2 - 4.4, не можна. Можливо дати лише рекомендації щодо щільності розташування ТВУ за наявного ухилу сортувальної колії, або навпаки.

4.3 Дослідження впливу параметрів системи розподіленого регулювання швидкості відчепів із застосуванням ТВПУ на якість заповнення сортувальної колії вагонами

За результатами дослідження впливу основних параметрів системи розподіленого регулювання швидкості відчепів на показники якості заповнення сортувальної колії вагонами встановлено, якщо для регулювання швидкості вагонів використати ТВУ, тоді при збільшенні ухилу сортувальної колії й збільшенні швидкості входу відчепу на сортувальну колію поліпшується перший показник (збільшується ступінь заповнення сортувальної колії вагонами) і погіршується другий (зменшується ймовірність підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю). Домогтися того, щоб обидва показники поліпшувалися проблематично: потрібно збільшити ухил сортувальної колії й щільність розміщення уповільнювачів [84], але це потребує додаткових коштів як на придбання і утримування додаткових ТВУ, так і на земляні роботи з реконструкції профілю станційної площадки.

Застосування ТВПУ дасть можливість підвищити якість заповнення сортувальної колії вагонами меншою кількістю керуючих елементів і на меншому ухилі колії. Результати моделювання показали, що ступінь заповнення сортувальних колій істотно підвищується, а ймовірність підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю не зменшується.

Результати моделювання заповнення сортувальної колії вагонами з ухилами від 0,6 ‰, до 2,5 ‰ і щільністю розташування ТВПУ від 0 до 0,7 одиниць на метр колії наведені в табл. Д.2 додатку Д.

Результати моделювання ймовірності підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю при щільності розташування ТВПУ від 0 од./м до 0,7 од./м, а також при ухилах від 0,6 ‰ до 2,5 ‰ наведені в табл. 4.3.

Нижче наведений графік залежності ймовірності підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю залежно від ухилів профілю і щільності розташування ТВПУ (рис. 4.5).

При використанні ТВПУ на відміну від ТВУ можливо й на малих ухилах забезпечувати високу ймовірність підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю, за умови достатньої щільності розташування ТВПУ.

Таблиця 4.3 – Ймовірність (P) підходу з безпечною швидкістю відчепів до вагонів на сортувальній колії, оснащений ТВПУ

	Ухил, і ‰				

Щільність ТВУ, од./м	0,6	1	1,5	2	2,5
0,0	0,449	0,536	0,593	0,429	0,204
0,1	0,743	0,837	0,869	0,816	0,611
0,2	0,869	0,881	0,884	0,887	0,864
0,3	0,880	0,885	0,887	0,895	0,899
0,4	0,879	0,885	0,888	0,895	0,901
0,5	0,878	0,883	0,888	0,894	0,903
0,6	0,879	0,881	0,891	0,894	0,898
0,7	0,877	0,887	0,893	0,895	0,897

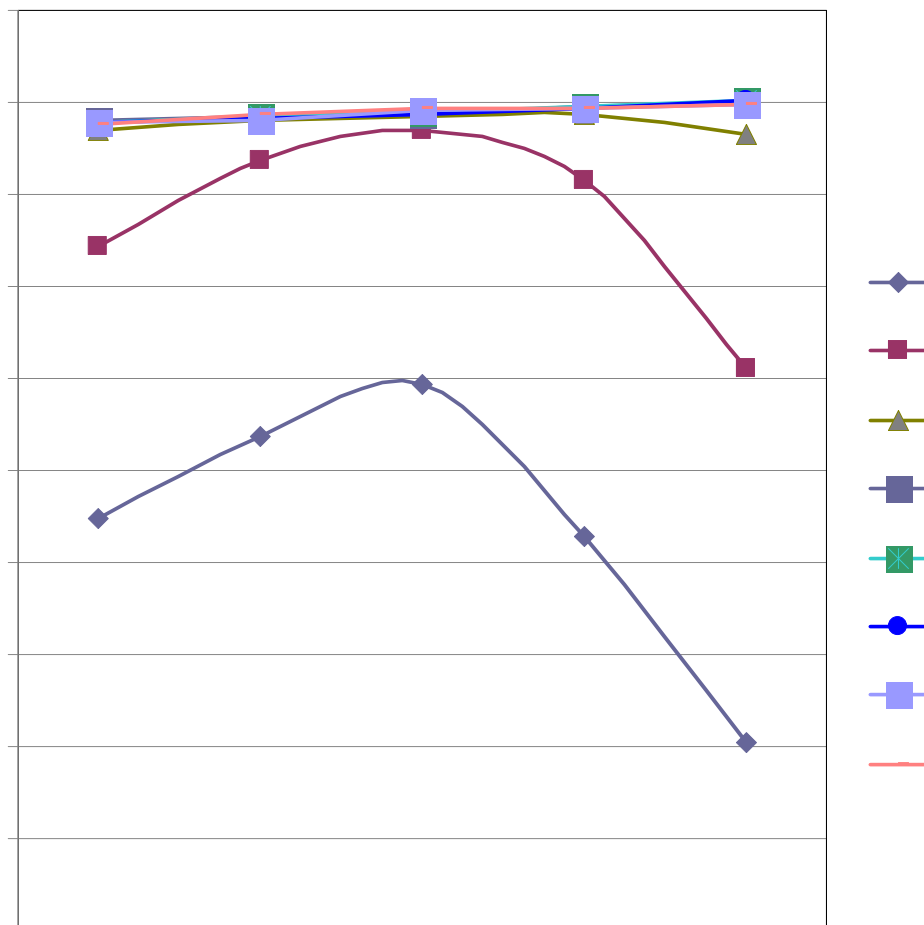


Рисунок 4.5 – Графік зміни ймовірності підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю в залежності від ухилу сортувальної колії й щільності розташування ТВПУ

Для більш чіткого уявлення, яка частка відчепів з'єднується з безпечною швидкістю серед тих відчепів, що з'єдналися з вагонами на сортувальній колії без додаткових маневрових пересувань, на рис. 4.6 наведені графіки залежності ймовірності з'єднання відчепів з вагонами на сортувальній колії з безпечною

швидкістю, що розраховується як частка від усіх відчепів, що не утворили вікон після розпуску.

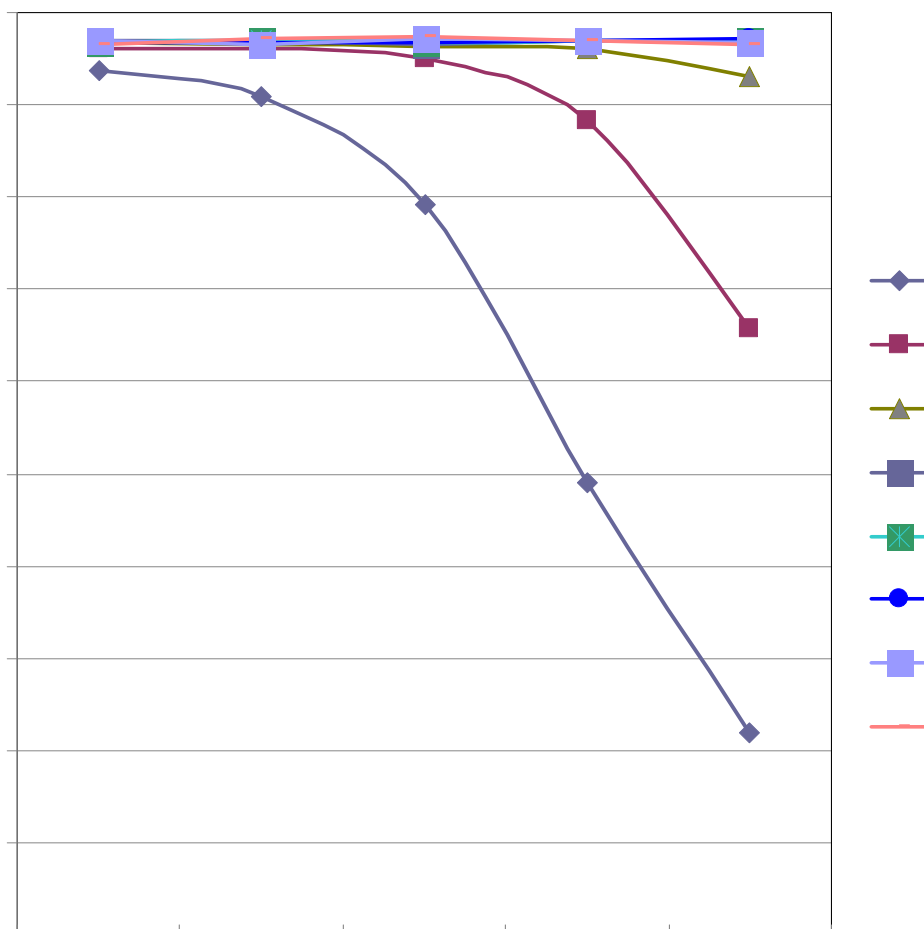


Рисунок 4.6 – Графік зміни ймовірності з'єднання відчепів з вагонами на сортувальній колії з безпечною швидкістю в залежності від ухилу сортувальної колії й щільності розташування ТВПУ

Зменшення ймовірності з'єднання відчепів з вагонами на сортувальній колії з безпечною швидкістю спостерігається тільки на ухилах крутіше за 1,5 ‰ за умови щільності розташування ТВПУ до 0,2 од./м.

Результати моделювання ступеня заповнення сортувальної колії вагонами при щільності розташування ТВПУ від 0 од./м до 0,7 од./м, а також при ухилах від 0,6 ‰ до 2,5 ‰ наведені в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Ступінь (G) заповнення вагонами сортувальної колії, що оснащена ТВПУ.

Щільність ТВУ, од./м	Ухил, і ‰				
	0,6	1	1,5	2	2,5
0,0	0,546	0,564	0,631	0,725	0,794
0,1	0,638	0,719	0,773	0,784	0,785

0,2	0,746	0,77	0,779	0,785	0,785
0,3	0,76	0,77	0,779	0,784	0,786
0,4	0,76	0,77	0,779	0,784	0,785
0,5	0,76	0,769	0,779	0,784	0,785
0,6	0,759	0,768	0,779	0,784	0,785
0,7	0,759	0,768	0,778	0,784	0,785

За наведеними у таблиці даними побудовані графіки залежності ступеня заповнення сортувальної колії вагонами від ухилу сортувальної колії і щільності розташування ТВПУ (рис. 4.7).

З графіку видно, що за умов щільності розташування ТВПУ 0,2 од./м і більше можна забезпечити високий ступінь заповнення вагонами сортувальних колій на будь-якому ухилі в межах діапазону. Причому цей ступінь майже не зростає із збільшенням ухилу сортувальних колій.

Як бачимо, за умов щільності розташування ТВПУ 0,2 од./м можна забезпечити задовільні обидва показники якості процесу заповнення сортувальних колій вагонами на ухилах, що відповідають нормативному значенню [9]. Збільшення ухилу за цих умов призводить до покращення обох показників якості. Тому відповісти однозначно якими мають бути параметри системи розподіленого регулювання швидкості відчепів, аналізуючи залежності на рис. 4.5–4.7, не можна. Можливо дати лише рекомендації щодо щільності розташування точкових регуляторів швидкості вагонів за наявного ухилу сортувальної колії, або навпаки.

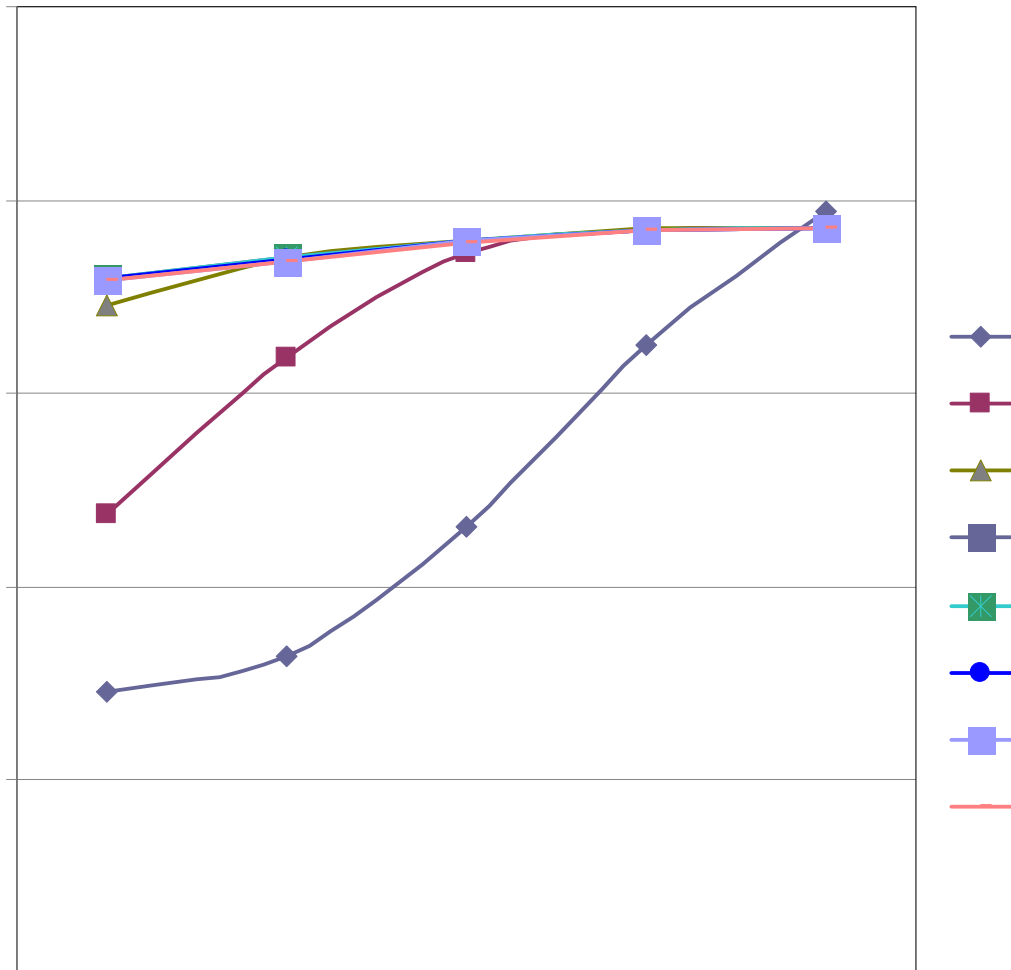


Рисунок 4.7 – Графік залежності ступеня заповнення сортувальної колії вагонами від ухилу сортувальної колії й щільності розташування ТВПУ

Для визначення параметрів системи розподіленого регулювання швидкості відчепів з використанням ТВПУ, за яких показники якості заповнення вагонами сортувальних колій вагонами найкращі, можна закріпити один із критеріїв на певному рівні та через значення параметрів системи, що відповідають обраному рівню даного критерію, визначити значення іншого критерію [92], або за допомогою теорії векторної оптимізації.

4.4 Визначення раціонального співвідношення між ухилом колії та щільністю розміщення точкових регуляторів швидкості вагонів

Якість заповнення сортувальних колій вагонами прийнято оцінювати як мінімум за двома показниками. Один з них характеризує швидкість підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії, а інший повноту заповнення сортувальної колії вагонами. На сортувальних коліях, оснащених системою розподіленого регулю

вання швидкості відчепів, ці показники залежать, насамперед, від ухилу сортувальної колії й від щільності розміщення на ній точкових регуляторів швидкості вагонів.

Позначимо через $P(i, r)$ ймовірність підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю не більше за 1,4 м/с, а через $G(i, r)$ ступінь заповнення вагонами сортувальної колії.

Задача визначення раціональних параметрів системи розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальній колії зводиться до того, що потрібно мінімальною кількістю точкових регуляторів швидкості вагонів на можливо меншому ухилі досягти максимально повного заповнення сортувальної колії вагонами із забезпеченням безпечної швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії.

Потрібно знайти таку пару (i, r) , щоб ймовірність $P(i, r)$ і ступінь $G(i, r)$ були б якомога більшими.

У математичному плані дістали задачу векторної оптимізації [93-95]

$$\max_{(i, r)} \{P(i, r), G(i, r)\} \quad (4.1)$$

$$\text{За умов, що } i \in \bar{I}; \quad \underline{r} \leq r \leq \bar{r} \quad (4.2)$$

де $\underline{i}$, $\bar{i}$ – мінімальний і максимальний ухил сортувальної колії, ‰; $\underline{r}$, $\bar{r}$ – мінімальна й максимальна щільність розміщення точкових регуляторів швидкості на сортувальній колії, од./м.

Для розв'язання задачі запровадимо наступні визначення:

Визначення 1. Пара (i, r) називається ефективною, якщо будь-яка її варіація призводить до погіршення хоча б одного показника.

Інакше кажучи, якщо $(\bar{i}, \bar{r})$ – варіація пари (i, r) , то має місце:

$$\left(\begin{matrix} P(i, r) \leq P(\bar{i}, \bar{r}) \\ G(i, r) \geq G(\bar{i}, \bar{r}) \end{matrix} \right) \text{ або } \left(\begin{matrix} P(i, r) \geq P(\bar{i}, \bar{r}) \\ G(i, r) \leq G(\bar{i}, \bar{r}) \end{matrix} \right) \quad \text{або} \quad \left(\begin{matrix} P(i, r) = P(\bar{i}, \bar{r}) \\ G(i, r) = G(\bar{i}, \bar{r}) \end{matrix} \right),$$

причому серед виписаних нерівностей, повинне бути хоча б одне строгим.

Визначення 2. Дві пари (i, r) та $(\bar{i}, \bar{r})$ називаються непорівнянними, якщо для однієї пари краще один показник, а для другої пари краще інший показник.

Визначення 3. Розв'язком задачі векторної оптимізації (4.1) будемо називати такий набір пар (i, r) з області допустимих значень (4.2), що всі вони ефективні й непорівнянні між собою.

Необхідна умова, що пара (i, r) є ефективною, має вигляд:

$$\begin{cases} \frac{\partial P}{\partial i} + t \frac{\partial G}{\partial i} = 0; \\ \frac{\partial P}{\partial r} + t \frac{\partial G}{\partial r} = 0; \end{cases} \quad (4.3)$$

де .

Нехай $i(t)$ і $r(t)$ є рішенням системи (4.3). Відібрав ці пари так, щоб вони були непорівнянними, отримуємо розв'язок задачі (4.1)–(4.2).

Останнє означає, що необхідно знайти такі i , які для будь-якого

$t \in [\underline{t}, \bar{t}]$ пари $(i(t), r(t))$ задовольняють умовам визначень 1 та 2 .

Визначення $\underline{t}$ і $\bar{t}$ здійснюємо в такий спосіб:

1. У просторі функціоналів , будуємо множину ефективних точок для .
2. Серед елементів множини відбираємо точки, що задовольняють умові:

$$p(A) \cap S = \{A\} \quad (4.4)$$

де – конус Парето з вершиною в точці .

Знаходимо множину таких точок, для кожної з яких перетинання конуса Парето з областю вироджується в точку.

Геометричне подання рішення (4.3) та (4.4) буде наступним (рис. 4.8):

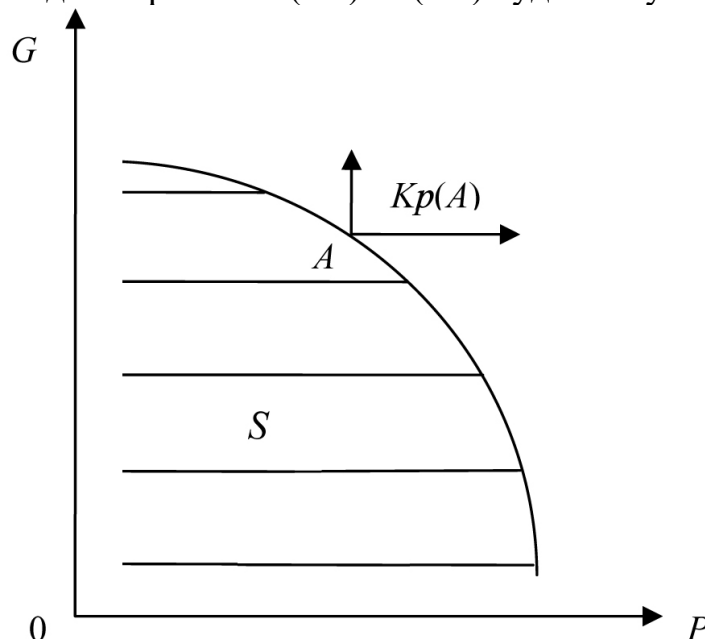


Рисунок 4.8 – Геометрична інтерпретація рішення (4.3) та (4.4)

Перш ніж скористатися викладеною методикою, виконаємо апроксимацію показників , , отриману за допомогою математичного моделювання процесу заповнення сортувальної колії вагонами .

4.4.1 Вихідна інформація й апроксимація показників P і G

У результаті математичного моделювання скочування відчепів на сортувальну колію, оснащену системою розподіленого регулювання швидкості відчепів із використанням ТВУ отримана інформація про i [84, 92], яка представлена в табл. 4.1 та 4.2.

За даними табл. 4.1 і 4.2 та за допомогою методу найменших квадратів визначені залежності P й $P = f(i, r)$:

$$; \quad (4.5)$$

$$. \quad (4.6)$$

Ці поверхні представлено на рис. 4.9 та 4.10.

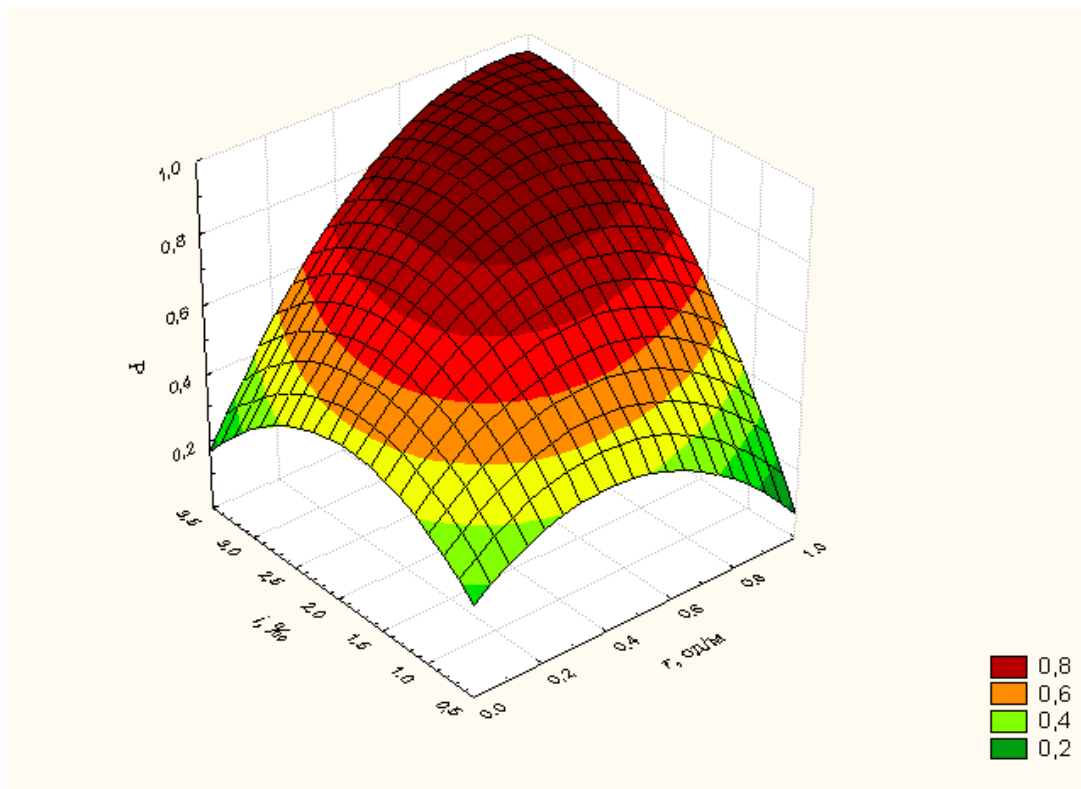


Рисунок 4.9 – Поверхня $P = f(i, r)$ для сортувальної колії, що оснащена ТВУ

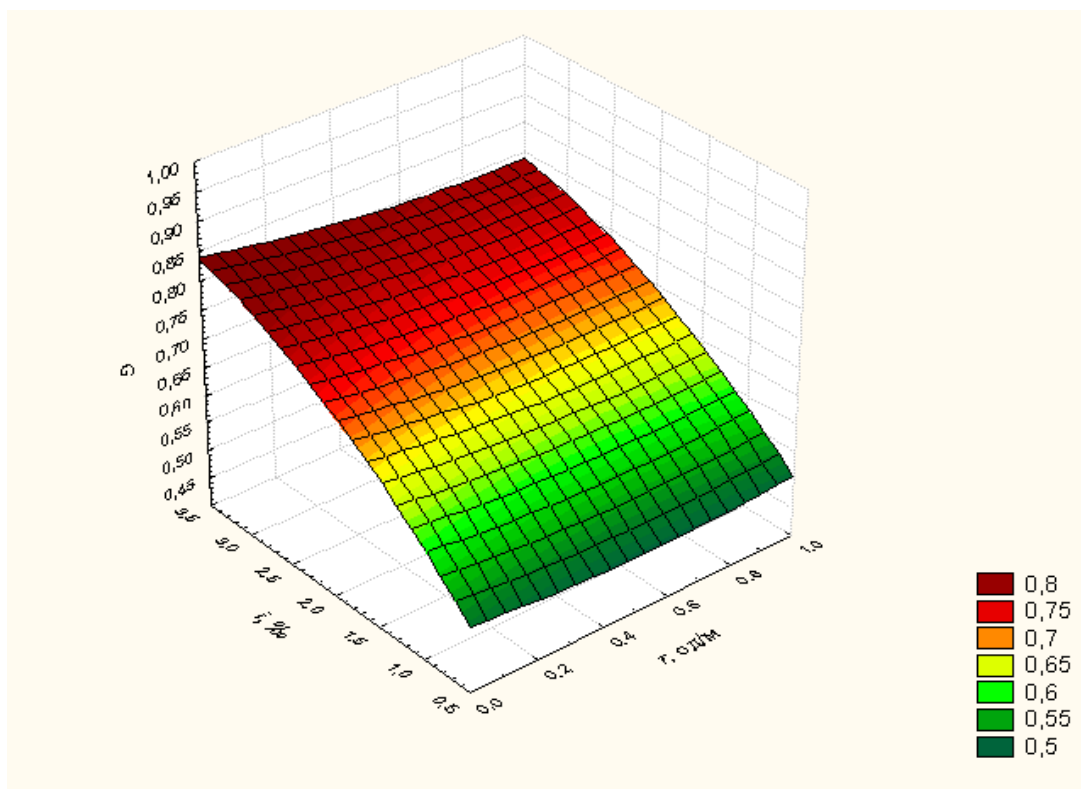


Рисунок 4.10 – Поверхня для сортувальної колії, що оснащена ТВУ

Рис. 4.9, 4.10 свідчать про те, що обидві поверхні опуклі. Цей факт вказує на те, що всі ефективні варіанти є порівнянними між собою.

В табл. 4.3 і 4.4 наведено інформацію про i , отримана в результаті математичного моделювання скочування відчепів на сортувальну колію, оснащену системою розподіленого регулювання швидкості відчепів із використанням ТВПУ.

За даними табл. 4.3 і 4.4 та за допомогою методу найменших квадратів визначені залежності P й r :

$$P = f(i, r) ;$$

$$; \quad (4.7)$$

$$. \quad (4.8)$$

Поверхні й представлено на рис. 4.11 та 4.12.

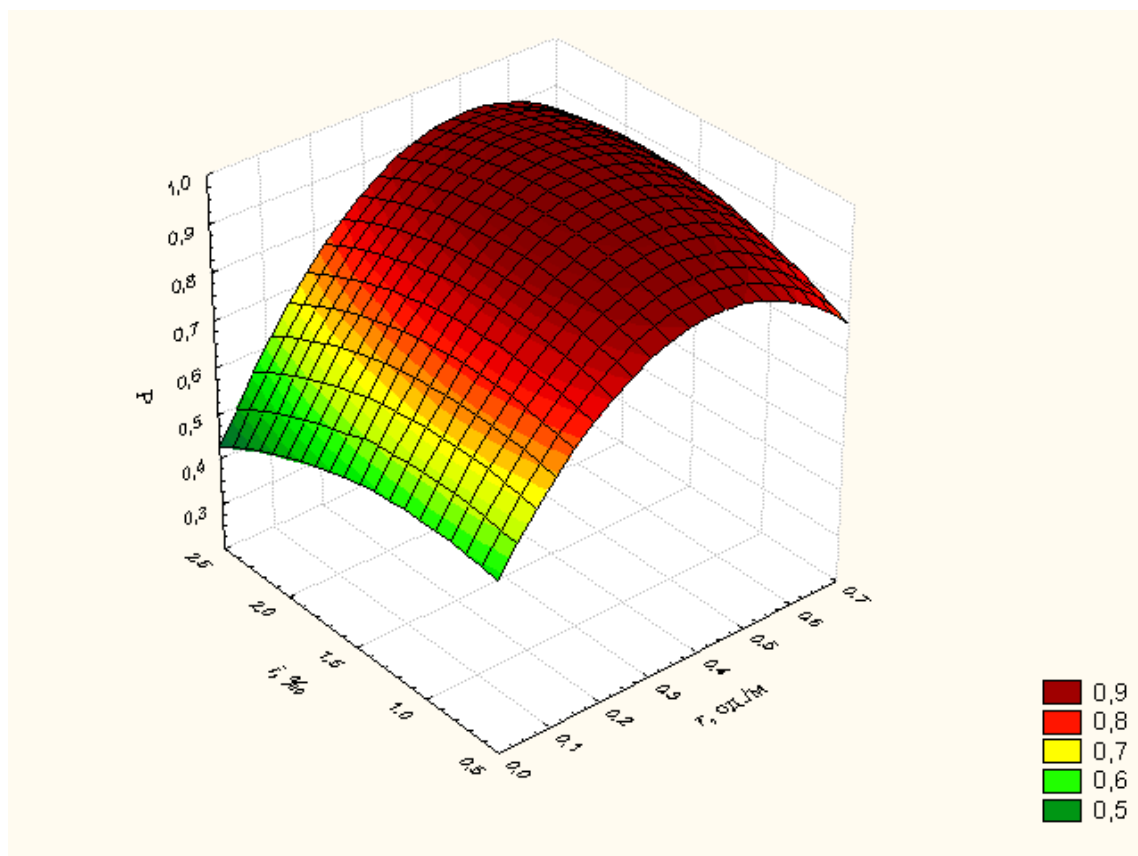


Рисунок 4.11 – Поверхня $P = f(i, r)$ для сортувальної колії, що оснащена ТВПУ

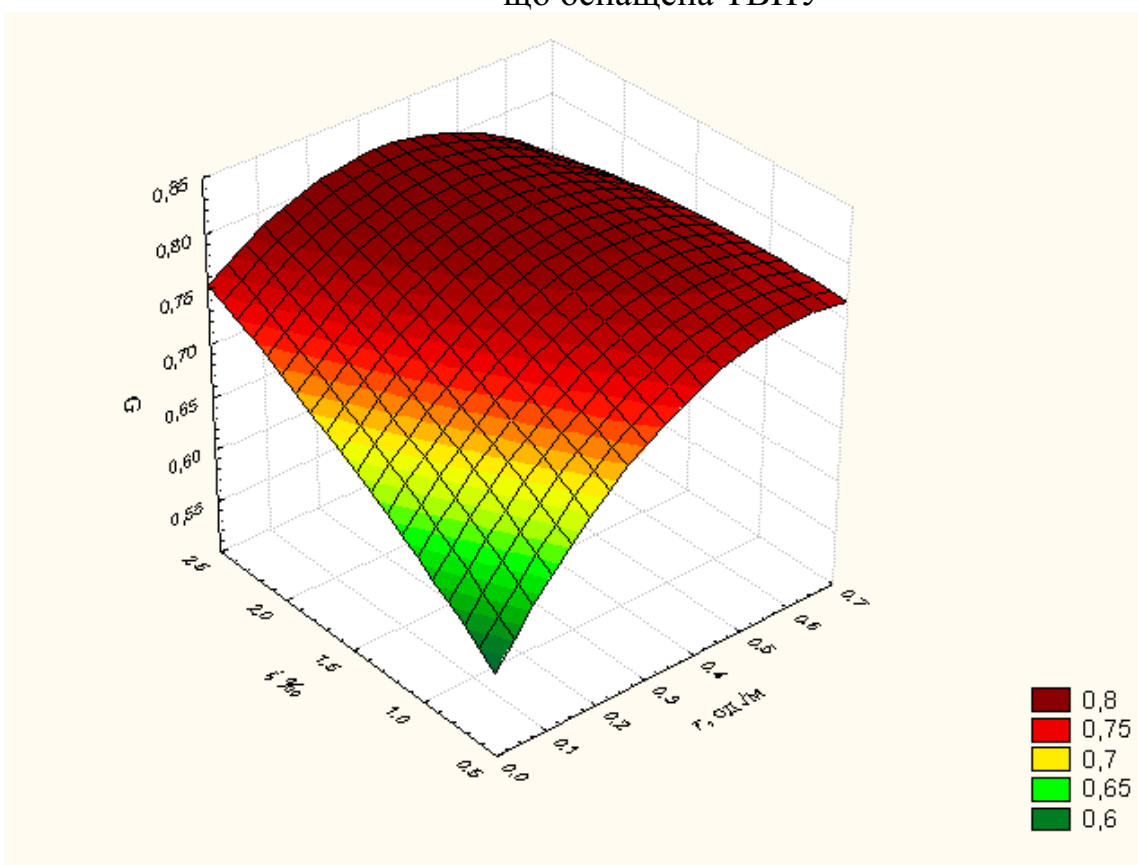


Рисунок 4.12 – Поверхня $C = f(i, r)$ для сортувальної колії, що оснащена ТВПУ

Як впливає з рис. 4.11 та 4.12, обидві поверхні опуклі. Це вказує на те, що всі ефективні пари є порівнянними між собою.

4.4.2 Розв'язання задачі векторної оптимізації по показниках P і G для сортувальних колій, оснащених ТВУ

У відповідності з викладеною методикою обчислюємо градієнти функцій i , вважаючи:

$$\frac{\partial P}{\partial x} = \dots; \quad \frac{\partial G}{\partial x} = \dots;$$

$$\frac{\partial P}{\partial y} = \dots; \quad \frac{\partial G}{\partial y} = \dots,$$

які в нашому випадку будуть рівні:

$$\frac{\partial P}{\partial x} = \dots;$$

$$\frac{\partial G}{\partial x} = \dots;$$

$$\frac{\partial P}{\partial y} = \dots;$$

.

Скориставшись пакетом символьних обчислень Maple [96] розв'язуємо систему рівнянь (4.3), а саме:

```
> A:=evalf(solve({P1+t*G1=0,P2+t*G2=0},{i,r}),5):
> if
op(1,op(1,A))=r
then
r:=op(2,op(1,A)):
i:=op(2,op(2,A)):
else
r:=op(2,op(2,A)):
i:=op(2,op(1,A)):
end if;
```

Рішення системи мають вигляд:

$$;$$

Графіки залежностей r та i від параметра представлено на рис. 4.13, 4.14.

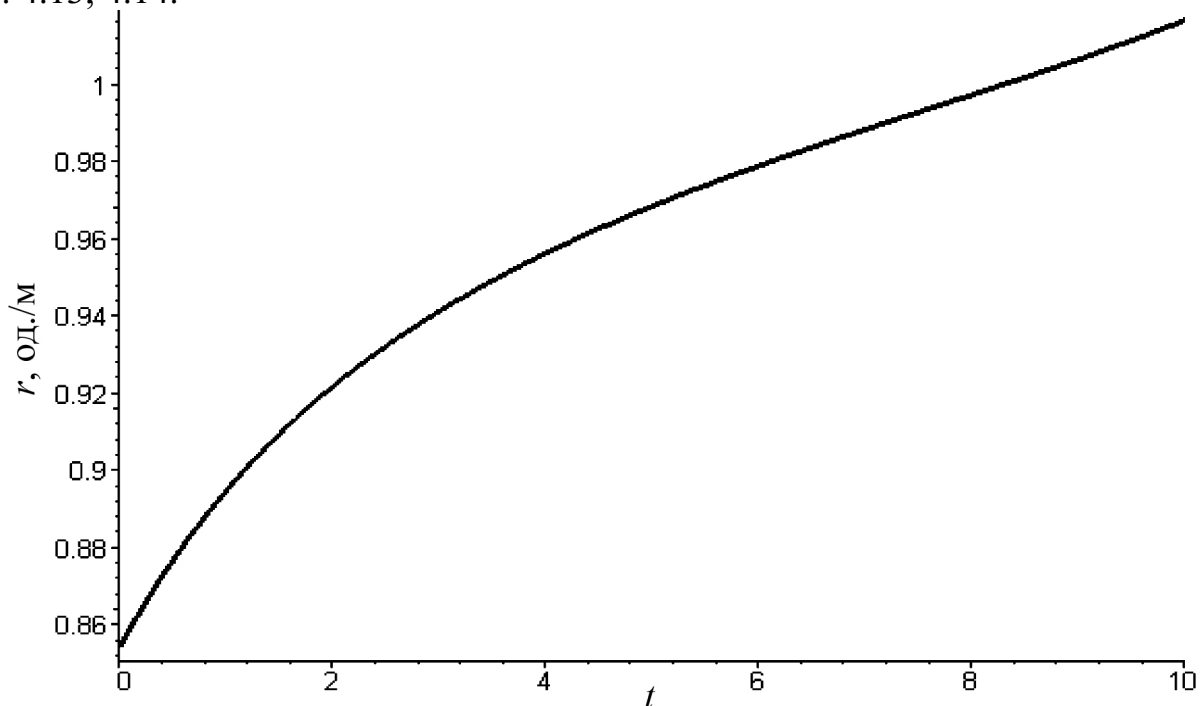


Рисунок 4.13 – Графічне подання $r(t)$ для сортувальних колій, оснащених ТВУ

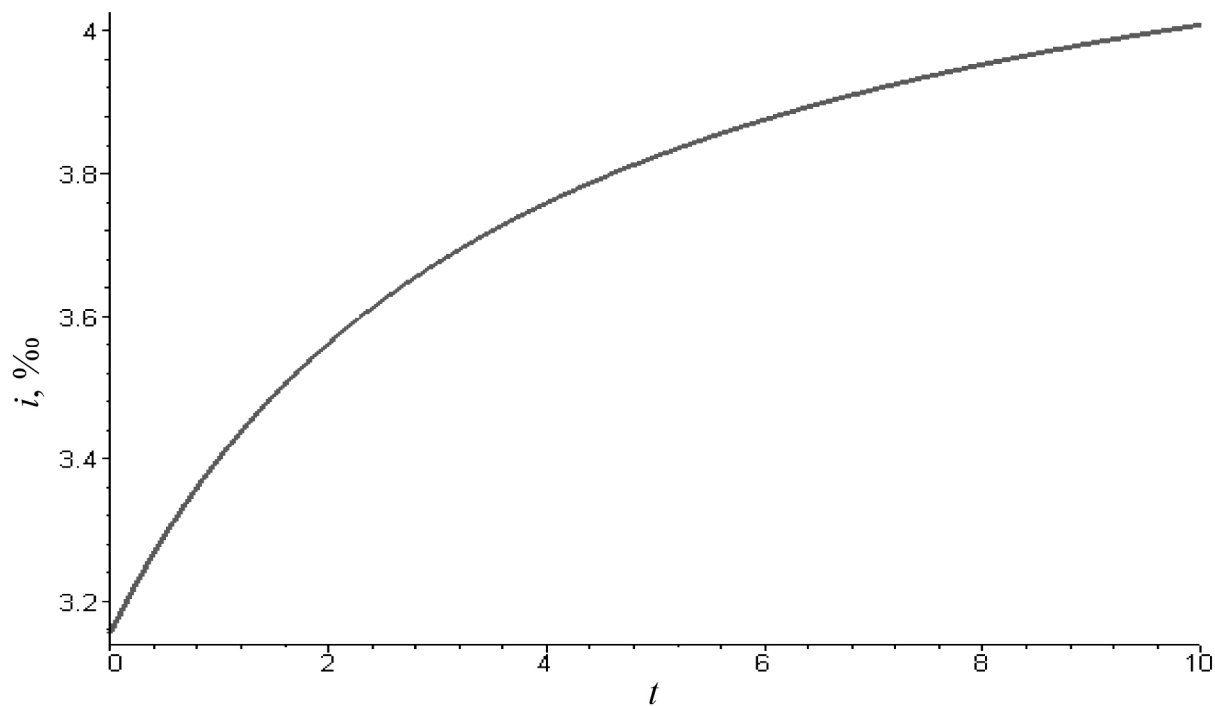


Рисунок 4.14 – Графічне подання $i(t)$ для сортувальних колій, оснащених ТВУ

Після виключення з виразів та параметра дістанемо залежність, яка представлена на рис. 4.15.

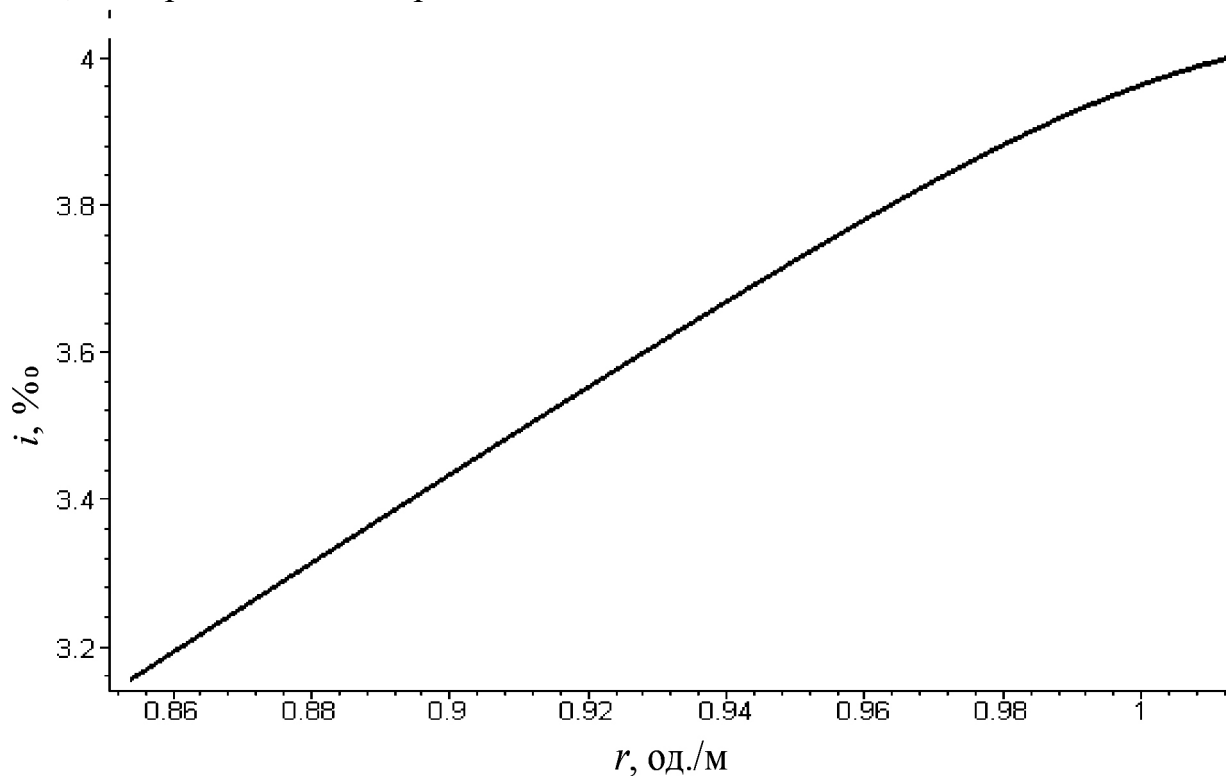


Рисунок 4.15 – Графічне подання для сортувальних колій, оснащених ТВУ

З рис. 4.15 випливає, що якщо щільність ТВУ змінюється в межах $[0,86; 1,00]$ одиниць на метр колії, а відповідні ухили належать до інтервалу $[3,2; 4,0]$ ‰, то це забезпечує розв'язок задачі векторної оптимізації. У такий спосіб встановлюється раціональний зв'язок між ймовірністю підходу відчепів до вагонів на сортувальних коліях з безпечною швидкістю й ступенем заповнення сортувальних колій вагонами, який представлений на рис. 4.16.

Так, з рис. 4.16 випливає, що, якщо ймовірність підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю дорівнює 0,95, тоді ступінь заповнення сортувальної колії вагонами становитиме 0,792. Якщо ступінь заповнення сортувальної колії вагонами дорівнює 0,78, тоді ймовірність підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю складатиме 0,966.

Якщо підставити обрані значення у вирази (4.5) і (4.6), тоді отримаємо значення змінних параметрів системи та , за яких можна досягти даних показників якості процесу заповнення вагонами сортувальних колій, що оснащені ТВУ.

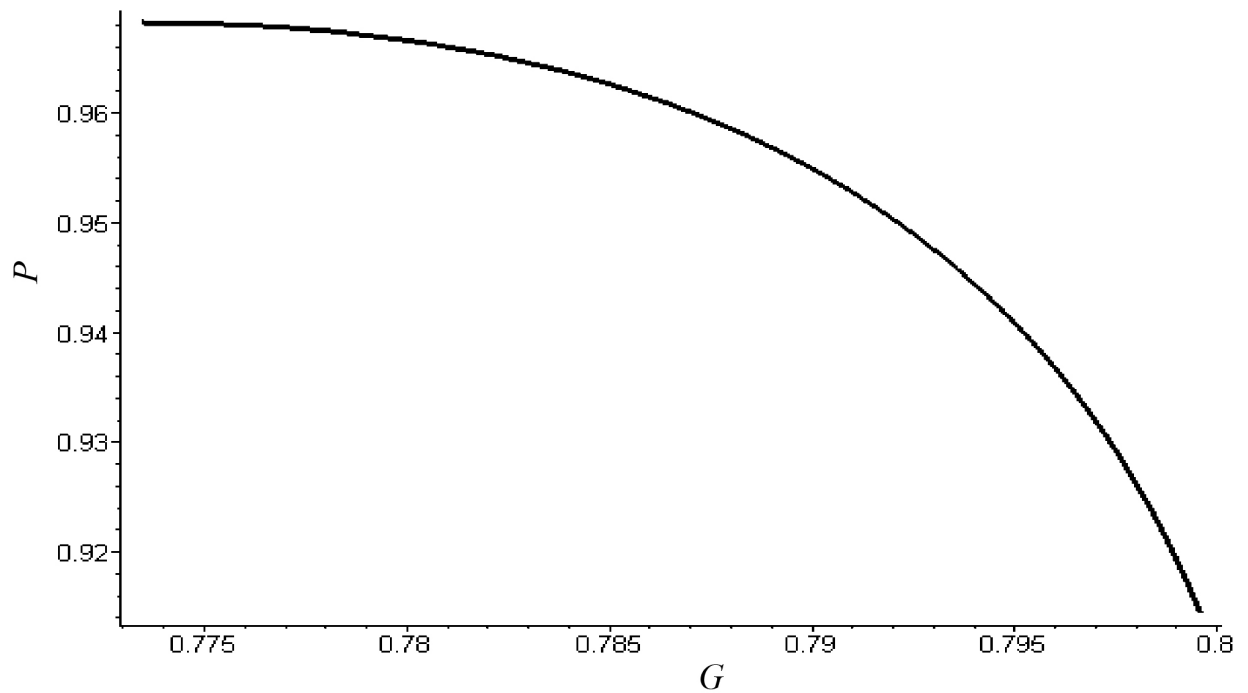


Рисунок 4.16 – Графічне подання $P = f(G)$ для сортувальних колій, оснащених ТВУ

Таким чином, отримані залежності дозволяють визначити раціональні співвідношення між параметрами системи розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних коліях, оснащених ТВУ, для досягнення максимальних показників якості заповнення вагонами сортувальних колій на ухилах порядку 3,2 – 4,0 ‰, за умов щільності розташування ТВУ від 0,86 до 1,00 од./м.

4.4.3 Розв'язання задачі векторної оптимізації по показниках P і G для сортувальних колій, оснащених ТВПУ

Для сортувальних колій, оснащених ТВПУ, часткові похідні від функцій P і G являють собою:

;

;

;

.

Якщо підставити ці залежності в систему рівнянь (3), яка в середовищі Maple має вигляд:

```
> B:=evalf(solve({P1+t*G1=0,P2+t*G2=0},{i,r}),5);
```

тоді розв'язок цієї системи рівнянь матиме вигляд:

;

Графіки залежностей змінних r та i від параметра t для сортувальних колій, оснащених ТВПУ, представлено на рис. 4.17, 4.18.

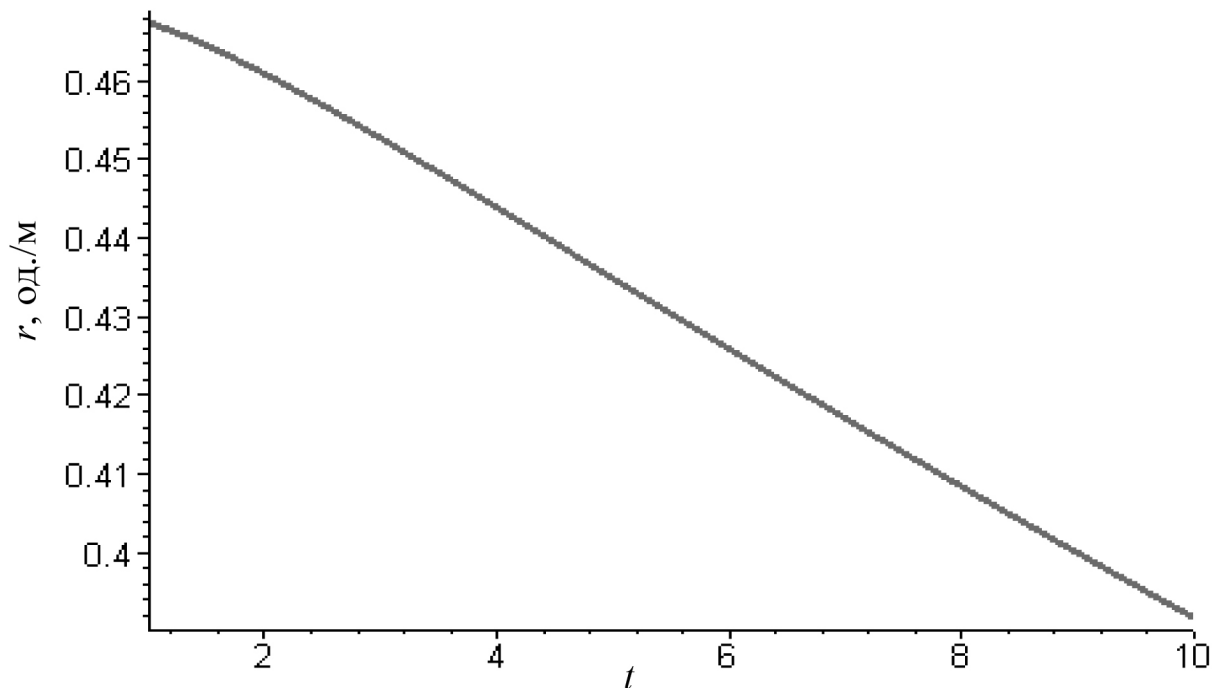


Рисунок 4.17 – Залежність r від t для сортувальних колій, оснащених ТВПУ

Виключив з виразів r та i параметр t , дістанемо залежність $i = f(r)$, яка представлена на рис. 4.19.

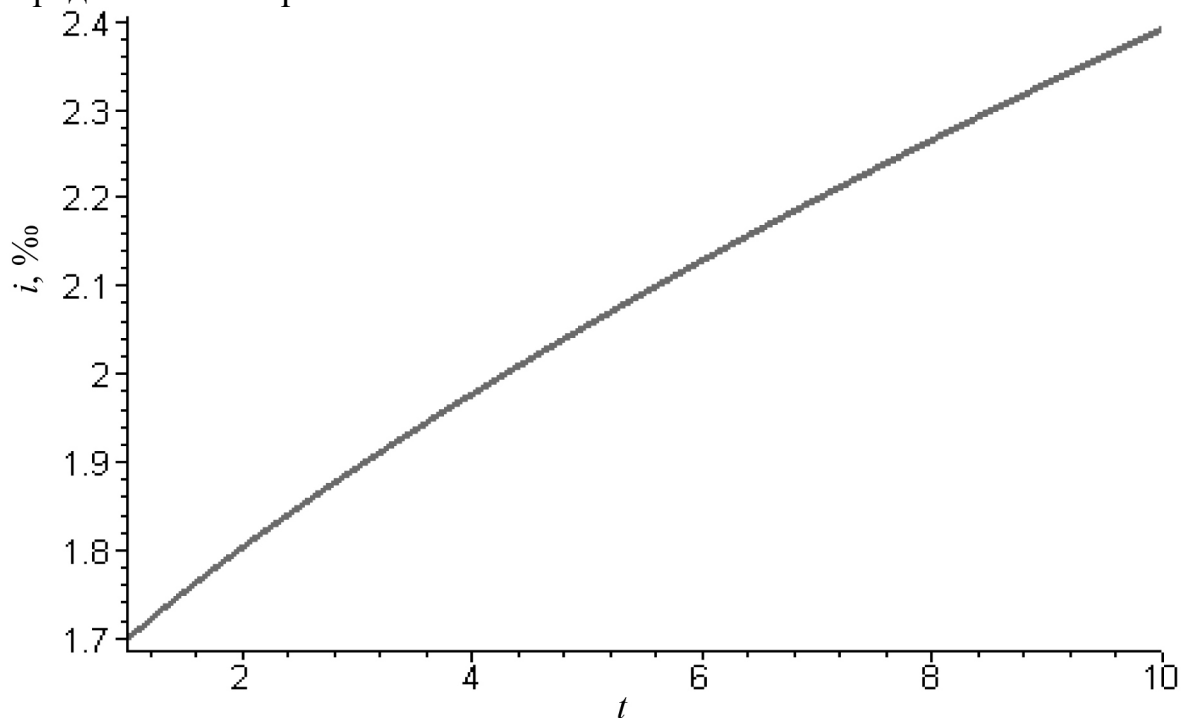


Рисунок 4.18 – Залежність i від r для сортувальних колій, оснащених ТВПУ

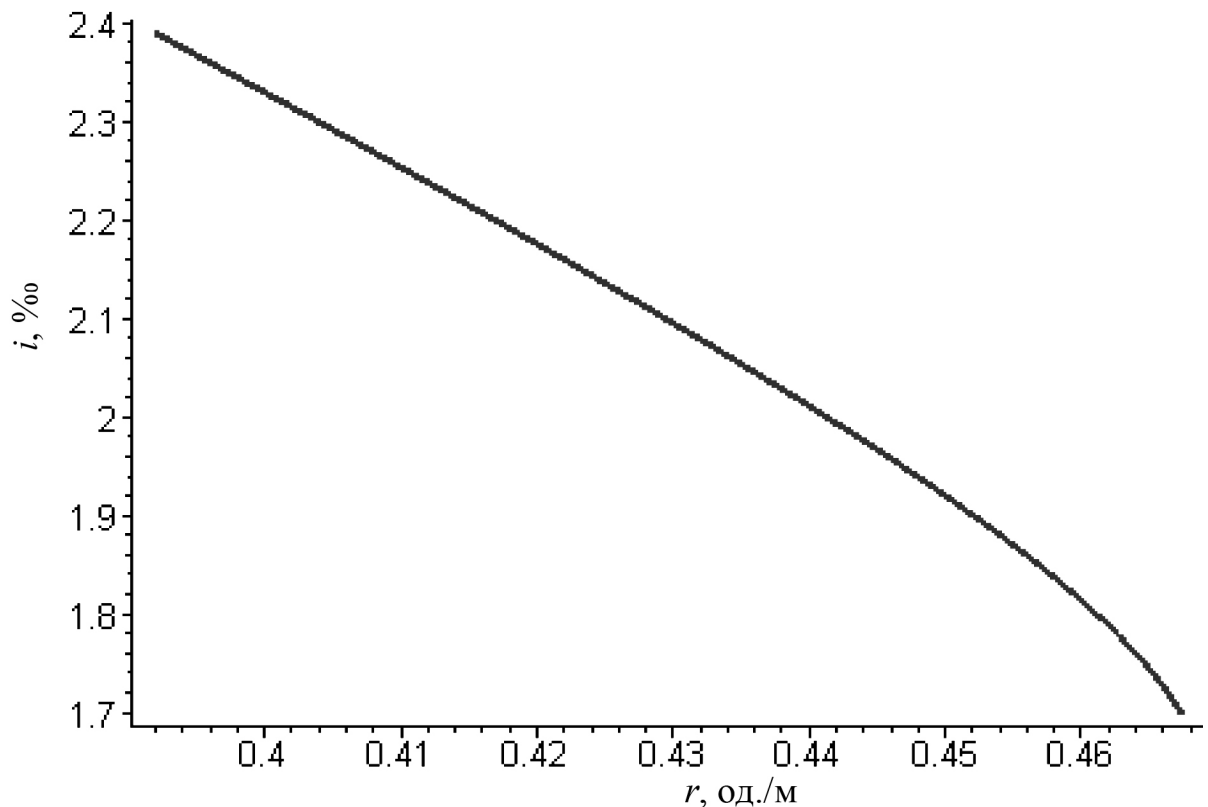


Рисунок 4.19 – Зв'язок між ефективними й не порівнянними між собою пари для сортувальних колій, оснащених ТВПУ

З рис. 4.19 випливає, що якщо щільність ТВПУ змінюється в межах $[0,4;0,46]$ одиниць на метр колії, а відповідні ухили належать до інтервалу $[1,7;2,4]$ ‰, то забезпечується раціональний зв'язок між P і G , представлена на рис. 4.20.

Так, з рис. 4.20 випливає що, якщо ймовірність підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю дорівнює 0,95, тоді ступінь заповнення сортувальної колії вагонами становитиме 0,8085. Якщо ступінь заповнення сортувальної колії вагонами дорівнює 0,78, тоді ймовірність підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю складатиме 0,971.

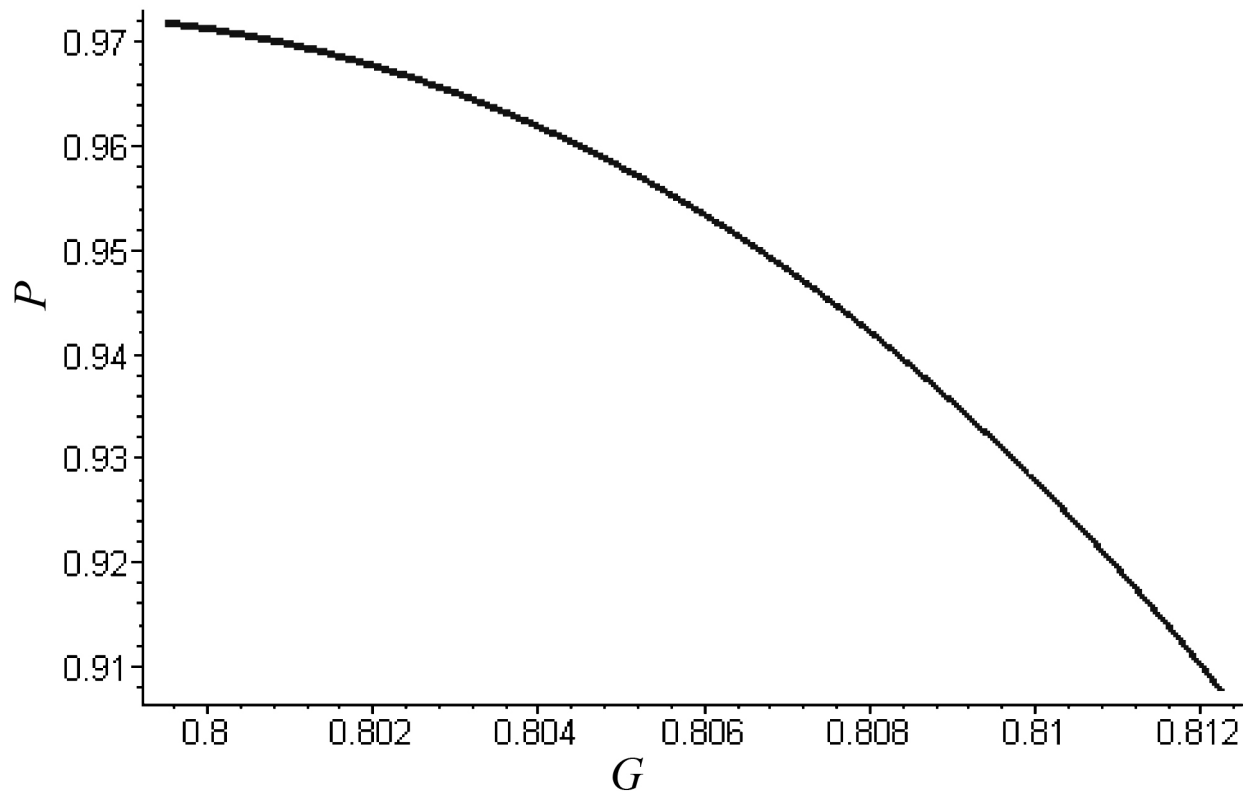


Рисунок 4.20 – Залежність R від G для сортувальних колій, оснащених ТВПУ

Якщо підставити обрані значення у вирази (4.7) і (4.8), тоді отримаємо значення параметрів системи та , за яких досягаються відповідні показники якості процесу заповнення вагонами сортувальних колій, що оснащені ТВПУ.

Таким чином отримані залежності дозволяють визначити раціональне співвідношення між параметрами системи розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних коліях, оснащених ТВПУ, для досягнення максимальних показників якості заповнення вагонами сортувальних колій на ухилах порядку 1, 7–2,4 ‰, за умов щільності розташування ТВУ від 0,4 до 0,46 од./м.

Отримані залежності дозволяють визначити раціональне співвідношення між параметрами системи розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних коліях, оснащених ТВУ, для досягнення максимальних показників якості заповнення вагонами сортувальних колій на ухилах порядку 3,2–4,0 ‰, за умов щільності розташування ТВУ від 0,86 до 1,00 од./м. За умов використання ТВПУ можливо досягти дещо кращих показників якості процесу заповнення сортувальних колій вагонами на більш пологих майже удвічі менших ухилах та більш ніж удвічі меншою кількістю точкових пристроїв регулювання швидкості вагонів. Однак ці пристрої більш складні, коштовні, більш примхливі в експлуатації та потребують зовнішнього живлення, тому вони не знайшли поширення на залізницях.

4.5 Висновки

1. Дослідженням встановлено, що показники якості заповнення сортувальної колії вагонами протилежно реагують на зміні параметрів системи розподіленого регулювання швидкості. При збільшенні щільності розташування

точкових регуляторів швидкості ймовірність підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю асимптотично зростає, а ступінь заповнення сортувальної колії вагонами зменшується. При збільшенні ухилу сортувальної колії асимптотично збільшується ступінь заповнення сортувальних колій вагонами, а ймовірність підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю зменшується. Щоб одночасно покращувалися обидва показники якості заповнення вагонами сортувальних колій потрібно збільшувати і ухил сортувальної колії, і щільність розташування ТВУ.

2. Результати дослідження показали, що застосування ТВУ може забезпечити тільки безпечну швидкість підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з будь-яким ухилом в розглянутому діапазоні. При цьому ступінь заповнення вагонами сортувальної колії залишається практично сталою. Збільшити ступінь заповнення сортувальної колії вагонами можна шляхом збільшення ухилу колії до 2,5–3 ‰, або шляхом застосування ТВПУ на існуючих ухилах порядку 0,6–1 ‰. Використання ТВПУ дає можливість підвищити якість заповнення сортувальної колії вагонами меншою кількістю регуляторів швидкості вагонів на меншому ухилі колії ніж при використанні ТВУ.

3. В результаті дослідження отримані залежності показників якості процесу заповнення сортувальних колій вагонами від ухилу колії та щільності розташування на ній точкових регуляторів швидкості, які дозволяють визначити раціональні параметри системи розподіленого регулювання швидкості відчепів із забезпеченням безпечної швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальних коліях і максимально можливе заповнення їх вагонами. Виявлено, що з використанням ТВУ покращити показники якості заповнення сортувальних колій вагонами можна лише за умови ухилу колії ‰. З використанням ТВПУ можна забезпечити якісне заповнення сортувальних колій вагонами на будь-якому ухилі в діапазоні, що розглядається в дослідженні, меншою кількістю точкових регуляторів швидкості вагонів. Однак ці пристрої більш складні, коштовні, більш вимогливі в експлуатації та потребують зовнішнього живлення, тому вони не зазнали поширення на залізницях світу.

4. В дослідженні вперше сформульована і вирішена задача векторної оптимізації з визначення раціональних параметрів системи, що забезпечують ефективні значення показників якості процесу заповнення сортувальних колій вагонами. За умов використання ТВУ можна забезпечити ймовірність підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю на рівні 0,91–0,96 % та ступінь заповнення сортувальних колій вагонами на рівні 0,775–0,80 %. За умов використання ТВПУ можна забезпечити такий самий рівень ймовірності підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю та дещо вищий ступінь заповнення сортувальних колій вагонами на рівні 0,80–0,812 %, але на вдвічі меншому ухилі сортувальних колій та вдвічі меншою кількістю точкових регуляторів швидкості вагонів.

5. Проте дослідження залежності показників якості заповнення вагонами сортувальних колій при обладнанні їх системою розподіленого регулювання швидкості не дає однозначної відповіді стосовно того, які параметри повинна мати така система, тому що показники якості характеризують різні боки процесу запо

внення сортувальної колії вагонами і не можуть безпосередньо порівнюватися між собою. Тому треба встановити ще одне обмеження на параметри системи, яке стосується окупності обладнання колій системою розподіленого регулювання швидкості відчепів.

РОЗДІЛ 5

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ РОЗПОДІЛЕНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ВІДЧЕПІВ НА СОРТУВАЛЬНИХ КОЛІЯХ

Ефективність застосування систем розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних коліях можливо оцінити тільки в масштабах всієї станції, а точніше всього сортувального комплексу станції. Тому для оцінки ефективності системи обрана сортувальна станція з послідовним розташуванням парку приймання і сортувального парку.

Для оцінки ефективності застосування систем розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних коліях удосконалено метод витратних ставок.

Критерієм для кількісної оцінки ефективності застосування систем розподіленого регулювання швидкості на сортувальних коліях є максимальний ефект від скорочення приведених річних експлуатаційних витрат за умови забезпечення потрібного рівня переробної здатності сортувальної гірки.

Розв'язком задачі є визначення таких параметрів системи (ухил сортувальної колії та щільність розташування ТВУ на колії), за яких досягається максимальний економічний ефект.

В дослідженні за початковий варіант приймається варіант технічного оснащення сортувальних колій з ухилом першої ділянки сортувального парку 0,6 ‰, без застосування точкових регуляторів швидкості вагонів. Як альтернативні розглянуті варіанти з відмінним профілем сортувальних колій та застосуванням ТВУ.

5.1 Техніко-експлуатаційна характеристика сортувального комплексу

В парку приймання 6 приймально-відправних колій, на які здійснюється прийом в розформування усіх вантажних поїздів.

Сортувальний парк складається з 22 колій. Розформування составів відбувається шляхом насування на гірку з парку приймання, так як він розташований послідовно з сортувальним парком. Маневри з вагонами, які заборонено спускати з гірки без локомотива (ЗСГ), виконуються таким чином: гірковий локомотив осаджує состав, який розпускається, і ставить вагони ЗСГ на відповідну сортувальну колію. Виставка вагонів у парк відправлення здійснюється через витяжну колію 77 у парній горловині. Перша й друга гальмові позиції обладнані уповільнювачами ВЗПГ-5, паркова – 2РНЗ-2. Для запобігання утворенню вікон сортувальний парк має «ванноподібний» профіль. Протиухил в кінці сортувальних колій виконує функцію захисту від неконтрольованого виходу відчепів за межі сортувального парку.

Для виконання сортувальної роботи з розформування та формування поїздів на станції є гірка середньої потужності з двома коліями насуву та двома витяжними коліями формування. Стрілочні переводи на обох витяжних коліях обладнані системою електричної централізації стрілок та сигналів на станції. Стрілочні переводи гіркової горловини симетричні марки 1/6 та обладнані системою ГАЦ. Гальмування відчепів відбувається на трьох гальмових позиціях: перша і друга на спускній частині гірки, третя на початку сортувальних колій.

На сортувальній гірці працює один маневровий тепловоз серії ЧМЕ-3, який обслуговує машиніст в одну особу. У хвості сортувального парку працює маневровий тепловоз серії ЧМЕ-3 та складач поїздів.

Розформування составів здійснюється шляхом насуву составу, який готовий до розпуску, з парку приймання сортувальної станції. Колії сортувального парку мають корисну довжину 900 м. Коли на колії сортувального парку накопичується состав по масі або по довжині, локомотив, який знаходиться в хвості сортувального парку виконує закінчення формування через витяжну колію формування. Сформований состав переставляється в приймально-відправний парк.

Для ліквідації вікон між вагонами, що накопичуються на сортувальних коліях, може виконуватись осаджування вагонів гірковим локомотивом, або підтягування локомотивом, який знаходиться в районі формування. Під час підтягування і осаджування не можна виконувати розпуск составів, в складі яких є вагони призначенням на колії, де виконується осаджування.

5.2 Нормування маневрової роботи на станції

Нормування маневрової роботи на станції передбачає визначення технологічних норм часу на виконання маневрових операцій за типовими нормами часу, розробленими відповідно до типових технологічних процесів роботи сортувальної станції. Технологічний час на виконання нормованої маневрової роботи визначається підсумовуванням технологічного часу на операції, з яких складається ця робота. Якщо конкретна робота виконується двома або більшою кількістю локомотивів, технологічний час розраховується для кожного локомотива окремо.

Норми часу на маневрову роботу визначаються з урахуванням додаткових витрат часу на підготовчо-заклучні операції та технологічні перерви, пов'язані з виконанням маневрової роботи на станції. Перелік маневрових операцій та розрахунки з визначення витрат часу на їх виконання розраховано нижче.

Технологічною основою роботи сортувальної гірки є поєднання процесу розформування та формування поїздів. У процесі розпуску составів вагони надходять на колії сортувального парку для формування составів нових призначень, відповідно до плану формування та [97].

Технологічний час на розформування состава з сортувальної гірки (хв) складається з окремих маневрових операцій та визначається за формулою відповідно до [98]:

$$T_{\text{тех}} = T_{\text{заїзд}} + T_{\text{насув}} + T_{\text{розп}} + T_{\text{осадж}}, \quad (5.1)$$

де $T_{\text{заїзд}}$ – тривалість заїзду маневрового локомотива у парк приймання під состав, хв;

$T_{\text{насув}}$ – тривалість насуву состава до горба гірки, хв;

$T_{\text{розп}}$ – тривалість розпуску состава з сортувальної гірки, хв;

$T_{\text{осадж}}$ – тривалість на осаджування вагонів на сортувальних коліях, хв.

Технологічний час заїзду маневрового локомотива у парк приймання за составом (хв) визначається відповідно до [99]:

$$, \quad (5.2)$$

де – відповідно час заїзду маневрового локомотива від вершини гірки за вхідну горловину парка приймання та назад під состав, хв;

– час на зміну напрямку руху маневрового локомотива, хв, приймаємо для маневрових тепловозів хв, для локомотивів з двома кабінами управління хв [98];

Час заїзду (с) визначимо за формулою

$$, \quad (5.3)$$

де – 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, с/км/год [98];

– 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 вагона в маневровому составі на 1 км/год під час

гальмування, с/км/год [98];

– кількість вагонів у составі;

– допустима швидкість руху під час маневрів; км/год;

– довжина піврейсу, м;

Довжина заїзду визначається за планом станції.

с або 4,84 хв;

с або 1,47 хв;

хв;

Отже, відповідно до розрахунку хв.

Технологічна тривалість насуву состава на сортувальну гірку (хв) визначається за формулою

$$, \quad (5.4)$$

де – тривалість насуву состава з парку приймання на сортувальну гірку, хв;

– тривалість попередньої (перед насувом) перестановки состава з парку приймання за стрілку гіркової витяжної колії (у разі паралельного розташування парку приймання та сортувального парку), хв, (визначається відповідно до 5.3).

Технологічна тривалість насуву состава на сортувальну гірку з парку приймання (хв) визначається за формулою

$$, \quad (5.5)$$

де – відстань від вершини гірки до середньої точки положення граничних стовпчиків парку приймання або до стрілки гіркової витяжної колії, м;

– середня швидкість насуву состава на сортувальну гірку, 5 км/год.

При даній схемі розміщення парку приймання і сортувального парку часу

. Состав буде насуватися на гірку з парку приймання м.

хв.

Технологічний час розпуску состава з сортувальної гірки (хв) визначається відповідно до [98]

$$, \quad (5.6)$$

де – тривалість на розпуск состава з гірки, без урахування додаткового часу на маневри з ЗСГ;

– збільшення тривалості розпуску на маневри з вагонами ЗСГ.

Тривалість розпуску составів з гірки, без урахування додаткового часу на вагони ЗСГ, визначається за формулою:

$$, \quad (5.7)$$

де – розрахункова довжина вагона, м;

– середня кількість відчепів у составі;

– середня розрахункова швидкість розпуску состава, км/год.

Спочатку визначимо середню кількість вагонів у відчепі:

$$, \quad (5.8)$$

де – кількість вагонів у відчепі;

– ймовірність того, що у відчепі буде вагонів.

Для визначення була проведена обробка сортувальних листів поїздів в розформування на станції Одеса-Сортувальна. Виявлено, що максимальна кількість вагонів у відчепі – 10 вагонів. Ймовірність того, що у відчепі буде вагонів приведена в додатку А.

вагони.

Середню кількість відчепів визначимо за формулою

$$= . \quad (5.9)$$

відчепів.

Підставимо отримані значення в формулу (5,7) для визначення тривалості розпуску состава з гірки:

ХВ.

Збільшення середньої тривалості розпуску за рахунок додаткових маневрів з вагонами ЗСГ, що приходить на один состав, що розпускається, визначається шляхом статистичної обробки хронометражних спостережень або за формулою

$$\text{де } \dots \quad (5.10)$$

де — частка составів з вагонами ЗСГ від загальної кількості составів, що розформовуються;

— тривалість маневрових пересувань з вагонами ЗСГ, що припадає на один состав.

Маневри з вагонами, які заборонено розпускати з гірки без локомотива, виконуються двома способами:

- гірковий локомотив осаджує состав, який розпускається, і ставить вагони ЗСГ на спеціальну сортувальну колію;
- вагони ЗСГ відчіпляють від состава на вершині гірки, переставляють в сортувальний парк іншим локомотивом, який залучається додатково, а по закінченні розпуску переставляють на колії за призначенням.

Прийнято перший спосіб виконання маневрів.

Визначимо збільшення тривалості розпуску за рахунок сортування вагонів ЗСГ у составі.

Тривалість маневрових пересувань з вагонами ЗСГ визначається за табл. 1.7 [98] в залежності від тривалості розпуску составу,

ХВ.

Частку составів, які мають в своєму складі вагони ЗСГ визначено шляхом обробки статистичних даних натурних листів поїздів. Ці дані зібрані на станції Одеса-Сортувальна. Виявлено, що близько 20 % составів, які розформовувалися на даній станції, мали вагони ЗСГ.

Маючи та , можемо визначити збільшення тривалості розпуску составу з-за осаджування вагонів ЗСГ на сортувальну колію маневровим локомотивом. Таким чином частка составів з вагонами ЗСГ від загальної кількості составів, що розформовуються:

Тепер визначимо технологічний час розпуску состава з гірки, з урахуванням часу на маневрові пересування з вагонами ЗСГ:

ХВ.

Технологічний час на осаджування вагонів зі сторони гірки для ліквідування вікон на коліях сортувального парку (хв) визначається за формулою [98]

$$\text{де } \dots \quad (5.11)$$

де — кількість операцій осаджування на один перероблений вагон;

— величина вікна на один перероблений вагон;

— середня кількість вагонів у составі, ваг.;

— тривалість піврейсу заїзду на сортувальну колію локомотива, хв;

— швидкість осаджування вагонів, км/год;

— швидкість руху локомотива по сортувальній колії, км/год.

Тривалість заїзду, насуву, розпуску для всіх варіантів конструкції буде однаковою. А тривалість осаджування розраховується для кожного варіанту конструкції окремо за допомогою математичної моделі заповнення сортувальних колій вагонами за формулою (5.11) в залежності від середньої величини вікна на один перероблений вагон.

Результати розрахунків наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 — Тривалість осаджування вагонів, хв

Щільність ТВУ, , од. /м 0	ІУхил колії, , ‰						
	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
	39,058	29,329	16,766	9,412	5,844	4,74	3,685
0,1	40,993	31,179	17,691	10,182	7,538	6,24	5,415
0,2	42,179	32,366	18,379	10,505	7,761	7,18	6,693
0,3	43,508	33,68	19,018	10,731	7,806	7,194	7,031
0,4	44,237	34,485	19,56	10,955	7,847	7,2	7,025
0,5	45,11	35,476	20,479	11,122	7,924	7,2	7,021
0,6	46,038	36,253	21,132	11,447	8,044	7,208	7,03
0,7	46,839	37,353	21,938	11,85	8,11	7,22	7,024
0,8	47,615	38,025	22,203	11,865	8,17	7,23	7,035
0,9	48,469	39,292	23,582	12,283	8,303	7,251	7,051
1,0	49,094	39,905	24,35	12,507	8,41	7,257	7,046

Гірковий інтервал можливо визначити за формулою (5.1). Відрізняються варіанти за часом осаджування. Отже потрібно розрахувати гірковий інтервал для кожного з варіантів. Результати розрахунку по варіантах наведено в табл. 5.2. Значення гіркового інтервалу потрібно для визначення економічних показників роботи системи.

Таблиця 5.2 – Тривалість гіркового технологічного циклу, год

Щільність ТВУ, , од. /м 0	ІУхил колії, , ‰						
	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
	1,003	0,841	0,632	0,509	0,45	0,431	0,414
0,1	1,036	0,872	0,647	0,522	0,478	0,456	0,443
0,2	1,055	0,892	0,659	0,527	0,482	0,472	0,464
0,3	1,077	0,914	0,669	0,531	0,482	0,472	0,47
0,4	1,09	0,927	0,678	0,535	0,483	0,472	0,469
0,5	1,104	0,944	0,694	0,538	0,484	0,472	0,469
0,6	1,12	0,957	0,705	0,543	0,486	0,472	0,469
0,7	1,133	0,975	0,718	0,55	0,487	0,473	0,469
0,8	1,146	0,986	0,722	0,55	0,489	0,473	0,47
0,9	1,16	1,007	0,745	0,557	0,491	0,473	0,47
1,0	1,171	1,017	0,758	0,561	0,493	0,473	0,47

Технологічна тривалість закінчення формування одногрупного состава у разі накопичення вагонів на одній колії (хв) визначається за формулою

$$, \quad (5.12)$$

де – технологічна тривалість виконання операцій, пов'язаних з розставленням вагонів відповідно до вимог [97] (хв) (усунення різниці по висоті між поздовжніми осями автозцепних пристроїв 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);

$$, \quad (5.13)$$

де , – нормативні коефіцієнти, значення яких залежать від кількості операцій ρ_0 (середнього числа розчеплень вагонів, що підлягають формуванню, у місцях розбіжності поздовжніх осей автозцепу і постановки вагонів прикриття).

Значення коефіцієнтів В і Е наведені в [100]; ρ_0 10 %, тоді В=0,32, Е=0,03;

ХВ.

Технологічна тривалість підтягування вагонів з боку витяжних колій для ліквідації вікон на коліях сортувального парку (хв):

$$= \dots \quad (5.14)$$

Коефіцієнт 0,08 виражає витрати локомотиво-хвилин на підтягування одного вагона, що включається в сформований состав і визначається діленням загальних витрат часу на підтягування вагонів протягом трьох діб на кількість вагонів у сформованих за цей час складах

$$= \dots = 4,4 \text{ хв.}$$

Визначивши значення та можемо визначити тривалість операцій закінчення формування состава

ХВ.

Тривалість перестановки (хв) можна визначити за формулою (5.3)

$$, \quad (5.15)$$

де , , – відповідно тривалість перестановки состава на витяжну колію, з витяжної колії в парк відправлення, повернення локомотива на витяжну колію, та заїзд в сортувальний парк.

Довжину піврейсів визначимо за схемою станції:

ХВ;

ХВ;

ХВ;

ХВ.

Визначивши всі піврейси, можемо визначити час перестановки состава в парк відправлення:

ХВ.

Таким чином розраховані всі норми часу на виконання маневрових пересувань під час розформування та формування складів.

5.3 Техніко-економічна оцінка варіантів технічного оснащення сортувальних колій системою розподіленого регулювання швидкості відчепів

Капітальні та експлуатаційні витрати при порівнянні варіантів конструкції і технічного оснащення сортувальної гірки повинні визначатися по елементах витрат, що розрізняються за наступними статтями витрат:

– капітальні витрати – на засоби регулювання швидкості руху відчепів, засоби автоматизованого управління розформовуванням складів, земляні роботи при зміні висоти і профілю гірки, гіркові локомотиви;

– експлуатаційні витрати – на амортизацію, матеріали і запасні частини, технічне обслуговування і ремонт технічних засобів, простій составів в очікуванні розформовування, витрати електроенергії на регулювання швидкості руху відчепів, відшкодування втрат від пошкодження вагонів і вантажів [101].

5.3.1 Розрахунок капітальних витрат на обладнання ТВУ сортувальних колій станції та експлуатаційних витрат на їх утримання

Економія капітальних витрат у варіанті обладнання сортувальних колій системою розподіленого регулювання швидкості відчепів в порівнянні з початковим варіантом без застосування системи:

$$, \quad (5.16)$$

де n , – кількість засобів регулювання швидкості руху відчепів в початковому варіанті відповідно на спускній частині гірки і сортувальних коліях;

n_1 , – те саме в порівнюваному варіанті;

C , – вартість одного засобу, встановленого відповідно на спускній частині і сортувальних коліях в початковому варіанті, тис. грн;

C_1 , – те саме в порівнюваному варіанті, тис. грн;

K – капітальні витрати на оснащення гірки системою автоматизації розформовування составів, тис. грн;

L , – потрібна кількість гіркових локомотивів по варіантах;

L_1 – вартість гіркового локомотива, тис. грн;

V , V_1 – відповідно збільшення обсягів, м³, і вартість виконання земляних робіт, тис. грн.

Оскільки засоби, що використовуються в системах розподіленого (із застосуванням ТВУ) регулювання швидкості вагонів в Україні не виробляють, вартість їх можна оцінити за даними закордонного досвіду. Прийнято, що вартість одного ТВУ 2400 грн.

В розрахунку економії капітальних витрат не враховуються витрати на земляні роботи. Також не враховується вартість маневрових локомотивів, тому що на гірці працює один маневровий локомотив у всіх варіантах технічного оснащення. Експлуатаційні витрати на утримання ТВУ складають 10 % від їх вартості [102]. Вартість встановлення ТВУ визначається на весь сортувальний парк станції, а у сортувальному парку 22 колії.

Розрахунки вартості встановлення ТВУ на сортувальній колії та витрат на їх утримання наведено в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок витрат вартості встановлення ТВУ та на їх утримання

Кількість ТВУ, од.	Вартість встановлення ТВУ, тис. грн	Витрати на їх утримання, тис. грн
--------------------	-------------------------------------	-----------------------------------

40	3 200	320
80	6 400	640
120	9 600	960
160	12 800	1 280
200	16 000	1 600
240	19 200	1 920
280	22 400	2 240
320	25 600	2 560
360	28 800	2 880
400	32 000	3 200

5.3.2 Розрахунок економії річних експлуатаційних витрат, пов'язаних з пошкодженням вагонів

Втрати від пошкодження вагонів на гірках складаються з вартості ремонту вагонів, додаткових витрат на вагонний парк для компенсації втрат через простій в ремонті, а також втрат оборотних коштів для галузі в результаті затримок в доставці вантажів клієнтурі [100].

Кількість пошкоджених вагонів на 1000 перероблених на гірці розраховується за формулою [102]

,

де – середня швидкість підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії, км/год.

За допомогою моделі скочування відчепів з гірки підраховано кількість пошкоджених вагонів на 1 000 розформованих. Розподіл цієї кількості по варіантах наведено в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Кількість пошкоджених вагонів на 1000 перероблених

Щільність ТВУ, , од./м 0	1 Ухил колії, , ‰						
	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
0	0,321	1,148	8,622	69,924	260,966	485,372	647,199
0,1	0,135	0,241	0,746	6,295	41,675	160,034	355,347
0,2	0,062	0,126	0,142	0,292	1,982	16,176	74,339
0,3	0,044	0,102	0,103	0,115	0,158	0,482	4,912
0,4	0,043	0,104	0,096	0,105	0,132	0,586	2,868
0,5	0,038	0,095	0,093	0,096	0,097	0,102	0,115
0,6	0,037	0,095	0,094	0,095	0,103	0,116	0,144
0,7	0,036	0,096	0,093	0,094	0,095	0,096	0,098
0,8	0,036	0,095	0,093	0,095	0,094	0,096	0,101
0,9	0,037	0,096	0,093	0,094	0,096	0,098	0,105

1,0	0,037	0,094	0,093	0,094	0,094	0,094	0,094
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Кількість пошкоджених вагонів за рік при добовій переробці N вагонів розраховується за формулою:

$$, \quad (5.17)$$

де N – кількість пошкоджених вагонів на 1000 розформованих;
 n – добова переробка вагонів на сортувальній гірці, вагонів/добу.

Результати розрахунку наведено в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Кількість пошкоджених вагонів за рік

Щільність ТВУ, , од./м 0	1 Ухил колії, , ‰						
	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
	234	838	6 294	51 045	190 505	354 322	472 455
0,1	99	176	545	4 595	30 423	116 825	259 403
0,2	45	92	104	213	1 447	11 808	54 267
0,3	32	74	75	84	115	352	3 586
0,4	31	76	70	77	96	428	2 094
0,5	28	69	68	70	71	74	84
0,6	27	69	69	69	75	85	105
0,7	26	70	68	69	69	70	72
0,8	26	69	68	69	69	70	74
0,9	27	70	68	69	70	72	77
1,0	27	69	68	69	69	69	69

Графіки залежностей кількості пошкоджених вагонів за рік від параметрів системи розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних коліях наведені на рис. 5.1.

Аналізуючи графіки на рис. 5.1, можна відмітити, що кількість пошкоджених вагонів без ТВУ на сортувальній колії різко зростає при збільшенні ухилу. Але за їх наявності кількість пошкоджених вагонів наближається до нуля. Отже ТВУ виконують свої функції.

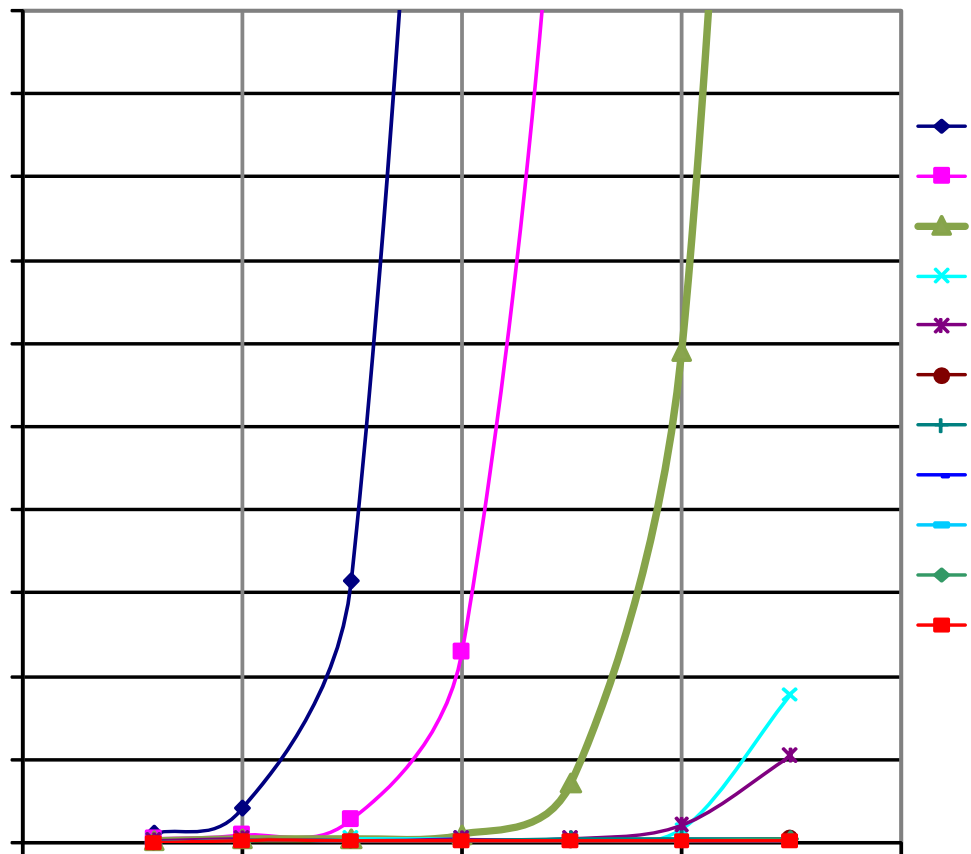
Витрати на ремонт вагонів (тис. грн) визначаються за формулою

$$, \quad (5.18)$$

де C – вартість ремонту одного вагона, тис. грн;

N – кількість пошкоджених вагонів на 1000 перероблених за рік.

Результати розрахунків по варіантах наведено в табл. 5.6.



.Sheet.8

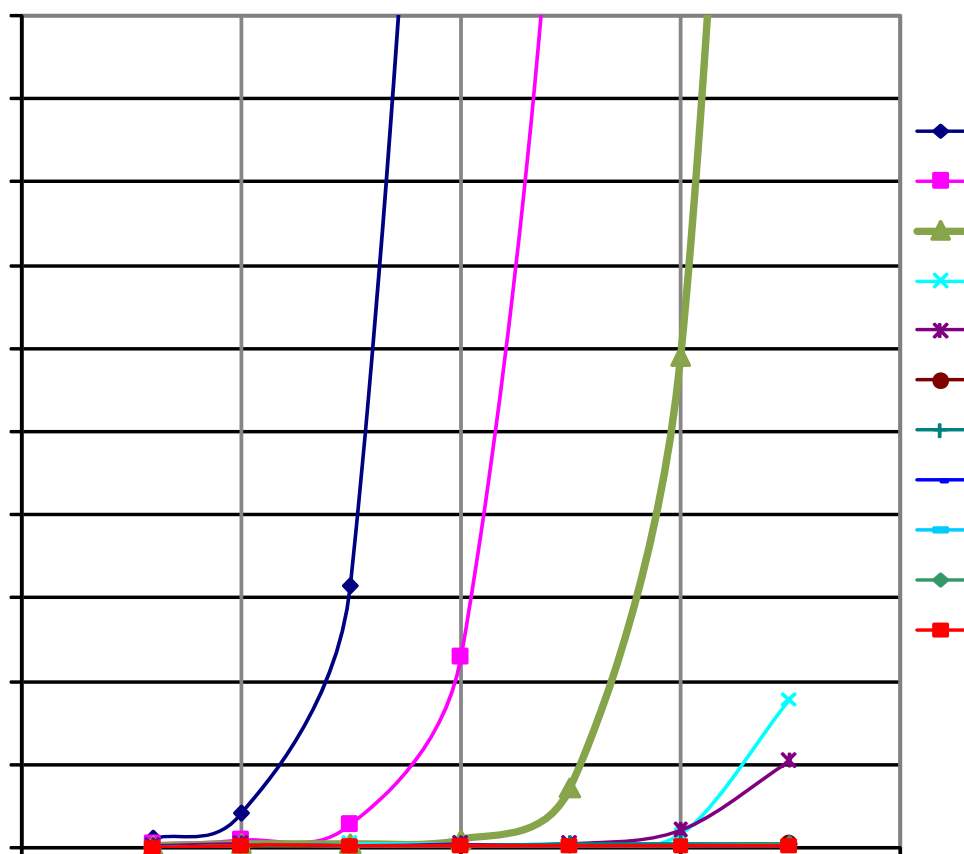


Рисунок 5.1 – Графік залежності кількості пошкоджених вагонів за рік від ухилу сортувальної колії і щільності розташування ТВУ

Таблиця 5.6 – Витрати на ремонт вагонів, тис. грн

Щільність ТВУ, r , од./м	Ухил колії, i , ‰						
	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
0	5 733	20 503	153 984	1 228 804	4 660 709	8 668 477	11 558 618
0,1	2 411	4 304	13 323	112 425	744 293	2 858 119	6 346 302
0,2	1 107	2 250	2 536	5 215	35 397	288 894	1 327 654
0,3	786	1 822	1 840	2 054	2 822	8 608	87 726
0,4	768	1 857	1 715	1 875	2 357	10 466	51 221
0,5	679	1 697	1 661	1 715	1 732	1 822	2 054
0,6	661	1 697	1 679	1 697	1 840	2 072	2 572
0,7	643	1 715	1 661	1 679	1 697	1 715	1 750
0,8	643	1 697	1 661	1 697	1 679	1 715	1 804
0,9	661	1 715	1 661	1 679	1 715	1 750	1 875
1,0	661	1 679	1 661	1 679	1 679	1 679	1 679

Додаткові витрати на вагонний парк (тис. грн) для компенсації втрат через простій в ремонті

(5.19)

де – втрати перевізних ресурсів через відчеплення вагонів в ремонт;

– середньозважена вартість вагона, тис. грн.

(5.20)

де – загальний простій вагона в поточному ремонті, год;

– річний фонд робочого часу вагону.

Результати розрахунків по варіантах наведено в табл. 5.7.

Таблиця 5.7 – Додаткові витрати на вагонний парк, тис. грн

Щільність ТВУ, г, од./м 0	І Ухил колії, і, ‰						
	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
0	112	402	3 018	24 473	91 338	169 880	226 520
0,1	47	84	261	2 203	14 586	56 012	124 371
0,2	22	44	50	102	694	5662	26 019
0,3	15	36	36	40	55	169	1 719
0,4	15	36	34	37	46	205	1 004
0,5	13	33	33	34	34	36	40
0,6	13	33	33	33	36	41	50
0,7	13	34	33	33	33	34	34
0,8	13	33	33	33	33	34	35
0,9	13	34	33	33	34	34	37
1,0	13	33	33	33	33	33	33

Втрати обігових коштів (тис. грн) для галузі в результаті затримок в доставці вантажів клієнтурі визначаються за формулою

(5.21)

де – розмір вантажної маси, що перевозиться у вагоні, т;

– вартість 1 т вантажної маси, що перевозиться у вагоні,

тис. грн.

Результати розрахунків по варіантах наведено в табл. 5.8.

Таблиця 5.8 – Втрати обігових коштів для галузі в результаті затримок в доставці вантажів клієнтурі, тис. грн

Щільність ТВУ, г, од./м 0	І Ухил колії, і, ‰						
	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
0	1,56	5,57	41,85	339,36	1 266,55	2 355,67	3 141,07
0,1	0,66	1,17	3,62	30,6	202,26	776,7	1 724,62
0,2	0,3	0,61	0,69	1,42	9,62	78,51	360,79
0,3	0,21	0,5	0,5	0,56	0,77	2,34	23,84

0,4	0,21	0,5	0,47	0,51	0,64	2,84	13,92
0,5	0,18	0,46	0,45	0,47	0,47	0,5	0,56
0,6	0,18	0,46	0,46	0,46	0,5	0,56	0,7
0,7	0,17	0,47	0,45	0,46	0,46	0,47	0,48
0,8	0,17	0,46	0,45	0,46	0,46	0,47	0,49
0,9	0,18	0,47	0,45	0,46	0,47	0,48	0,51
1,0	0,18	0,46	0,45	0,46	0,46	0,46	0,46

Економію річних експлуатаційних витрат (тис. грн), пов'язаних з пошкодженням вагонів, по варіантах розраховано як різницю в порівнянні за початковим варіантом [102] за формулою

$$, \quad (5.22)$$

де $\Delta C_{\text{обіг}}$, $\Delta C_{\text{ремонт}}$ – відповідно витрати обігових коштів, витрати на вагонний парк, та на ремонт вагонів в початковому варіанті конструкції;

$\Delta C_{\text{обіг}}$, $\Delta C_{\text{ремонт}}$ – відповідно витрати обігових коштів, витрати на вагонний парк, та на ремонт вагонів в варіантах конструкції, що розглядаються.

Результати розрахунку економії річних експлуатаційних витрат, пов'язаних з пошкодженням вагонів, по варіантах наведено в табл. 5.9.

За даними табл. 5.9 побудовано графік залежності економії річних експлуатаційних витрат, пов'язаних з пошкодженням вагонів, від ухилу першої ділянки сортувальної колії та щільності розташування ТВУ (рис. 5.2).

Аналізуючи графік можливо відмітити, що витрати на ремонт вагонів, вагонний парк та обігових коштів галузі зменшуються від збільшення щільності розташування ТВУ і від зменшення ухилу першої ділянки сортувальної колії.

Таблиця 5.9 – Економія річних експлуатаційних витрат, пов'язаних з пошкодженням вагонів, тис. грн

Щільність ТВУ, ρ , од ./м 0	Ухил колії, α , ‰						
	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
0	0	-15 063	-151 197	-1 267 770	-4 747 467	-8 834 866	-11 782 432
0,1	3 388	1 457	-7 741	-108 812	-753 234	-2 909 061	-6 466 551
0,2	4 718	3 552	3 260	528	-30 254	-288 788	-1 348 186
0,3	5 045	3 989	3 971	3 752	2 969	-2 933	-83 622
0,4	5 064	3 953	4 098	3 934	3 443	-4 827	-46 392
0,5	5 155	4 116	4 153	4 098	4 080	3 989	3 752
0,6	5 173	4 116	4 135	4 116	3 971	3 734	3 224
0,7	5 191	4 098	4 153	4 135	4 116	4 098	4 062
0,8	5 191	4 116	4 153	4 116	4 135	4 098	4 007
0,9	5 173	4 098	4 153	4 135	4 098	4 062	3 934
1,0	5 173	4 135	4 153	4 135	4 135	4 135	4 135

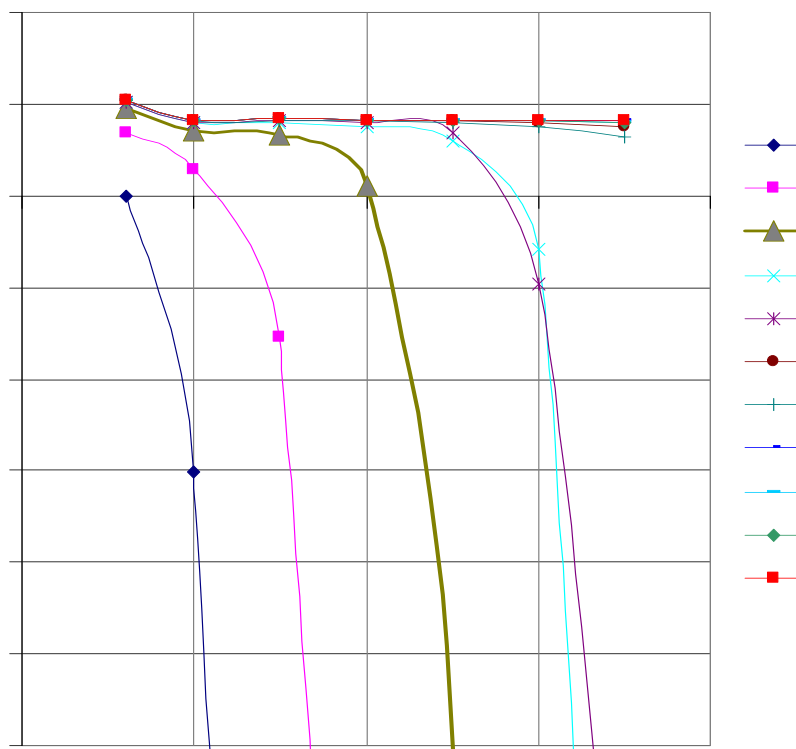


Рисунок 5.2 – Графік залежності економії річних експлуатаційних витрат, пов'язаних з пошкодженням вагонів, від ухилу сортувальної колії і щільності розташування ТВУ

5.3.3 Розрахунок економії річних експлуатаційних витрат, пов'язаних з простоем составів в парку приймання сортувальної станції

Зміна тривалості простою составів в парку приймання у варіанті, що розглядається, відбудеться при зростанні або скороченні гіркового технологічного інтервалу t_g в порівнянні з початковим варіантом [102].

Для відомих розрахункових розмірів переробки составів за добу pr ($pr = 22$ состава) і зміни гіркового технологічного інтервалу від $t_g(1)$ в початковому варіанті до $t_g(2)$ в тому варіанті, що розглядається, простій составів в очікуванні розформування зміниться на величину , год:

$$\Delta t_{\text{пр}} = \frac{pr}{24} (t_g(2) - t_g(1)) \quad (5.23)$$

Результати розрахунків наведено в табл. 5.10.

Таблиця 5.10 – Скорочення часу простою составів в парку приймання, год

Щільність ТВУ, г, од./м 0	Ухил колії, і, ‰						
	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
0	0	0,875	2,018	2,694	3,023	3,126	3,223

0,1	-0,173	0,708	1,933	2,623	2,867	2,987	3,063
0,2	-0,279	0,601	1,87	2,593	2,846	2,900	2,945
0,3	-0,397	0,483	1,812	2,572	2,842	2,899	2,914
0,4	-0,462	0,410	1,763	2,552	2,838	2,898	2,914
0,5	-0,540	0,321	1,679	2,536	2,831	2,898	2,914
0,6	-0,622	0,251	1,619	2,506	2,820	2,897	2,914
0,7	-0,694	0,153	1,546	2,469	2,814	2,896	2,914
0,8	-0,763	0,093	1,522	2,468	2,808	2,895	2,913
0,9	-0,838	-0,021	1,396	2,429	2,796	2,893	2,912
1,0	-0,894	-0,076	1,326	2,409	2,786	2,893	2,912

За даними табл. 5.10 побудовані графіки залежності скорочення часу простою составів в парку приймання від ухилу сортувальної колії і щільності розташування ТВУ (рис. 5.3).

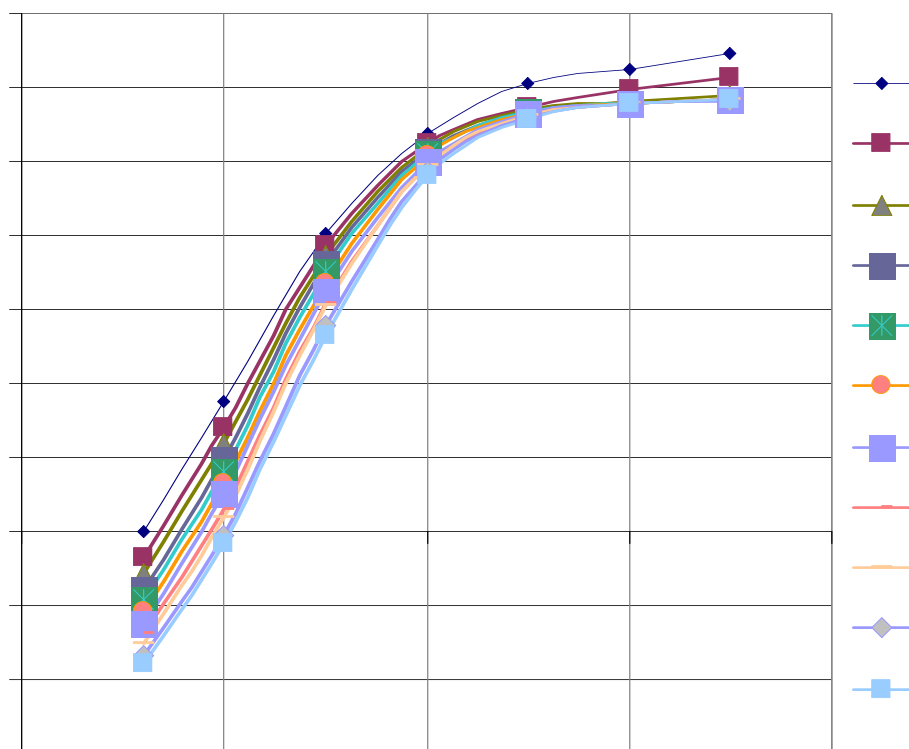


Рисунок 5.3 – Графік залежності скорочення часу простою составів в парку приймання від ухилу сортувальної колії і щільності розташування ТВУ

На графіку (див. рис. 5.3) чітко простежується тенденція скорочення простою составів в парку приймання із збільшенням ухилу сортувальних колій. Щільність розташування ТВУ на сортувальній колії майже не впливає на цей показник.

Економія витрат від скорочення тривалості простою составів в парку приймання у разі зменшення гіркового технологічного інтервалу в порівнянні з початковим варіантом , (тис. грн) розраховується за формулою

(5.24)

де – вартість 1 вагоно-години, грн.

Результати розрахунків по варіантах наведено в табл. 5.11.

На рис. 5.4 представлені залежності економії витрат від скорочення часу простою составів в парку приймання від ухилу сортувальної колії і щільності розташування ТВУ, побудовані за даними табл. 5.11.

Таблиця 5.11 – Економія витрат від скорочення часу простою составів в парку приймання, тис. грн

Щільність ТВУ, г, од./м 0	Ухил колії, і, ‰						
	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
0	0	6 688	15 424	20 589	23 108	23 890	24 637
0,1	-1 322	5 412	14 777	20 046	21 911	22 828	23 412
0,2	-2 132	4 594	14 296	19 818	21 753	22 164	22 508
0,3	-3 037	3 690	13 850	19 660	21 721	22 154	22 269
0,4	-3 533	3 136	13 472	19 502	21 693	22 150	22 273
0,5	-4 127	2 455	12 830	19 384	21 638	22 150	22 276
0,6	-4 758	1 921	12 376	19 155	21 553	22 144	22 270
0,7	-5 301	1 168	11 814	18 872	21 507	22 135	22 274
0,8	-5 828	707,5	11 630	18 862	21 464	22 129	22 266
0,9	-6 406	-160,26	10 671	18 568	21 371	22 114	22 255
1,0	-6 830	-579,23	10 137	18 411	21 295	22 109	22 258

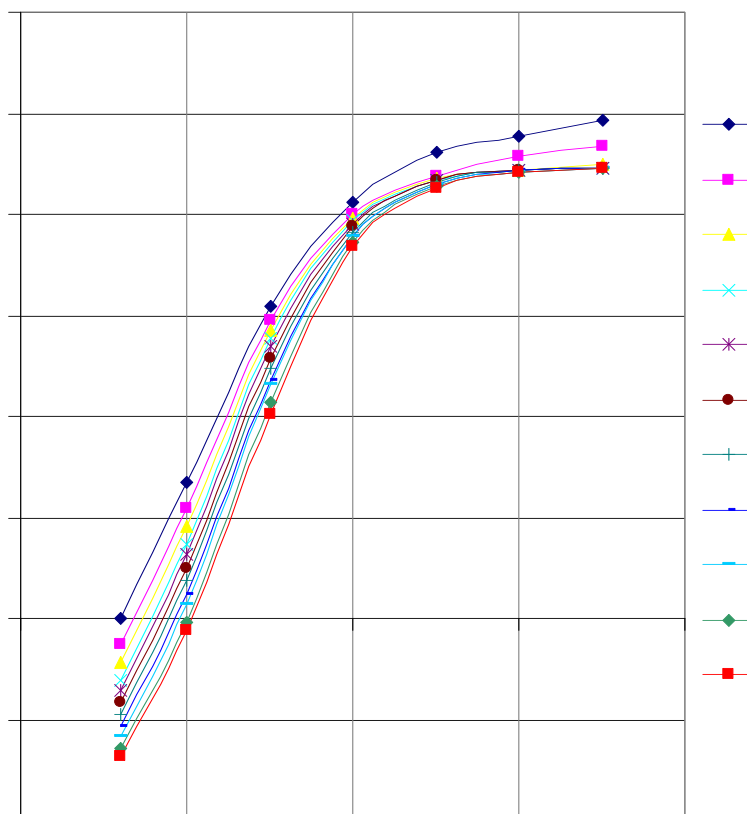


Рисунок 5.4 – Графік залежності економії витрат від скорочення часу простою составів в парку приймання від ухилу сортувальної колії і щільності розташування ТВУ

Із збільшенням ухилу першої ділянки сортувальної колії та щільності розташування ТВУ гірковий технологічний цикл зменшується за рахунок зменшення кількості та тривалості маневрових пересувань, зв'язаних з осаджуванням і підтягуванням вагонів. В початковому варіанті щільність розташування ТВУ дорівнює нулю, ухил сортувальної колії 0,6 ‰. При скороченні гіркового технологічного циклу скорочується простій составів в парку приймання в очікуванні розформування. Це в свою чергу призводить до зменшення витрат, пов'язаних з простоєм составів в парку приймання в очікуванні розформування. Як видно з графіків (рис. 5.4), оснащення колії ТВУ призводить до скорочення витрат по всім варіантам. Також можна відмітити, що значне скорочення витрат відбувається за умов збільшення ухилу сортувальних колій від 0,6 ‰ до 2 ‰. При подальшому збільшенні ухилу від 2,5 ‰ до 3,0 ‰ скорочення уже незначне.

5.3.4 Розрахунок економії приведених річних експлуатаційних витрат

Після визначення всіх видів річних експлуатаційних та капітальних витрат по кожному з варіантів технічного оснащення сортувальних колій системою розподіленого регулювання швидкості відчепів розраховано економію

приведених річних експлуатаційних витрат

, (5.25)

ДЕ ТА – ЕКОНОМІЯ ВИТРАТ НА УТРИМАННЯ ТА

ВСТАНОВЛЕННЯ ТВУ ВІДПОВІДНО. ТА НАВЕДЕНІ В ТАБЛ. 5.3;

– НОРМАТИВНИЙ КОЕФІЦІЄНТ ОКУПНОСТІ, .

Результати розрахунку приведених річних експлуатаційних витрат наведено в табл. 5.12.

За даними табл. 5.12 побудуємо графік залежності приведених річних експлуатаційних витрат від ухилу першої ділянки сортувальної колії та щільності розташування ТВУ (рис. 5.5).

Таблиця 5.12 – Економія приведених річних експлуатаційних витрат, млн грн

Щільність ТВУ, г, од./м 0	Ухил колії, i, ‰						
	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
0	0	-8,375	-135,773	-1 247,181	-4 724,359	-8 810,977	-11 757,795
0,1	2,066	6,869	7,036	-88,766	-731,324	-2 886,233	-6 443,139
0,2	2,586	8,146	17,556	20,347	-8,501	-266,624	-1 325,679
0,3	2,008	7,678	17,820	23,412	24,690	19,221	-61,353
0,4	1,531	7,088	17,570	23,436	25,135	17,323	-24,119
0,5	1,028	6,572	16,983	23,483	25,718	26,139	26,028
0,6	0,415	6,038	16,510	23,272	25,524	25,878	25,494
0,7	-0,110	5,266	15,967	23,007	25,624	26,234	26,336
0,8	-0,637	4,824	15,783	22,978	25,599	26,227	26,273
0,9	-1,234	3,938	14,824	22,702	25,469	26,176	26,189
1,0	-1,657	3,555	14,290	22,545	25,430	26,244	26,393

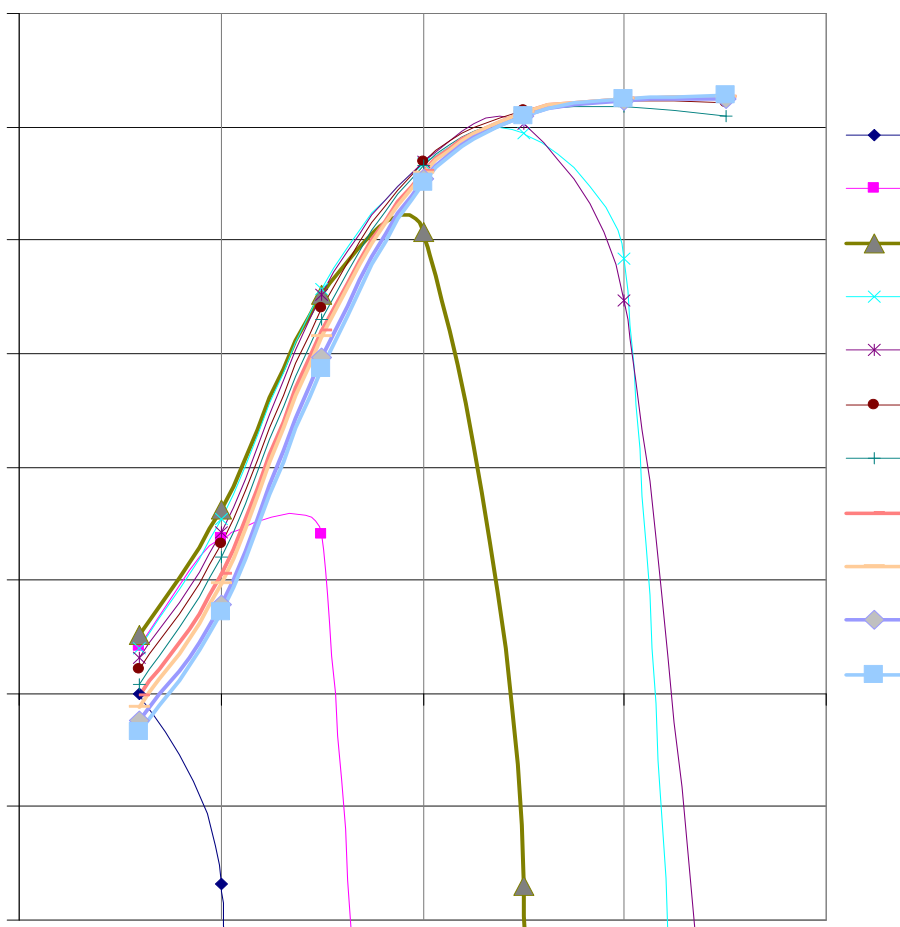


Рисунок 5.5 – Графік залежності економії приведених річних експлуатаційних витрат від ухилу сортувальної колії і щільності розташування ТВУ

Варіант оснащення сортувальних колій системою розподіленого регулювання швидкості відчепів буде більш ефективним в порівнянні з початковим варіантом, якщо його застосування приведе до економії приведених річних експлуатаційних витрат.

Якщо проаналізувати графік залежності приведених річних експлуатаційних витрат від ухилу та щільності розташування ТВУ (рис. 5.5), можна помітити, що залежності мають екстремальний характер. Приведені річні експлуатаційні витрати зменшуються із збільшенням ухилу сортувальної колії та щільності розташування ТВУ, сягають умовного мінімуму и потому зростають. Але ж це мінімуми без врахування вартості робіт з реконструкції профілю станції. Врахування цих витрат може значно погіршити ефективність відповідного варіанту. Тому даними цього графіка можна користатися тільки за умов наявності відповідного профілю сортувальних колій

Таким чином, можна надати наступні практичні рекомендації: за наявності ухилу сортувальних колій 2,5 ‰ економічно доцільно розташовувати на ній ТВУ зі щільністю не більше 0,3 од./м. Якщо ухил сортувальної колії 2 ‰, тоді щільність розташування ТВУ повинна бути більшою за 0,2 од./м, але ефект буде трохи

нижчий.

5.5 Висновки

1. Для оцінки ефективності застосування систем розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних коліях удосконалено метод витратних ставок з врахуванням використання ТВУ.

2. Встановлено, що економії приведених річних експлуатаційних витрат можна досягти за рахунок збільшення ухилу сортувальних колій та розташування на них ТВУ. Значна економія приведених річних експлуатаційних витрат спостерігається за наявності ухилу сортувальних колій 1,0 ‰ замість нормативних 0,6 ‰, за умов щільності розташування ТВУ від 0,1 до 1,0 од./м, порядку 5 млн грн. Більш значна економія приведених річних експлуатаційних витрат, близько 10 млн грн., спостерігається за наявності ухилу сортувальних колій 1,5 ‰, але тільки за умов щільності розташування ТВУ від 0,2 од./м та більше. Ще біля 7,5 млн грн економії приведених річних експлуатаційних витрат спостерігається за наявності ухилу сортувальних колій 2,0 ‰, але за умов щільності розташування ТВУ більше за 0,3 од./м. Подальше збільшення ухилу сортувальних колій до 2,5 ‰ дає ще майже 5 млн грн економії приведених річних експлуатаційних витрат, але вже за умов щільності розташування ТВУ більше за 0,4 од./м. При ще більших значеннях ухилу сортувальних колій економія приведених річних експлуатаційних витрат майже невідчутна.

3. Звідси висновок про недоцільність збільшення ухилу сортувальних колій більше за 3 ‰. Тобто далі збільшувати ухил та щільність розташування ТВУ немає сенсу, тому що це не призведе до економії приведених річних експлуатаційних витрат, а лише збільшить суму капітальних витрат. За наявності ухилу сортувальних колій 2,5 ‰ достатньо розташувати ТВУ зі щільністю 0,3 од./м.

4. Врахування вартості виконання робіт з реконструкції профілю можуть суттєво вплинути на техніко-економічну ефективність обладнання сортувальних колій системою розподіленого регулювання швидкості відчепів за допомогою ТВУ. Тому при реконструкції поздовжнього профілю до розрахунку капітальних витрат слід додати витрати на виконання земляних робіт.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі отриманий новий розв'язок актуальної науково-практичної задачі підвищення ефективності і якості сортувального процесу на станціях за рахунок використання точкових регуляторів швидкості вагонів. За провадження на сортувальних гірках систем розподіленого регулювання швидкості відчепів дозволить зменшити вплив людського фактору на процес регулювання швидкості відчепів, призведе до скорочення кількості й довжини вікон на сортувальних коліях і до забезпечення підходу всіх відчепів до вагонів на сортувальних коліях з безпечною швидкістю і в остаточному підсумку дозволить підвищити продуктивність гірок, скоротити витрати енергоресурсів. Виконані в роботі дослідження дозволяють зробити наступні висновки та пропозиції:

1. Аналіз робіт, присвячених механізації та автоматизації процесу регулювання швидкості відчепів на сортувальних гірках свідчить про те, що проблема якості регулювання швидкості скочування відчепів з гірки до кінця не вирішена. Це пов'язано з інерційністю й нестабільністю гальмових характеристик балкових вагонних уповільнювачів, неналежним станом поздовжніх профілів колій, помилками в роботі гіркових операторів і автоматизованих систем керування, недостатністю достовірної інформації про ходові властивості відчепів, відсутністю засобів регулювання швидкості відчепів на сортувальних коліях після ПГП.

2. На основі аналізу закордонного досвіду запропоновано вирішувати зазначені проблеми за допомогою системи розподіленого регулювання швидкості відчепів з використанням точкових регуляторів швидкості вагонів, які здатні підтримувати швидкість відчепів на певному рівні незалежно від ходових властивостей відчепів на спускній частині і на сортувальних коліях.

3. Удосконалено математичну модель скочування відчепів з гірки, яка на відміну від існуючої, дозволяє моделювати регулювання швидкості відчепів точковими регуляторами швидкості вагонів. Удосконалено математичну модель накопичення відчепів на сортувальній колії при розформуванні составів з гірки, яка дозволяє аналізувати показники якості процесу заповнення вагонами сортувальної колії.

4. За допомогою математичного моделювання доведена принципова можливість ефективного використання системи розподіленого регулювання швидкості відчепів на спускній частині ГМП, але за умови реконструкції профілю. Розроблено метод розрахунку спеціального профілю сортувальних гірок, які пропонується обладнати системою розподіленого регулювання швидкості відчепів, та схеми розташування ТВУ, що дозволить максимально виключити людський фактор з процесу регулювання швидкості відчепів на спускній частині сортувальної гірки. Сортувальні гірки, спускна частина яких запроектована спеціальним профілем, виявилися приблизно на 1 м вище за аналогічні, запроектовані нормативним профілем.

5. Отримані залежності показників якості процесу заповнення сортувальних колій вагонами від ухилу колії та щільності розташування на ній точкових регуляторів швидкості, які дозволяють визначити раціональні параметри системи

розподіленого регулювання швидкості відчепів із забезпеченням безпечної швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальних коліях і максимально можливе заповнення їх вагонами. Виявлено, що з використанням ТВУ покращити показники якості заповнення сортувальних колій вагонами можна лише за умови ухилу колії $\leq 0,91\%$. З використанням ТВПУ можна забезпечити якісне заповнення сортувальних колій вагонами на будь-якому ухилі в діапазоні, що розглядається в дослідженні.

6. На підставі опуклості графіків функцій залежності показників якості процесу заповнення сортувальних колій вагонами від параметрів систем розподіленого регулювання швидкості відчепів точковими регуляторами за допомогою методу векторної оптимізації визначені раціональні параметри системи, що забезпечують ефективні значення показників якості процесу заповнення сортувальних колій вагонами. За умов використання ТВУ можна забезпечити ймовірність підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю на рівні $0,91\text{--}0,96\%$ та ступінь заповнення сортувальних колій вагонами на рівні $0,775\text{--}0,80\%$. За умов використання ТВПУ можна забезпечити такий самий рівень ймовірності підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю та дещо вищий ступінь заповнення сортувальних колій вагонами на рівні $0,80\text{--}0,812\%$, але на вдвічі меншому ухилі сортувальних колій та вдвічі меншою кількістю точкових регуляторів швидкості вагонів.

7. Для оцінки ефективності застосування систем розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних коліях удосконалено метод витратних ставок з врахуванням використання ТВУ. Встановлено, що для якісного заповнення вагонами сортувальної колії, обладнаної системою розподіленого регулювання швидкості відчепів, потрібні ухил не нижчий за $2,5\text{--}3\%$ і щільність розташування ТВУ в межах $0,3\text{--}0,4$ одиниць на метр колії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Муха Ю. А. Оптимизация режимов торможения скатывающихся отцепов при расформировании составов на сортировочной горке [Текст] / Ю. А. Муха // Тр. ДИИТа. – Д., 1976. – Вып. 181/10. – С. 17–23.
2. Муха Ю. А. Автоматизация и механизация переработки вагонов на станциях [Текст] / Ю. А. Муха, И. В. Харланович, В. П. Шейкин. – М. : Транспорт, 1985. – С. 248.
3. Муха Ю. А., Участие горочных операторов в управлении сортировочным процессом на автоматизированных сортировочных горках [Текст] / Ю. А. Муха, В. И. Бобровский, В. З. Яневич, А. М. Бледный // Тр. ДИИТа. – Д., 1976. – Вып. 181/10. – С. 41–56.
4. Самсонкин В. Н. Человеческий фактор в обеспечении безопасности железнодорожного транспорта [Текст] / В. Н. Самсонкин // Залізн. трансп. України. 2000. – №5–6. – С.65–67.
5. Назаров А. А. К вопросу оптимизации параметров системы регулирования скорости вагонов точечными вагонозамедлителями [Текст] / А. А. Назаров, И. С. Бардак // Тези доповідей 4-ї міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології» – К. : КУЕТТ, 2008. – С. 150–151.
6. Муха Ю. А. Механизация и автоматизация формирования поездов [Текст] / Ю. А. Муха, В. А. Король, Н. М. Иванков и др. – К. : Техніка, 1987. – 136 с.
7. Каганович Е. И. Совершенствование работы сортировочной станции [Текст] / Е. И. Каганович // Сб. ЦНИИТЭИ. – М., 1981. – № 1.
8. Атаманенко Е. Г. Регулирование скоростей при роспуске составов [Текст] / Е. Г. Атаманенко // Ж.-д. транспорт. 1991. – № 1. – С. 12–14.
9. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах СССР: ВСН 207-89/МПС СССР [Текст]. – М. : Транспорт, 1992. – 105 с. – (Нормативный документ МПС СССР, Инструкция).
10. Рудановский В. М. Двухпозиционное регулирование скорости отцепов в сортировочном парке [Текст] / В. М. Рудановский, В. П. Шейкин // Вестник ВНИИЖТа. – М., 1980. – № 3. – с. 14–16.
11. Устенко А. Б. Оценка надежности и эффективности систем прицельного регулирования скорости движения вагонов на сортировочных станциях [Текст] / А. Б. Устенко, В. М. Рудановский, Н. М. Фонарев // Повышение надежности технических средств на станциях. – М., 1984. – С. 21–35.
12. Нагорный Е. В. Методика анализа и синтеза систем полуавтоматического и автоматического управления сортировочными процессами на горках [Текст] / Е. В. Нагорный, А. Я. Шейнин // Инф.-управ. системы на ж.-д. тран. 1997. – № 1. – С. 47–49.
13. Нагорный Е. В. Решение задачи по энергосбережению при торможении отцепов на сортировочных горках [Текст] / Е. В. Нагорный, А. Я. Шейнин // Залізн. трансп. України. 1998. – № 1 (4–5). – С. 70–72.

14. Нагорный Е. В. Научные основы и разработка комплексной технологии поточной и непрерывной переработки вагонов на сортировочных станциях [Текст] / Е. В. Нагорный // Дис. докт. техн. наук. 05.22.08. – Харьков, ХарГАЖТ, 1994.
15. Грольмс Р. Микропроцессорная система управления расформированием составов на сортировочной станции Мюнхен-Северный [Текст] / Р. Грольмс, Г. Миклер // Железные дороги мира, 1990. – № 2. – С. 22–26.
16. Grolms R. Ablaufsteuerung in 32-bit Technik für den Rangierbahnhof München Nord [Text] / R. Grolms, G. Mickler // Signal und Draht. 1989. – № 10. – s. 207–214.
17. Mickler G. Die Prozeßsteuerung im Rangierbahnhof München Nord [Text] / G. Mickler, S. Demharter // Rangiertechnik und Gleisanschlusstechnik 1991. – № 5. – s. 39–43.
18. Новая сортировочная станция Гамбургской портовой железной дороги (Германия) [Текст] // Железные дороги мира 1996. – № 6. – С. 15–29.
19. Höfer R. Neur Hafenbahnhof für die Hamburger Hafenbahn [Text] / R. Höfer, A. Fischer, M. Peschel // Signal und Draht 1996. – № 5. – s. 28–30, 32–37.
20. Meier G. Rangieren per Computer [Text] / G. Meier // Der Eisenbahningenieur 1996. – № 11. – s. 51–52.
21. Модернизация сортировочной станции Антверпен-Северный [Текст] // Железные дороги мира 1999. – № 2. – С. 55–62.
22. Reschel M. Modernization of Antwerpen-Nord classification yard [Text] / M. Reschel // Rail Engineering International. – 1988. – № 1. – pg. 6–9.
23. Берндт Т. Сортировочные горки на железных дорогах мира [Текст] / Т. Берндт, С. В. Власенко // Автоматика, связь, информатика. 2007. – № 6. – С. 45–48.
24. Савицкий А. Г. Перспективы использования зарубежного опыта автоматизации сортировочных горок [Текст] / А. Г. Савицкий, В. Н. Иванченко, А. Н. Шабельников // Автоматика, связь, информатика. 2001. – № 12. – С. 39–43.
25. Информационно-управляющая система для сортировочной станции [Текст] // Железные дороги мира. 1993. – № 7. – С. 57–61.
26. Informative-control system for a classification yard [Text] // Eisenbahntechnische Rundschau 1992. – № 10. – s. 651–657.
27. Chessum R. Triage du Bourget: Automatisation accomplie [Text] / R. Chessum, F. Dumont // Vie rail et transp. 1999. – № 2683. – s. 20–21.
28. Baranek M. Systemlösung ATIS Dispo bei der Dortmunder Eisenbahn GmbH [Text] / M. Baranek, G. Kullik // Der Eisenbahningenieur 1999-50. – № 7. – s. 69–71.
29. Der vollautomati Rangierbahnhof [Text] // Der Eisenbahningenieur 1996-47. – № 2. – s. 16.
30. Ennulat D. Neue Lösungen in der Verfahrenstechnik für Ablaufanlagen [Text] / D. Ennulat, A. Gottschalk // Signal und Draht 1992-84. – № 4 – s. 87–92.
31. Автоматизация сортировочных станций на сети национального общества французских железных дорог [Текст] // ЭИ ВИНТИ. Организация перевозок, автоматика, телемеханика и связь на ж.-д. 1976. – № 26.

32. Шиш В. О. Перспективи та закордонний досвід розвитку систем автоматизації гірок сортувальних станцій [Текст] / В. О. Шиш // Матеріали семінару-наради «Розвиток сортувальних станцій». Знам'янка, 2010 – С. 31–41.
33. Елисеев С. Ю. Интегрированная система АСТРА–СС [Текст] / С. Ю. Елисеев, Д. А. Соснов, А. Г. Савицкий // Ж.-д. трансп., 2002. – № 8. – С. 36–44.
34. Муха Ю. А. Управление скоростью скатывания вагонов на путях накопления в сортировочном парке [Текст] / Ю. А. Муха, А. А. Назаров // 36. наук . праць КУЕТТ «Транспортні системи і технології». – К. : КУЕТТ, 2005. – Вип. 8. – С. 169–163.
35. Нагорный Е. В. Эффективность применения систем автоматического регулирования конечных скоростей движения отцепов [Текст] / Е. В. Нагорный, И . В. Берестов // Сб. научн. тр. – Вып. 7. – Харьков: ХИИТ, 1988. – С. 54–58.
36. Шелухин В. И. Прицельное торможение отцепов на базе адаптивных алгоритмов [Текст] / В. И. Шелухин, И. Н. Малышев, Д. А. Милёхин // Автоматика, связь, информатика. 2000. – № 2. – С. 29-32.
37. Аркатов В. С. Улучшение использования сортировочных путей при автоматизации роспуска [Текст] / В. С. Аркатов, В. И. Бобровский, Ю. А. Муха, А . А. Муратов // Ж.-д. трансп. 1983. – №11. – С. 20–22.
38. Муха Ю. А. Исследование режимов регулирования скорости и дальности скатывания отцепов при комплексном использовании на горке замедлителей и ускорителей (осаживателей) [Текст] / Ю. А. Муха, В. И. Бобровский // межвуз. сб. науч. тр. ДИИТа. 1978. – Вып. 197/12.– С. 24–38.
39. Муха Ю. А. О способах повышения качества процесса заполнения сортировочных путей при расформировании составов [Текст] / Ю. А. Муха, В. И. Бобровский // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях ; межвуз. сб. науч. тр. ДИИТа. 1978. – Вып. 197/12.– С. 38–50.
40. Шафит Е. М. Дифференциальные уравнения скатывания отцепов с сортировочной горки при различных способах аппроксимации продольного профиля [Текст] / Е. М. Шафит // Тр. ДИИТа.– М. : Транспорт, 1965. – Вып. 52. – С. 55–72.
41. Бобровский В. И. Дифференциальные уравнения движения отцепа и методы их решения [Текст] / В. И. Бобровский // Информ.-управл системы на ж.-д . трансп. 1996. – № 6. – С. 34–39.
42. Муха Ю. А., Бобровский В. И. Программа моделирования процесса скатывания отцепов с сортировочной горки на ЭЦВМ «Урал - 3» [Текст] / Ю. А. Муха, В. И. Бобровский // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях. – Вып. 97. – М. : Транспорт, 1970. – С. 37–54.
43. Бобровский В. И. Моделирование управляемого скатывания отцепов на автоматизированных сортировочных горках [Текст] / В. И. Бобровский, И. А. Горбачева, А. А. Муратов // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях ; межвуз. сб. науч. тр. ДИИТа. – Д., 1983. – Вып. 229/15. – С . 22–29.
44. Бобровский В. И. Моделирование управляемого скатывания отцепов на автоматизированных сортировочных горках [Текст] / В. И. Бобровский, И. А.

Горбачева, А. А. Муратов // Межвуз. сб. научн. тр.— М. : МИИТ, 1985. — Вып. 765. — С. 55–56.

45. Тененбаум Э. М. Исследование автоматизированного роспуска составов на имитационной модели [Текст] / Э. М. Тененбаум, Е. П. Скиба // Автоматизированные системы управления технологическими процессами на сортировочных станциях ; межвуз. сб. научн. тр.— Д. : ДИИТ, 1985. — Вып. 244/14. — С. 37–45.

46. Божко Н. П. Моделирование работы тормозных позиций на сортировочной горке / Н. П. Божко // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях ; межвуз. сб. науч. тр. — Д. : ДИИТ, 1978. — Вып. 197/12. — С. 73–87.

47. Рогов Н. В. Имитационная модель скатывания отцепов с регулируемой зоной торможения [Текст] / Н. В. Рогов, Н. П. Божко, Д. Н. Козаченко // Проблемы и перспективы развития ж.д. транспорта : тезисы LXV междунар. научно-практ. конф. — Д. : ДИИТ, 2005. — С. 109–110.

48. Отчет по теме 48.06.89.89 «Исследование внедряемых систем автоматизации» [Текст]. — Д., 1989. — 59 с.

49. Отчет по теме 45.35.91.91 «Анализ и оценка возможностей систем управления скорости скатывания вагонов на горках и направлений их совершенствования» [Текст]. — Д., 1991. — 48 с.

50. Speed control in six countries [Text] // Rail power. 1982. — No 42. — pg. 10.

51. Системы автоматизации сортировочных горок // Железнодорожный форум [Электронный ресурс]. — Режим доступа к ресурсу: <http://scbist.com/>

52. Повышение эффективности работы сортировочных горок [Текст] / под ред. В. П. Шейкина // Тр. ВНИИЖТ.— М. : Транспорт, 1980. — Вып. 627.

53. Методические указания по сравнению проектных решений железнодорожных линий, узлов и станций [Текст]. — М. : ВПТИТРАНССТРОЙ, 1988.

54. Шабельников А. Н. Использование зарубежных систем автоматизации [Текст] / А. Н. Шабельников // Ж.-д. транспорт. — 2010. — № 8. — С. 54–55.

55. Зиброва Т. М. Оценка точности управления торможением отцепов в АСУ РГС [Текст] / Т. М. Зиброва // Тр. ДИИТ. — Вып. 211/9. — М. : Транспорт, 1980. — С. 17–21.

56. Konig H. Quasi continuous speed control in gravity yard using the Dowty retarder [Text] / Helmut Konig // Railway Gazette International. 1976. — No 10.— Pg. 376–381.

57. Badenhorst C. G. Marshalling yards in South Africa [Text] / C. G. Badenhorst // Proceeding of the Institution of Railway Signal Engineering. 1983–84. — Pg. 119–134.

58. Meyer H. J. Die rangiertechnische Konzeption fur die Modernisierung der Rangierbahnhöfe der Deutschen Bundesbahn [Text] / H. J. Meyer // ETR. 1986. — H 9. — S. 561–567.

59. Alexander N. J. B. Dowty control system for marshalling yards [Text] / N. J. B. Alexander // Railway Gazette International. 1965. — No 19.— Pg. 773–777.

60. König H. Choosing hardware to automate marshalling yards [Text] / Helmut König // *Railway Gazette International*. 1980. – No 2. – Pg. 130–134.
61. Meyer, H. J. Moderne Technik zur Lösung der Rangieraufgaben im Gefallerangierbahnhof Nürnberg [Text] / H. J. Meyer // *ETR*. 1982. – H 3. – S. 147–148, 150–152, 154.
62. Walls J. Planning and design of Sentrarand Marshalling Yard [Text] / J. Walls, R. E. Pearce, D. Smit // *DIE SIVIELE INGENIEUR in Suid-Afrika*. – November. 1982. – Pg. 581, 583–535, 587–588.
63. Парри Я. Точечные вагонозамедлители на сортировочных станциях в Вене и Виллахе [Текст] / Я. Парри // *Rangiertechnik und Gleisanschluss-technik*. 1989. – No 49. – S. 13–15.
64. Шейкин В. П. Эффективность систем квазинепрерывного регулирования скорости отцепов на сортировочных горках с использованием точечных вагонных замедлителей / В. П. Шейкин, В. А. Кобзев, В. И. Метельский // *Вестник ВНИИЖТа*, 1992. – № 5. – С. 17–21.
65. Кобзев В. А. О возможностях применения точечных вагонных замедлителей на сортировочных горках / В. А. Кобзев // *Автоматика, связь, информатика*. 2006. . – № 6. – С. 25–26.
66. Шейкин В. П. Перспективы использования домкратовидных замедлителей / В. П. Шейкин // *Вестник ВНИИЖТа*. 1991, – № 5. – С. 10–11.
67. Инструкция по формированию и содержанию колесных пар тягового подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм: ЦТ/4351 [Текст]. – М. : Транспорт, 1988. – 88 с.
68. Карасёв С. В. Влияние конструкции горки, структуры вагонопотока и внешней среды на качество заполнения путей сортировочного парка : дис. канд. техн. наук. [Текст] – Новосибирск, 2003.
69. Кобзев В. А. Вагонные замедлители [Текст] / В. А. Кобзев // *Ж.-д. транспорт*. 2001. – № 11. – С. 64–67.
70. Карасёв С. В. Анализ результатов комплексной оценки перспективы использования домкратовидных замедлителей производства КНР в сортировочном парке «С» станции Забайкальск [Текст] / С. В. Карасёв // *Сб. науч. тр. СГУПС*. 2004. – С. 34–40.
71. Dreyer A. I. Sentrarand Marshalling Yard: the mechanical engineering involvement [Text] / A. I. Dreyer, J. S. F. Marais, H. J. Steyn // *DIE SIVIELE INGENIEUR in Suid-Afrika*. – November. 1982. – Pg. 608–611, 613–614.
72. Meulman J. J. H. Der neue Rangi erbahnhof der Norwegischen Btaatsbahnen in Trondheim / J. J. H. Meulman, K. C Halvorsen // *Rangiertechnik und Gleisanschluss-technik*. 1986-87. – No 46. – S. 3–7.
73. Кёниг Х. Регулирование скорости роспуска составов на сортировочной станции Вена-Центральная [Текст] / Х. Кёниг // *Rangiertechnik und Gleisanschluss-technik*. 1989. – No 49. – S. 3-6.
74. Бём Х. Предотвращение ухода отцепов на сортировочных путях [Текст] / Х. Бём // *Rangiertechnik und Gleisanschluss-technik*. 1989. – No 49. – S. 3–6.
75. Назаров А. А. Исследование возможности использования замедлителей системы DOWTY для непрерывного заполнения сортировочных путей [Текст] / А.

А. Назаров // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків : 1997. – № 5/6. – С. 18–21.

76. Муха Ю. А., Муратов А. А. Имитационное моделирование процесса скатывания отцепов при выполнении горочных расчетов // Межвуз. сб. научн. тр. – Д. ДИИТ, 1990. – С. 11–20.

77. Соппротивление движению грузовых вагонов при скатывании с горок // Труды ВНИИЖТа.– М.: Транспорт, 1975. – Вып. 545. – 151 с.

78. Муха Ю. А. Моделирование процесса заполнения сортировочных путей с использованием замедлителей системы Dowty [Текст] / Ю. А. Муха, А. А. Назаров // Міжвуз. Зб. наук. пр. ХарДАЗТ «Концепція підвищення ефективності вантажних перевезень на залізничному транспорті». – Харків, 1998. – С. 55–61.

79. Вершинский, С. В. Динамика и прочность перспективных вагонов / С. В. Вершинский // Тр. ЦНИИ МПС. – Вып. 548 – М. : Транспорт, 1976. – 182 с.

80. Кузьмин А. Н. Регулирование скорости движения отцепов на подгорочных путях [Текст] / А. Н. Кузьмин. – Новосибирск : НИИЖТ, 1964.

81. Назаров О.А., Заповнення сортувальних колій вагонами з безпечною швидкістю [Текст] / О.А. Назаров // Зб. наук. праць «Транспортні системи та технології перевезень» – Д., 2011. – С. 58–61.

82. Шторм Р. Теория вероятностей, математическая статистика, статистический контроль качества [Текст] / Р. Шторм. – М. : Мир, 1970. – 368 с.

83. Конструкции и параметры стрелочных горловин автоматизированных и механизированных сортировочных горок [Текст] // Альбом стрелочных горловин № 418322-ПР-02. – М. : Гипротрансигнальсвязь, 1983.

84. Назаров А. А. Анализ возможности применения систем квазинепрерывного регулирования скорости отцепов типа DOWTY на сортировочных горках / А. А. Назаров // Зб. наук. праць КУЕТТ «Транспортні системи і технології». – Вип. 4. – К. : КУЕТТ, 2004. – С. 61–66.

85. Билоус, Р. А. Влияние различных факторов на дальность пробега вагонов в сортировочном парке [Текст] / Р. А. Билоус, А. П. Осипов // Рукопись депонирована в ЦНИИ ТЭИ МПС № 3299, ХИИТ. – Харьков, 1985. – 6 с.

86. Павлов В. Е. Определение длины зоны автоматизации на сортировочных горках [Текст] / В. Е. Павлов, Г. С. Клейн // Сб. науч. тр. ЛИИЖТа.– Л., 1976. – Вып. 409 – С. 84–90.

87. Павлов В. Е. О прицельном регулировании скоростей отцепов на сортировочных горках [Текст] / В. Е. Павлов, Р. А. Доронин // Сб. науч. тр. ЛИИЖТа.– Л., 1977. – Вып. 412. – С. 84–90.

88. Нагорный Е. В. Повышение эффективности прицельного регулирования скорости отцепов на механизированных горках [Текст] / Е. В. Нагорный, В. Ф. Телегин // Проблемы и перспективы железнодорожных станций и узлов. – Гомель, 1978. – С. 83–86.

89. Муха Ю. А. Выбор технических средств и технологических режимов для управления процессом заполнения сортировочных путей на станциях [Текст] / Ю. А. Муха, В. И. Бобровский // Сб. науч. тр. МИИТа.– М. : МИИТ, 1980. – Вып. 674. – С. 72–73.

90. Клейн Г. С. О возможности улучшения качества прицельного торможения в системах АРС на сортировочных горках [Текст] / Г. С. Клейн // Сб. науч. тр. ЛИИЖТа.– Л., 1976. – Вып. 400. – С. 114–123.
91. Шабельников А. Н. Системы автоматизации сортировочных горок на основе современных компьютерных технологий [Текст] / А. Н. Шабельников, В. Н. Иванченко, С. М. Ковалев, Н. Н. Лябах, В. Н. Соколов, В. Р. Одикадзе, В. И. Сачко; под ред. А. Н. Шабельникова. – Ростов-на-Дону : НИИАС, Рост. гос. ун-т путей сообщения, 2010. – 436 с.
92. Назаров А. А. Оптимизация параметров системы квазинепрерывного регулирования скорости отцепов на показатели качества прицельного торможения [Текст] / А. А. Назаров // Тезисы 68-й Междунар. науч.-техн. конф. «Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта» – Д. : ДИИТ, 2008. – С. 60–61.
93. Босов А. А. Функции множества и их применение [Текст] : монография / А. А. Босов. – Дніпродзержинськ : Вид. дім «Андрій», 2007. – 182 с.
94. Подиновский, В. В. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач [Текст] / В. В. Подиновский, В. Д. Ногин. – М. : Наука, 1982. – 256 с.
95. Малков В. П. Оптимизация упругих систем [Текст] / В. П. Малков, А. Г. Угодчиков – М. : Наука, 1981. – 288 с.
96. Матросов А. В. Maple 6. Решение задач высшей математики и механики [Текст] / А. В. Матросов. – СПб. : БХВ – Петербург, 2001. – 528 с.
97. Правила технічної експлуатації залізниць України [Текст]. – К., 2003.
98. Методичні вказівки з розрахунку норм часу на маневрові роботи, які виконуються на залізничному транспорті підготовлені відділом організації розробки і впровадження норм і нормативів з праці Головного управління охорони і організації праці Укрзалізниці [Текст] // Мінтранс України, Держадміністрація залізн. трансп. України, Укрзалізниця, Головне управління перевезень. – К., 2003.
99. Руководство по техническому нормированию маневровой работы [Текст]. – М. : Транспорт, 1978. – 55 с.
100. Правдин Н. В. Железнодорожные станции и узлы [Текст] / Н. В. Правдин, Т. С. Банек, В. Я. Негрей и др.; под ред. Н. В. Правдина. – М. : Транспорт, 1984.
101. Назаров О. А. Ефективність систем розподіленого регулювання швидкості вагонів на сортувальних коліях [Текст] / О. А. Назаров // Вісник ДІПТу. – Вип. 34. – Д., 2010. – С. 193-198.
102. Муха Ю. А. Пособие по применению правил и норм проектирования сортировочных устройств [Текст] / Ю. А. Муха, Л. Б. Тишков, В. П. Шейкин и др. – М. : Транспорт, 1994. – 220 с.

ДОДАТОК А ГАЛЬМОВА ХАРАКТЕРИСТИКА ТВУ, ХАРАКТЕР ВАГОНОПОТОКУ ТА ДАНІ НАТУРНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

В додатку наведені технічні характеристики точкових регуляторів швидкості вагонів і статистичні дані натурних спостережень процесу розпуску составів з сортувальної гірки та накопичення вагонів в сортувальному парку.

Z , Дж

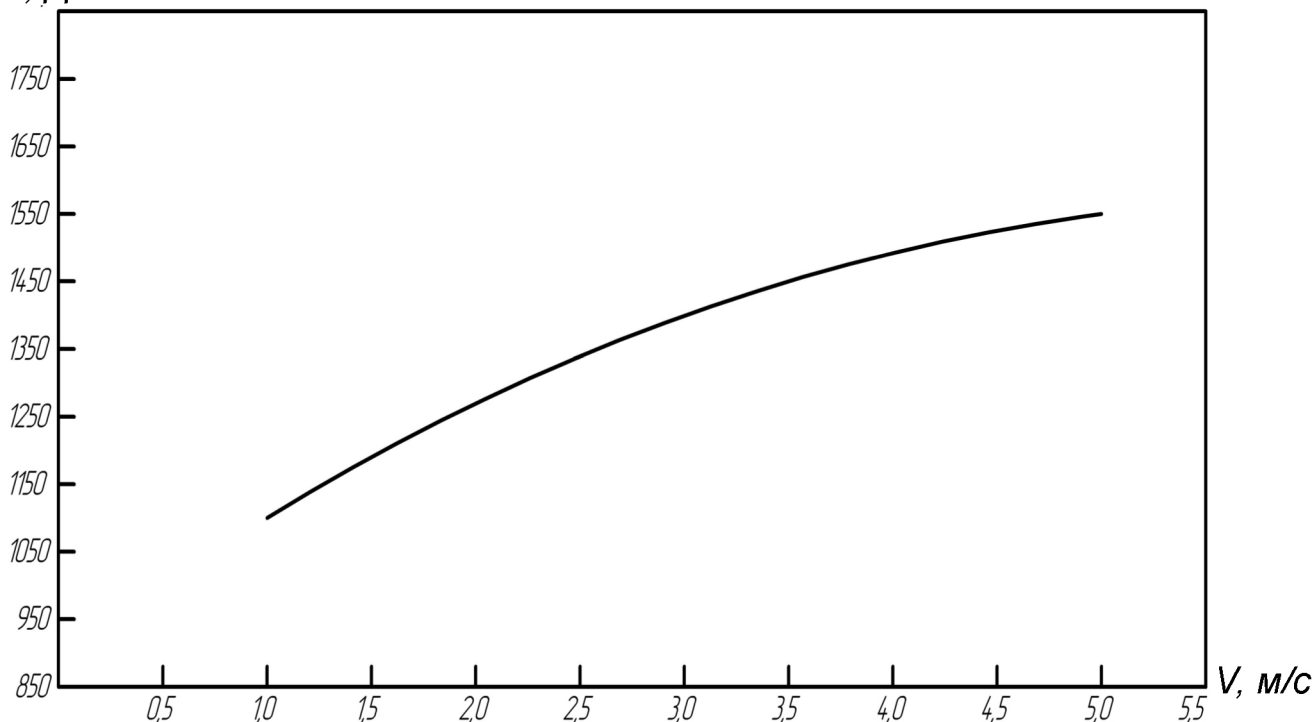


Рисунок А. – Залежність роботи гальмівної сили ТВУ від швидкості вагона

Таблиця А.1 – Розподіл відцепів по вагових категоріях.

	Вагова категорія відчепа				
	легка	легко-середня	середня	середньо-важка	важка
частість	0,304	0,022	0,031	0,08	0,563

Таблиця А.2 – Розподіл відцепів за кількістю вагонів.

	Кількість вагонів у відцепі									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 і більше
частість	0,521	0,170	0,084	0,056	0,052	0,024	0,031	0,027	0,016	0,019

Таблиця А.3 – Розподіл вагонопотоку по типу вагонів.

Тип вагона	частість
4-осні піввагони	0,612
8-осні піввагони	0,001
4-осні цистерни	0,130
8-осні цистерни	0,005
4-осні криті вагони	0,087
4-осні платформи	0,024
4-осні вагони-хопери	0,141

Таблиця А.4 – Характеристики розрахункових відчепів

Характеристика	ДП	П	Х	ДХ
Вага, , тс	22	25	70	85
Рід вагона	піввагон			
Підшипники	роликові			
Основний питомий опір руху, , кгс/тс	4,5	4,05	0,8	0,5

Таблиця А.5 – Дані натурних спостережень швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії.

№ п/п	Швидкість, м/с	№ п/п	Швидкість, м/с	№ п/п	Швидкість, м/с	№ п/п	Швидкість, м/с
1	1,30	21	1,80	41	1,60	61	2,30
2	2,50	22	0,80	42	0,90	62	1,50
3	1,60	23	0,80	43	1,80	63	1,70
4	1,30	24	1,40	44	1,50	64	1,30
5	1,30	25	1,80	45	1,10	65	1,60
6	1,30	26	0,90	46	1,00	66	1,60
7	1,60	27	1,50	47	1,70	67	1,60
8	1,40	28	1,40	48	3,30	68	1,10
9	1,30	29	1,00	49	1,30	69	1,80
10	1,60	30	1,30	50	1,20	70	1,20
11	1,70	31	1,30	51	1,40	71	1,40
12	1,50	32	1,00	52	1,20	72	1,40
13	1,50	33	1,00	53	0,50	73	1,30
14	0,80	34	1,20	54	1,40	74	2,30
15	1,10	35	2,00	55	1,30	75	1,20
16	1,10	36	0,80	56	0,80	76	1,20
17	0,90	37	1,50	57	1,10	77	1,30
18	1,80	38	1,60	58	1,00	78	1,10
19	1,40	39	1,30	59	1,60	79	0,60
20	1,30	40	1,80	60	1,60	80	1,60

ДОДАТОК Б

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ З АНАЛІЗУ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТВУ НА ГМП

В додатку наведені дані розрахунку висоти та профілю ГМП. На рис. Б.1 наведені нормативний та спеціальний поздовжні профілі спускної частини гірки, та схеми розташування ТВУ. На спускній частині гірки з нормативним профілем ТВУ налаштовані на швидкість 4,5 м/с. На спускній частині гірки зі спеціальним профілем ТВУ налаштовані на швидкість 5 м/с.

Таблиця Б.1 – Розгорнутий план маршруту скочування на розрахункову важку колію ГМП

№ п/п	Довжина ділянки	Ознака	№ п/п	Довжина ділянки	Ознака	№ п/п	Довжина ділянки	Ознака
1	150,00	0,00	11	0,00	11,38	21	0,90	4,73
2	0,00	11,38	12	5,26	0,00	22	4,36	200,00
3	5,26	0,00	13	17,51	4,73	23	17,51	4,73
4	17,51	4,73	14	1,20	200,00	24	0,15	0,00
5	10,47	200,00	15	0,00	11,38	25	53,13	150,00
6	1,00	0,00	16	5,26	200,00	26	16,10	-1,00
7	0,00	13,48	17	17,51	4,73	27	100,00	0,00
8	0,50	0,00	18	7,98	0,00	28	1000,00	0,00
9	25,95	-1,00	19	16,62	4,73			
10	0,00	0,00	20	0,00	11,38			

Таблиця Б.2 – Розрахункові параметри ГМП

№ № ділянок	Азиму т напряму розпуску, град.	Швидкість вагона, м/с	Довжина розрахункових ділянок, м	Кількість стрілок	Сума кутів поворотів, град.	Розрахунковий вітер		Втрати енергетичної висоти, м ен. в. від опору			
						приведена швидкість, м/с	кут до напряму скоочування, град.	основного	стрілок та кривих	середовища та вітру	разом
1	289,0	3,5	59,74	1	7,7	4,75	19,0	0,105	0,029	0,115	0,248
2	289,0	3,0	173,84	5	47,0	4,75	19,0	0,304	0,123	0,287	0,714
3	289,0	1,4	66,10	0	0,0	4,75	19,0	0,116	0,000	0,061	0,176
Разом			299,68	6	54,8	західний		0,524	0,151	0,462	1,138
Середньоквадратичне відхилення втрат енергетичної висоти, м ен. в.								0,201	0,051	0,467	0,511
Втрати енергетичної висоти від опору снігу та інею, м ен. в.											0,000
Енергетична висота, що відповідає швидкості розпуску, м ен. в.											0,078
Розрахункова висота гірки, м											2,082

Таблиця Б.3 – Нормативний поздовжній профіль ГМП

Точки перелому профілю	Положення точок перелому		Ухил ділянки, ‰	Довжина ділянки, м	Різниця ухилів, ‰	Пряма ділянка, м	Профільна висота, м	Відмітки точок перелому профілю
	№ елемента плану	прив'язка, м						
1	1	150,00	-5,00	87,74	5,0	87,12	-0,439	1,461
2	1	62,26	-5,00	37,26	0,0	35,51	-0,182	1,900
3	1	25,00	40,00	39,21	45,0	26,12	1,368	2,082
4	4	8,56	15,24	17,49	24,8	13,36	0,267	0,714
5	5	1,54	7,00	32,00	8,2	30,28	0,224	0,447

6	12	2,75	1,50	107,05	5,5	106,25	0,161	0,223
7	25	37,83	0,60	103,93	0,9	103,82	0,062	0,062
8	27	50,0	0,60	1050,00	0,0	1049,92	0,630	0,000

Відстань від фактичної вершини гірки до початку першого розділювального елемента 25, 00 м

Профільна висота швидкісної ділянки: максимальна - 2,307 м; фактична - 1,656 м

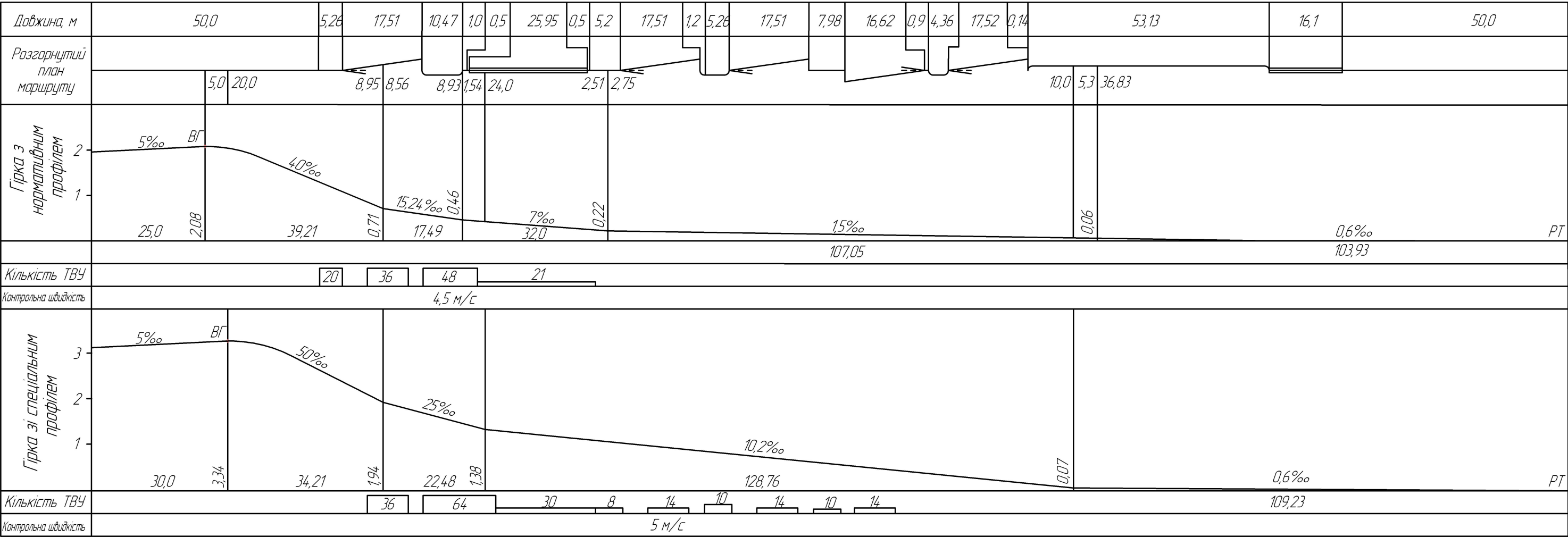


Рисунок Б.1 – Поздовжній профіль ГМП

Таблиця Б.4 – Результати скочування ДП з ГМП з нормативним профілем

№ т о ч о к	Найменування точок	Коор дина ти точо к від верш ини гірки , м	Ш ви дкі ст ь ск оч ув ан ня, м/ с	Три валі сть скоч уван ня, с	Пог аш ена ене рге тич на вис ота, м ен. в.	Резерв інтервалі в на розділюв альних елемента х в послідов ності	
						П- Х	Х- П
1	Відрив	5,54	1,83	0,00			
2		20,00	2,85	6,61			
3	Вхід на 1й розділ. елемент	25,00	3,33	8,23			
4	Вихід з 1го розділ. елемента	46,88	4,68	13,60			
5	Вхід на 2й розділ. елемент	59,24	4,82	16,20			
6	Вхід на 1ГП	59,74	4,82	16,30			
7	Вихід з 2го розділ. елемента	83,22	4,77	21,18			
8	Вхід на 3й розділ. елемент	86,19	4,76	21,80			
9	Вихід з 1ГП	96,19	4,68	23,92	0,000		
10	Вихід з 3го розділ. елемента	108,07	4,49	26,51			
11	Вхід на 4й розділ. елемент	110,16	4,45	26,97			
12	Вихід з 4го розділ. елемента	132,04	4,05	32,13			
13	Вхід на 5й розділ. елемент	157,53	3,58	38,81			
14	Вихід з 5го розділ. елемента	179,41	3,09	45,39			
15		200,00	2,65	52,56			
16	Вхід на ПГП	233,58	1,69	68,08			
17	Вихід з ПГП	260,18	0,21	96,49	0,000		
18	Зупинка	265,18	0,00	143,56			

Примітка: координати відповідають положенню 1-ої осі відчепа

Таблиця Б.5 – Результати скочування ДХ з ГМП з нормативним профілем

№ т о ч о к	Найменування точок	Коо рди нат и точ ок від вер ши ни гірк и, м	Ш ви дкі ст ь ск оч ув ан ня, м/ с	Три валі сть ско чув анн я, с	По га ше на ен ер гет ич на ви со та, м ен. в.	Резерв інтервалів на розділювал ьних елементах в послідовно сті	
						П-Х	Х-П
1	Відрив	2,72	1,83	0,00		6,07	9,15
2		20,00	3,18	7,60			
3	Вхід на 1й розділ. елемент	25,00	3,72	9,04		1,51	
4	Вихід з 1го розділ. елемента	46,88	5,29	13,83			3,55
5	Вхід на 2й розділ. елемент	59,24	5,56	16,11		0,99	
6	Вхід на 1ГП	59,74	5,57	16,20			
7	Вихід з 2го розділ. елемента	83,22	4,38	20,80			4,55
8	Вхід на 3й розділ. елемент	86,19	4,15	21,49		1,05	
9	Вихід з 1ГП	96,19	3,74	24,03	1, 075		
10	Вихід з 3го розділ. елемента	108, 07	3,73	27,21			3,75
11	Вхід на 4й розділ. елемент	110, 16	3,72	21,77		1,71	
12	Вихід з 4го розділ. елемента	132, 04	3,66	33,69			2,43
13	Вхід на 5й розділ. елемент	157, 53	3,61	40,70		1,37	
14	Вихід з 5го розділ. елемента	179, 41	3,49	46,88			1,07
15		200, 00	3,44	52,82			
16	Вхід на ПГП	233, 58	3,28	62,83			
17	Вихід з ПГП	260, 18	1,14	75,33	0, 470		
18			1,07	93,28			

		280,00					
19	Розрахункова точка	299,68	1,01	112,22			
20		320,00	0,94	133,12			
21	Точка прицілювання	349,68	0,83	166,73			

Примітка: координати відповідають положенню 1-ої осі відчепа

Таблиця Б.6 – Розташування ТВУ на спускній частині ГМП з нормативним профілем по маршруту скочування на важку колію

№ п/п	Початок зони розташування точкових елементів		Довжина ділянки, м	Швидкість спрацьовування, м/с	Кількість точкових елементів	Тип точкового елемента
	№ елементу розгорнутого плану	прив'язка до наступного елементу, м				
1	3	5,26	5,26	4,5	20	ТВУ
2	4	12,41	9,00	4,5	36	ТВУ
3	5	10,47	11,97	4,5	48	ТВУ
4	9	25,95	25,95	4,5	21	ТВУ

Загальна кількість ТВУ 125

Таблиця Б.7 – Результати скочування ДП з ГМП з нормативним профілем і ТВУ на спускній частині гірки

№ точок	Найменування точок	Координати точок від вершини гірки, м	Швидкість скочування, м/с	Тривалість скочування, с	Погашення енергетична висота, м.в.	Резерв інтервалів на розділювальних елементах в послідовності	
						П-Х	Х-П
1	Відрив	5,31	1,05	0,00			
2		20,00	2,44	9,65			
3	Вхід на 1й розділ. елемент	25,00	2,99	11,49			

4	Вихід з 1го розділ. елемента	46,88	4,42	17,27			
5	Вхід на 2й розділ. елемент	59,24	4,50	20,03			
6	Вхід на 1ГП	59,74	4,50	20,14			
7	Вихід з 2го розділ. елемента	83,22	4,42	25,40			
8	Вхід на 3й розділ. елемент	86,19	4,41	26,07			
9	Вихід з 1ГП	96,19	4,33	28,36	0,000		
10	Вихід з 3го розділ. елемента	108,07	4,13	31,17			
11	Вхід на 4й розділ. елемент	110,16	4,09	31,67			
12	Вихід з 4го розділ. елемента	132,04	3,68	37,31			
13	Вхід на 5й розділ. елемент	157,53	3,19	44,73			
14	Вихід з 5го розділ. елемента	179,41	2,69	52,21			
15		200,00	2,20	60,64			
16	Вхід на ПГП	233,58	1,00	81,75			
17	Зупинка	245,00	0,00	106,89			

Примітка: координати відповідають положенню 1-ої осі відчепа

Таблиця Б.8 – Результати скочування ДХ з ГМП з нормативним профілем і ТВУ на спускній частині гірки

№ т о ч о к	Найменування точок	Коор дина ти точ к від верш ини гірки , м	Ш ви дкі ст ь ск оч ув ан ня, м/ с	Три валі сть скоч уван ня, с	Пог аш ена ене рге тич на вис ота, м ен. в.	Резерв інтервалі в на розділюв альних елемента х в послідов ності	
						П- Х	Х- П
1	Відрив	2,66	1,05	0,00		10,77	

							15, 85
2		20,00	2,81	10,79			
3	Вхід на 1й розділ. елемент	25,00	3,41	12,39		5,89	
4	Вихід з 1го розділ. елемента	46,88	4,68	17,57			9,77
5	Вхід на 2й розділ. елемент	59,24	4,50	20,27		5,64	
6	Вхід на 1ГП	59,74	4,50	20,38			
7	Вихід з 2го розділ. елемента	83,22	4,50	25,61			10, 27
8	Вхід на 3й розділ. елемент	86,19	4,50	26,27		5,87	
9	Вихід з 1ГП	96,19	4,51	28,49	0,000		
10	Вихід з 3го розділ. елемента	108,07	4,48	31,13			10, 79
11	Вхід на 4й розділ. елемент	110,16	4,47	31,59		5,05	
12	Вихід з 4го розділ. елемента	132,04	4,39	36,53			10, 99
13	Вхід на 5й розділ. елемент	157,53	4,31	42,39		0,96	
14	Вихід з 5го розділ. елемента	179,41	4,17	47,57			13, 01
15		200,00	4,09	52,56			
16	Вхід на ПГП	233,58	3,91	60,95			
17	Вихід з ПГП	260,18	3,84	67,83	0,000		
18		280,00	3,80	73,02			
19	Розрахункова точка	299,68	3,75	78,23			
20		320,00	3,71	83,68			
21	Точка прицілювання	349,68	3,65	91,74			

Примітка: координати відповідають положенню 1-ої осі відчепа

Таблиця Б.9 – Спеціальний поздовжній профіль ГМП

Точки перелому профілю	Положення точок перелому		Ухил ділянки, ‰	Довжина ділянки, м	Різниця ухилів, ‰	Пряма ділянка, м	Профільна висота, м	Відмітки точок перелому профілю
	№ елемента розгорнутого плану	прив'язка до наступного елементу, м						
1	1	150,00	-5,00	87,74	5,0	87,12	-0,439	2,674
2	1	62,26	-5,00	42,26	0,0	40,51	-0,207	3,113
3	1	25,00	50,00	34,21	55,0	18,58	1,398	3,320
4	4	8,56	25,00	22,48	25,0	17,50	0,562	1,922
5	9	24,00	10,20	128,76	14,8	123,78	1,313	1,360
6	25	37,83	0,60	109,93	9,6	108,82	0,068	0,068
7	27	50,0	0,60	850,00	0,0	849,92	0,630	0,000
Відстань від фактичної вершини гірки до початку першого розділювального елемента 20, 00 м Профільна висота швидкісної ділянки: максимальна - 2,304 м; фактична - 1,911 м								

Таблиця Б.10 – Розташування ТВУ на спускній частині ГМП
зі спеціальним профілем по маршруту скочування на важку колію

№ п/п	Початок зони розташування точкових елементів		Довжина ділянки, м	Швидкість спрацьовуван ня, м/с	Кількість точкових елементів	Тип точковог о елемента
	№ елемента розгорнутого плану	прив'язка до наступного елемента, м				
1	4	12,41	9,00	5,0	36	ТВУ
2	5	10,47	15,97	5,0	64	ТВУ
3	9	25,95	21,95	5,0	30	ТВУ
4	10	0,50	5,76	5,0	8	ТВУ
5	13	12,41	9,00	5,0	14	ТВУ
6	14	1,20	6,46	5,0	10	ТВУ
7	17	12,41	9,00	5,0	14	ТВУ
8	18	7,98	7,98	5,0	10	ТВУ
9	19	13,21	9,00	5,0	14	ТВУ
10	26	13,00	45,00	1,0	90	ТВУ
11	27	967,00	55,00	1,0	55	ТВУ
12		912,00	212,00	1,0	53	ТВУ

Загальна кількість ТВУ налаштованих на 5 м/с – 200 од.

Загальна кількість ТВУ налаштованих на 1 м/с – 198 од.

Таблиця Б.11 – Результати скочування ДХ з ГМП зі спеціальним
профілем і ТВУ на спускній частині гірки

№ т о ч о к	Найменування точок	Коор дина ти точ к від верш ини гірки , м	Ш ви дкі ст ь ск оч ув ан ня, м/ с	Три валі сть скоч уван ня, с	Пог аш ена ене рге тич на вис ота, м ен. в.	Резерв інтервал ів на розділю вальних елемент ах в послідо вності	
						П- Х	Х- П
1	Відрив	5,52	2,05	0,00			
2	Вхід на 1й розділ. елемент	20,00	3,11	6,00			
3	Вихід з 1го розділ. елемента	41,88	4,92	11,34			

4	Вхід на 2й розділ. елемент	54,24	4,99	13,82			
5	Вхід на 1ГП	54,74	4,99	13,92			
6	Вихід з 2го розділ. елемента	78,22	4,99	18,63			
7	Вхід на 3й розділ. елемент	81,19	4,99	19,22			
8	Вихід з 1ГП	91,19	4,99	21,22	0,000		
9	Вихід з 3го розділ. елемента	103,07	4,97	23,61			
10	Вхід на 4й розділ. елемент	105,16	4,97	24,03			
11	Вихід з 4го розділ. елемента	127,04	4,92	28,45			
12	Вхід на 5й розділ. елемент	152,53	4,90	33,64			
13	Вихід з 5го розділ. елемента	174,41	4,80	38,17			
14		200,00	4,32	43,64			
15	Вхід на ПГП	228,58	2,53	52,05			
16	Вихід з ПГП	255,18	0,97	73,20	0,000		
17		280,00	0,95	99,13			
18		320,00	0,99	140,38			
19	Розрахункова точка	327,58	0,96	148,11			
20	Зупинка	346,68	0,00	187,16			

Примітка: координати відповідають положенню 1-ої осі відчепа

Таблиця Б.12 – Результати скочування ДХ з ГМП зі спеціальним профілем і ТВУ на спускній частині гірки

№ т о ч о к	Найменування точок	Коор дина ти точ ок від верш ини гірки , м	Ш ви дкі ст ь ск оч ув ан ня, м/ с	Три валі сть скоч уван ня, с	Пог аш ена ене рге тич на вис ота, м ен. в.	Резерв інтервал ів на розділю вальних елемент ах в послідо вності	
						П- Х	Х- П
1	Відрив	2,71	2,05	0,00		5,42	8,16
2	Вхід на 1й розділ. елемент	20,00	3,43	6,94		1,02	
3	Вихід з 1го розділ. елемента	41,88	5,26	11,82			2,34
4	Вхід на 2й розділ. елемент	54,24	5,22	14,17		0,97	

5	Вхід на 1ГП	54,74	5,21	14,27			
6	Вихід з 2го розділ. елемента	78,22	5,00	18,91			3,07
7	Вхід на 3й розділ. елемент	81,19	5,00	19,51		1,32	
8	Вихід з 1ГП	91,19	5,01	21,51	0,000		
9	Вихід з 3го розділ. елемента	103,07	5,00	23,88			3,50
10	Вхід на 4й розділ. елемент	105,16	5,00	24,30		1,27	
11	Вихід з 4го розділ. елемента	127,04	5,00	28,67			3,52
12	Вхід на 5й розділ. елемент	152,53	5,00	33,76		1,02	
13	Вихід з 5го розділ. елемента	174,41	5,16	38,09			3,71
14		200,00	5,02	43,01			
15	Вхід на ПГП	228,58	3,91	49,43			
16	Вихід з ПГП	255,18	2,24	57,95	0,000		
17		280,00	1,01	76,62			
18		320,00	1,08	114,99			
19	Розрахункова точка	327,58	1,09	122,03			
20		360,00	1,00	154,42			
21		400,00	1,00	194,56			
22		440,00	1,00	234,72			
23		480,00	1,00	274,87			
24		520,00	1,00	315,05			
25		560,00	0,98	355,31			
26		600,00	0,79	398,92			
27		640,00	0,71	449,65			
28	Точка прицілювання	644,68	0,71	456,20			

Примітка: координати відповідають положенню 1-ої осі відчепа

ДОДАТОК В
РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ З АНАЛІЗУ МОЖЛИВОСТІ
ЗАСТОСУВАННЯ ТВУ НА ГСП

В додатку наведені дані з розрахунку висоти та профілю сортувальної гірки середньої потужності. На рис. В.1 наведені нормативний та спеціальний поздовжні профілі спускної частини гірки, та схеми розташування ТВУ. На спускній частині гірки ТВУ налаштовані на 5 м/с.

Таблиця В.1 – Розгорнутий план маршруту скочування на розрахункову важку колію ГСП

№ п/ п	Довжина ділянки	Ознака	№ п/ п	Довжина ділянки	Ознака	№ п/ п	Довжина ділянки	Ознака
1	100,00	0,00	15	5,26	11,38	29	5,26	200,00
2	16,51	11,38	16	17,51	0,00	30	17,51	4,73
3	20,58	0,00	17	10,47	200,00	31	1,20	0,00
4	17,51	4,73	18	1,00	0,00	32	0,00	11,38
5	5,26	0,00	19	0,00	13,48	33	5,26	0,00
6	0,00	13,48	20	0,50	0,00	34	17,51	4,73
7	0,50	0,00	21	25,95	-1,00	35	2,05	0,00
8	25,95	-1,00	22	0,50	0,00	36	50,00	180
9	0,50	0,00	23	0,00	0,00	37	16,10	-180,00
10	0,00	11,38	24	0,00	11,38	38	13,36	180
11	5,26	0,00	25	5,26	0,00	39	100,00	0,00
12	17,51	4,73	26	17,51	4,73	40	1000,00	0,00
13	1,20	200,00	27	1,20	200,00	41		
14	0,00	11,38	28	0,00	11,38	42		

Таблиця В.2 – Розрахункові параметри ГСП

№ № діл яно к	Азимут напрямк у розпуску , град.	Шв ид кіс ть ваг она , м/с	Довжина розрахун кових ділянок, м	Кіл ькі сть стр іло к	Сума кутів повор отів, град.	Розрахунковий вітер		Втрати енергетичної висоти, м ен. в. від опору			
						приведен а швидкіст ь, м/с	кут до напрямку скочування, град.	основного	стрілок та кривих	середовища та вітру	разом
1	289,0	4,0	40,50	1	4,7	4,75	19,0	0,071	0,026	0,090	0,187
2	289,0	5,0	85,19	2	14,3	4,75	19,0	0,149	0,110	0,244	0,503
3	289,0	4,0	149,41	3	35,1	4,75	19,0	0,261	0,156	0,331	0,749
4	289,0	2,0	66,1	0	11,3	4,75	19,0	0,116	0,010	0,077	0,203
Разом			299,68	6	54,8	західний		0,597	0,303	0,742	1,138
Середньоквадратичне відхилення втрат енергетичної висоти, м ен. в.								0,229	0,103	0,622	1,642
Втрати енергетичної висоти від опору снігу та інею, м ен. в.											0,196
Енергетична висота, що відповідає швидкості розпуску, м ен. в.											0,107
Розрахункова висота гірки, м											3,073

Таблиця В.3 – Нормативний поздовжній профіль ГСП

Точки перелому профілю	Положення точок перелому		Ухил ділянки, ‰	Довжина ділянки, м	Різниця ухилів, ‰	Пряма ділянка, м	Профільна висота, м	Відмітки точок перелому профілю
	№ елемента плану	прив'язка, м						
1	1	100,00	-8,00	99,46	8,0	98,08	-0,796	2,180
2	1	0,54	-5,00	20,40	3,0	18,27	-0,098	2,975
3	3	17,23	46,96	37,37	52,0	22,88	1,479	3,073
4	5	2,63	25,00	32,21	22,0	27,21	0,805	1,594
5	11	2,63	7,00	85,03	18,0	82,09	0,595	0,789
6	25	2,76	1,50	90,46	5,5	89,66	0,136	0,193

7	36	30,00	0,60	96,10	0,9	95,99	0058	0,058
8	39	63,36	0,60	863,36	0,0	863,16	0,518	0,000
9	40	200,00	-1,00	200,00	1,6	199,67	-0,200	-0,518

Відстань від фактичної вершини гірки до початку першого розділювального елемента 40, 00 м

Профільна висота швидкісної ділянки: максимальна - 2,282 м; фактична - 1,557 м

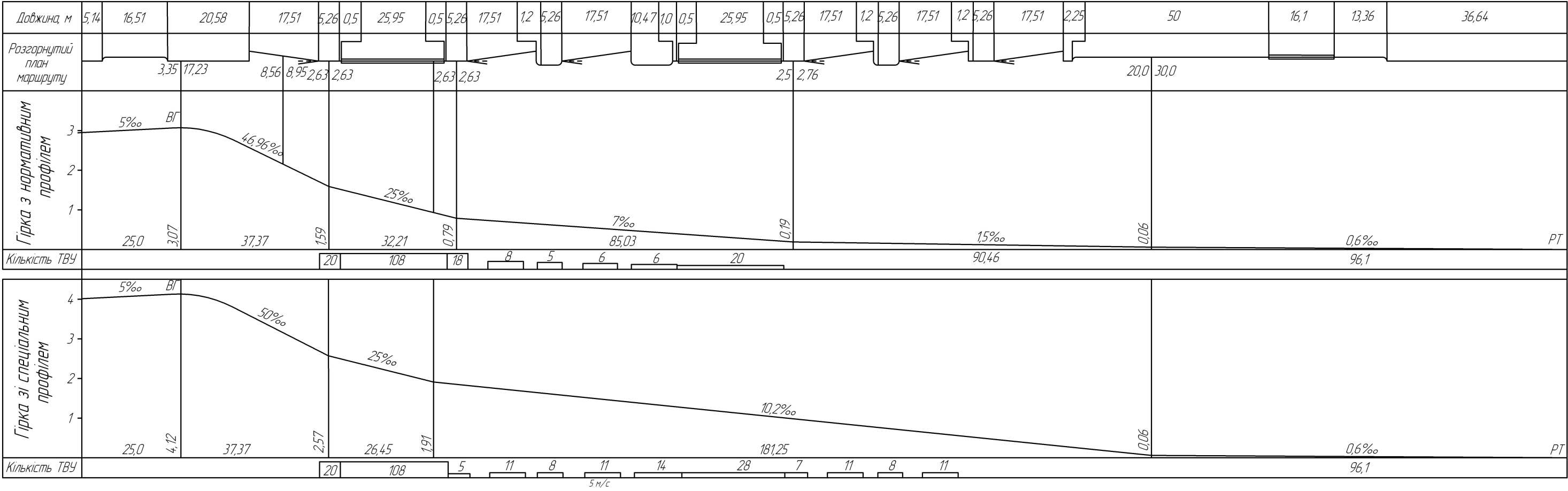


Рисунок В.1 – Поздовжній профіль ГСП

Таблиця В.4 – Результати скочування ДП з ГСП з нормативним профілем

№ т о ч о к	Найменування точок	Коор дина ти точ к від верш ини гірки , м	Ш ви дкі сть ск оч ув ан ня, м/ с	Три валі сть ско чу ван ня, с	Пог аш ена ене рге тич на вис ота, м ен. в.	Резерв інтервал ів на розділю вальних елемент ах в послідо вності	
						Д П- Д Х	Д Х- Д П
1	Відрив	5,69	2,17	0,0			
2		20,00	3,15	5,70			
3	Вхід на 1й розділ. елемент	40,00	4,83	10,69			
4	Вхід на 1ГП	40,50	4,85	10,79			
5	Вихід з 1го розділ. елемента	63,98	5,61	15,24			
6	Вхід на 2й розділ. елемент	66,95	5,69	15,77			
7	Вихід з 1ГП	76,95	5,83	17,50	0,000		
8	Вихід з 2го розділ. елемента	88,83	5,76	19,54			
9	Вхід на 3й розділ. елемент	90,92	5,74	19,91			
10	Вихід з 3го розділ. елемента	112,80	5,55	23,79			
11	Вхід на 4й розділ. елемент	125,16	5,45	26,03			
12	Вхід на 2ГП	125,66	5,44	26,13			
13	Вихід з 4го розділ. елемента	149,14	5,33	30,49			
14	Вхід на 5й розділ. елемент	152,11	5,32	31,05			
15	Вихід з 2ГП	162,11	5,23	32,94	0,000		
16	Вихід з 5го розділ. елемента	173,99	5,01	35,26			
17	Вхід на 6й розділ. елемент	176,08	4,97	35,67			
18	Вихід з 6го розділ. елемента	197,96	4,54	40,28			
19	Вхід на 7й розділ. елемент	200,05	4,49	40,74			
20	Вихід з 7го розділ. елемента	221,93	4,06	45,85			
21		240,00	3,68	50,52			
22	Вхід на ПГП	275,07	2,81	61,34			

23	Вихід з ПГП	301,67	1,98	72,49	0,000		
24		320,00	1,23	83,96			
25	Зупинка	335,00	0,00	114,04			
26							

Примітка: координати відповідають положенню 1-ої осі відчепа

Таблиця В.5 – Результати скочування ДХ з ГСП з нормативним профілем

№ т о ч о к	Найменування точок	Коор дина ти точ ок від верш ини гірки , м	Ш ви дкі ст ь ск оч ув ан ня, м/ с	Три валі сть скоч уван ня, с	Пог аш ена ене рге тич на вис ота, м ен. в.	Резерв інтервал ів на розділю вальних елемент ах в послідо вності	
						Д П- Д Х	Д Х- Д П
1	Відрив	2,82	2,17	0,0		5,09	7,74
2		20,00	3,46	6,63			
3	Вхід на 1й розділ. елемент	40,00	5,35	11,15		1,01	
4	Вхід на 1ГП	40,50	5,38	11,25			
5	Вихід з 1го розділ. елемента	63,98	5,11	15,60			2,82
6	Вхід на 2й розділ. елемент	66,95	5,02	15,18		1,73	
7	Вихід з 1ГП	76,95	4,96	18,19	1,076		
8	Вихід з 2го розділ. елемента	88,83	5,07	20,55			2,95
9	Вхід на 3й розділ. елемент	90,92	5,08	20,96		2,27	
10	Вихід з 3го розділ. елемента	112,80	5,21	25,21			2,43
11	Вхід на 4й розділ. елемент	125,16	5,28	27,57		2,18	
12	Вхід на 2ГП	125,66	5,28	27,67			
13	Вихід з 4го розділ. елемента	149,14	5,14	32,15			4,04
14	Вхід на 5й розділ. елемент	152,11	5,12	32,73		2,57	
15	Вихід з 2ГП	162,11	5,07	34,69	0,271		
16	Вихід з 5го розділ. елемента	173,99	5,03	37,04			1,74
17	Вхід на 6й розділ. елемент	176,08	5,02	37,45		2,27	
18		197,96	4,90	41,86			1,55

	Вихід з 6го розділ. елемента						
19	Вхід на 7й розділ. елемент	200,05	4,89	42,29		1,53	
20	Вихід з 7го розділ. елемента	221,93	4,80	46,80			1,68
21		240,00	4,72	50,59			
22	Вхід на ПГП	275,07	4,50	58,20			
23	Вихід з ПГП	301,67	1,26	67,96	0,911		
24		320,00	1,14	83,31			
25	Розрахункова точка	341,17	1,00	103,16			
26	Точка прицілювання	391,17	0,57	167,14			

Примітка: координати відповідають положенню 1-ої осі відчепа

Таблиця В.6 – Розташування ТВУ на спускній частині ГСП з нормативним профілем по маршруту скочування на важку колію

№ п/п	Початок зони розташування точкових елементів		Довжина ділянки, м	Швидкість спрацьовування, м/с	Кількість точкових елементів	Тип точкового елемента
	№ елемента розгорнутого плану	прив'язка до наступного елемента, м				
1	5	5,26	5,26	5,0	20	ТВУ
2	7	0,50	26,95	5,0	108	ТВУ
3	11	5,26	5,26	5,0	4818	ТВУ
4	12	12,41	9,00	5,0	218	ТВУ
5	13	1,20	6,46	5,0	5	ТВУ
6	16	12,41	9,00	5,0	6	ТВУ
7	17	10,47	11,97	5,0	6	ТВУ
8	20	0,50	26,95	5,0	20	ТВУ

Загальна кількість ТВУ 191

Таблиця В.7 – Результати скочування ДП з ГСП з нормативним профілем і ТВУ на спускній частині гірки

Резерв інтервалів на розділювальних елементах в послідовності

№ т о ч о к	Найменування точок	Коор дина ти точ к від верш ини гірки , м	Ш ви дкі ст ь ск оч ув ан ня, м/ с	Три валі сть скоч уван ня, с	Пог аш ена ене рге тич на вис ота, м ен. в.	Д П- Д Х	Д Х- Д П
1	Відрив	5,35	1,15	0,0			
2		20,00	2,59	9,00			
3	Вхід на 1й розділ. елемент	40,00	4,49	14,61			
4	Вхід на 1ГП	40,50	4,52	14,72			
5	Вихід з 1го розділ. елемента	63,98	4,99	19,53			
6	Вхід на 2й розділ. елемент	66,95	4,99	20,12			
7	Вихід з 1ГП	76,95	4,99	22,12	0,000		
8	Вихід з 2го розділ. елемента	88,83	4,92	24,52			
9	Вхід на 3й розділ. елемент	90,92	4,90	24,94			
10	Вихід з 3го розділ. елемента	112,80	4,73	29,49			
11	Вхід на 4й розділ. елемент	125,16	4,64	32,12			
12	Вхід на 2ГП	125,66	4,64	32,23			
13	Вихід з 4го розділ. елемента	149,14	4,53	37,35			
14	Вхід на 5й розділ. елемент	152,11	4,52	38,01			
15	Вихід з 2ГП	162,11	4,43	40,24	0,000		
16	Вихід з 5го розділ. елемента	173,99	4,21	42,99			
17	Вхід на 6й розділ. елемент	176,08	4,16	43,49			
18	Вихід з 6го розділ. елемента	197,96	3,70	49,06			
19	Вхід на 7й розділ. елемент	200,05	3,65	49,62			
20	Вихід з 7го розділ. елемента	221,93	3,18	56,03			
21		240,00	2,74	62,14			
22	Вхід на ПГП	275,07	1,62	78,23			
23	Зупинка	300,00	0,00	132,24	0,000		
24							

25							
26							

Примітка: координати відповідають положенню 1-ої осі відчепа

Таблиця В.8 – Результати скочування ДХ з ГСП з нормативним профілем і ТВУ на спускній частині гірки

№ т о ч о к	Найменування точок	Коор дина ти точ ок від верш ини гірки , м	Шв идк ість ско чув анн я, м/с	Три вал ість ско чув анн я, с	Пог аш ена ене рге тич на вис ота, м ен. в.	Резерв інтервал ів на розділю вальних елемент ах в послідов ності	
						Д П- Д Х	Д Х- Д П
1	Відрив	2,69	1,15	0,0		9,82	14, 47
2		20,00	2,94	10,14			
3	Вхід на 1й розділ. елемент	40,00	5,02	15,13		5,43	
4	Вхід на 1ГП	40,50	5,04	15,23			
5	Вихід з 1го розділ. елемента	63,98	5,00	19,85			9,23
6	Вхід на 2й розділ. елемент	66,95	5,00	20,45		5,75	
7	Вихід з 1ГП	76,95	5,00	22,45	0,000		
8	Вихід з 2го розділ. елемента	88,83	5,00	24,82			9,77
9	Вхід на 3й розділ. елемент	90,92	5,00	25,24		5,58	
10	Вихід з 3го розділ. елемента	112,80	5,00	29,62			9,80
11	Вхід на 4й розділ. елемент	125,16	5,01	32,09		4,55	
12	Вхід на 2ГП	125,66	5,01	32,19			
13	Вихід з 4го розділ. елемента	149,14	5,00	36,88			9,71
14	Вхід на 5й розділ. елемент	152,11	5,00	37,47		4,30	
15	Вихід з 2ГП	162,11	5,00	39,47	0,000		
16	Вихід з 5го розділ. елемента	173,99	4,96	41,86			10, 63
17	Вхід на 6й розділ. елемент	176,08	4,94	42,28		3,04	
18		197,96	4,83	46,75			

	Вихід з 6го розділ. елемента						11, 20
19	Вхід на 7й розділ. елемент	200,05	4,82	47,19		0,98	
20	Вихід з 7го розділ. елемента	221,93	4,73	51,76			12, 33
21		240,00	4,65	63,33			
22	Вхід на ПГП	275,07	4,43	64,45			
23	Вихід з ПГП	301,67	4,26	69,46	0,000		
24		320,00	4,17	73,81			
25	Розрахункова точка	341,17	4,11	78,92			
26	Точка прицілювання	391,17	3,96	91,31			

Примітка: координати відповідають положенню 1-ої осі відчепа

Таблиця В.10 – Розташування ТВУ на спускній частині ГСП зі спеціальним профілем по маршрут скочування на важку колію

№ п/п	Початок зони розташування точкових елементів		Довжина ділянки, м	Швидкість спрацьовування, м/с	Кількість точкових елементів	Тип точкового елемента
	№ елементу розгорнутого плану	прив'язка до наступного елементу, м				
1	4	14,10	9,00	5,0	36	ТВУ
2	5	5,26	5,26	5,0	20	ТВУ
3	7	0,50	26,95	5,0	104	ТВУ
4	11	5,26	5,26	5,0	5	ТВУ
5	12	12,41	9,00	5,0	11	ТВУ
6	13	1,20	6,46	5,0	8	ТВУ
7	16	12,41	9,00	5,0	11	ТВУ
8	17	10,47	11,97	5,0	14	ТВУ
9	21	25,95	25,95	5,0	28	ТВУ
10	22	0,50	5,76	5,0	7	ТВУ
11	26	12,41	9,00	5,0	11	ТВУ
12	27	1,20	6,46	5,0	8	ТВУ
13	30	12,41	9,00	5,0	11	ТВУ

Загальна кількість ТВУ налаштованих на 5 м/с – 274 од.

Таблиця В.11 – Результати скочування ДП з ГСП зі спеціальним профілем і ТВУ на спускній частині гірки

№ точок	Найменування точок	Координати точок від вершини гірки, м	Швидкість скочування, м/с	Тривалість скочування, с	Погашена енергетична висота, м ен. в.	Резерв інтервалів на розділювальних елементах в послідовності	
						ДП-ДХ	ДХ-ДП
1	Відрив	5,58	1,87	0,0			
2		20,00	2,99	6,40			
3	Вхід на 1й розділ. елемент	40,00	4,79	11,50			
4	Вхід на 1ГП	40,50	4,82	11,61			

5	Вихід з 1го розділ. елемента	63,98	5,00	16,32			
6	Вхід на 2й розділ. елемент	66,95	4,99	16,92			
7	Вихід з 1ГП	76,95	4,09	18,92	0,000		
8	Вихід з 2го розділ. елемента	88,83	4,96	21,31			
9	Вхід на 3й розділ. елемент	90,92	4,96	21,73			
10	Вихід з 3го розділ. елемента	112,80	4,91	26,17			
11	Вхід на 4й розділ. елемент	125,16	4,88	28,69			
12	Вхід на 2ГП	125,66	4,88	28,79			
13	Вихід з 4го розділ. елемента	149,14	4,91	33,59			
14	Вхід на 5й розділ. елемент	152,11	4,91	34,20			
15	Вихід з 2ГП	162,11	4,91	36,24	0,000		
16	Вихід з 5го розділ. елемента	173,99	4,87	38,66			
17	Вхід на 6й розділ. елемент	176,08	4,86	39,09			
18	Вихід з 6го розділ. елемента	197,96	4,77	43,64			
19	Вхід на 7й розділ. елемент	200,05	4,76	44,08			
20	Вихід з 7го розділ. елемента	221,93	4,71	48,69			
21		240,00	4,66	52,55			
22	Вхід на ПГП	275,07	4,08	60,47			
23	Вихід з ПГП	301,67	3,44	67,55	0,000		
24		320,00	3,00	73,26			
25	Розрахункова точка	341,17	2,45	81,04			
26	Зупинка	391,17	0,00	130,00			

Примітка: координати відповідають положенню 1-ої осі відчепа

Таблиця В.12 – Результати скочування ДХ з ГСП зі спеціальним профілем і ТВУ на спускній частині гірки

Резерв інтервалів на розділювальних елементах в послідовності

№ т о ч о к	Найменування точок	Коо рди нати точо к від вер шин и гірк и, м	Ш ви дкі ст ь ск оч ув ан ня, м/ с	Тр ив алі ст ь ск оч ув ан ня, с	По га ше на ен ер ге ти чн а ви со та, м ен. в.	Д П - Д Х	Д Х - Д П
1	Відрив	2,77	1,87	0,0		5, 94	8, 94
2		20,00	3,32	7,39			
3	Вхід на 1й розділ. елемент	40,00	5,14	12, 01		1, 62	
4	Вхід на 1ГП	40,50	5,15	12, 10			
5	Вихід з 1го розділ. елемента	63,98	5,11	16, 60			3, 85
6	Вхід на 2й розділ. елемент	66,95	5,04	17, 19		1, 82	
7	Вихід з 1ГП	76,95	5,00	19, 18	0, 000		
8	Вихід з 2го розділ. елемента	88,83	5,02	21, 56			4, 31
9	Вхід на 3й розділ. елемент	90,92	5,02	21, 97		1, 75	
10	Вихід з 3го розділ. елемента	112,80	5,03	26, 34			4, 34
11	Вхід на 4й розділ. елемент	125,16	5,02	28, 80		1, 15	
12	Вхід на 2ГП	125,66	5,01	28, 90			
13	Вихід з 4го розділ. елемента	149,14	5,02	33, 59			4, 04
14	Вхід на 5й розділ. елемент	152,11	5,00	34, 19		1, 47	
15	Вихід з 2ГП	162,11	5,03				

				36, 19	0, 000		
16	Вихід з 5го розділ. елемента	173,99	5,02	38, 55			4, 59
17	Вхід на 6й розділ. елемент	176,08	5,02	38, 97		1, 27	
18	Вихід з 6го розділ. елемента	197,96	5,02	43, 33			4, 70
19	Вхід на 7й розділ. елемент	200,05	5,02	43, 75		1, 00	
20	Вихід з 7го розділ. елемента	221,93	5,24	48, 02			5, 00
21		240,00	5,43	51, 41			
22	Вхід на ПГП	275,07	5,35	57, 85			
23	Вихід з ПГП	301,67	5,15	62, 92	0, 000		
24		320,00	5,01	66, 51			
25	Розрахункова точка	341,17	4,96	70, 71			
26	Точка прицілювання	391,17	4,87	80, 84			

Примітка: координати відповідають положенню 1-ої осі відчепа

ДОДАТОК Г
РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ З АНАЛІЗУ МОЖЛИВОСТІ
ЗАСТОСУВАННЯ ТВУ НА ГСП

В додатку наведені дані з розрахунку висоти та профілю сортувальної ГВП. На рис. Г.1 наведені нормативний та спеціальний поздовжні профілі спускної частини гірки, та схеми розташування ТВУ. На спускній частині гірки ТВУ налаштовані на 5 м/с.

Таблиця Г.1 – Розгорнутий план маршруту скочування на розрахункову важку колію ГВП

№ п/ п	Довжина ділянки	Ознака	№ п/ п	Довжина ділянки	Ознака	№ п/ п	Довжина ділянки	Ознака
1	100,00	0,00	16	0,00	11,38	31	17,51	4,73
2	17,51	4,73	17	5,26	200,00	32	1,20	200,00
3	18,28	0,00	18	17,51	4,73	33	0,00	11,38
4	17,51	4,73	19	10,47	200,00	34	5,26	200,00
5	16,00	0,00	20	1,00	0,00	35	17,51	4,73
6	0,00	11,38	21	0,00	13,48	36	1,20	0,00
7	5,26	0,00	22	0,50	0,00	37	0,00	11,38
8	17,51	4,73	23	25,95	-1,00	38	5,26	0,00
9	8,63	200,00	24	0,00	0,00	39	17,51	4,73
10	17,51	4,73	25	16,11	0,00	40	0,32	0,00
11	0,00	13,48	26	17,51	4,73	41	50,00	180,00
12	0,50	0,00	27	0,00	11,38	42	16,00	-180,00
13	25,95	-1,00	28	0,62	0,00	43	15,53	180,00
14	1,50	0,00	29	4,02	200,00	44	100,00	0,00
15	24,41	200,00	30	0,62	0,00	45	1000,00	0,00

Таблиця Г.2 – Розрахункові параметри ГВП

№ № діл яно к	Азимут напрямку розпуску, град.	Шв идк ість ваг она , м/с	Довжина розрахун кових ділянок, м	Кіл ькіс ть стрі лок	Сума кутів повор отів, град.	Розрахунковий вітер		Втрати енергетичної висоти, м ен. в. від опору			
						приведена швидкість , м/с	кут до напрямку скочування, град.	основного	стрілок та кривих	середовища та вітру	разом
1	289,0	4,2	94,20	3	16,7	4,75	19,0	0,165	0,097	0,220	0,483
2	289,0	5,5	86,60	1	16,2	4,75	19,0	0,152	0,160	0,278	0,559
3	289,0	5,0	180,60	4	41,0	4,75	19,0	0,316	0,292	0,517	1,125
4	289,0	2,0	66,10	0	12,1	4,75	19,0	0,116	0,011	0,077	0,204
Разом			427,50	8	86,0	західний		0,748	0,530	1,092	2,370
Середньоквадратичне відхилення втрат енергетичної висоти, м ен. в.								0,286	0,180	0,845	0,910
Втрати енергетичної висоти від опору снігу та інею, м ен. в.											0,229
Енергетична висота, що відповідає швидкості розпуску, м ен. в.											0,157
Розрахункова висота гірки, м											4,262

Таблиця Г.3 – Нормативний поздовжній профіль ГВП

Точки перелому профілю	Положення точок перелому		Ухил ділянки, ‰	Довжина ділянки, м	Різниця ухилів, ‰	Пряма ділянка, м	Профільна висота, м	Відмітки точок перелому профілю
	№ елемента плану	прив'язка, м						
1	1	100,00	-8,00	97,11	8,0	95,73	-0,777	3,353
2	1	2,89	-5,00	27,40	3,0	25,27	-0,133	4,130
3	3	11,28	45,00	34,29	50,0	20,16	1,290	4,262
4	5	10,50	22,00	37,60	23,0	33,54	0,827	2,972
5	9	4,30	12,49	102,41	9,5	100,58	1,279	2,145
6	19	5,00	7,37	92,07	5,1	90,76	0,678	0,866

7	34	3,23	2,00	65,03	5,4	64,18	0,130	0,188
8	41	30,00	0,60	96,10	1,4	95,93	0,058	0,058
9	44	65,53	0,60	1065,53	0,0	1065,45	0,639	0,000

Відстань від фактичної вершини гірки до початку першого розділювального елемента 44, 79 м

Профільна висота швидкісної ділянки: максимальна - 2,396 м; фактична – 2,396 м

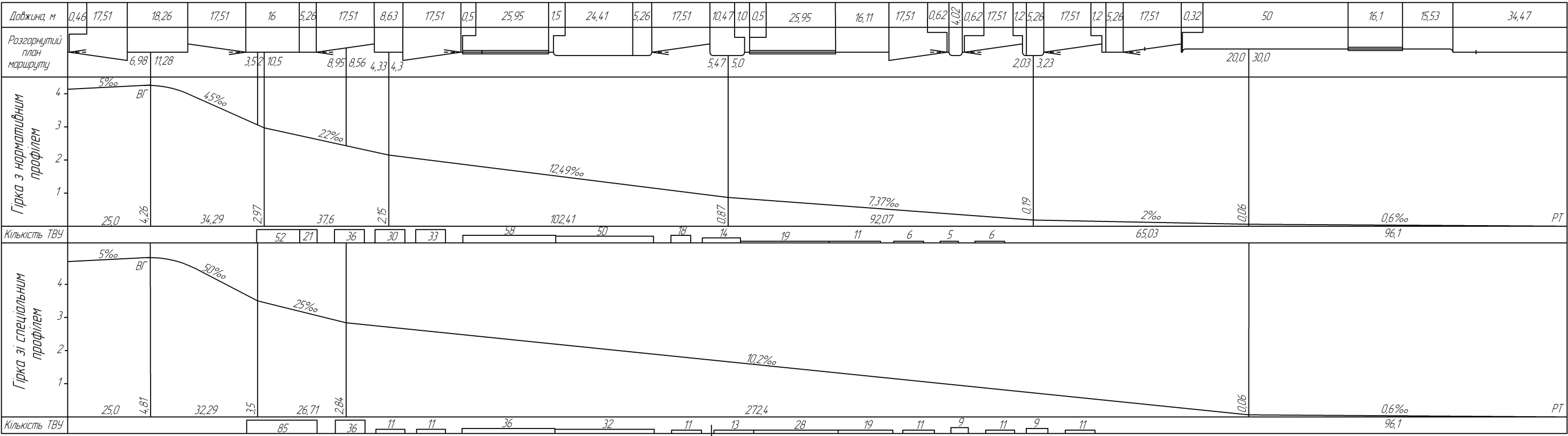


Рисунок Г.1 – Поздовжній профіль ГВП

Таблиця Г.4 – Результати скочування ДП з ГВП з нормативним профілем

№ т о ч о к	Найменування точок	Коо рди нат и точо к від вер шин и гірк и, м	Ш ви дкі ст ь ск оч ув ан ня, м/ с	Три валі сть ско чув анн я, с	По га ше на ен ер ге ти чн а ви со та, м ен. в.	Резерв інтерва лів на розділ ювальн их елемен тах в послідо вності	
						Д П - Д Х	Д Х - Д П
1	Відрив	5,52	1,75	0,0			
2		20,00	2,86	6,89			
3		40,00	4,52	12,11			
4	Вхід на 1й розділ. елемент	44,79	4,73	13,12			
5	Вихід з 1го розділ. елемента	66,67	5,20	17,53			
6	Вхід на 2й розділ. елемент	93,70	5,41	22,98			
7	Вхід на 1ГП	94,20	5,41	23,08			
8	Вихід з 2го розділ. елемента	117,68	5,50	27,85			
9	Вихід з 1ГП	130,65	5,55	30,47	0, 000		
10	Вхід на 3й розділ. елемент	146,06	5,58	33,60			
11	Вихід з 3го розділ. елемента	167,94	5,59	38,06			
12	Вхід на 4й розділ. елемент	180,30	5,58	40,60			
13	Вхід на 2ГП	180,80	5,58	40,71			
14	Вихід з 4го розділ. елемента	204,28	5,49	45,54			
15	Вихід з 2ГП	217,25	5,43	48,19	0, 000		
16	Вхід на 5й розділ. елемент	240,37	5,26	52,94			

17	Вихід з 5го розділ. елемента	262,25	5,06	57,52			
18	Вхід на 6й розділ. елемент	264,34	5,04	57,96			
19	Вихід з 6го розділ. елемента	286,22	4,70	62,61			
20	Вхід на 7й розділ. елемент	288,31	4,66	63,06			
21	Вихід з 7го розділ. елемента	310,19	4,25	67,79			
22		340,00	3,64	74,34			
23	Вхід на ПГП	361,40	3,11	79,43			
24	Вихід з ПГП	388,00	2,35	86,73	0,000		
25		420,00	1,12	97,76			
26	Розрахункова точка	427,50	0,58	108,53			
27	Зупинка	432,50	0,00	142,89			

Примітка: координати відповідають положенню 1-ої осі відчепа

Таблиця Г.5 – Результати скочування ХБ з ГВП з нормативним профілем

№ т о ч о к	Найменування точок	Коор дина ти точ ок від верш ини гірки , м	Ш ви дк іс ть ск оч ув ан ня , м/ с	Трив аліст ь скоч уван ня, с	Пог аш ена ене рге тич на вис ота, м ен. в.	Резерв інтервал ів на розділю вальних елемент ах в послідо вності	
						Д П- Д Х	Д Х- Д П
1	Відрив	2,75	1,75	0,0		6,37	9,53
2		20,00	3,20	7,77			
3		40,00	5,05	12,58			
4	Вхід на 1й розділ. елемент	44,79	5,31	13,50		2,30	
5	Вихід з 1го розділ. елемента	66,67	6,00	17,36			5,35
6	Вхід на 2й розділ. елемент	93,70	6,46	21,67		1,02	
7	Вхід на 1ГП	94,20	6,46	21,75			

8	Вихід з 2го розділ. елемента	117,68	5,00	25,74			6,41
9	Вихід з 1ГП	130,65	4,32	28,58	1,566		
10	Вхід на 3й розділ. елемент	146,06	4,64	32,02		2,33	
11	Вихід з 3го розділ. елемента	167,94	5,03	36,54			5,13
12	Вхід на 4й розділ. елемент	180,30	5,21	38,95		2,72	
13	Вхід на 2ГП	180,80	5,22	39,05			
14	Вихід з 4го розділ. елемента	204,28	4,69	43,73			4,08
15	Вихід з 2ГП	217,25	4,49	46,57	0,573		
16	Вхід на 5й розділ. елемент	240,37	4,70	51,59		4,43	
17	Вихід з 5го розділ. елемента	262,25	4,85	56,17			2,66
18	Вхід на 6й розділ. елемент	264,34	4,86	56,60		4,55	
19	Вихід з 6го розділ. елемента	286,22	4,85	61,09			2,40
20	Вхід на 7й розділ. елемент	288,31	4,84	61,52		4,11	
21	Вихід з 7го розділ. елемента	310,19	4,77	66,06			2,35
22		340,00	4,64	72,39			
23	Вхід на ПГП	361,40	4,50	77,07			
24	Вихід з ПГП	388,00	1,26	86,80	0,911		
25		420,00	1,06	114,48			
26	Розрахункова точка	443,03	1,01	121,76			
27	Точка прицілювання	477,50	0,58	184,89			

Примітка: координати відповідають положенню 1-ої осі відчепа

Таблиця Г.6 – Розташування ТВУ на спускній частині ГВП з нормативним профілем по маршруту скочування на важку колію

№ п/п	Початок зони розташування точкових елементів		Довжина ділянки, м	Швидкість спрацьовування, м/с	Кількість точкових елементів	Тип точкового елемента
	№ елемента розгорнутого плану	прив'язка до наступного елемента, м				
1	5	13,00	13,00	5,0	52	ТВУ
2	7	5,26	5,26	5,0	21	ТВУ
3	8	12,41	9,00	5,0	36	ТВУ
4	9	8,63	8,63	5,0	30	ТВУ
5	10	14,10	9,00	5,0	33	ТВУ
6	12	0,5	27,95	5,0	58	ТВУ

7	14	0,00	29,67	5,0	50	ТВУ
8	18	12,41	9,00	5,0	18	ТВУ
9	19	10,47	11,97	5,0	14	ТВУ
10	22	0,00	25,95	5,0	19	ТВУ
11	25	16,11	16,11	5,0	11	ТВУ
12	26	14,10	9,00	5,0	6	ТВУ
13	28	0,62	5,26	5,0	5	ТВУ
14	31	12,41	9,00	5,0	6	ТВУ
15	32	1,20	6,46	5,0	1	ТВУ

Загальна кількість ТВУ – 360 од.

Таблиця Г.7 – Результати скочування ДП з ГВП з нормативним профілем і ТВУ на спускній частині гірки

№ т о ч о к	Найменування точок	Коо рди нат и точо к від вер шин и гірк и, м	Ш ви дкі ст ь ск оч ув ан ня, м/ с	Три валі сть ско чув анн я, с	По га ше на ен ер ге ти чн а ви со та, м ен. в.	Резерв інтерва лів на розділ ювальн их елемен тах в послідо вності	
						Д П - Д Х	Д Х - Д П
1	Відрив	5,50	1,40	0,0			
2		20,00	2,67	7,65			
3		40,00	4,39	13,53			
4	Вхід на 1й розділ. елемент	44,79	4,60	14,59			
5	Вихід з 1го розділ. елемента	66,67	5,00	19,13			
6	Вхід на 2й розділ. елемент	93,70	4,99	24,54			
7	Вхід на 1ГП	94,20	5,00	24,64			
8	Вихід з 2го розділ. елемента	117,68	4,99	29,34			
9	Вихід з 1ГП	130,65	4,99	31,94	0, 000		

10	Вхід на 3й розділ. елемент	146,06	5,00	35,03			
11	Вихід з 3го розділ. елемента	167,94	4,99	39,41			
12	Вхід на 4й розділ. елемент	180,30	4,99	41,88			
13	Вхід на 2ГП	180,80	4,99	41,99			
14	Вихід з 4го розділ. елемента	204,28	4,90	46,73			
15	Вихід з 2ГП	217,25	4,85	49,34	0, 000		
16	Вхід на 5й розділ. елемент	240,37	4,68	54,23			
17	Вихід з 5го розділ. елемента	262,25	4,49	59,01			
18	Вхід на 6й розділ. елемент	264,34	4,47	59,48			
19	Вихід з 6го розділ. елемента	286,22	4,12	64,54			
20	Вхід на 7й розділ. елемент	288,31	4,08	62,05			
21	Вихід з 7го розділ. елемента	310,19	3,66	70,70			
22		340,00	3,00	79,65			
23	Вхід на ПГП	361,40	2,40	87,58			
24	Вихід з ПГП	388,00	1,43	101, 58	0, 000		
25		400,00	0,72	112, 82			
26	Зупинка	405,00	0,00	126, 71			

Примітка: координати відповідають положенню 1-ої осі відчепа

Таблиця Г.8 – Результати скочування ХБ з ГВП з нормативним профілем і ТВУ на спускній частині гірки

Резерв
інтервалі
в на
розділюва
льних
елемента
х в
послідовн

№ т о ч о к	Найменування точок	Коор дина ти точо к від верш ини гірки , м	Ш ви дкі ст ь ск оч ув ан ня, м/ с	Три валі сть скоч уван ня, с	Пог аш ена ене рге тич на вис ота, м ен. в.	ості	
						Д П- Д Х	ДХ- ДП
1	Відрив	2,70	1,40	0,0		8,01	11,88
2		20,00	3,02	9,02			
3		40,00	4,94	13,99			
4	Вхід на 1й розділ. елемент	44,79	5,00	14,94		3,82	
5	Вихід з 1го розділ. елемента	66,67	5,02	19,32			7,16
6	Вхід на 2й розділ. елемент	93,70	5,00	24,72		3,38	
7	Вхід на 1ГП	94,20	5,00	24,82			
8	Вихід з 2го розділ. елемента	117,68	5,00	29,52			6,90
9	Вихід з 1ГП	130,65	5,00	32,11	0,000		
10	Вхід на 3й розділ. елемент	146,06	5,00	35,19		3,79	
11	Вихід з 3го розділ. елемента	167,94	5,00	39,57			7,34
12	Вхід на 4й розділ. елемент	180,30	5,00	42,04		3,32	
13	Вхід на 2ГП	180,80	5,00	42,14			
14	Вихід з 4го розділ. елемента	204,28	5,00	46,84			6,93
15	Вихід з 2ГП	217,25	5,00	49,43	0,000		
16	Вхід на 5й розділ. елемент	240,37	5,00	54,05		3,05	
17	Вихід з 5го розділ. елемента	262,25	5,00	58,43			7,69
18	Вхід на 6й розділ. елемент	264,34	5,01	58,84		2,31	
19	Вихід з 6го розділ. елемента	286,22	4,95	63,26			8,13
20	Вхід на 7й розділ. елемент	288,31	4,95	63,65		0,96	
21	Вихід з 7го розділ. елемента	310,19	4,87	68,10			8,83
22		340,00	4,74	74,30			
23	Вхід на ПГП	361,40	4,60	78,88			
24	Вихід з ПГП	388,00	4,42	84,79	0,000		

25		420,00	4,29	92,16			
26	Розрахункова точка	427,50	4,26	93,91			
27	Точка прицілювання	477,50	4,12	105,85			

Примітка: координати відповідають положенню 1-ої осі відчепа

					ен. в.	X	П
1	Відрив	5,50	1,70	0,0			
2		20,00	2,89	6,89			
3		40,00	4,64	12,11			
4	Вхід на 1й розділ. елемент	44,79	4,82	13,12			
5	Вихід з 1го розділ. елемента	66,67	5,00	17,53			
6	Вхід на 2й розділ. елемент	93,70	4,93	22,98			
7	Вхід на 1ГП	94,20	4,93	23,08			
8	Вихід з 2го розділ. елемента	117,68	4,94	27,85			
9	Вихід з 1ГП	130,65	4,94	30,47	0, 000		
10	Вхід на 3й розділ. елемент	146,06	4,92	33,60			
11	Вихід з 3го розділ. елемента	167,94	4,88	38,06			
12	Вхід на 4й розділ. елемент	180,30	4,85	40,60			
13	Вхід на 2ГП	180,80	4,85	40,71			
14	Вихід з 4го розділ. елемента	204,28	4,88	45,54			
15	Вихід з 2ГП	217,25	4,89	48,19	0, 000		
16	Вхід на 5й розділ. елемент	240,37	4,83	52,94			
17	Вихід з 5го розділ. елемента	262,25	4,75	57,52			
18	Вхід на 6й розділ. елемент	264,34	4,74	57,96			
19	Вихід з 6го розділ. елемента	286,22	4,66	62,61			
20	Вхід на 7й розділ. елемент	288,31	4,65	63,06			
21	Вихід з 7го розділ. елемента	310,19	4,60	67,79			
22		340,00	4,45	74,34			
23	Вхід на ПГП	361,40	3,97	79,43			
24	Вихід з ПГП	388,00	3,33	86,73	0, 000		

25		420,00	2,50	97,76			
26	Розрахункова точка	443,03	1,78	108,53			
27	Зупинка	470,00	0,00	142,89			

Примітка: координати відповідають положенню 1-ої осі відчепа

Таблиця Г.12 – Результати скочування ХБ з ГВП зі спеціальним профілем і ТВУ на спускній частині гірки

№ т о ч о к	Найменування точок	Коо рди нати точо к від вер шин и гірк и, м	Ш ви дкі ст ь ск оч ув ан ня, м/ с	Тр ив алі ст ь ск оч ув ан ня, с	По га ше на ен ер ге ти чн а ви со та, м ен. в.	Резерв інтерва лів на розділ ювальн их елемен тах в послідо вності	
						Д П - Д Х	Д Х - Д П
1	Відрив	2,74	1,70	0,0		6, 57	9, 81
2		20,00	3,22	7,90			
3		40,00	5,06	12, 61			
4	Вхід на 1й розділ. елемент	44,79	5,03	13, 55		2, 59	
5	Вихід з 1го розділ. елемента	66,67	5,00	17, 92			5, 01
6	Вхід на 2й розділ. елемент	93,70	5,02	23, 32		2, 04	
7	Вхід на 1ГП	94,20	5,02	23, 42			
8	Вихід з 2го розділ. елемента	117,68	5,00	28, 11			4, 68
9	Вихід з 1ГП	130,65	5,00	30, 71	0, 000		
10	Вхід на 3й розділ. елемент	146,06	5,00	33, 79		2, 29	

11	Вихід з 3го розділ. елемента	167,94	5,02	38, 16			5, 25
12	Вхід на 4й розділ. елемент	180,30	5,02	40, 62		1, 65	
13	Вхід на 2ГП	180,80	5,01	40, 72			
14	Вихід з 4го розділ. елемента	204,28	5,01	45, 41			5, 00
15	Вихід з 2ГП	217,25	5,01	48, 01	0, 000		
16	Вхід на 5й розділ. елемент	240,37	5,01	52, 63		1, 68	
17	Вихід з 5го розділ. елемента	262,25	5,01	56, 99			5, 76
18	Вхід на 6й розділ. елемент	264,34	5,01	57, 41		1, 36	
19	Вихід з 6го розділ. елемента	286,22	5,01	61, 78			5, 99
20	Вхід на 7й розділ. елемент	288,31	5,01	62, 20		0, 97	
21	Вихід з 7го розділ. елемента	310,19	5,23	66, 48			6, 40
22		340,00	5,46	72, 03			
23	Вхід на ПГП	361,40	5,31	76, 00			
24	Вихід з ПГП	388,00	5,12	81, 10	0, 000		
25		420,00	4,99	87, 44			
26	Розрахункова точка	443,03	4,92	92, 09			
27	Точка прицілювання	477,50	4,83	99, 16			

Примітка: координати відповідають положенню 1-ої осі відчепа

ДОДАТОК Д

РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАПОВНЕННЯ ВАГОНАМИ СОРТУВАЛЬНОЇ КОЛІЇ

В додатку наведені результати моделювання процесу заповнення вагонами сортувальної колії, обладнаної системою розподіленого регулювання швидкості з різними параметрами. В табл. Д.1 представлені результати моделювання для сортувальної колії, перша ділянка профілю якої протягом 400 м обладнана оснащеною ТВУ, а в табл. Д.2 результати моделювання для сортувальної колії, оснащеної ТВПУ. Для кожного варіанту параметрів системи, що відрізняються між собою ухилом першої ділянки сортувальної колії та щільністю розташування на ній точкових регуляторів швидкості вагонів виконане моделювання скочування 10000 відцепів.

Таблиця Д.1 – Результати моделювання заповнення вагонами колії, оснащеної ТВУ

Ухил колії, і, ‰	Щільність, г, од./м	Величина вікна, м	Кількість з'єднань відцепів в діапазоні швидкості				Ступінь заповнення колії вагонами, G	Кількість осаджувань
			до 1,4 м/с	1,4 – 1,95 м/с	1,95 – 2,5 м/с	>2,5 м/с		
1	2	3	4	5	6	1	2	3
0,6	0	60	3893	291	1	0	0.547368	4489
	0,1	63	3894	105	1	0	0.543923	4714
	0,2	65	3861	32	1	0	0.542680	4831
	0,3	67	3783	14	1	0	0.542368	4962
	0,4	68	3728	13	1	0	0.541873	5034
	0,5	69	3671	8	1	0	0.541672	5105
	0,6	71	3608	7	1	0	0.540265	5187
	0,7	721	3583	6	1	0	0.539830	5246
	0,8	731	3572	6	1	0	0.539250	5282
	0,9	75	3483	7	1	0	0.538484	5369
	1,0	76	3417	7	1	0	0.537645	5427
1	0	45	4775	558	13	2	0.567629	3221
	0,1	48	5094	151	3	0	0.565238	3429
	0,2	49	5096	36	3	0	0.561811	3542
	0,3	51	5014	12	3	0	0.559936	3649
	0,4	53	4956	14	3	0	0.558452	3717
	0,5	54	4875	5	3	0	0.556127	3804
	0,6	56	4809	5	3	0	0.555162	3878
	0,7	57	4716	6	3	0	0.554363	3966
	0,8	58	4690	5	3	0	0.553992	4008
	0,9	60	4589	6	3	0	0.552278	4104
	1,0	61	4535	4	3	0	0.551512	4175

Продовження таблиці Д.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,5	0	25	5331	1702	134	29	0.633132	1644
	0,1	26	6704	346	10	1	0.623869	1739
	0,2	28	6890	52	3	0	0.619805	1804
	0,3	28	6844	13	3	0	0.618517	1873
	0,4	29	6761	6	3	0	0.616179	1926
	0,5	31	6705	3	3	0	0.612061	1991
	0,6	32	6626	4	3	0	0.608248	2054
	0,7	33	6541	3	3	0	0.606094	2119
	0,8	33	6482	3	3	0	0.605704	2153
	0,9	35	6374	3	3	0	0.600255	2252
	1,0	37	6304	3	3	0	0.597962	2313
2	0	13	3509	3514	1267	284	0.734211	875
	0,1	14	7297	1045	115	18	0.722596	969
	0,2	15	8286	142	5	0	0.718869	997
	0,3	15	8362	25	3	0	0.712792	1012
	0,4	16	8324	15	3	0	0.709714	1028
	0,5	16	8276	6	3	0	0.704869	1042
	0,6	16	8222	5	3	0	0.701413	1069
	0,7	17	8176	4	3	0	0.697978	1105
	0,8	17	8134	5	3	0	0.695572	1109
	0,9	18	8070	4	3	0	0.690071	1138
	1,0	18	8016	4	3	0	0.686377	1153
2,5	0	8	1522	3086	2906	1707	0.799750	524
	0,1	10	5488	2615	722	174	0.775251	733
	0,2	10	8376	552	41	2	0.772882	759
	0,3	11	8889	68	3	0	0.771235	761
	0,4	11	8897	42	3	0	0.770766	766
	0,5	11	8914	7	3	0	0.769220	772
	0,6	11	8896	13	3	0	0.767589	785
	0,7	11	8894	5	3	0	0.766532	790
	0,8	11	8881	4	3	0	0.765798	797
	0,9	11	8853	6	3	0	0.763500	809
	1,0	11	8830	4	3	0	0.761668	818
	0	6	609	1962	2787	3998	0.846866	466
	0,1	9	3068	3134	2120	933	0.784407	553
	0,2	10	7097	1646	311	52	0.778263	688
	0,3	10	8816	272	7	0	0.777635	690
	0,4	10	8958	126	12	1	0.777512	690
	0,5	10	9078	12	3	0	0.777330	690
	0,6	10	9060	26	3	0	0.777065	691

3	0,7	10	9078	6	3	0	0.776657	692
	0,8	10	9074	6	3	0	0.776728	694
	0,9	10	9069	8	3	0	0.776892	697
	1,0	10	9073	4	3	0	0.776321	697
3,5	0	4	355	1199	2090	5833	0.890830	404
	0,1	7	1586	2337	2667	2730	0.811984	490
	0,2	9	4768	2829	1227	347	0.779176	615
	0,3	10	8012	992	114	5	0.777823	666
	0,4	10	8692	368	50	10	0.777621	665
	0,5	10	9095	25	3	0	0.777620	664
	0,6	10	9061	54	3	0	0.777780	666
	0,7	10	9107	8	3	0	0.777690	665
	0,8	10	9102	11	3	0	0.777963	667
	0,9	10	9096	15	3	0	0.777880	669
	1,0	10	9111	4	3	0	0.777640	668

Таблиця Д.2 – Результати моделювання заповнення вагонами колії, оснащеної ТВПУ

Ухил колії, і, ‰	Щільність, г, од./м	Кількість з'єднань відчепів в діапазоні швидкості				Ступінь заповнення колії вагонами, G
		до 1,4 м/с	1,4 – 1,95 м/с	1,95 – 2,5 м/с	>2,5 м/с	
	0	4485	302	0	0	0,936912
	0,1	7431	300	0	0	0,961195
	0,2	8690	293	0	0	0,967383
	0,3	8795	281	0	0	0,969039
	0,4	8786	292	0	0	0,967834
	0,5	8784	294	0	0	0,967614
	0,6	8791	285	0	0	0,968599
	0,7	8771	307	0	0	0,966182
1	0	5359	536	4	0	0,908459
	0,1	8372	334	0	0	0,961636
	0,2	8813	311	0	0	0,965914
	0,3	8846	280	0	0	0,969318
	0,4	8852	281	0	0	0,969232
	0,5	8829	297	0	0	0,967456
	0,6	8814	311	0	0	0,965918
	0,7	8874	252	0	0	0,972387
	0	5931	1467	85	6	0,791962
	0,1	8691	449	2	0	0,950667
	0,2	8837	340	0	0	0,962951
	0,3	8866	312	0	0	0,966006
	0,4	8883	293	0	0	0,968069

1,5	0,5	8875	298	0	0	0,967513
	0,6	8910	261	0	0	0,971541
	0,7	8929	240	0	0	0,973825
2	0	4287	3371	936	159	0,489775
	0,1	8157	989	81	7	0,883366
	0,2	8870	362	0	0	0,960789
	0,3	8952	280	0	0	0,969671
	0,4	8947	285	0	0	0,969129
	0,5	8943	287	0	0	0,968906
	0,6	8943	283	0	0	0,969326
	0,7	8945	280	0	0	0,969648
2,5	0	2043	3310	2674	1296	0,219135
	0,1	6105	2570	515	96	0,657441
	0,2	8642	620	24	0	0,930648
	0,3	8984	303	0	0	0,967374
	0,4	9011	280	0	0	0,969863
	0,5	9029	260	0	0	0,97201
	0,6	8982	303	0	0	0,967367
	0,7	8968	317	0	0	0,965859

ДОДАТОК Е
АКТИ ТА ДОВІДКИ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ



ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник головного інженера –
начальник технічної служби
Придніпровської залізниці

« 19 » _____ О. В. Бабенко
2012 р.

АКТ

розгляду результатів дисертаційної роботи старшого викладача
кафедри «Станції та вузли» Дніпропетровського національного університету
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Назарова Олексія Анатолійовича

на тему «Підвищення ефективності сортувального процесу на гірках шляхом
впровадження систем розподіленого регулювання швидкості відчепів»

Комісією у складі:

головний інженер служби перевезень Баркалов І.В. – голова комісії,
члени комісії:

заступник начальника служби перевезень Биков В.С.,
заступник начальника служби сигналізації і зв'язку Мелешко В.В.,
начальник технічного відділу служби колії Селеверстов В.П.,
начальник технічного відділу служби перевезень Стехін П.І.,

розглянуто методи, моделі та програмне забезпечення, які розроблені в
дисертаційній роботі старшого викладача кафедри «Станції та вузли» ДПТУ
Назарова Олексія Анатолійовича.

В рамках роботи виконано дослідження залежності показників якості
сортувального процесу від параметрів систем розподіленого регулювання
швидкості відчепів. Розроблено процедуру розрахунку спеціального профілю
сортувальних гірок, обладнаних системою розподіленого регулювання
швидкості відчепів на гірці, та епюри розташування точкових вагонних
уповільнювачів, отримано залежності показників якості процесу заповнення
сортувальних колій вагонами від параметрів системи розподіленого
регулювання швидкості відчепів, які дозволяють знайти такі параметри системи
розподіленого регулювання швидкості відчепів, що забезпечують максимально
можливе заповнення сортувальної колії вагонами та безпечну швидкість
підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії.

Комісія постановила:

Рекомендувати керівництву залізниці розглянути результати
дисертаційної роботи Назарова Олексія Анатолійовича на технічній нараді

залізниці щодо можливого її експериментального впровадження під час реалізації проекту автоматизації процесу скачування відчепів на сортувальній гірці станції Кривий Ріг – Сортувальний як альтернативну систему для підвищення ефективності сортувального процесу та рівня безпеки руху під час розпуску составів з гірки. Вказані результати також можуть бути використані в якості альтернативи існуючої технології регулювання швидкості відчепів на сортувальних гірках.

Головний інженер
служби перевезень



Заступник начальника служби
сигналізації і зв'язку

Начальник технічного відділу
служби колії

Начальник технічного відділу
служби перевезень

І.В. Баркалов

В.В. Мелешко

В.П. Селєверстов

П.І. Стехін

Акти та довідки про впровадження результатів роботи
ЗАТВЕРДЖУЮ

Перший проректор Дніпропетровського
національного університету залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна,
професор



Б. Є. Боднар

2012 р.

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційної роботи старшого викладача
кафедри Станцій та вузлів Дніпропетровського національного університету
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Назарова Олексія Анатолійовича

на тему «Підвищення ефективності сортувального процесу на гірках шляхом
впровадження систем розподіленого регулювання швидкості відчепів»

Матеріали дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі при підготовці спеціалістів та магістрів зі спеціальності 7(8).100403 «Організація перевезень та управління на залізничному транспорті» при виконанні дипломних магістерських робіт та в курсі лекцій з дисципліни «Розрахунок та проектування сортувальних пристроїв на станціях», а також під час підвищення кваліфікації фахівців служби перевезень залізниць та Головного управління служби перевезень Укрзалізниці.

Завідувач кафедри

Станцій та вузлів,

д.т.н., професор

В. І. Бобровський

Декан факультету

«Управління процесами перевезень»,

к.т.н., доцент

Г. І. Нестеренко

Директор НЦПК

центру післядипломної освіти

к.т.н., доцент

О. М. Патласов