

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

На правах рукопису

ТАРАНЕЦЬ ОЛЬГА ІГОРІВНА

УДК 656.212.5

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНИХ ГІРОК
НА ОСНОВІ УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ
РОЗФОРМУВАННЯМ СОСТАВІВ**

05.22.20 – Експлуатація та ремонт засобів транспорту

Д и с е р т а ц і я

на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук

Науковий консультант

Козаченко Дмитро Миколайович,

доктор технічних наук, доцент

Дніпропетровськ

2013

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗФОРМУВАННЯ СОСТАВІВ НА СОРТУВАЛЬНИХ ГІРКАХ.....	9
1.1 Напрямки підвищення ефективності роботи сортувальних гірок.....	10
1.2 Моделювання скочування відчепів з гірки.....	16
1.3 Методи оптимізації режимів гальмування.....	32
1.4 Висновки до розділу 1.....	36
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВАГОНОПОТОКІВ, ЩО ПЕРЕРОБЛЯЮТЬСЯ НА СОРТУВАЛЬНИХ ГІРКАХ.....	38
2.1. Дослідження характеристик вагонопотоків, що переробляються на сортувальних станціях.....	38
2.2. Структура, послідовність та методи проведення досліджень.....	53
2.3. Висновки до розділу 2.....	54
РОЗДІЛ 3. УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СКОЧУВАННЯ ВІДЧЕПІВ З ГІРКИ.....	57
3.1. Базова модель сортувальної гірки.....	58
3.2. Удосконалена модель скочування відчепів.....	62
3.3. Аналіз впливу випадкових факторів в умовах гальмування.....	72
3.4. Висновки до розділу 3.....	74
РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ХАРАКТЕРИСТИКИ ВІДЧЕПІВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА УМОВИ ІНТЕРВАЛЬНОГО ТА ПРИЦІЛЬНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ.....	75
4.1. Уточнення характеристик відчепа на ділянці від вершини гірки до першої гальмівної позиції.....	75
4.2. Уточнення характеристик відчепа на ділянці від виходу з першої гальмівної позиції до входу на другу гальмівну позицію.....	78
4.3. Уточнення величини основного питомого опору на маршруті скочування.....	85

4.4. Вплив уточнення характеристик відчепів на умови інтервального регулювання швидкості.....	88
4.5. Вплив уточнення характеристик відчепів на умови прицільного регулювання швидкості.....	89
4.6. Висновки до розділу 4.....	97
РОЗДІЛ 5. ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ГАЛЬМУВАННЯ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ХАРАКТЕРИСТИКИ ВІДЧЕПІВ.....	98
5.1. Аналіз методів вибору режимів гальмування.....	98
5.2. Критерій оптимізації режимів гальмування відчепів состава в умовах дії випадкових факторів.....	100
5.3. Техніко-економічне обґрунтування удосконалення паркової гальмівної позиції.....	108
5.4. Висновки до розділу 5.....	119
ВИСНОВКИ.....	120
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	122
ДОДАТКИ.....	134
ДОДАТОК А ЗРАЗОК НАТУРНИХ ЛИСТІВ ДЛЯ СТАТИСТИЧНОЇ ОБРОБКИ.....	135
ДОДАТОК Б РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАННЯ МАСИ.....	139
ДОДАТОК В ЗАЛЕЖНІСТЬ СЕРЕДНЬОГО КВАДРАТИЧНОГО ВІДХИЛЕННЯ ТРИВАЛОСТІ СКОЧУВАННЯ ВІД МАСИ ВІДЧЕПА ДЛЯ ВІДЧЕПІВ РІЗНИХ ВАГОВИХ КАТЕГОРІЙ.....	143
ДОДАТОК Г СВДОЦТВО НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ.....	145
ДОДАТОК Д АКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИДНІПРОВСЬКІЙ ЗАЛІЗНИЦІ	144
ДОДАТОК Е АКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ В УЧБОВИЙ ПРОЦЕС.....	148

ВСТУП

Актуальність проблеми. Основним заходом, що забезпечує підвищення безпеки руху, покращення умов праці та зменшення експлуатаційних витрат на переробку вагонопотоків на сортувальних станціях є автоматизація процесу розформування-формування составів на сортувальних гірках. Якість роботи автоматизованих систем управління розпуском визначають наступні чинники: повнота та точність урахування факторів, які впливають на процес скочування відчепів; технічні засоби реалізації керуючих впливів; технологічні принципи визначення керуючих впливів. Комплексне урахування впливу вказаних чинників на показники роботи сортувальних гірок дозволить зменшити як капітальні витрати на їх спорудження чи реконструкцію, так і експлуатаційні витрати, що пов'язані з їх функціонуванням. У зв'язку з цим тема роботи, яка спрямована на підвищення ефективності роботи сортувальних гірок на основі удосконалення методів управління розформуванням составів є актуальною проблемою для залізничного транспорту України.

Зв'язок теми з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана у відповідності з пріоритетними напрямками розвитку залізничної галузі, які визначені у:

- Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року (розпорядження Кабінету Міністрів України від 16.12.2009 №1555-р);
- НДР, що виконані Дніпропетровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна «Удосконалення методики оперативного управління сортувальним процесом на станціях» (договір № 42.01.08.09, №ДР0108U000642); «Расчет динамики и стабильности подвижного состава во время торможения вагонов на замедлителях, устанавливаемых на станции Вайдотай (Литва) третьей (парковой) тормозной позиции в кривых радиусом» (№ДР 0107U011636); «Визначення гальмової потужності та часу спрацьовування дослідного зразку уповільнювача УВСК, встановленого на східній сортувальній гірці станції Ясинувата Донецької залізниці» (договір №43.18.09.09,

ДР№0109U002987).

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності роботи технічних засобів, що забезпечують розформування-формування поїздів на сортувальних станціях за рахунок удосконалення методів управління скочуванням відчепів. Поставлена мета досягається в результаті розв'язання наступних **задач дослідження**: визначення статистичних характеристик вагонопотоків, що переробляються на сортувальних станціях України і умов розформування составів вантажних поїздів; розробка імітаційної моделі скочування відчепів з гірки, в якій опори руху розглядаються як випадкові функції; дослідження впливу різних факторів на величину середнього квадратичного відхилення часу скочування; дослідження впливу точності інформації про характеристики відчепів на умови інтервального та прицільного регулювання швидкості скочування відчепів; удосконалення методів вибору режимів управління швидкістю скочування відчепів при їх випадкових характеристиках; удосконалення конструкції сортувальних гірок для експлуатації в умовах автоматизації.

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

Предмет дослідження – взаємозв'язки параметрів технічного забезпечення та режимів управління швидкістю скочування відчепів з показниками функціонування сортувальних гірок.

Методи дослідження. Математична статистика для дослідження характеристик вагонопотоків.

Чисельні методи рішення диференціальних рівнянь для розробки імітаційної моделі скочування відчепів з гірки, в якій опори руху розглядаються як випадкові функції.

Математична статистика, планування факторних експериментів, імітаційне моделювання для дослідження впливу різних факторів на величину середнього квадратичного відхилення часу скочування та дослідження впливу точності інформації про характеристики відчепів на умови інтервального і прицільного регулювання швидкості скочування відчепів.

Математична статистика, імітаційне моделювання, теорія гіркових процесів, математичне моделювання для удосконалення конструкцій гіркових горловин.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в розв'язанні наступних задач:

1) Вперше отримано статистичні залежності показників якості інтервального та прицільного регулювання швидкості скочування відчепів від параметрів відчепів та умов їх скочування, що дає змогу визначити вимоги до систем оцінки характеристик відчепів на сортувальних гірках.

2) Удосконалено метод оптимізації режимів гальмування керованих відчепів в розрахунковій групі, що на відміну від існуючих, враховує вплив випадкових факторів та дозволяє використовувати його для оперативного управління процесом скочування відчепів з гірки.

3) Удосконалено метод оцінки якості прицільного регулювання швидкості відчепів, який на відміну від існуючих, дозволяє отримувати його показники в умовах вимірювання ходових характеристик відчепів при їх скочуванні з гірки.

4) Отримала подальший розвиток удосконалена імітаційна модель скочування відчепів з гірки, в якій, на відміну від існуючих, опори руху розглядаються як випадкові функції, що дозволяє враховувати вплив випадкових характеристик відчепів і умов скочування на час та швидкість руху відчепів.

Практичне значення отриманих результатів. Запропоновані методи реалізовані у вигляді програмного комплексу для ЕОМ «Скатывание одиночного отцепа» (свідоцтво про реєстрацію авторських прав на твір № 30170).

Результати роботи використані: для удосконалення роботи станції Нижньодніпровськ-Вузол Придніпровської залізниці; в навчальному процесі при підготовці спеціалістів та магістрів спеціальності 8.100403 «Організація перевезень та управління на залізничному транспорті» ДНУЗТ в дисципліні «Управління експлуатаційною роботою та якість перевезень». Акти практичного впровадження результатів роботи підтверджуються відповідними документами, що наведені у додатках до дисертації.

Наукові положення, висновки і рекомендації, а також розроблені методи,

моделі і алгоритми можуть бути використані для розробки програмних засобів техніко-економічної оцінки конструкцій та технічного забезпечення сортувальних гірок в системах проектування, а також в автоматизованих системах управління сортувальними станціями.

Особистий внесок здобувача. Всі результати теоретичних та експериментальних досліджень, які наведені у роботі, отримані автором самостійно. Статті [72] та [73] опубліковані без співавторів. В роботах, опублікованих у співавторстві, особистий внесок автора полягає у наступному. В статті [30] виконано дослідження статистичних параметрів вагопотоків, що прибувають у розформування. В статті [31] виконано дослідження процесу скочування відчепів в умовах дії випадкових факторів та визначені характеристики розподілу випадкової величини часу скочування. В статті [32] виконано дослідження можливості уточнення характеристик відчепів на підставі вимірювання їх швидкості, тривалості скочування та маси під час проходження контрольних точок. В статті [33] досліджено вплив випадкових факторів на умови прицільного регулювання.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідались та були схвалені на 67, 68, 69, 70, 71 та 72 міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 рр.); IV Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології» (Київ, 2008); VII та VIII міжнародних наукових конференціях «Проблеми економіки транспорту» (Дніпропетровськ, 2008, 2009, 2010 рр.); Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні інформаційні технології на транспорті в промисловості та освіті» (Дніпропетровськ, 2008, 2009 рр.); Третьей Международной научно-практической конференции «Проблемы экономики и управления на железнодорожном транспорте» (Судак, 2008); Всероссийской научно-технической конференции: «Транспорт, наука, бизнес: проблемы и стратегия развития» (Екатеринбург, 2008); 1, 2, 3 Международной научно-практической конференции «Интеграция Украины в международную

транспортную систему» (Днепропетровск, 2009, 2010, 2012); Десятой научно-практической конференции «Безопасность движения поездов» (Москва, 2009); Одиннадцатой научно-практической конференции «Безопасность движения поездов» (Москва, 2010); Двенадцатой научно-практической конференции «Безопасность движения поездов» (Москва, 2011); 1 Международной научно-практической конференции «Энергосбережение на железнодорожном транспорте» (Мисхор, 2010); Международной научно-практической конференции «Проблемы безопасности на транспорте» (Гомель, 2010) на наукових семінарах кафедри УЕР 2008-2012 рр.

У повному обсязі дисертація доповідалася и була схвалена у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна на міжкафедральному науковому семінарі (2012 р.).

Публікації. За результатами дисертації опубліковано 6 наукових статей у фахових виданнях, затверджених ВАК України та 29 тез доповідей на міжнародних наукових та науково-практичних конференціях.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, 6 додатків та списку використаних джерел. Повний обсяг роботи становить 150 сторінки; з них основний текст на 110 сторінках, 21 рисунок та 5 таблиць на 13 сторінках, список використаних джерел зі 101 найменування на 11 сторінках, додатки на 16 сторінках.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗФОРМУВАННЯ СОСТАВІВ НА СОРТУВАЛЬНИХ ГІРКАХ

Одним із шляхів підвищення ефективності роботи залізниць України в умовах постійної конкуренції з іншими видами транспорту є мінімізація витрат, пов'язаних з процесом перевезень.

Значні витрати енергоресурсів і приведених капіталовкладень в господарстві перевезень припадають на крупні сортувальні станції, що виконують операції по масовому розформовуванню і формуванню составів, і, зокрема, на сортувальні гірки.

Удосконалення управління розпуском повинно забезпечити вирішення різноманітних задач: недопущення пошкодження вагонів, підвищення продуктивності гірки, зменшення обсягів маневрової роботи по ліквідації «вікон», скорочення енергетичних витрат на роботу уповільнювачів, покращення умов праці робітників гірки та ін.

Швидкість розформування составів на сортувальній гірці і, відповідно, її перероблювальна спроможність істотно залежать від якості регулювання швидкості скочування відцепів з гірки і інтервалів між ними на розділових стрілках підгірочної горловини [42]. Регулювання швидкості скочування відцепів з гірки і відповідно інтервалів між ними, необхідних для перевodu стрілок з одного положення в інше, здійснюється на автоматизованих гірках за допомогою вагонних уповільнювачів, що розташовуються на трьох гальмівних позиціях: верхній (першій), середній (другій або пучковій), парковій (третій). Верхня і середня гальмівні позиції розташовані на спускній частині гірки, а паркова – на кожній сортувальній колії. На верхній гальмівній позиції здійснюється інтервальне гальмування, метою якого є забезпечення необхідних інтервалів між відчепами на розділових стрілках спускної частини гірки і безпосередньо на уповільнювачах середньої (пучкової) гальмівної позиції. На середній (пучковій) гальмівній позиції (СГП) також здійснюється інтервальне гальмування, що дозволяє виключити можливість нагону одних відцепів

іншими на розділових стрілках, які розташовані за цією гальмівною позицією. При можливості СГП забезпечує, як і паркова гальмівна позиція, прицільне регулювання, тобто визначає необхідну дальність проходу відчепів до вагонів, що стоять на сортувальних коліях з допустимою швидкістю їх зіткнення.

1.1 Напрямки підвищення ефективності роботи сортувальних гірок

Найважливішим елементом в технології перевізного процесу на залізницях України є переробка вагонів на сортувальних станціях. Ключову роль у роботі сортувальних станцій відіграють сортувальні гірки. Для підвищення ефективності їх роботи на різних етапах розвитку робились спроби удосконалення їх технічного забезпечення та технології.

У 30-х рр. минулого століття при розформуванні составів гальмування відчепів, які скочувались, виконувалось гальмівними башмаками [72,73]. Спроби замінити башмаки більш механізованими та кращими пристроями привели до винаходу ретардерів, або уповільнювачів. Перші ретардери (система Лозе або «коліїні гальма» - Gleisbremse) застосовувались вже на початку ХХ століття для закріплення вагонів при навантаженні та вивантаженні. Розвиток їх в застосуванні до сортування почався в період Першої світової війни, а особливо після неї у Німеччині та США. Найбільш розповсюдженими на той час у Європі типами ретардерів були тип Фреліха або Тіссен-Хютте, електромагнітний уповільнювач Безелера (Мюнхен), уповільнювач системи Марше з опускною рейкою (Франція), електропневматичний уповільнювач Уестардейр (Англія) [48].

Перші вагонні уповільнювачі балкового типу були розроблені у США і встановлені на сортувальній гірці станції Гібсон біля Чикаго, а згодом на сортувальній станції Хамм (Вестфалія) почав працювати механізований комплекс, що складався з чотирьох гідравлічних вагонних уповільнювачів.

На деяких закордонних залізницях застосовувались прискорювачі системи Позентруп-Гейнріх (Німеччина).

Для підвищення продуктивності сортувальних гірок, підвищення якості процесу розформування составів, ефективного використання технічних засобів,

покращення умов праці робітників гірки та зниження витрат на розформування составів з 50-х рр. ведуться роботи по автоматизації технологічного процесу розформування составів.

На вітчизняних станціях перші спроби автоматизації сортувального процесу привели до розробки вченими Всеросійського науково-дослідного інституту залізничного транспорту (ВНИИЖТ) комплексу систем гірочної автоматики (АРС-ЦНП, АЗСР-ЦНП, ГАЦ-ЦНП, ТГЛ-ЦНП) [77]. У подальшому удосконалення систем автоматизації сортувального процесу виконувалось лише по елементах.

З появою у 90-ті роки мікропроцесорної обчислювальної техніки, яка здатна працювати у системах управління виконавчими процесами та вирішувати інформаційно-плануючі задачі, виникли передумови для утворення комплексних систем автоматизованого управління сортувальною станцією. Так, відповідно до [2] на залізничних станціях України основними технічними засобами для регулювання швидкості руху вагонів є балочні вагонні уповільнювачі різних типів: вагові (КВ-3), натискні (Т-50, КНП-5, ВЗПГ, НК-114, РНЗ-2, УВСК).

Сучасні сортувальні станції України мають гірки: підвищеної потужності (ГПП) – 1; великої потужності (ГВП) – 16; середньої потужності (ГСП) – 15; малої потужності (ГМП) – 17. Половина з них оснащена засобами механізації, 30% - комплексними системами механізації з трьома гальмівними позиціями, а 22% - з елементами автоматизації. Поза тим, наявна гіркова техніка з точки зору механізації не повністю відповідає світовому рівню, так як має занадто високі матеріальну і енергетичну ємність. Загалом оснащеність гірок сортувальних станцій України здебільшого складається з виготовлених у 80-х роках минулого століття систем механізації розпуску, що вже застаріли і не відповідають сучасним вимогам. Найбільш досконалою системою є Комплекс гірковий механізований (КГМ), яким обладнано Західну сортувальну гірку на станції Красний Лиман.

Нове розуміння задач розвитку та управління технологічним процесом на сортувальних станціях Росії знайшло своє відображення у «Програмі розвитку та концепції механізації та автоматизації технологічних процесів сортувальних станцій на період 2000-2005 рр.», що розроблена у Всеросійському науково-дослідницькому

та проектно-конструкторському інституті залізничного транспорту (ВНИИАС) спільно із спеціалістами галузі з метою покращення техніко-економічних показників сортувального процесу. В межах реалізації цієї концепції зараз ведуться роботи по розробці нових систем [61]: АРС ТРАКТ, УУПТ, КГМ-ПК. У 2003 році на Московській залізниці (станція Бекасово-Сортувальна) було введено в постійну експлуатацію комплексну систему автоматизованого управління сортувальною станцією (КСАУ СС) [62]. Дані про ходові властивості отримуються в процесі вільного скочування вагонів на вимірювальній ділянці, що розташована між вершиною гірки та першою гальмівною позицією. Для вимірювання ваги відцепів використовуються автоматичні вагонні ваги MULTIRAIL LegalWeight та MULTIRAIL MultiBridge (при зважуванні вагонів на ходу зі швидкістю їх руху 5-10 км/год похибка вимірювання складає $\pm 1\%$) розроблені разом компаніями SCHENCK PROCESS GmbH та Schenck spol s r.o. Для зменшення впливу динамічних навантажень, що виникають при зважуванні на ходу у конструкцію ваговимірювальних пристроїв включено спеціальні компенсаційні схеми, які дозволяють зменшити похибку зважування до $\pm 0,2\%$. Ходові властивості відцепів, довжина яких перевищує місткість вимірювальної ділянки, встановлюється в залежності від вагової категорії. Опір руху відчепа на прямих ділянках колії визначається по результатам вимірювання прискорення його руху на вимірювальній ділянці.

Дійсна швидкість руху відцепів безперервно вимірюється швидкостемірами (РИС-В2 або РИС-В3М), що встановлені біля кожної гальмівної позиції. В АЗСР швидкостеміром фіксується момент відділення відчепа від состава, що насувається на горбу гірки. Похибки вимірювання швидкостеміра РИС-В2 наведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Точність вимірювання швидкості швидкостеміром РИС-В2

Швидкість, м/с	Похибка, %	Похибка, м/с
1,4-8,4	3	0,04-0,25
0,6-1,4	5	0,03-0,07

Необхідно зазначити, що в процесі розпуску составів спостерігається значна кількість втручань операторів в роботу системи АРС, при яких інтервальне регулювання швидкості відчепів виконується вручну.

Таблиця 1.2 – Втручання операторів в роботу АРС

Показник	Орехово-Зуєво		Санкт-Петербург-Сортувальний-Московський	
	ТП1	ТП2	ТП1	ТП2
Загальна кількість спостережень втручань	2930	2998	1255	1617
Кількість випадків ручних втручань	590	1759	233	633
Частка ручних втручань	20,1	58,7	18,5	39,1

Контроль заповнення підгіркових колій вагонами (КЗП) здійснюється безстиковими рейковими колами довжиною по 25 м.

Розроблені також системи КЗП на принципі розрахунку осей рухомого состава КЗП-СО, що використовуються для контролю розміщення відчепів на ТП і ведення моделі переміщення його осей в уповільнювачах, система автоматичного накопичення вагонів КЗП-ДИП (контроль заповнення колій – датчик імпульсний колійний), що охоплює до 360 м довжини підгіркових колій (система дозволяє операторам спостерігати за розпуском вагонів в електронному режимі, причому автоматика сама включає гіркові уповільнювачі в потрібний момент) та система контролю заповнення колій на основі імпульсного зондування (КЗП-ІЗ).

Обладнання сортувальних гірок автоматизованими системами управління розпуском составів представляє також зацікавленість і для Західноєвропейських фірм, які упроваджують свої продукти на ринку країн СНД та Балтії.

Так, наприклад, ВАТ «РЖД» і корпорація SIEMENS у вересні 2008 року підписали меморандум про співпрацю в області автоматизації і оптимізації сортувальної роботи і технічного оснащення на сортувальних станціях ВАТ «РЖД». У рамках цього співробітництва на сортувальній гірці станції Красноярськ-Східний Красноярської залізниці встановлено електронні пристрої гірочної автоматики корпорації SIEMENS, які працюють у пасивному режимі з існуючими вітчизняними пристроями. Вказане обладнання розраховано на температури -45°C та містить такі пристрої, як: лічильники осей вагонів, вагомір, світлова решітка, яка визначає тип вагона, а також швидкостемір. Також передбачається автоматизація станцій Черняхівськ (Калінінградська залізниця) і Лужська-Сортувальна (Октябрська залізниця) [19].

Аналіз світової практики показав, що перший гірковий комплекс, який управлявся електронікою, був створений на станції Кирк недалеко від Чикаго, і вже в 1960-му році більшість великих сортувальних станцій були цілком автоматизовані.

У наш час у світовій практиці експлуатації сортувальних гірок використовується технологія квазінеперервного регулювання швидкості відчепів, при якій сортувальні гірки обладнуються некеруючими точковими уповільнювачами ТВЗ (Німеччина, Угорщина, КНР) двох різних конструкцій – газонаповнювані типу DOWTY (ДАУТІ) та домкратовидні уповільнювачі виробництва науково-дослідного центра TDJ (КНР).

На гірках з інтенсивною сортувальною роботою для паркової зони передбачаються вагоноосаджувачі. При необхідності вагоноосаджувачі доводять відчепи до вагонів, що знаходяться на колії. Такі пристрої застосовують, наприклад, на сортувальних гірках Мюнхена (Німеччина), Цюріха (Швейцарія) і Роттердама (Нідерланди) [2].

У 1999 р. компанія Belt Railway (Чикаго) встановила інформаційно-керуючу систему PROYARD виробництва General Electric Transportation Systems (GETS) з метою оптимізації сортувального процесу та мінімізації пошкоджень вагонів на сортувальній станції Бедфорд-Парк (штат Іллінойс) [95]. До встановлення системи PROYARD у більше ніж половині випадків швидкість підходу відчепів до вагонів на

сортувальних коліях перевищувала нормативну. Із введенням в експлуатацію системи допустима швидкість не порушується у 90 % випадків.

Канадська компанія Canadian National для підвищення продуктивності сортувальної станції Макміллан, наприкінці 2002 р. запровадила систему PROYARD II. До функцій цієї системи входить визначення швидкості розпуску в залежності від ряду факторів, враховуючи рід вантажу у вагоні. Комп'ютер дозволяє точно визначити момент виходу вагона на вершину гірки та керувати подальшим його рухом.

Система PROYARD II допускає швидкість співударення вагонів в два рази більше в порівнянні з вітчизняними системами, тобто зробивши конструкцію вагонів більш міцною можна вирішити задачі регулювання швидкості. Але на залізницях України та СНД є неможливим впровадження даної системи внаслідок великої вартості.

Для будівництва та модернізації сортувальних станцій Західної Європи (Швейцарія, Австрія, Німеччина) департаментом транспортної техніки фірми SIEMENS розроблено універсальний мікропроцесорний комплекс MSR 32, побудований на базі 32-бітових процесорів, об'єднаних в мережу, для гірок великої, середньої та малої потужності [3,67]. Цей комплекс використовується для гірок великої, середньої та малої потужності для роботи на сортувальних станціях Західної Європи (Швейцарія, Австрія, Німеччина).

Фірма Siemens здала в експлуатацію першу сортувальну гірку MSR 32, адаптовану до вимог залізниць країн колишнього СРСР (станція Вайдотай в Литві) [41].

Розвиток засобів автоматизації сортувального процесу привів до створення та введення в дію різноманітних автоматизованих систем управління процесом розформування составів на сортувальних гірках. Але недоліком усіх представлених функціонуючих систем автоматизації є те, що вони достатньо дорогі в будівельному та експлуатаційному відношеннях. Розробці проекту автоматизації конкретної сортувальної гірки повинна передувати попередня оцінка його ефективності. В сучасних умовах конкуруючі варіанти конструкції та технічного оснащення

сортувальних гірок доцільно порівнювати за допомогою математичних методів. Широкого використання набуло імітаційне моделювання виробничих процесів на ЕОМ, що дозволяє порівнювати різні організаційно-технічні заходи і пропозиції по вдосконаленню технології і технічного оснащення сортувального комплексу.

Такий підхід дає можливість на підставі імітаційних експериментів обрати оптимальний варіант автоматизованої системи управління, який не допустить погіршення існуючих експлуатаційних показників сортувальної гірки, забезпечить найбільші швидкості розпуску, дальність та ступінь точності прицільного управління скочуванням вагонів з гірки при повній гарантії безпеки та надійності її роботи, а також буде ефективною у економічному та техніко-експлуатаційному відношеннях. Тобто, перш ніж запроваджувати на залізницях України будь-яку систему закордонного виробництва необхідно вирішити питання підвищення міцності конструкції вагонів та розглянути можливість запровадження регульованого скочування вагонів.

1.2 Моделювання скочування відчепів з гірки

При проектуванні сортувальних гірок, удосконаленні їх конструкції та дослідженні гіркових процесів достатньо широко використовуються математичні методи, в яких предметом дослідження є процес скочування відчепів.

Сортувальна гірка являє собою складну систему, в якій відбуваються десятки паралельних процесів, що пов'язані з рухом відчепів та роботою гіркових пристроїв. Синхронізація цих процесів в імітаційній моделі вимагає використання моделі руху.

Вперше необхідність процесу моделювання скочування відчепів виникла у проектних задачах перевірки висоти, плану та профілю сортувальних гірок і умов розділення відчепів. В цих задачах процес руху відчепа було представлено за допомогою диференціального рівняння $v' = f(s, v)$.

Перше аналітичне рішення рівняння для відчепа, як матеріальної точки та випадку, коли $F(s) = i = const$ було отримано проф. Образцовим В.М. [49]:

$$P = mv \frac{dv}{ds}, \quad (1.1)$$

де P – рушійна сила;

m – маса відчепа;

s – відстань скочування.

На рис.1.1. наведено схему дії сил на відчеп в процесі скочування

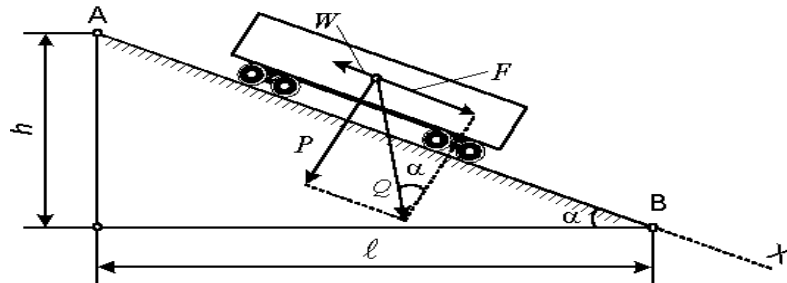


Рисунок 1.1- Сили, які діють на відчеп в процесі скочування

При цьому рушійна сила визначається з виразу:

$$P = F - W, \quad (1.2)$$

де F – проекція ваги вагона на площину скочування відчепа;

W – сила опору руху відчепа.

Проекція ваги вагона на площину скочування відчепа визначається за формулою:

$$F = Q \sin \alpha_n, \quad (1.3)$$

а величина опору руху – за формулою:

$$W = Q w_0 + 0,07 f_B (v + v_B)^2 + 0,75 \frac{Q}{R}, \quad (1.4)$$

де α_n – кут нахилу;

w_0 – основний питомий опір руху вагона;

f_B – площа поперечного перетину вагона;

v_B – швидкість вітру;

Q – вага відчепа;

R – радіус кривої.

Далі в [50] Образцовим В.М. отримано точне рішення диференціального рівняння руху відчепа у вигляді аналітичних виразів виду $s = f(v)$.

З метою урахування сил, що діють на відчеп, вираз (1.1) було уточнено. При цьому на окремому кроці питомий опір руху відчепа визначається за формулою

$$w = w_0 + w_{св} + w_{ск} + b_{г}, \quad (1.5)$$

Інтегрування рівняння руху відчепа, як матеріальної точки приводило до достатньо складних виразів та громіздких розрахунків, що було незручно для практичного застосування, особливо в умовах відсутності засобів обчислювальної техніки.

Тому для спрощення розрахунків проф. В.Д. Нікітіним був розроблений наближений аналітичний метод рішення рівняння руху [50], що базувався на припущенні про постійний опір руху на деякій ділянці маршруту скочування. Також робилися спроби практичних розрахунків на початковому етапі розвитку теорії гіркових процесів здійснювались графоаналітичним та графічним методами, які наведені в роботах академіка В.М. Образцова [50] та проф. М.Р. Юценка [84].

В подальшому для визначення величини опору вагонів Всесоюзним науково-дослідним інститутом залізничного транспорту (ВНИИЖТ) виконано комплекс експериментальних досліджень основного опору руху вагонів, опору від стрілок та кривих, а також опору від середовища та вітру [66]. В результаті встановлено, що основний питомий опір руху одиночного вагона являє собою випадкову величину, яка має гамма розподіл і в окремому досліді при імітаційному моделюванні визначається як

$$w_0 = -\frac{1}{b} \ln(\prod_{j=1}^a R_j), \quad (1.6)$$

де a, b – параметри гамма розподілу, що залежать від вагової категорії відчепа;

R_j – випадкові числа, що рівномірно розподілені в інтервалі $[0, 1]$.

Опір стрілок та кривих на маршруті скочування є пропорційним квадрату швидкості руху та розраховується за формулою вказаною у [56]

При цьому середнє значення питомої роботи сил опору від стрілок та кривих в межах ділянки скочування визначається за формулою

$$\overline{h_{ск}} = (0,56n + 0,23 \sum a_{ск})v^2 \cdot 10^{-3}, \quad (1.7)$$

де $n, a_{ск}$ – відповідно кількість стрілочних переводів та сума кутів повороту, з урахуванням стрілочних кутів на маршруті скочування;

При імітаційному моделюванні процесу скочування відчепів робота сил опору руху від стрілок та кривих в межах ділянки скочування відчепа може розглядатись як випадкова величина та визначатись за допомогою виразу

$$h_{ск} = -0,125 \overline{h_{ск}} \ln(\sum_{j=1}^8 R_j), \quad (1.8)$$

Для визначення опору середовища та вітру в [66] виконано спостереження за скочуванням реальних вагонів, та ряд експериментів по обдуву масштабних моделей вагонів у аеродинамічній трубі. В результаті для визначення питомого опору руху відчепа від повітряного середовища та вітру запропоновано використовувати вираз

$$w_{св} = cv_{від}^2 \quad (1.9)$$

де c – приведений коефіцієнт повітряного опору, що залежить від параметрів вагонів відчепа та температури навколишнього середовища;

$v_{від}^2$ – відносна швидкість відчепа з урахуванням напрямку вітру, м/с.

Усі вказані методи визначення опору руху вагонів внесені до Правил та норм проектування сортувальних пристроїв на залізницях СРСР [56].

Недоліком представлених робіт є те, що опори руху розглядаються як випадкові величини, що мають постійне значення на маршруті скочування.

В перших теоретичних роботах з питань гіркових процесів відчеп розглядався як матеріальна точка, що є джерелом похибок при моделюванні скочування багатовагонних відчепів. Методи моделювання руху багатовагонних відчепів

розроблено в роботах проф. Ю.О. Мухи [47] та проф. Є.М. Шафіта [79]. Отримані моделі використані для виконання гіркових розрахунків на аналогових [80] та цифрових ЕОМ [10,14,53].

Для удосконалення врахування впливу поздовжнього профілю на процес руху відчепа проф. Ю.О. Мухою та проф. В.І. Бобровським у [45] запропоновано вагонну модель відчепа, яка дозволяє досліджувати процес скочування багатовагонних відцепів. При визначенні сил, що діють на відчеп у цій моделі використовується еквівалентний ухил, по якому рухається кожен вагон відчепа на кроці Δs , по різниці відміток його крайніх осей. Найбільш точно визначати еквівалентний ухил під відчепом дозволяє осьова модель відчепа запропонована проф. В.І. Бобровським у [43]. В цій моделі відчеп розглядається як нерозтяжний гнучкий стрижень, що представляє собою систему шарнірно з'єднаних матеріальних точок, які відповідають окремим колісним парам вагонів. Така модель дозволяє з достатньою точністю визначати зовнішні сили, що діють на відчеп в процесі його скочування.

Проф. Бобровський В.І. пропонує представлення диференційного рівняння руху відчепа $v'=f(t, v)$ у вигляді:

$$dt = \frac{dv}{g'(i(s) - w_0 - w_{ck}(v) - w_{cb}(v)) \cdot 10^{-3}} \quad (1.10)$$

Якщо зробити припущення про постійність опорів руху [8] w_{ck} та w_{cb} та ухил $i(s)=i_0$ на кроці інтегрування, отримується наступне рівняння:

$$\int_{t_0}^{t_1} dt = \frac{1}{g'(i_e - w_0 - w_{ck} - w_{cb}) \cdot 10^{-3}} \int_{v_0}^{v_1} dv \quad (1.11)$$

Вирішенням даного рівняння є вираз

$$v_1 = v_0 + g'(i_e - w_0 - w_{ck} - w_{cb}) \Delta t \cdot 10^{-3} \quad (1.12)$$

Координата першої осі відчепа після переміщення за час Δt визначається по його середній швидкості:

$$s_1 = s_0 + (v_0 + v_1) \Delta / 2 \quad (1.13)$$

Отримане наближене рішення вперше було використано у [6,7] для моделювання скочування відчепа при незалежній змінній t . Враховуючи виконані припущення, у подальшому даний метод називається наближеним. У [24] було отримано також більш точне рішення рівняння (1.10), що враховує залежність опору $w_{\text{СК}}$ та $w_{\text{СБ}}$ від швидкості руху відчепа v . При цьому рівняння (1.10) представляється у наступному вигляді:

$$\int_{t_0}^{t_1} dt = \frac{1}{g' \cdot 10^{-3}} \int_{v_0}^{v_1} \frac{dv}{i_e - w_0 - w_{\text{СК}}(v) - w_{\text{СБ}}(v)} \quad (1.14)$$

Метод, що базується на інтегруванні (1.14) та не потребує вказаних вище припущень, у подальшому має назву точний.

Вказані рівняння досить точно характеризують процес скочування відчепа з сортувальної гірки, але їх недоліком є те, що вони базуються на припущенні, що опори руху, які діють на відчеп є постійними величинами на усьому маршруті скочування.

Найбільш близьке до точного аналітичне рішення диференціального рівняння $\frac{dv}{dt} = g'(i(s) - w_0 - w_{\text{СБ}}(v^2))$ отримано проф. І.В. Жуковицьким [81]. В цій роботі наведено вирази для побудови кривих швидкості $v(t)$ та шляху $s(t)$ при різних співвідношеннях між ухилом колії i та основним опором руху відчепа w_0 . Окрім того для випадку відсутності вітру отримано точне рішення у вигляді $v(t)$. Наведені рішення отримані при постійному ухилі i і тому при моделюванні скочування відчепа по змінному профілю за допомогою виразів $v(t)$ та $s(t)$ необхідно визначати на кожному кроці Δt значення $i(s)$. При цьому для розрахунку $i(s)$ на кроці Δt необхідно знати положення відчепа $s(t)$ в кінці кроку, яке є невідомим. Недоліком рішення, що наведено в [81], є також те, що в ньому не враховується опір середовища та вітру.

Основним недоліком перерахованих робіт є те, що вони не враховують випадковість параметрів відчепів та умов навколишнього середовища.

По мірі розвитку методів моделювання на ЕОМ процесу скочування окремих відчепів здійснився перехід до моделювання розпуску составів. Необхідність

переходу від розрахункових сполучень відчепів до дослідження процесу розпуску составів обґрунтовано у [81]. У даній роботі наведено методику формування розрахункового составу, по якому слід визначати середній час розформування составів та переробну спроможність гірки. Параметри розрахункового составу (число відчепів, їх розподіл по коліям, чергування призначень, довжини відчепів, ходові властивості) встановлюються на базі статистичного аналізу потоку відчепів на конкретній гірці, та мають найбільш ймовірнісні значення.

З метою удосконалення моделювання розпуску составів у 1965 році проф. Шафітом Є.М. під керівництвом проф. Юценка М.Р.[83] було виконано оцінку основного та додаткового опору руху вагонів. До цього ж часу відносяться роботи пов'язані із розробкою та впровадженням систем автоматизованого управління розформуванням составів на сортувальних гірках.

З цього моменту, дослідження величини основного опору розділились на дві групи. До першої відносились експериментальні роботи, що були направлені на встановлення нормативних значень питомих опорів, до другої - більшість робіт, що були направлені на дослідження умов достовірної оперативної оцінки ходових властивостей вагонів з метою автоматизованого управління процесом розформування составів.

Останні результати експериментальних досліджень, виконані під керівництвом д.т.н. Е.А. Сотникова найбільш концентровано викладені у [66], де разом з викладеною методикою проведення досліджень дані пропозиції по нормуванню величин основного та додаткового питомих опорів. Після цієї роботи дослідження в плані встановлення нормативних значень питомих опорів в країні не проводилось.

В подальшому вивченням питання точності отримання вихідної для розрахунку інформації займалися кандидати технічних наук Г.А. Красовський, Ю.В. Ваванов, В.М. Рудановський [15,35,60]. Також к.т.н. І.І. Страковським, та інж. Л.Б. Тишковим в [71,74] розроблялися питання допустимих похибок в оцінці та їх вплив на якість сортувального процесу, досліджувались можливості розташування спеціальних вимірювальних ділянок на сортувальній гірці. Схожі питання

розглядалися у роботах [12,13,52,59].

Проф. С.А. Бессоненко у своїй роботі [4] формулює п'ять ймовірнісних показників, що характеризують роботу сортувальної гірки:

- ймовірність входу відчепів на гальмівні позиції із швидкістю, що не перевищує допустиму швидкість входу відчепа на вагонний уповільнювач;
- ймовірність зупинки відчепа у кінці пучкової гальмівної позиції при повному використанні потужності другої гальмівної позиції та розрахункової потужності першої гальмівної позиції;
- ймовірність успішного розділення відчепів на роздільних стрілках;
- ймовірність докочування відчепів до розрахункової точки;
- ймовірність зсуву відчепа з місця та звільнення їм гальмівної позиції у випадку його зупинки на вагонних уповільнювачах після відгальмовування.

Замість фіксованих «розрахункових бігунів» він пропонує використовувати відчепа, які мають випадкові, ймовірнісні. Це можуть бути «розрахункові бігуни», але не з чітко визначеними властивостями, а з такими, які можуть варіюватись в процесі розрахунку. Умови розпуску (температура, вітер) також враховуються у вигляді законів розподілу. Характеристики відчепа задаються у вигляді закону розподілу сумарного питомого опору руху $W_{\text{сум}}$.

Сумарний опір руху відчепа обчислюється за формулою

$$W_{\text{сум}} = W_0 + \frac{Y \cdot 50}{Q} + W_{\text{ск}} + W_{\text{сн}} \quad (1.15)$$

де $W_0, W_{\text{ск}}, W_{\text{сн}}$ – відповідно основний питомий опір руху відчепів, опір від стрілочних переводів та кривих та опір від снігу та інею, кгс/тс;

Q – маса відчепа, т.

Проф. Бессоненко С.А. пропонує можливість розглядати $W_{\text{сум}}$ як функцію декількох випадкових величин. Причому, $W_{\text{ск}}$ є незалежною величиною та визначається тільки кількістю стрілочних переводів та сумарним кутом повороту кривих, а також залежить від швидкості відчепа. $W_{\text{сн}}$ можна не розглядати як випадкову величину. Його значення однозначно визначається величиною маси

відчепа та температурою повітря:

$$f(w_{\text{сум}}) \sum_{i=1}^{i=5} f(w_{\text{сум}}|Q) \cdot p_i \quad (1.16)$$

де p_i – ймовірність появи відчепа i – ї вагової категорії.

Для апроксимації в кожному діапазоні вибираються по три точки. В якості обмеження на значення аргументу даної функції можна вказати, що при будь-яких допустимих значеннях значення функції не повинно бути більше 0,2 для «хороших бігунів», і менше 0,8 для «поганих бігунів». Апроксимація для «хороших бігунів» і для «поганих бігунів» проводиться за формулами

$$F(w_{\text{сум}}) = c \cdot e^{a \cdot (w_{\text{сум}} - b)^2}, F(w_{\text{сум}}) = 1 - c_1 \cdot e^{a_1 \cdot (w_{\text{сум}} - b_1)^2} \quad (1.17)$$

Недоліком представлених досліджень є те, що автор при визначенні опору від середовища та вітру не враховує ймовірнісне значення випадкової величини швидкості вітру.

Проф. Огар О.М. у своїх роботах [51] пропонує удосконалити метод розрахунку додаткового опору від середовища та вітру. Він зазначає, що основним і загальним недоліком існуючих методів розрахунку даної величини, вказаними у попередніх роботах, є відсутність відображення реальних умов скочування вагонів. По-перше, припускається, що швидкість і напрямок вітру в межах маршруту скочування вагона не змінюються, а, по-друге, напрямок руху вагона взагалі не враховується (розрахунки проводяться відносно базису гіркової горловини, який і приймається за напрямок руху вагона). При цьому він відзначає, що, наприклад, для гірки великої потужності з горловиною на 32 колії кут відхилення вагона від базису горловини може сягати 30°. Розрахунок питомого опору від середовища і вітру повинен враховувати реальний неупорядкований хаотичний характер пульсацій швидкості вітру. При цьому, випадкові значення швидкості, м/с, і напрямку, °, вітру визначаються за формулами

$$V_{Bi}^* = \bar{V}_B + x_i \cdot \sigma_{V_B}, \quad (1.18)$$

$$\beta_i^* = \bar{\beta} + y_i \cdot \sigma_\beta, \quad (1.19)$$

де $\bar{V}_B, \bar{\beta}$ – вибіркова середня, відповідно швидкості, м/с, і напрямку, °, вітру;

x_i, y_i – одне з випадкових чисел, що розподілені за нормальним законом відповідно з параметрами $M[x] = 0, \sigma[x] = 1$ і $M[y] = 0, \sigma[y] = 1$;

$\sigma_{V_B}, \sigma_\beta$ – середнє квадратичне відхилення, відповідно м/с, і напрямку вітру, °.

Для коректного застосування отриманих масивів даних проф. Огар О.М. пропонує на полігоні обрати базову точку, відносно якої будуть проводитися розрахунки швидкості і напрямку вітру для конкретних вагонів, що скочуються з гірки. Такою точкою може бути точка, що розташована на перехрещенні базису гіркової горловини і прямої, що проходить через найвіддаленіші розрахункові точки. Масиви даних формуються для базової точки, після чого використовуються для перерахунку швидкості і напрямку вітру у точці місцезнаходження вагону. При цьому розрахунок додаткового питомого опору від середовища і вітру слід виконувати з урахуванням кута між напрямком вітру і напрямком руху вагона у момент часу t_i

$$\beta_i'^* = |\beta_i^* - \gamma_i|, \quad (1.20)$$

де γ_i - кут між базисом гіркової горловини та дотичною до осі колії у точці місцезнаходження вагона, °.

Якщо $\beta_i'^* \geq 180$, то

$$\beta_i'^* = |180 - (|\beta_i^* - \gamma_i| - 180)| \quad (1.21)$$

При визначенні $\beta_i'^*$ кут β_i^* можна задавати у двох варіантах: від 0 до 360° або 0±180°.

Додатковий питомий опір від середовища і вітру на елементарній ділянці визначається за формулою

$$W_{св} = \frac{17,8 \cdot C_x \cdot S \cdot g \cdot (V_{сеп}^2 + V_{в сеп}^2 \mp 2 \cdot V_{сеп} \cdot V_{в сеп} \cdot \cos \beta_i'^*)}{(273 + t_p) \cdot q_p} \quad (1.22)$$

де C_x – коефіцієнт повітряного опору вагона;

S – мідель вагона, м²;

g – прискорення вільного падіння з урахуванням моменту інерції

мас вагона, що обертаються, м/с²;

t_p – розрахункова температура повітря, °С;

q_p – вага розрахункового бігуна, кН;

$V_{сер}$ – середня швидкість вагона на елементарній ділянці, м/с;

$V_{в сер}$ – середня швидкість вітру, м/с, між моментами часу t_{i-1} і t_i

$$V_{в сер} = \frac{V_{в i-1}^* + V_{в i}^*}{2} \quad (1.23)$$

$\beta'_{сер}$ – середній кут між напрямком вітру і напрямком руху вагона між

моментами часу t_{i-1} і t_i

$$\beta'_{сер} = \frac{\beta'_{i-1} + \beta'_i}{2} \quad (1.24)$$

У вказаній роботі детально описано розрахунок випадкової величини швидкості вітру, але у розрахунках не враховано випадковий характер величини напрямку вітру.

У роботах д.т.н. Козаченка Д.М. [28] зазначається, що під час скочування відчепа на нього діють сили опору руху різної природи: основний опір, опір від стрілок та кривих, опір середовища та вітру. Величини наведених опорів носять випадковий характер, і при розв'язанні задач проектування сортувальних гірок для розрахунків використовують або їх математичні очікування, або граничні значення. Моделі для техніко-експлуатаційної оцінки сортувальних гірок повинні враховувати стохастичний характер системи, що моделюється, для чого необхідне адекватне моделювання випадкових величин опору руху.

Відповідно до [28] основний опір руху є результатом дії ряду факторів: тертя осей колісних пар у буксах, тертя кочення між колесами вагона та рейками, удари коліс на стиках, нерівномірності зносу бандажів, перекоосу осей та ін.

При імітаційному моделюванні процесу розформування составів випадкове значення основного питомого опору руху одиночного вагона згідно з [66] визначається за виразом (1.6)

Додатковий опір від кривих та стрілочних переводів відповідно до [66] виникає через підвищене тертя коліс об рейки під час вписування в криві, ударів об гостряки та у хрестовинах.

В детермінованих моделях робота сил опору руху від стрілок та кривих визначається за формулою [19]. При імітаційному моделюванні, відповідно до [66], робота сил опору руху від стрілок та кривих в межах скочування відчепа може розглядатись як випадкова величина та визначатись за допомогою виразу [56].

Враховуючи структуру моделі скочування відчепа та рівняння руху при імітаційному моделюванні використовується значення питомого опору стрілок та кривих, що визначається за допомогою виразу

$$w_{скі}(v) = v^2 \sum_{j=1}^{m_{відч}} q_{вj} \sum_{i=a_j}^{w_j} \frac{C_{скі}}{l_{скі}}, \quad (1.25)$$

де v – швидкість скочування відчепа, м/с;

$m_{відч}$ – кількість вагонів у відчепі;

$q_{вj}$ – вага відчепа, т;

$l_{скі}$ – довжина ділянки дії опору стрілок та кривих, м.

При цьому випадкове значення $C_{скі}$ для окремої стрілки чи кривої визначається за формулою [56]:

$$C_{скі} = - \frac{0,56\theta + 0,23\varphi_n}{g} \ln \prod_{k=1}^8 R_k, \quad (1.26)$$

де θ – тип n -го елемента ($\theta_n = 0$ – крива; $\theta_n = 1$ – стрілка);

φ_n – кут повороту кривої n -го елемента, град;

Д.т.н. Козаченко Д.М. суттєвим фактором, що впливає на процес скочування відчепа з сортувальної гірки, вважає опір повітряного середовища та вітру. При розрахунках висоти сортувальної гірки опір середовища та вітру визначається за

формулою згідно з [56]. В той же час, на відміну від основного опору руху та опору стрілок і кривих, в [56] відсутня методика моделювання опору середовища та вітру як випадкової величини. Детальні дослідження вітру, в тому числі і як випадкового процесу, виконано в галузі будівництва [39]. Результати цих досліджень можуть бути використані і для аналізу гіркових процесів.

Також д.т.н. Козаченко Д.М. відзначає, що утворення вітру викликається нерівномірністю нагріву поверхні землі. Традиційно, в тому числі і при розрахунку висоти сортувальної гірки та перевірці її профілю, для врахування впливу вітру застосовується статичний метод, в якому використовується усереднене значення швидкості вітру [20].

Спеціальні дослідження вітру у приземних шарах атмосфери та питання, що пов'язані з усередненням швидкості вітру розглянуті в роботі [20]. Результати, що отримані в цій роботі свідчать про необхідність врахування реальної швидкості вітру.

При цьому відношення миттєвого значення швидкості вітру до середньої швидкості вітру має закон, що відрізняється від нормального. У зв'язку з цим, згідно з [20] швидкість вітру визначається як

$$v_B = \gamma_B \bar{v}_B \quad (1.27)$$

де \bar{v}_B – середня швидкість вітру;

γ_B – випадкова величина відношення реальної швидкості вітру до середньої,

що має функцію щільності розподілу

$$p(\gamma_B) = \frac{1}{\sigma_\gamma \sqrt{2\pi}} \left(e^{-\frac{(\gamma_B-1)^2}{2\varepsilon^2}} + e^{-\frac{(\gamma_B+1)^2}{2\varepsilon^2}} \right), \quad (1.28)$$

де σ_γ – середнє квадратичне відхилення випадкової величини γ_B ;

ε - рівень турбулентності вітрового потоку.

Процес скочування відчепів з гірки є керованим. При цьому на сортувальних гірках України це досягається за рахунок використання гальмівних засобів (уповільнювачів чи гальмівних башмаків). В існуючих методиках математичного опису процесу скочування відчепів цю дію прийнято враховувати через величину

діючого на відчеп питомого гальмівного опору:

$$b_r = \frac{B_r}{Q}, \quad (1.29)$$

де B_r – повна величина діючої на відчеп гальмівної сили, тс;

При цьому проблемою є визначення величини B_r (відповідно, і b_r), що залежить від великої кількості факторів: сили тиску шин уповільнювача на колеса вагона, розмірів коліс вагонів та шин уповільнювачів, коефіцієнта тертя коліс об шини; характер дії цих факторів в даний час повністю не вивчений та не формалізований. У зв'язку з цим, при виконанні науково-технічних розрахунків в дослідженнях процесів розформування составів [43,44] величина b_r визначається опосередкованим шляхом – з використанням енергетичної висоти (h_r , м ен. в.), що погашається на гальмовій позиції, та визначається як

$$b_r = \frac{h_r}{l_{p,гп}} 10^3, \text{ (кгс/тс)}, \quad (1.30)$$

де $l_{p,гп}$ – робоча довжина гальмівної позиції, м.

Суттєвим фактором, що впливає на величину енергетичної висоти, що погашається уповільнювачем є робота системи його управління при реалізації заданої швидкості виходу відчепа. Згідно з [42] відхилення фактичної швидкості виходу відчепа v_ϕ від заданої v_3 (похибка реалізації заданої швидкості виходу) має нормальний розподіл. Натурні експерименти з уповільнювачами у [29] показали, що гальмівна потужність уповільнювача є також випадковою величиною, що розподілена за нормальним законом. У зв'язку з цим використовується наступна методика визначення питомого гальмівного опору. На першому етапі визначається потрібна швидкість виходу відчепа з гальмівної позиції $v_{пу}$ та гальмівна потужність уповільнювача $H_{пу}$:

$$v_{пу} = v_3 + \sigma_v Z, \quad (1.31)$$

$$H_{\text{пу}} = \frac{(\overline{H}_r + \sigma_h z)}{q}, \quad (1.32)$$

де \overline{H}_r – математичне очікування випадкової величини гальмівної потужності уповільнювача для розрахункового повновагового вагона;

Q – маса розрахункового повновагового вагона;

σ_v, σ_h – середнє квадратичне відхилення відповідно похибки реалізації заданої швидкості виходу відчепа з гальмівної позиції та її гальмівної потужності;

z – нормально розподілене випадкове число.

Визначення опору руху здійснюється за алгоритмом [29].

При цьому питомий гальмівний опір визначається за виразом (1.5).

К.т.н. Кудряшов А.В., аналізуючи імітаційні моделі процесу скочування відчепів з сортувальної гірки, у своїх роботах [36] відмічає, більшість з цих моделей реалізує режими гальмування, що задаються при рівномірному розподілі енергетичної висоти, яка погашається на всій довжині гальмівної позиції. Використання спрощених алгоритмів моделювання є джерелом неадекватності при реалізації заданих швидкостей виходу відчепів із гальмівних позицій, що приводить до відхилень часу скочування від реального.

Для вирішення задачі пошуку оптимальних режимів гальмування відчепів, що скочуються, к.т.н. Кудряшов А.В. [36] пропонує використовувати такі моделі процесу скочування, у яких гальмування виконується із врахуванням реально діючих на відчепа сил опору, що створюються гальмівними засобами гірки та залежать від номінальної потужності уповільнювачів. При цьому необхідно враховувати, що гальмування може виконуватись в деякій обмеженій зоні, яка є частиною повної зони дії гальмівної позиції.

В реальних умовах задану швидкість U виходу відчепа з гальмівної позиції можна реалізувати з використанням багатьох режимів, що відрізняються координатою точки початку гальмування $S_{\text{пг}}$. При цьому довжина зони гальмування L_r однозначно визначається координатою $S_{\text{пг}}$ і заданою швидкістю U . Тому для моделювання скочування відчепа режим його гальмування представлено вектором $U = (U', U'')$ швидкостей його виходу з гальмівних позицій спускної частини гірки і

вектором $S_{\text{пг}} = (S'_{\text{пг}}, S''_{\text{пг}})$ точок початку гальмування на відповідних ГП.

Координата $S_{\text{пг}}$ може змінюватися від мінімального (див. рис. 1.5, в) до максимального $S_{\text{пгmax}}$ (див. рис. 1.5, а) значення. При цьому $S_{\text{пгmin}}$ прийнято, що при будь-яких значеннях $S_{\text{пг}}$ ($S_{\text{пгmin}} \leq S_{\text{пг}} \leq S_{\text{пгmax}}$) задана швидкість U виходу відчепу повинна досягатися у момент виходу його останньої осі з ГП.

Вибір координати $S_{\text{пг}}$ впливає на швидкість руху відчепу в межах ГП. Граничним значенням $S_{\text{пгmin}}$ та $S_{\text{пгmax}}$ відповідають максимальна V_{max} та мінімальна V_{min} швидкості руху по ГП (див. рис. 1.2, б). Проміжним значенням $S_{\text{пг}}$ відповідає множина значень швидкостей в інтервалі $(V_{\text{min}}, V_{\text{max}})$.

Максимальні значення вказаних координат $S'_{\text{пгmax}}$, $S''_{\text{пгmax}}$ залежать від параметрів відчепу і умов скочування, а також від необхідної швидкості виходу з ГП і можуть змінюватися в достатньо широких межах. Тому для порівняльного аналізу різних режимів гальмування було виконано масштабування вказаних координат і перехід до відповідних умовних одиниць $x(S_{\text{пгmin}}: x = 0, S_{\text{пгmax}}: x = 1)$.

Таким чином, деякий варіант реалізації заданого режиму $U=(U', U'')$ може бути визначений вектором $x=(x', x'')$ координат відповідної точки області Ω_x ; тоді довільний режим гальмування відчепу, що скочується, може бути однозначно визначений вектором $r_{\Gamma}=(U, x)$.

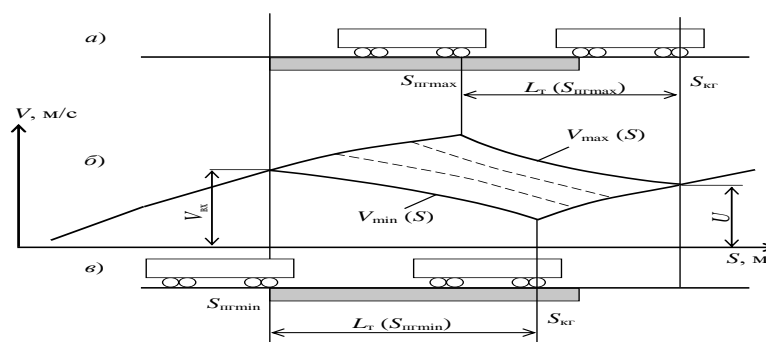


Рисунок 1.2- Граничні режими гальмування відчепу : а) гальмування від точки $S_{\text{пгmax}}$; б) графіки швидкості скочування; в) гальмування від точки $S_{\text{пгmin}}$

1.3 Методи оптимізації режимів гальмування

Оптимальне управління розпуском потребує визначення таких режимів гальмування відчепів при яких буде забезпечено найкращі умови їх поділу на стрілках, та допустима швидкість прямування одного відчепа до іншого на сортувальних коліях. Тобто, задача визначення оптимальних режимів гальмування відчепів є достатньо актуальною. У зв'язку з цим виникає задача дослідження та розробки методики оптимізації режимів інтервального регулювання швидкості відчепів на гірках.

У роботі [11] режим гальмування відчепа, що скочується, представляється вектором енергетичних висот, що погашаються на гальмівних позиціях

$h = (h', h'', \dots, h^{(n)})$, де n – кількість гальмівних позицій на колії скочування. Для

вибору режимів гальмування, при яких виконуються умови інтервального та прицільного регулювання швидкості відчепів, можуть використовуватись ітераційні алгоритми [54,85]. Отримані при такому підході режими задовольняють існуючим технологічним обмеженням, однак не є оптимальними. У [54] необхідні інтервали між відчепами визначаються за допомогою аналітичних виразів, у яких враховуються ходові властивості відчепів та допустимі швидкості їх руху.

Вперше методика оптимізації режимів гальмування була запропонована проф. Ю.О. Мухом в [46]. У даній роботі було поставлено задачу: знайти такі режими гальмування γ_i , при яких виконуються умови розділення на стрілках (інтервали $\delta t_i \geq 0$), а час розпуску мінімальний. У результаті формалізації була отримана оптимізаційна задача з лінійною цільовою функцією та нелінійними обмеженнями. Для спрощення рішення задачі (приведення її до задачі ЛП) запропоновано виконувати пошук режимів гальмування, задаючись конкретними значеннями швидкості розпуску v_0 . Змінюючи значення v_0 з деяким кроком, можна знайти таке рішення, при якому швидкість v_0 досягає максимального значення. При такій постановці задачі не забезпечується найкращий розподіл інтервалів δt_i між парами суміжних відчепів. Крім того, недоліком є лінійна апроксимація залежності часу

скочування відчепа до точки розділення від режиму гальмування $t(\gamma)$, яка насправді суттєво нелінійна.

Для усунення недоліків запропонованого методу оптимізації режимів гальмування відцепів проф. Бобровський В.І. пропонує багатокроковий двоетапний метод оптимізації [11]. Состав, що розформується, можна розглядати як деяку фізичну систему S , покроково змінюючи свій стан в процесі розпуску. Кроком можна вважати відрив та скочування чергового відчепа. Процес розпуску є керованим; управління U_i на i -му кроці можна характеризувати режимом гальмування i -го відчепа на гальмівних позиціях спускної частини гірки q_i [11]. Управління розпуском состава з n відцепів можна представити сукупністю крокових рівнянь:

$$U = (U_1, U_2 \dots U_n) \quad (1.33)$$

Ефективність управління на усіх кроках, крім першого, можна оцінити величиною інтервала δt_{i-1} між i -м та $(i-1)$ -м відчепами на роздільній стрілці

$$\delta t_{i-1} = t_{0,i-1} + t_i(q_i) - \tau_{i-1}(q_{i-1}), \quad i = 2, \dots, n \quad (1.34)$$

Для першого кроку (відчепа) величина δt не визначена із-за відсутності попереднього відчепа.

Ефективність управління розпуском всього состава у відповідності з [11] можна оцінити величиною мінімального інтервалу між відчепами на розділових стрілках

$$\delta T(U) = \min \{ \delta t_1, \delta t_2, \dots, \delta t_{n-1} \} \quad (1.35)$$

Необхідно знайти оптимальне управління U (1.35), при якому мінімальний інтервал $\delta T(U)$ обертається в максимум. Для вирішення даної задачі розроблено метод, який використовує ідеї динамічного програмування (ДП). Особливість метода полягає в тому, що у задачах ДП ефективність управління завжди оцінюється адитивним або мультиплікативним критеріями, що отримуються з показників ефективності окремих кроків [11]. У даній задачі ефективність управління

розпуском состава пропонується оцінювати за допомогою максимінного критерія $\delta T = \max \min\{\delta t_i\}, i = 1, \dots, n - 1$. Такий критерій ефективності управління розпуском забезпечує максимальні інтервали між відчепами на роздільних стрілках та, відповідно що мінімальні ймовірності нерозділень при заданій швидкості розпуску.

Процедура пошуку оптимального управління розпуском за допомогою метода, що пропонується виконується у два етапи. На першому етапі (умовна оптимізація) для кожного відчепа визначається умовне оптимальне управління $q_i(\tau_i)$, що залежить від стану системи τ перед скочуванням цього відчепа, та умовний оптимальний інтервал $\delta T_i(\tau)$ на усіх коліях, що залишились, починаючи з i -го. На другому етапі (безумовна оптимізація) для кожного відчепа визначається безумовне оптимальне управління. Умовна оптимізація виконується по кроках у зворотному порядку – від останнього відчепа до першого, безумовна – у прямому порядку.

К.т.н. Кудряшов у своїй роботі [37] пропонує наступне удосконалення методу оптимізації режимів гальмування відчепів в умовах дії випадкових факторів. У відповідності з принципами системного підходу необхідно розглядати состав, що розформується, як систему взаємопов'язаних відчепів. При цьому уся множина розділень відчепів состава може бути представлена верхньою трикутною матрицею $\|\sigma\|$ номерів роздільних стрілок.

Метою оптимізації режиму розформування є підвищення якості інтервального регулювання швидкості відчепів за рахунок максимізації інтервалів на розділових стрілках між всіма парами відчепів состава

$$\delta t = (\delta t_1, \delta t_2, \dots, \delta t_c) \rightarrow \max \quad (1.36)$$

де c – загальна кількість розділень відчепів у составі з урахуванням повторних.

Управління процесом розформування состава, що визначає значення вектора δt та, отже, якість інтервального регулювання, може бути представлено вектором РТ

n відчепів состава:

$$R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\} \quad (1.37)$$

При цьому, режим гальмування окремого відчепу состава r_i характеризується векторами швидкостей U виходу відчепу із ГП та умовних координат x точок початку гальмування на ГП:

$$r_i = (U_i, x_i),$$

$$U_i = (U'_i, U''_i), U_i \in \Omega_i, \quad (1.38)$$

$$x_i = (x'_i, x''_i), x'_i \in [0,1], x''_i \in [0,1],$$

де U'_i, U''_i – швидкості виходу відчепу, відповідно, із ВГП та СГП;

x'_i, x''_i – умовні координати точок початку гальмування відчепу на ВГП и СГП.

Таке представлення режиму r_i дозволяє корегувати вибір зони гальмування відчепу на ГП для пошуку найкращих умов його розділення з іншими відчепами составу.

У результаті рішення задачі оптимізації необхідно знайти такий режим розформування состава R^* , при якому вектор інтервалів (4.1) максимальний:

$$\delta t_{max} = \max\{\delta t(R^*)\} \quad (1.39)$$

У процесі оптимізації состав поступово розбивається на групи, в яких відбувається вирівнювання величин суміжних інтервалів. Даний результат досягається за рахунок використання резервів інтервалів між відчепами составу, що знаходяться в групах зі сприятливими умовами розділення, і перерозподілу цих резервів між відчепами составу, що знаходяться в групах із несприятливими умовами розділення. В результаті оптимізації встановлюються такі режими гальмування відчепів составу, при яких забезпечуються максимально можливі інтервали на розділових стрілках для всіх несприятливих за умовами розділення груп відчепів. Межами груп є відчепи з екстремальними режимами скочування (швидкий (Ш), повільний (П)).

На теперішній час розроблена значна кількість математичних моделей та методів для аналізу плану та профілю сортувальних гірок, визначення їх переробної спроможності, дослідження роботи окремих технічних засобів. В той же час проблема визначення взаємозв'язків технічного забезпечення сортувального процесу та режимів управління швидкістю скочування відчепів з показниками функціонування сортувальних гірок вивчена недостатньо і вимагає подальших досліджень з метою підвищення ефективності роботи сортувальних гірок на основі удосконалення методів управління розформуванням составів.

1.4 Висновки до розділу 1

В сучасних умовах технічне оснащення сортувальних гірок є зношеним та морально застарілим. Для використання повної перероблювальної спроможності сортувальних пристроїв необхідна розробка алгоритмів та методів управління розформування составів на сортувальних гірках.

На теперішній час розроблена значна кількість математичних моделей та методів для аналізу плану та профілю сортувальних гірок, визначення їх переробної спроможності, дослідження роботи окремих технічних засобів. В той же час проблема визначення взаємозв'язків технічного забезпечення сортувального процесу та режимів управління швидкістю скочування відчепів з показниками функціонування сортувальних гірок вивчена недостатньо і вимагає подальших досліджень з метою підвищення ефективності роботи сортувальних гірок на основі удосконалення методів управління розформуванням составів.

Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності роботи технічних засобів, що забезпечують розформування-формування поїздів на сортувальних станціях за рахунок удосконалення методів управління скочуванням відчепів.

Поставлена мета досягається в результаті вирішення наступних задач дослідження:

- 1) визначення статистичних характеристик вагонопотоків, що переробляються на сортувальних станціях України і умов розформування составів вантажних поїздів;

- 2) розробка імітаційної моделі скочування відчепів з гірки, в якій опори руху розглядаються як випадкові функції;
- 3) дослідження впливу різних факторів на величину середнього квадратичного відхилення часу скочування;
- 4) дослідження впливу точності інформації про характеристики відчепів на умови інтервального та прицільного регулювання швидкості скочування відчепів;
- 5) удосконалення методів вибору режимів управління швидкістю скочування відчепів при їх випадкових характеристиках;
- б) удосконалення конструкції сортувальних гірок для експлуатації в умовах автоматизації.

Виконаний аналіз наукових робіт по проблемі підвищення ефективності роботи технічних засобів показав, що існуючі методики базуються на спрощених аналітичних та графічних моделях орієнтованих лише на визначення роботоспроможності сортувальної гірки, що не забезпечує пошук оптимального рішення. Для розв'язання вказаної задачі необхідна побудова адекватних математичних моделей сортувальної гірки, які будуть враховувати стохастичний характер параметрів вагопотоків та умов навколишнього середовища. На підставі виконаного аналітичного огляду сформульована мета дослідження, що полягає у підвищенні ефективності роботи технічних засобів, що забезпечують розформування-формування поїздів на сортувальних станціях за рахунок удосконалення методів управління скочуванням відчепів і загальний методологічний підхід до її розв'язання. При цьому, об'єктом дослідження обрано процес розформування-формування составів вантажних поїздів на сортувальних гірках. Предметом дослідження є взаємозв'язки параметрів технічного забезпечення та режимів управління швидкістю скочування відчепів з показниками функціонування сортувальних гірок.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВАГОНОПОТОКІВ, ЩО ПЕРЕРОБЛЯЮТЬСЯ НА СОРТУВАЛЬНИХ ГІРКАХ

2.1 Дослідження характеристик вагонопотоків, що переробляються на сортувальних станціях

Умови роботи сортувальних гірок суттєво відрізняються в залежності від їх конструкції, технічного оснащення, обсягів вагонопотоків. Тому при побудові моделі процесу розформування составу, необхідно виконати збір та статистичну обробку даних про існуючі умови функціонування конкретної сортувальної гірки на існуючій сортувальній станції. Так, в дисертаційній роботі виконано детальний аналіз функціонування сортувальних гірок трьох сортувальних станцій: Одеса Сортувальна Одеської залізниці, Ясинувата Донецької залізниці та станції Нижньодніпровськ-Вузол Придніпровської залізниці.

З метою одержання числових характеристик законів розподілу випадкових величин параметрів відцепів було виконано аналіз телеграм-натурних листів для составів, що прибувають у розформування (додаток А). У результаті статистичної обробки даних для кожного состава визначено наступні характеристики: кількість вагонів у відцепі, ймовірність появи різних сполучень відцепів при розпуску, кількість вагонів відповідної вагової категорії [30]. На рис. 2.1. наведено розподіл кількості вагонів у відцепі.

Як видно із рисунків, відсоткове значення величини кількості вагонів у відцепі є майже однаковими для розглянутих трьох станцій.

На підставі аналізів результатів первинних даних висунута гіпотеза про показниковий розподіл випадкової величини кількості вагонів у відцепі.

Для оцінки ступеня наближення теоретичного розподілу до статистичного було виконано перевірку за критерієм Пірсона χ^2 , яка показала, що немає підстав для того, щоб відхиляти вказану гіпотезу ($\chi^2 = 7,50$ при табличному $\chi^2 = 9,50$).

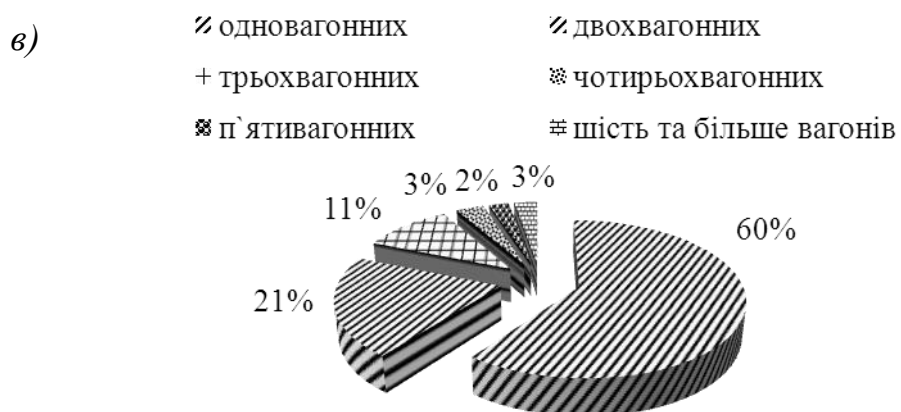
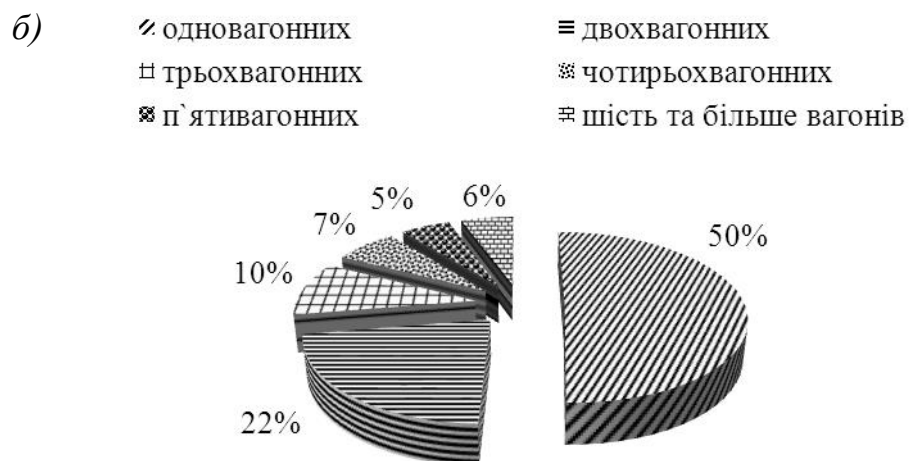
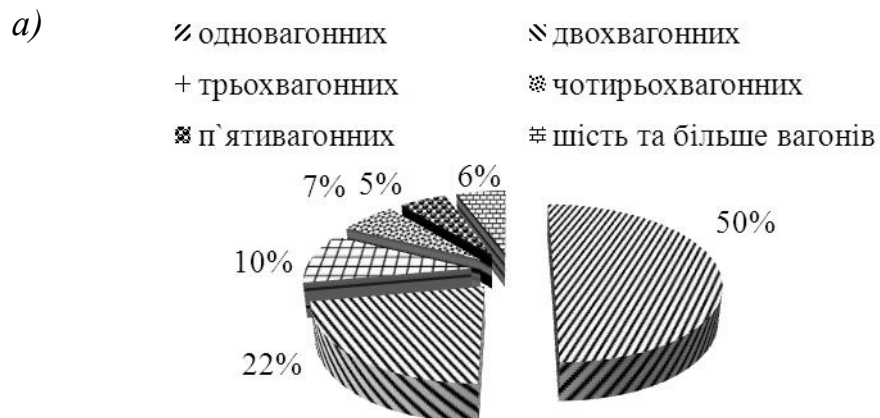


Рисунок 2.1- Гістограми розподілу кількості відчепів у вагоні для станцій:
 а) Ясинувата; б) Одеса; в) непарна система НДУ

На основі статистичних рядів, отриманих після впорядкування первинних даних встановлено основні характеристики статистичного розподілу (табл.2.1.).

Таблиця 2.1-Характеристики статистичного розподілу величини кількості вагонів у відчепі

Станція	Математичне очікування $M(m)$	Дисперсія $D(m)$	Середнє квадратичне відхилення $\sigma(m)$
Ясинувата	4,14	25,54	5,05
Одеса	4,04	24,04	4,90
НДУ	3,86	23,16	4,81

На рис.2.2. наведено розподіл сполучень кількості вагонів у послідовних парах відчепів.

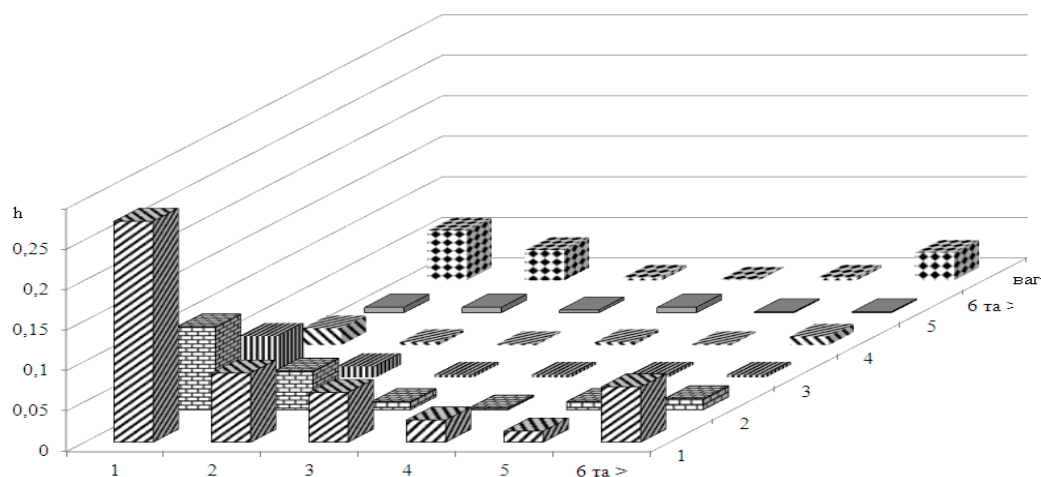


Рисунок 2.2 – Гістограма розподілу сполучень кількості вагонів у послідовних парах відчепів

Також встановлено ймовірності розташування у складі підряд одновагонних відчепів:

- трьох одновагонних відчепів $P = 0,18$;
- двох одновагонних: $P = 0,32$.

Відповідно до ваги бруто вагона виділяють 5 вагових категорій вагонів:

- легку (Л – маса бруто 22-28 т);
- легко-середню (ЛС – 28-44 т);

- середню (С – 44-60 т);
- середньо-важку (СВ – 60-72 т);
- важку (В – 72 -85 т).

На рис. 2.3. наведено розподіл кількості вагонів по ваговим категоріям

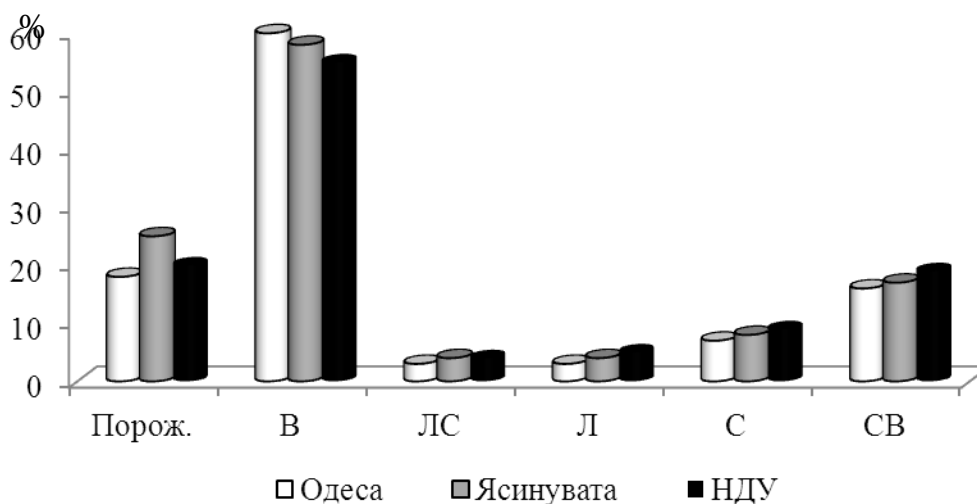


Рисунок 2.3- Гістограма розподілу кількості вагонів по ваговим категоріям

Одним із основних факторів, який впливає на процес скочування відчепів з гірки є маса.

Відповідно до статті 37 [70] під час здавання вантажів для перевезення відправником має бути зазначена у накладній їх маса.

Маса вантажів визначається відправником. Спосіб визначення маси зазначається у накладній. Загальна маса вантажу визначається зважуванням на вагах, за трафаретом, за стандартом, за обміром, умовно і шляхом розрахунків.

В наслідок впливу на вантажі в процесі перевезення великої кількості факторів можуть виникати його втрати у незначній кількості.

Як відомо, існують дві можливі похибки вимірювання: абсолютна та відносна.

Величина маси визначається з похибкою.

Абсолютну похибку δ_a виражають в одиницях вимірюваної величини, вона дорівнює різниці між отриманим при вимірюванні значенням A і дійсним значенням вимірюваної величини X :

$$\delta_a = A - X \quad (2.1)$$

Дійсне значення вимірюваної величини X може бути визначено методами математичної статистики при багаторазових вимірах або шляхом вимірювання засобами визначення маси, похибка яких не менше ніж в 3 рази менше похибки застосовуваного засоби вимірювання маси. Для практичного визначення маси вантажу абсолютна похибка, як правило, не застосовується. Відносна похибка дельта (при $X = A$) дорівнює відношенню абсолютної похибки до вимірювання значенням вимірюваної величини.

Зазвичай відносну похибку виражають у відсотках:

$$\delta_{\text{від}} = \frac{\Delta}{A} \cdot 100\% \quad (2.2)$$

При практичних вимірюваннях маси, як правило, використовується відносна похибка, яка у вигляді граничної похибки вказується в паспорті засобу вимірювання маси і в нормативних документах Держстандарту України за методикою виконання вимірювання маси.

Під граничною похибкою розуміється максимальне допустиме відхилення вимірюваного значення маси A від дійсного значення X .

У разі, коли в технічному паспорті ваг вказується тільки абсолютна похибка, то відносна похибка може бути визначена за вищенаведеною формулою. Значення граничної похибки використовуються при розрахунках граничного розходження в результатах вимірювання маси вантажу.

З метою спрощення визначення результатів вимірювання маси вантажу значення граничної похибки в нормативних документах наводяться для інтервалів вимірюваної величини маси вантажу.

Відповідно до [70] на залізничному транспорті визначені випадки, коли залізниця зобов'язана перевірити масу вантажу. Маса вантажу вважається правильною, якщо різниця між масою вантажу, зазначеної в накладній на станції відправлення, порівняно з масою вантажу, визначеної при перевірці на станції призначення, не перевищує: при недостачі маси – норми природної втрати і

граничного відхилення маси вантажу нетто, розрахованого виходячи з граничного розходження визначення маси вантажу нетто; при надлишку маси – граничного відхилення маси вантажу нетто, розрахованого виходячи з граничного розходження визначення маси вантажу нетто.

Норма природної втрати обчислюється від маси вантажу, зазначеної в графі «Разом маса нетто».

Тарні і штучні вантажі перевозяться із зазначенням у накладній маси і кількості вантажних місць. Маса цих вантажів визначається за трафаретом на вантажних місцях (маса брутто), або за стандартом, коли всі місця мають стандартну, тобто однакову, масу.

Відповідно до [57] тарно-штучних вантажів, визначена за стандартом або за трафаретом, перевіряється тільки в пошкоджених місцях.

При цьому маса вантажу нетто вважається правильною, якщо різниця між масою нетто, визначеної на станції відправлення (зазначеної в накладній), порівняно з масою вантажу нетто, визначеної при перевірці на станції призначення, не перевищує:

- при недостатчі маси – граничного відхилення, розрахованого виходячи з граничного розходження в результатах визначення маси вантажу нетто.

Гранична похибка визначення маси одного вантажного місця приймається рівною $\pm 0,1\%$. Це значення обумовлено граничною похибкою засобів вимірювання маси, що використовуються на підприємствах, відвантажує тарно-штучні вантажі (товарні ваги та дозатори).

Маса зернових вантажів та вантажів, які перевозяться насипом та навалом, визначається відправником на вагонних, елеваторних та інших вагах або за допомогою дозувальних пристроїв або інших спеціальних приладів. У разі перевезення вантажів з устаткуванням, яке знімається і утепленням, у накладній під найменуванням вантажу зазначається маса обладнання і утеплювальних матеріалів і спосіб її визначення. Маса обладнання, яке знімається і матеріалів для утеплення у масу тари вагона не враховується.

При цьому в графі накладної «Разом кількість місць» вказується «насипом».

У графі накладної «Спосіб визначення маси» вказується тип ваг і гранична похибка вимірювання маси в залежності від типу ваг і методу зважування. Наприклад, «вагонні ваги, $\pm 0,3\%$ », «елеваторні ваги $\pm 0,1\%$ ».

При перевірці тари вагона на вагонних вагах із зупинкою і розчіпленням в графі накладної «Тара» слова «з бр.» закреслюються. У випадку, коли тара на вагонних вагах не перевірялася, слово «пров.» закреслюється.

Маса вантажів, які перевозяться наливом у вагонах-цистернах, визначається зважуванням або заміром висоти наливу і визначенням об'єму налитого вантажу і його маси за допомогою спеціальних таблиць калібровки залізничних цистерн. Маса харчових наливних вантажів визначається на вагонних вагах, а у разі їх відсутності – на товарних вагах.

Відповідно до [57] перевезення на залізничному транспорті маса вантажів, що перевозяться в цистернах, визначається шляхом зважування на вагонних вагах із зупинкою і розчіпленням або за допомогою метршток шляхом заміру висоти наливу.

Припускається застосування вагонних ваг для зважування в русі, якщо при зважуванні всі колеса цистерни одночасно знаходяться на вантажопідйомному пристрої ваг.

Відповідно [27] значення похибки вимірювання наливних вантажів коливаються: за допомогою прямих методів $\pm 0,25-0,80\%$; при об'ємно-масовому статичному методі - $\pm 0,80\%$.

Маса лісних вантажів і дров визначається умовно із зазначенням у накладній кількості штабелів і їх висоти. Зважування цих вантажів виконується на кранових вагах. При цьому, значення граничної похибки $\delta_{гр}$ при вказівці у накладній відомостей про застосування кранових ваг для зважування лісових вантажів приймається $\pm 0,5\%$.

Відповідно до [70] важливою умовою договору перевезення між залізницею та вантажовідправником є забезпечення схоронності вантажу в процесі транспортування. Природною втратою продукції або товару є втрати (зменшення маси продукції або товарів при зберіганні якості в межах вимог нормативних

документів), що є наслідком фізико-хімічних властивостей, впливу метеорологічних факторів та недосконалості засобів захисту продукції та товарів від втрат.

Шляхом порівняння даних про масу вантажу, отриманих з перевізних документів, із даними, одержаними в результаті зважування, було встановлено розбіжності між цими величинами (Додаток Б). Гістограму розподілу розбіжності наведено на рис. 2.4.

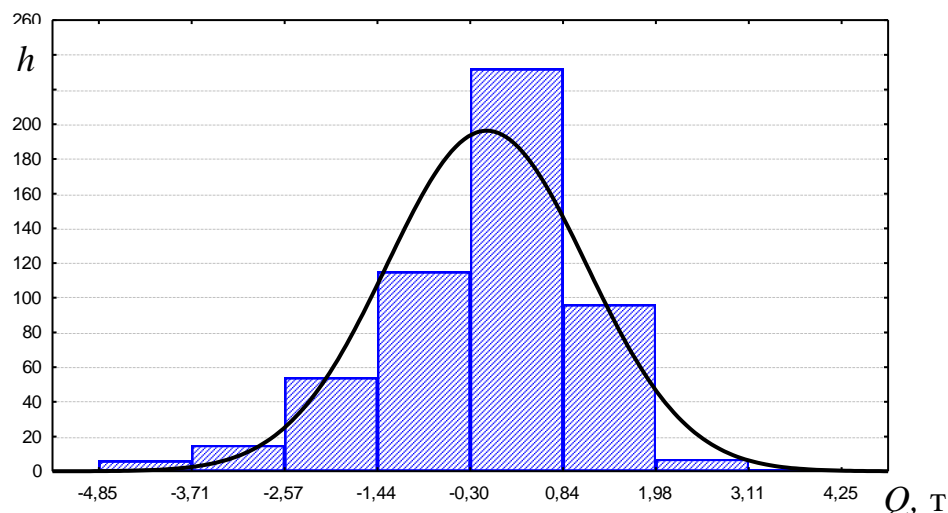


Рисунок 2.4 – Гістограма розподілу розбіжності величини маси вантажу

Як видно з рисунка, дана випадкова величина має нормальний закон розподілу.

Відповідно до розділу 1, на відчепи, що скочуються з сортувальної гірки, діють рушійні сили та сили опору: питомий опір руху, опір від стрілок та кривих, опір від гальмівних уповільнювачів, опір від середовища та вітру.

Основний опір руху – це опір руху вагона на прямій горизонтальній колії, що виникає внаслідок тертя між собою деталей буксового вузла, ударів на стиках, місцевих викривлень колії у плані та профілі. Основний питомий опір руху є випадковою величиною, тобто він може приймати при однакових умовах різні значення у вагонів одного роду.

Опір від стрілок та кривих виникає від тертя у шкворневих вузлах вагонів при вході та виході з кривої та від тертя об зовнішню рейку кривої коліс, що прижимаються до нього дією інерційної сили.

Величина опору від середовища та вітру залежить від значення величини швидкості вітру на маршруті скочування відчепа. При цьому, величина швидкості має також випадковий характер та потребує дослідження.

Швидкість та напрямок вітру є також випадковими величинами. Відповідно до [75] практика розрахунку конструкцій на динамічну дію вітрового потоку спирається на традиційне усереднювання швидкості вітру. В основному, у якості інтервалу приймається $[t_{\text{усеред}}] = 10 \text{ хв} = 600 \text{ с}$, або $[t_{\text{усеред}}] = 1 \text{ год} = 3600 \text{ с}$ [21].

Питання, пов'язані з усереднюванням швидкості вітру висвітлені в роботі [96], де розглядаються 5-ти, 3-х і 1-секундні інтервали усереднювання. Результати, отримані в цій роботі, свідчать про необхідність обліку реальної вітрової дії при розрахунках гнучких конструкцій, тобто застосування годинного і 10-ти хвилинного усереднювання недоцільно.

Традиційно вважається, що нерегульований хаотичний характер пульсацій швидкості вітру в приземному шарі обумовлює розподіл пульсації швидкісного натиску відповідно до нормального закону розподілу Гауса. Таке припущення можна зустріти в роботах [63], [68] та інших авторів. При цьому, відповідно до [100], добавка до швидкісного натиску, що враховує поривчастість, може бути визначена із записів миттєвої швидкості вітру в характерних районах, якщо середні величини швидкості вітру під час спостережень були досить великі. Проте, багато дослідників, зокрема, J.D.Holmes, K.R.Gurley, A.Kareem, J.Hojstrup і інші, ґрунтуючись на результатах натурних вимірів, відмічають не-Гауссовський характер дії вітру на конструкції [89-92]. Зокрема, вказується на істотні відхилення щільності розподілу ймовірності вітрового натиску від нормального. При цьому збільшується ймовірність виникнення критичних значень швидкості вітру, а, отже, і критичних навантажень. Можна припустити, що вказана не-Гауссовість обумовлена високими рівнями турбулентності ($e > 0,3$) вітрового потоку в приземному шарі.

Розрив між рівнем теоретичних і експериментальних досліджень пов'язаний передусім з тим, що вітрові течії мають значну нестационарність [22,86,93,99], отже, розглядання вітру як ергодичного випадкового процесу не виправдовує себе. Тому,

останнім часом більшість дослідників цього питання приділяють більше уваги експериментальним дослідженням [97,98,101], ніж чисельному моделюванню.

Пориви вітру, тобто різке короткочасне зростання швидкості вітру, є одними з основних факторів, що визначають динамічну дію приземного шару атмосфери на елементи ВЛ. Не випадково в зарубіжних стандартах фактор пориву вітру (Gust-factor) є одним з найважливіших, які необхідно враховувати в процесі проектування [87].

Фактор пориву вітру визначається статистикою відстежування екстремального значення і є найбільш ймовірним надзвичайним швидкісним значенням або значенням еквівалентного статичного навантаження. Максимум очікуємої швидкості вітру або відповідного навантаження впродовж інтервалу часу T може бути виражений у вигляді суми середньої величини і додавання значення середнього квадратичного відхилення, на статистично визначений піковий фактор:

$$\overline{X_{max}} = \bar{X} + g\sigma_x \quad (2.3)$$

При цьому фактор пориву визначається як [94]:

$$G = \frac{\overline{X_{max}}}{\bar{X}} = 1 + g \frac{\sigma_x}{\bar{X}} \quad (2.4)$$

де g – піковий фактор;

σ_x – значення середнього квадратичного відхилення X ,

G – фактор пориву вітру.

При розрахунках конструкцій не враховується дія на них поривів вітру. Це пов'язано з відсутністю реальної інформації про межі квазістатичної і резонансних частин спектру турбулентних пульсацій швидкості вітру. При цьому метод оцінки меж частин спектру відомий. Він заснований на обчисленні функції спектральної когерентності [1]:

$$\gamma_{V\sigma}^2(f) = \frac{|G_{V\sigma}(f)|^2}{G_{VV}(f)G_{\sigma\sigma}(f)} \quad (2.5)$$

де $\gamma_{V\sigma}^2(f)$ – функція когерентності;

$G_{V\sigma}(f)$ – односторонній взаємний спектр сигналів, адекватних швидкості вітру

та параметра реакції конструкції;

$G_{VV}(f)$ – односторонній спектр швидкості;

$G_{\sigma\sigma}(f)$ – односторонній спектр параметра реакції конструкції.

У ідеальному випадку, коли споруда, піддається зовнішній дії лінійно, функція когерентності дорівнює одиниці. Якщо зовнішня дія і реакція системи незалежні, то функція когерентності дорівнює нулю. Якщо ж значення функції когерентності знаходяться в інтервалі значень від нуля до одиниці, то можливі наступні ситуації:

- у вимірних реалізаціях сигналів є присутнім зовнішній шум;
- зв'язок між зовнішньою дією і реакцією системи не є строго лінійним;
- реакція системи, окрім вказаної зовнішньої дії, залежить і від інших процесів.

Для лінійних механічних систем функцію когерентності можна трактувати як відносний вклад зовнішньої дії в середній квадрат реакції на частоті f .

Слід зазначити, що у різних роботах є деякі розходження у визначенні терміну «пориви». Так, наприклад, в [88] під поривом розуміється вітровий імпульс з фронтом і спадом, що характеризується тривалістю і амплітудою. У рекомендаціях Germanisher Lloyd як порив приймається різке збільшення (позитивний порив) або зменшення (негативний порив) швидкості вітру. Під тривалістю пориву розуміється час наростання (спадання) швидкості, а під амплітудою – діапазон зміни швидкості вітру від одного рівня до іншого.

Динамічний характер дії вітру на конструкції багато в чому визначає особливості методик збору і обробки вимірювальної інформації, а також склад і характеристики вимірювальних перетворювачів. Для точної оцінки вітрового навантаження потрібна достовірна інформація як про характеристики вітру (швидкості, напрямку, розподілу швидкості по висоті, амплітуді і тривалості поривів), так і про реакцію конструкції.

Експериментальне дослідження вітрової дії на конструкції, як правило,

пов'язане з великими масивами інформативних параметрів, що описують як зовнішні дії, так і реакцію у відповідь конструктивних елементів. Основною функцією вимірювальних систем при цьому є забезпечення як можливо повнішої показності вимірів, що проводяться, як по кількості вимірюваних параметрів в реальних частотних і динамічних діапазонах їх зміни, так і за часом, який характеризує вказану вище взаємодію. Конфігурація системи в основному визначається видом вибраного методу дослідження – натурального або модельного, в умовах аеродинамічної труби, а також кількістю і складом вимірюваних параметрів. Тому у кожному конкретному випадку реалізований набір інструментальних засобів вимірювання є «унікальною» системою.

Значна довжина записаних реалізацій сигналів і велика кількість зафіксованих поривів зумовили необхідність розробки методики визначення їх характеристик, серед яких найбільш значимі, - амплітуда і тривалість. В якості критерію того, що пульсація швидкості вітру є поривом, прийняте значення швидкості, середнього, що перевищує, по ансамблю значень, виміряних впродовж 2 с. :

$$V(t) \geq M = \overline{V}_2 \quad (2.6)$$

Такий вибір зроблено на підставі згаданої вище істотної нестационарності значень середньої швидкості в 2- і 10-хвилинних інтервалах. Надалі з початкової реалізації формується допоміжна реалізація $W(t)$ відфільтрована цифровим фільтром нижніх частот. Остання потрібна для відсіювання високочастотних турбулентних пульсацій малої амплітуди і тривалості, які можуть викликати «помилкові спрацьовування» алгоритму виділення поривів. В якості критерію тривалості можна взяти будь-яке значення, наприклад, 0,1 с, що відповідає частоті 10 Гц.

Надалі на підставі відфільтрованої реалізації і описаного вище критерію формується друга допоміжна реалізація, що відповідає наступному критерію:

$$D(t) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } V(t) \geq M \\ 0, & \text{якщо } V(t) \leq M \end{cases} \quad (2.7)$$

Ця реалізація потрібна для визначення тривалості, а також служить в якості опорної при визначенні максимального значення швидкості кожного з поривів. Тривалість пориву визначається відповідно до наступного виразу:

$$\tau = \Delta t \sum_i D(t)_i, \text{ при } D(t) = 1 \quad (2.8)$$

де i – номер вибірки із реалізації $D(t)$;

$D(t)$ - інтервал часу між двома послідовними вибірками, що задається алгоритмом аналого-цифрового перетворення сигналу, $t = i \cdot Dt$.

Максимальне значення швидкості вітру в пориві визначається на підставі реалізацій $V(t)$ і $D(t)$. При цьому з реалізації $V(t)$ при $D(t) = 1$ робиться вирізка фрагмента, що містить порив і з ансамблю значень цього фрагмента знаходиться максимальне. Кількість поривів n в реалізації сигналу швидкості вітру відповідає кількості максимумів.

У таблиці 2.1 наведено дані по кількості поривів вітру n , їх середній тривалості $\bar{\tau}$, максимальному V_{max} і середньому максимальному $\overline{V_{max}}$ значенню швидкості пориву вітру для годинних реалізацій швидкісних сигналів.

Таблиця 2.1 – Результати статистичної обробки інформації про пориви вітру

№	n	$\bar{\tau}, \text{ м/с}$	$V_{max}, \text{ м/с}$	$\overline{V_{max}}, \text{ м/с}$
1	9	2,67	1,85	1,22
2	14	3,00	1,79	0,87
3	10	2,90	1,12	0,40
4	10	2,90	1,12	0,62
5	14	3,14	2,44	0,94
6	18	2,83	2,46	1,10
7	11	2,64	1,93	0,91
8	19	2,79	2,83	1,14
9	15	2,93	2,44	0,87
10	12	2,42	1,12	0,33

Значний розкид і тривалість поривів вітру, так само як і розкид усереднених значень швидкості вітру, свідчить про істотну нестаціонарність вітрового потоку. Звертає на себе увагу той факт, що середнє квадратичне відхилення тривалості поривів вітру часто значно перевищує середнє значення. Це свідчить про те, що, як і у разі швидкості вітру, функція щільності розподілу ймовірності також має не-Гауссовський характер.

За допомогою електронного анемометру ST-618 №02 (свідоцтво про державну метрологічну атестацію №22-157 від 12.02.2009 р) виконано натурні дослідження на станції Нижньодніпровськ-Вузол по визначенню швидкості та напрямку вітру на протязі скочування состава. Практика розрахунку конструкцій на динамічну дію вітрового потоку спирається на традиційне усереднювання швидкості вітру, тому у якості інтервалу прийнято $[t_{\text{усеред}}] = 3 \text{ с}$. На підставі обробки результатів отримано графік розподілу випадкової величини швидкості вітру $v_{\text{в}}$ на маршруті скочування відчепів, яка наведена на рис. 2.5.

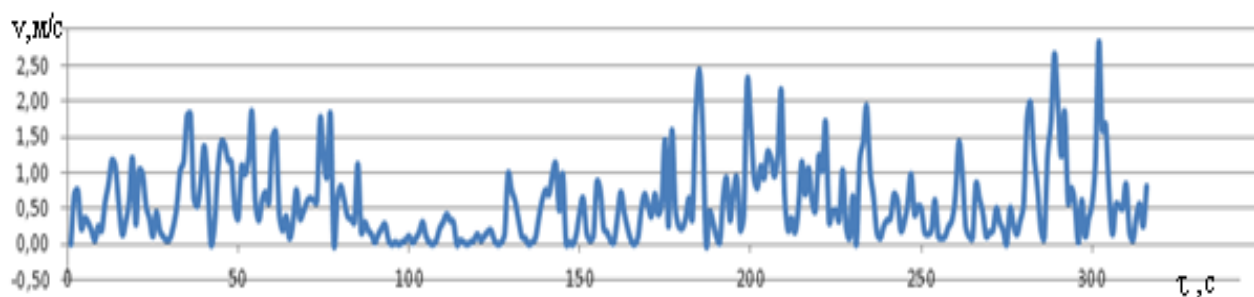


Рисунок 2.5 – Зміна величини швидкості вітру на маршруті скочування відчепа

Гістограму розподілу випадкової величини швидкості вітру наведено на рис. 2.6.

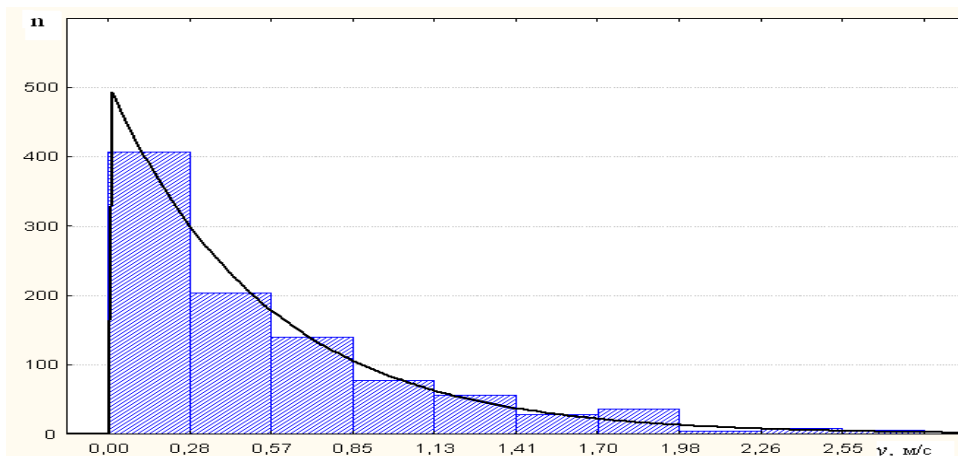


Рисунок 2.6 – Гістограма розподілу випадкової величини швидкості вітру

Встановлено, що дана випадкова величина має показниковий закон розподілу.

Також отримано відомості щодо напрямку вітру під час розформування составу. Розподіл швидкості та повторюваності вітру зображено у вигляді рози вітрів (рис. 2.7).

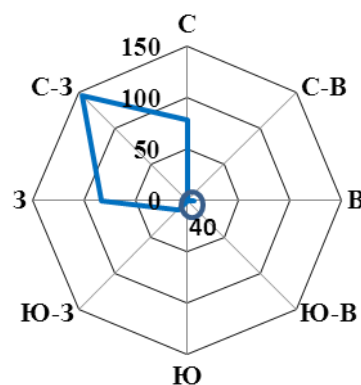


Рисунок 2.7 – Роза вітрів

Площа навітряної поверхні вагона є також змінною величиною, яка становить для: напіввагонів – від 8 до 12м², вагонів платформ – від 4 до 17 м², критих вагонів – від 9 до 17м², вагонів-цистерн – від 10 до 15м² [26]. Таким чином, процес розформування составів поїздів підлягає впливу великої кількості випадкових факторів, у зв'язку з цим, для вирішення задач оптимізації технології роботи сортувальних гірок необхідна розробка імітаційних моделей для ЕОМ і методів управління розпуском, які будуть враховувати стохастичний характер параметрів составів та умов їх розпуску.

2.2 Структура, послідовність та методи проведення досліджень

Виконаний аналіз наукових робіт по проблемі підвищення ефективності розформування составів на сортувальних гірках в сучасних умовах показав, що існує багато автоматизованих систем управління скочуванням відчепів, але усі вони не враховують випадковий характер параметрів відчепів та умов навколишнього середовища. У зв'язку з тим метою другого розділу є дослідження характеристик вагопотоків, що переробляються на сортувальних станціях України.

Проблеми підвищення ефективності роботи та перероблюючої спроможності сортувальних станцій складні та різноманітні. Для цього обґрунтовується вибір напрямку досліджень, визнається науковий підхід до вирішення даної задачі та розробляється загальна методика проведення дисертаційних досліджень.

При розв'язанні задачі підвищення ефективності роботи сортувальних гірок, що забезпечують розформування поїздів на сортувальних станціях за рахунок удосконалення методів управління скочуванням відчепів необхідно використовувати системний підхід.

Відповідно до [69], системний підхід – це комплексне вивчення об'єкта як одного цілого з представленням частин його як цілеспрямованих систем і вивчення цих систем та взаємовідносин між ними. При системному підході об'єкт розглядається як сукупність взаємопов'язаних елементів однієї складної динамічної системи, яка перебуває в стані постійних змін під впливом багатьох внутрішніх і зовнішніх факторів, пов'язаних процесами перетворення вхідного набору ресурсів в інші вихідні ресурси.

Процес поділу систем на елементи, зручні для якихось операцій з нею, а саме поділ до елементів, які приймаються за неподільні об'єкти називається декомпозицією. Головна мета декомпозиції – поділ системи на простіші частини. Зменшуючи складність системи, ми забезпечуємо умови для аналізу та синтезу компонентів, для проектування, побудови, впровадження, експлуатації та вдосконалення систем управління. Поділ звичайно виконують у такий спосіб, щоб компоненти піддавались якій-небудь класифікації.

Сортувальна гірка являє собою складну систему, тому в дисертації задача підвищення ефективності роботи сортувальних гірок на основі удосконалення методів управління розформуванням составів розглядається на двох рівнях: перший рівень – процес скочування поодиноких відчепів, другий рівень – розформування составів, які складаються з окремих відчепів.

При розгляданні процесу розформування составів з гірки, як системи необхідно враховувати наступне, що кожна система поведінка якої залежить від дії випадкових факторів є стохастичною. Будь-яка система, входні параметри якої залежать від часу називається динамічною. Із урахуванням визначення лінійності і не лінійності систем, можна зробити висновок, що процес скочування відчепів з гірки є нелінійною системою.

2.3 Висновки до розділу 2

Таким чином, процес розформування составів підлягає впливу великої кількості випадкових факторів, у зв'язку з цим, для вирішення задач оптимізації технології роботи сортувальних гірок необхідна розробка імітаційних моделей для ЕОМ і методів управління розпуском, які будуть враховувати стохастичний характер параметрів составів та умов їх розпуску.

Визначення статистичних характеристик вагопотоків, що переробляються на сортувальних станціях України, показало, що значну кількість (біля 50 %) складають одновагонні відчепа. В теперішній час режими гальмування відчепів вибираються в залежності від їх вагової категорії, яка визначається по масі вагонів відчепа, вказаної у перевізних документах. Однак дослідження показали, що в багатьох випадках спостерігається відхилення фактичної маси вантажу від вказаної у перевізних документах. Також значний вплив на вибір режимів гальмування здійснює напрямок вітру, який змінюється, та площа навітряної поверхні вагона. Дослідження показали, що математичне очікування величини зміни напрямку вітру становить 3,5 град/с, а величина площі навітряної поверхні вагона коливається від 4м² для вагонів платформ до 17м² для критих вагонів.

На підставі цього сформульовані мета та задачі дослідження та наведено на рис. 2.8.



Рисунок 2.8 – Задачі дослідження та методи їх вирішення

РОЗДІЛ 3

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СКОЧУВАННЯ ВІДЧЕПІВ ІЗ ГІРКИ

Автоматизація сортувального процесу розформування составів є основним напрямом підвищення продуктивності сортувальних гірок, підвищенням якості процесу розформування составів, ефективного використання технічних засобів, поліпшення умов праці, зменшення витрат на розформування составів. В той же час автоматизація сортувальних гірок є досить дорогим заходом, який вимагає вкладення значних коштів. Тому в умовах існування різних систем автоматизації гіркових процесів виникає питання техніко-економічного обґрунтування їх впровадження і порівняння конкуруючих варіантів рішень. Відповідно до Правил та норм проектування сортувальних пристроїв, варіанти конструкції сортувальних гірок, їх колійний розвиток та обладнання для виконання прогресивного процесу переробки вагонів повинні бути оцінені за допомогою моделювання процесу розформування потоку составів на ЕОМ. Однак, у сучасних умовах виконується лише перевірка плану та поздовжнього профілю сортувальної гірки, яка ґрунтується на результатах імітаційного моделювання скочування відчепів розрахункової групи. Разом з тим, в даний час відсутнє не лише програмне забезпечення, яке може вирішувати подібні завдання, але і відповідна нормативна база, математичні моделі і методичний підхід в цілому. В той же час технічне забезпечення сортувальних гірок є істотно зношеним і морально застарілим, тому завдання його модернізації і реконструкції є досить актуальними.

Аналіз конструкції і технічного забезпечення сортувальних гірок виконується на підставі скочування розрахункової групи відчепів при їх відомих параметрах і відомих умовах навколишнього середовища. Подібний підхід дає можливість оцінити лише роботоспроможність сортувальної гірки і не дозволяє визначити техніко-економічні показники її функціонування, ставити і вирішувати завдання удосконалення їх конструктивних параметрів і алгоритмів управління. Для отримання таких показників необхідно перейти від детермінованого підходу до

стохастичного.

3.1 Базова модель сортувальної гірки

Імітаційна модель включає модель маршруту скочування, вагонно-осьову модель відчепа, а також дані про умови скочування, в яких міститься інформація, необхідна для адекватного моделювання процесу скочування відчепа з гірки. Базовою є модель переміщення відчепа по маршруту, яка забезпечує перехід між поточними положеннями процесу скочування [9].

Відповідно до [9] вхідна модель маршруту скочування відчепа з гірки представлена списком структур:

$$P_u = \{l_u, \omega_u, \theta_u, i_u, R_{Bu}\}, u=1, \dots, M, \quad (3.1)$$

де l_u – довжина елемента, м;

ω_u – параметр, який характеризує опір руху від стрілок та кривих;

θ_u – тип;

i_u – ухил, %;

R_{Bu} – радіус вертикальної кривої, м;

M – число елементів маршруту.

Весь маршрут скочування відчепа розділяється на послідовні елементи так, щоб їх межами були характерні точки плану гірочної горловини. До таких точок віднесено початок і кінець рейкових ланцюгів розділових стрілок і уповільнювачів, початок і кінець робочих довжин уповільнювачів, початок і кінець елементів, що мають додатковий опір руху (стрілочні переводи, глухі перетини, криві), початок і кінець сортувальної колії, вершина гірки, а також точки перелому профілю. При цьому вказані точки, залежно від їх типу, можуть розташовуватися на початку елемента, в кінці або на обох його межах.

Вхідна модель відчепа представляється списком структур, що містять дані про вагони відчепа

$$B_i = \{\gamma_i, v_{Bi}, \rho_i, Q_{Bi}, \omega_{oi}\}, i = 1, \dots, m, \quad (3.2)$$

де γ_i – тип i – го вагона;

v_{Bi} – кількість осей;

ρ_i – тип підшипників;

Q_{Bi} – вага;

ω_{oi} – основний питомий опір;

m – кількість вагонів у відчепі.

На основі даних вхідної моделі програмними засобами будується внутрішня вагонно-осьова модель, яка безпосередньо використовується для імітаційного моделювання скочування відчепа з гірки.

Умови скочування відчепа задаються списком параметрів:

$$Y = \{V_0, S_{прц}, V_{віт}, \beta, t^0, \Delta s, W\}, \quad (3.3)$$

де V_0 – швидкість розпуску состава;

$S_{прц}$ – координата точки прицілювання;

$V_{віт}$ – швидкість вітру;

β – напрямок вітру;

t^0 – температура навколишнього середовища;

Δs – шаг моделювання;

W – номер колії скочування.

Процес переміщення відчепа моделюється за допомогою диференціального рівняння першого порядку $v' = f(t, v)$ [11]:

$$dt = \frac{dv}{g'(i(s)) - \omega_0 - \omega_{ск}(v) - \omega_{1ар}(v)} \cdot 10^{-3} \quad (3.4)$$

Для розрахунку сил, що діють на відчеп в процесі скочування, використовується вагонно-вісьова модель відчепа [11].

Дана модель забезпечує досить високу точність розрахунків. При цьому ухил i , по якому рухається кожна вісь відчепа, розглядається як безперервна змінна

величина, що особливо необхідно для правильного визначення положення відчепа у момент відриву від состава. Для реалізації даного підходу використовується представлення подовжнього профілю гірки модифікованим кубічним сплайном. При цьому миттєве значення ухилу $i(s)$, по якому рухається центр маси відчепа, коли його перша вісь знаходиться в точці s , визначається як

$$i(s) = \frac{1}{Q_{\text{відч}}} \sum_{i=1}^{m_{\text{відч}}} q_i \sum_{r=1}^{v_{\text{Bi}}} i(s_{ir}), \quad (3.5)$$

де $Q_{\text{відч}}$ - маса відчепа;

q_i - навантаження на вісь i -го вагона у відчепі ($q_i = Q_{\text{Bi}}/v_{\text{Bi}}$);

s_{ir} - координата точки, в якій знаходиться r -я вісь i -го вагона;

$i(s_{ir})$ – значення ухилу, на якому знаходиться r -я вісь i -го вагона.

У рівнянні (3.4) опір від стрілок та кривих $\omega_{\text{СК}}$ визначається як функція миттєвої швидкості відчепа [56]:

$$\omega_{\text{СК}}(v) = K_{\text{СК}} v^2, \quad (3.6)$$

де $K_{\text{СК}}$ - середньозважений коефіцієнт опору стрілок та кривих.

Для розрахунку $K_{\text{СК}}$ в моделі гірки міститься інформація про параметри і розміщення стрілок і кривих на коліях скочування.

Питома сила опору від навколишнього середовища і вітру визначається відповідно до [56] як функція миттєвої швидкості відчепа:

$$\omega_{\text{СВ}}(v) = K_{\text{СВ}} v_{\text{відч}}^2, \quad (3.7)$$

де $v_{\text{відч}}$ - відносна швидкість відчепа та повітря;

$K_{\text{СВ}}$ – середньозважений коефіцієнт опору від середовища та вітру.

Для визначення питомих сил опору від навколишнього середовища і вітру $\omega_{\text{СВ}}$ в моделі відчепа містяться дані про вагу і тип кожного вагону.

Для моделювання гальмування відчепів на гальмівних позиціях в моделі визначається питомий опір від гальмівних уповільнювачів $\omega_{\text{Г}}$, який розглядається як

сума питомих гальмівних сил уповільнювачів різного типу, які можуть одночасно діяти на довгий відчеп:

$$\omega_{\Gamma} = \omega_{\Gamma H} + \omega_{\Gamma B} + \omega_{\Gamma BH}, \quad (3.8)$$

де $\omega_{\Gamma H}$, $\omega_{\Gamma B}$, $\omega_{\Gamma BH}$ – питомі гальмівні опори відповідно натискних, вагових, та важільно-натискних уповільнювачів (РНЗ).

При цьому величина $\omega_{\Gamma H}$ для уповільнювачів натискного типу визначається як [56]:

$$\omega_{\Gamma H} = \frac{1}{\nu} \sum_{i=1}^{\nu} \omega_{\Gamma H i}, \quad (3.9)$$

де $\omega_{\Gamma H i}$ – питома гальмівна сила уповільнювача натискного типу, яка діє на i -у вісь відчепа;

ν – кількість осей у відчепі;

Для уповільнювачів вагового типу величина $\omega_{\Gamma B}$ визначається з урахуванням навантаження на вісь відчепа q_i , що гальмується:

$$\omega_{\Gamma B} = \frac{1}{Q_{\text{відч}} \sum_{i=1}^{m_{\text{відч}}} q_i \sum_{r=1}^{\nu_{\text{ві}}} \omega_{\Gamma B i}}, \quad (3.10)$$

Величина $\omega_{\Gamma B i}$ визначається для осей відчепа, що рухаються на черговому кроці переміщення Δs в межах уповільнювачів вагового типу, аналогічно (3.9). При цьому значення гальмівної потужності вагового уповільнювача H_{Γ} обирається в залежності від кількості осей вагона ν_B , що гальмується.

Для уповільнювачів РНЗ, гальмівна характеристика яких постійна та не залежить від кількості осей, що гальмуються, величина питомої гальмівної сили визначається як:

$$\omega_{\Gamma P} = \sum_{k=1}^z \omega_{\Gamma P k}, \quad (3.11)$$

де $\omega_{\Gamma P k}$ – питома гальмівна сила k -го уповільнювача даного типу;

z – кількість уповільнювачів РНЗ на маршруті скочування відчепа.

3.2 Удосконалена модель скочування відчепів

Як зазначалося у розділі 1, існуючі методи оптимізації режимів гальмування базуються на припущенні, що величини основного питомого опору ω_0 , опору від стрілок та кривих $\omega_{ск}$, опору від середовища та вітру $\omega_{св}$, опору від гальмівних уповільнювачів $\omega_{г}$ мають постійні значення на маршруті скочування. В той же час, як зазначалося у розділі 2, вказані величини мають випадковий характер на маршруті скочування. Дослідження впливу випадкових факторів на швидкість та час скочування відчепів дозволить удосконалити методику оцінки техніко-експлуатаційних характеристик сортувальних гірок і розробити більш ефективні алгоритми оперативного управління процесом розпуску составів.

Для дослідження процесу розпуску составів в умовах дії випадкових факторів у [31] удосконалено базову модель [11] скочування відчепів з гірки.

Як відомо, процес скочування відчепа описується диференціальним рівнянням:

$$v' = \frac{dv}{dt} = g'(i - \omega_0 - \omega_{св}(v) - \omega_{ск}(v) - b_{г}) \cdot 10^{-3}, \quad (3.12)$$

де i – ухил колії на маршруті скочування; ω_0 – основний питомий опір руху відчепа, Н/кН;

$\omega_{св}$ – додатковий питомий опір руху від повітряного середовища, Н/кН;

$\omega_{ск}$ – додатковий питомий опір, що виникає при проходженні стрілок і кривих Н/кН;

v – швидкість відчепа, м/с;

g' – прискорення вільного падіння з урахуванням інерції частин вагона, що обертаються, м/с²;

$b_{г}$ – опір руху від гальмівних уповільнювачів, Н/кН:

$$b_{г} = F(v_{гп}^{вх}, v_{гп}^3, \sigma_{гп}), \quad (3.13)$$

де $v_{гп}^{вх}$ – швидкість входу відчепа на ГП, км/год;

$v_{гп}^3$ – випадкова величина швидкості виходу відчепа з ГП, що розподілена за

нормальним законом, км/год;

$\sigma_{\Gamma\Pi}$ – математичне очікування та середнє квадратичне відхилення випадкової величини швидкості відчепа.

Для дослідження процесу розпуску составів в умовах дії випадкових факторів удосконалено базову модель скочування відчепів з гірки.

Відповідно до [55] параметри та закон розподілу випадкової величини ω_0 залежать від вагової категорії вагонів q і типу підшипників. Для вагонів з роликowymi підшипниками величина ω_0 має гама розподіл з параметрами α та β :

$$F(\omega_0) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \int_0^{\omega_0} e^{-\beta\omega_0} \omega_0^{\alpha-1} d\omega_0, \quad (3.14)$$

де α, β – коефіцієнти гама-розподілу.

На рис.3.1 наведено графік щільності розподілу $f(\omega_0)$ відчепів легкої та важкої вагових категорій.

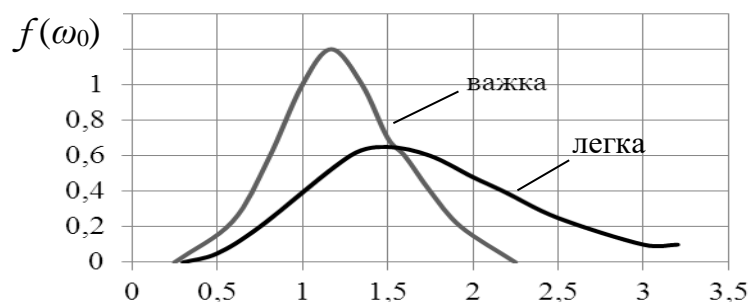


Рисунок 3.1- Графік щільності розподілу $f(\omega_0)$ відчепів легкої та важкої вагових категорій

Розглянемо більш докладно моделювання випадкової величини основного питомого опору на маршруті скочування відчепа.

Нехай w_1, w_2, \dots, w_τ – тимчасовий ряд, що описує зміни показника w_t

«коливального характеру», $t = \overline{1, \tau}$ [34]. Крім того, нехай $w(t)$ – передбачувана теоретична залежність, що відповідає експериментальній.

Функцію $w(t)$ у досліджуваному інтервалі часу можна при виконанні деяких

умов представити нескінченним рядом синусоїдальних і косінусоїдальних функцій (ряд Фур'є), наприклад, якщо функція в-монотонна й обмежена (умови Дирихле).

Перша гармоніка має період, рівний довжині досліджуваного періоду. Друга гармоніка має період, рівний половині основного, третя – однієї третини основного і т.д. Узагалі, якщо є τ спостережень, то число гармонік не буде перевищувати $\frac{\tau}{2}$. Для

функції «коливального характеру», як правило, їх потрібно визначити менше, також функції добре описуються декількома першими гармоніками.

Записуємо $w(t)$ у вигляді суми $\frac{\tau}{2}$ гармонік:

$$w_0(t) = \bar{w}_0 + \sum_{i=1}^{\frac{\tau}{2}} (A_i \cos \frac{2\pi t i}{\tau} + B_i \sin \frac{2\pi t i}{\tau}), \quad (3.15)$$

де \bar{w}_0 – математичне очікування величини опору руху, кгс/тс;

A_i, B_i – коефіцієнти ряду Фур'є;

$\frac{2\pi t}{\tau}$ – частота i -ї гармоніки;

τ – тривалість вимірювання, с;

i – кількість гармонік.

A_i, B_i – коефіцієнти Фур'є;

\bar{v}_B – математичне очікування величини швидкості вітру, м/с.

$$\bar{w}_0 = -\frac{1}{b} \ln(\prod_{j=1}^a R_j), \quad (3.16)$$

де a, b – параметри гамма розподілу;

R_j – випадкові числа, що рівномірно розподілені у інтервалі (0; 1).

Коефіцієнти A_i, B_i та a_0 оцінюються за методом найменших квадратів:

$$\sum_{t=1}^{\tau} (y_t - y(t))^2 \rightarrow \min \quad (3.17)$$

Одержання формул для коефіцієнтів полегшується завдяки властивості ортогональності:

$$\sum_{t=1}^{\tau} \sin\left(\frac{2\pi}{p} it\right) \sin\left(\frac{2\pi}{p} jt\right) = \begin{cases} 0, & i \neq j \\ \frac{\tau}{2}, & i = j \neq 0 \neq \frac{\tau}{2} \end{cases}$$

Подібна рівність має місце, якщо обидва члени замінені косинусами, якщо ж один член замінений косинусом - то сума в лівій частині дорівнює 0.

Позначимо:

$$S\left(a_0, A_1, A_2, A_{\frac{\tau}{2}}, \dots, B_{\frac{\tau}{2}}\right) = \sum_{t=1}^{\tau} w_t = -a_0 - \sum_{i=1}^{\frac{\tau}{2}} [A_i \sin\left(\frac{2\pi}{\tau} \cdot i \cdot t\right) + D_i \cos\left(\frac{2\pi}{\tau} \cdot i \cdot t\right)]^2$$

Оцінки параметрів A_i, B_i та a_0 знаходяться із системи рівнянь :

$$\sum_{t=1}^{\tau} w_t = \tau a_0 + \sum_{t=1}^{\tau} \sum_{i=1}^{\frac{\tau}{2}} A_i \sin\left(\frac{2\pi it}{\tau}\right) + \sum_{t=1}^{\tau} \sum_{i=1}^{\frac{\tau}{2}} B_i \cos\left(\frac{2\pi it}{\tau}\right),$$

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{\tau} w_t \sin\left(\frac{2\pi it}{\tau}\right) &= \\ &= a_0 \sum_{t=1}^{\tau} \sin\left(\frac{2\pi it}{\tau}\right) + \\ &+ \sum_{t=1}^{\tau} \sum_{i=1}^{\frac{\tau}{2}} A_i \sin\left(\frac{2\pi it}{\tau}\right) A_i \sin\left(\frac{2\pi it}{\tau}\right) + \sum_{t=1}^{\tau} \sum_{i=1}^{\frac{\tau}{2}} A_i \sin\left(\frac{2\pi it}{\tau}\right) B_i \cos\left(\frac{2\pi it}{\tau}\right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{\tau} w_t \cos\left(\frac{2\pi it}{\tau}\right) &= \\ &= a_0 \sum_{t=1}^{\tau} \cos\left(\frac{2\pi it}{\tau}\right) + \\ &+ \sum_{t=1}^{\tau} \sum_{i=1}^{\frac{\tau}{2}} A_i \sin\left(\frac{2\pi it}{\tau}\right) B_i \cos\left(\frac{2\pi it}{\tau}\right) + \sum_{t=1}^{\tau} \sum_{i=1}^{\frac{\tau}{2}} B_i \cos\left(\frac{2\pi it}{\tau}\right) B_i \cos\left(\frac{2\pi it}{\tau}\right) \end{aligned}$$

$$j = \overline{1, \frac{\tau}{2}}$$

Оцінки параметрів A_i, B_i та a_0 мають вигляд:

$$\begin{aligned} a_0 &= \frac{1}{\tau} \sum_{t=1}^{\tau} w_t, \\ A_i &= \frac{2}{\tau} \sum_{t=1}^{\tau} w_t \sin\left(\frac{2\pi it}{\tau}\right) \\ B_i &= \frac{2}{\tau} \sum_{t=1}^{\tau} w_t \cos\left(\frac{2\pi it}{\tau}\right) \end{aligned} \quad (3.19)$$

Якщо $i < \frac{p}{2}$.

При $i = \frac{p}{2}$, $A_{\frac{p}{2}} = 0$, $B_{\frac{p}{2}} = \frac{1}{\tau} \sum_{t=1}^{\tau} (-1)^t w_t$

Отримані рівняння дозволять моделювати величину основного питомого опору на маршруті скочування.

Для моделювання випадкового значення $\omega_{ск}$ використовується вираз [56]:

$$\omega_{ск}(v) = v^2 \sum_{j=1}^{m_{відч}} q_{вj} \sum_{i=\alpha_j}^j \frac{C_{скi}}{l_{скi}}, \quad (3.20)$$

де v – швидкість скочування відчепу, м/с;

$m_{відч}$ – кількість вагонів у відчепі;

$q_{вj}$ – маса відчепу, т;

$l_{скi}$ – довжина ділянки скочування відчепу, м.

При цьому випадкове значення $C_{скi}$ для окремої стрілки чи кривої визначається за формулою:

$$C_{скi} = -\frac{0,56\theta + 0,23\varphi_n}{g} \ln \prod_{k=1}^g R_k, \quad (3.21)$$

де θ_n – тип n -го елемента ($\theta_n = 0$ – крива; $\theta_n = 1$ – стрілка);

φ_n – кут повороту кривої n -го елемента, град;

R_k – випадкові числа розподілені рівномірно у інтервалі (0; 1).

Випадкова величина $\omega_{св}$ на маршруті скочування відчепу моделюється за допомогою виразу:

$$\omega_{\text{св}} = c \cdot v_{\text{від}}^2, \quad (3.22)$$

де c – приведений коефіцієнт повітряного опору;

$v_{\text{від}}$ - відносна результуюча швидкість відчепа та вітру, м/с, що визначається

за формулою:

$$v_{\text{від}} = v^2 + v_{\text{в}}^2 \pm 2vv_{\text{в}} \cos\beta, \quad (3.23)$$

де v – швидкість скочування відчепа, м/с;

β – кут між напрямком вітру та віссю ділянки колії, по якій рухається відчеп;

$v_{\text{в}}$ – швидкість вітру, м/с, яка моделюється за допомогою гармонічної функції

як і величина основного питомого опору:

$$v_{\text{в}}(t) = \bar{v}_{\text{в}} + \sum_{i=1}^{\frac{\tau}{2}} (A_i \cos \frac{2\pi t i}{\tau} + B_i \sin \frac{2\pi t i}{\tau}), \quad (3.24)$$

де $\bar{v}_{\text{в}}$ - математичне очікування величини швидкості вітру, м/с.

Значення $\omega_{\text{ск}}$ та $\omega_{\text{Г}}$ відповідно до [56] моделюються як випадкові величини з нормальним законом розподілу, характеристики яких залежать від ваги і типу вагонів відчепа.

Напрямок вітру в моделі моделюється за допомогою наступного виразу:

$$\alpha(t) = \bar{\alpha} + \sum_i (A_i \cos \frac{2\pi t}{\tau} + B_i \sin \frac{2\pi t}{\tau}), \quad (3.25)$$

де $\bar{\alpha}$ – математичне очікування кута напрямку вітру, град.

У дисертаційній роботі розглянуті різні методи визначення маси, а також виконано дослідження випадкової величини маси вагона. У окремому досліді значення цієї випадкової величини може бути промодельоване за допомогою виразу:

$$Q_{\text{в}} = M[Q] + \sigma[Q] \cdot z, \quad (3.26)$$

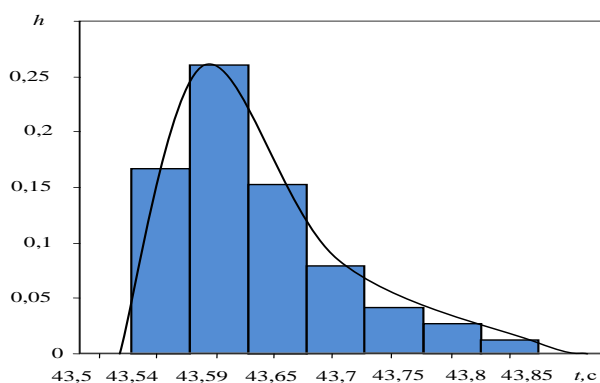
де $M[Q]$ – математичне очікування випадкової величини маси відчепа, т;

$\sigma[Q]$ – величина розходження маси вантажу вказаної у перевізних документах та маси вантажу після переваження.

Запропоновані методи реалізовано у вигляді програмного комплексу для ЕОМ.

Зважаючи на те що, більшість характеристик відчепів та умов скочування є випадковими величинами, швидкість $v(s)$ та час $t(s)$ руху відчепів є також випадковими величинами. На рис. 3.2 наведено гістограми розподілу випадкових величин часу та швидкості руху відчепів.

а)



б)

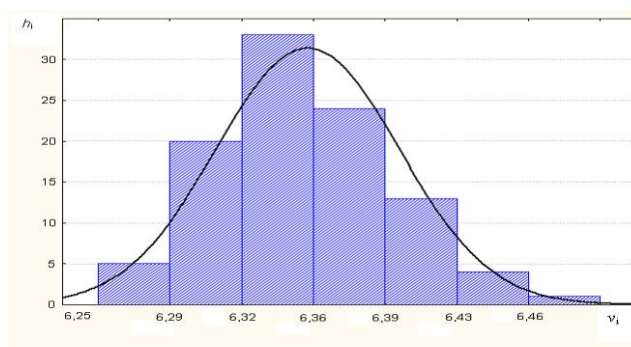


Рисунок 3.2 – Гістограми розподілу випадкових величин: а) часу та б) швидкості скочування відчепів

На підставі аналізів результатів дослідів висунута гіпотеза про логнормальний розподіл швидкості та часу руху відчепів. Перевірка за критерієм Пірсона χ^2 показала, що немає підстав для того, щоб відхилити вказану гіпотезу. Експерименти при інших умовах також підтвердили нормальний розподіл.

Таким чином, при оптимізації інтервального регулювання швидкості відчепів з достатньою точністю можна вважати, що час скочування відчепів до деякої точки t знаходиться в межах інтервалу

$$\bar{t} - q_k \sigma(t) < t < \bar{t} + q_k \sigma(t), \quad (3.27)$$

Математичне очікування часу скочування відчепу \bar{t} до деякої точки має близьке значення до часу скочування відчепу, з вагою та основним питомим опором рівним їх математичним очікуванням у ваговій категорії.

Для перевірки вказаної гіпотези відповідно до [82] визначені межі довірчого інтервалу для величини \bar{t} :

$$G_H = \bar{X} - z_\alpha \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, G_B = \bar{X} + z_\alpha \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (3.28)$$

де G_H, G_B – відповідно нижня та верхня межі випадкового інтервалу;

\bar{X} – середнє арифметичне ряду змінних;

z_α – критичне значення нормованого нормального розподілення при двобічному обмеженні, яке залежить від заданої ймовірності помилки α та статистичної достовірності $S = 1 - \alpha$;

σ – середнє квадратичне відхилення;

n – об'єм ряду вимірювань.

Процес отримання моделі скочування відчепів по спускній частині гірки розглянемо на прикладі скочування відчепів різних категорій.

У зв'язку зі складністю гіркових процесів отримати аналітичну залежність відгуку від факторів практично неможливо, тому відповідно до [16] у якості моделі використано рівняння регресії у формі лінійного поліному:

$$y(a, x) = a_0 + a_1 x_1 + \dots + a_n x_n + a_{n+1} x_1 x_2 + \dots + a_k x_{n-1} x_n, \quad (3.29)$$

Для дослідження впливу різних факторів на величину середнього квадратичного відхилення часу скочування відчепу до визначеної точки за допомогою імітаційної моделі виконано серію експериментів з використанням плану 3^3 [23]. При цьому, у якості факторів обрано вагова категорія відчепу (Y_1), кількість вагонів у відчепі (Y_2), довжина шляху скочування (Y_3), як відгук обрано середню величину вікна. Фактори та рівні їх варіювання наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Фактори та рівні їх варіювання для побудови моделі скочування відчепа по спускній частині гірки.

Фактори	-1 (нижній рівень)	0 (основний рівень)	1 (верхній рівень)
Вагова категорія відчепа, q	Л	С	Т
Кількість вагонів у відчепі, n	1	3	5
Довжина шляху скочування, L	23,42	174,15	324,88

В результаті обробки даних експериментів отримано поліном першого ступеня:

$$\sigma_t = 0,090 - 0,028\gamma_1 - 0,033\gamma_2 + 0,074\gamma_3 + 0,013\gamma_1\gamma_2 - 0,023\gamma_1\gamma_3 - 0,033\gamma_2\gamma_3 - 0,007\gamma_1^2 + 0,018\gamma_2^2 + 0,011\gamma_3^2 + 0,013\gamma_{123}, \quad (3.30)$$

Аналіз цієї моделі показав, що основним фактором, від якого залежить величина середнього квадратичного відхилення часу руху, є довжина шляху скочування відчепа L .

Експерименти виконано на сортувальній гірці, план та профіль якої наведено нарис.3.3

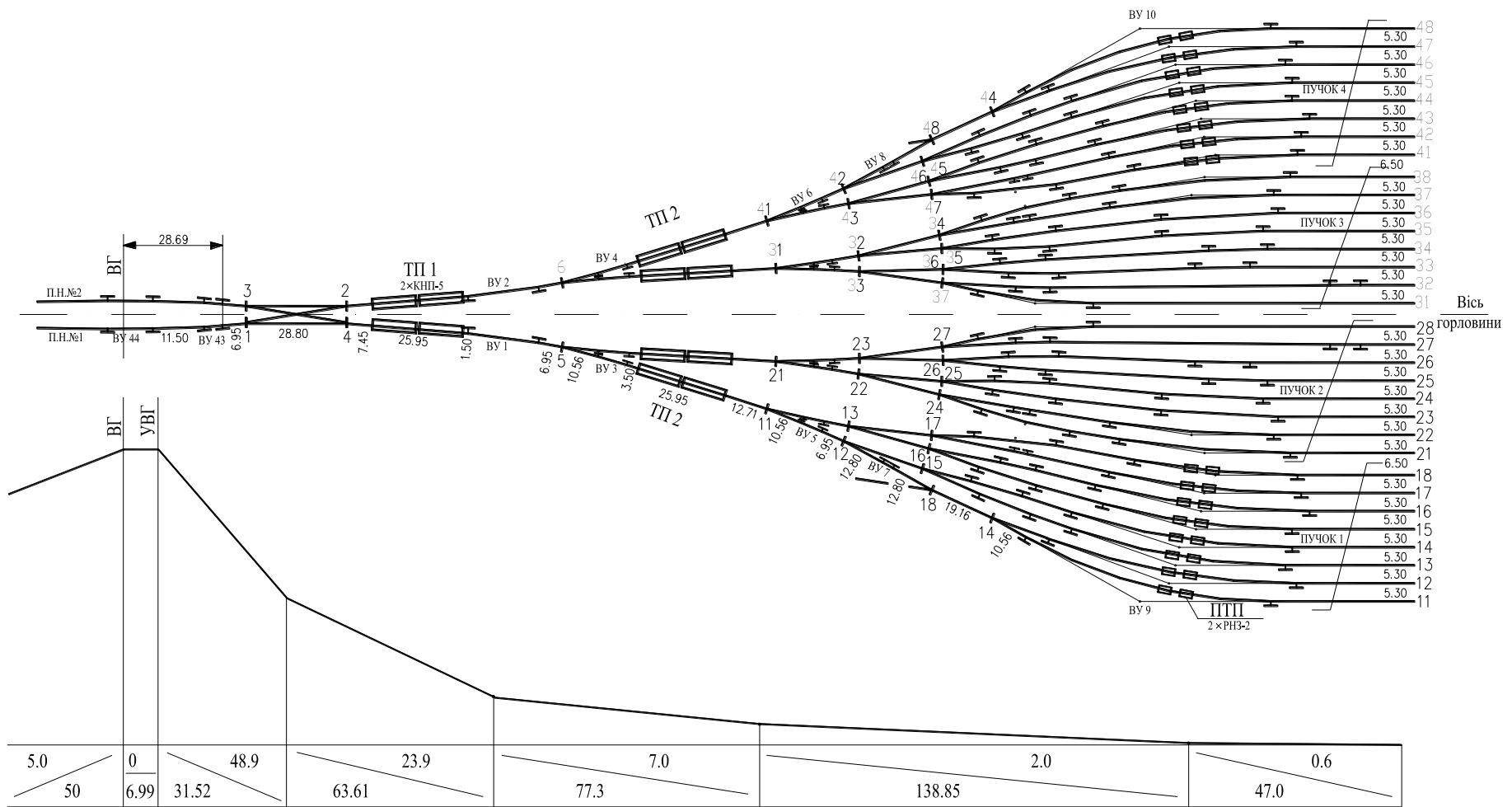


Рисунок 3.3 – План та профіль сортувальної гірки

3.3 Аналіз впливу випадкових факторів в умовах гальмування

Визначення довірчих інтервалів часу і швидкості скочування значно ускладнюється при скочуванні відчепу в умовах із гальмуванням.

На рис.3.4. зображено результати експериментів по скочуванню відчепів важкої вагової категорії при заданій швидкості виходу з першої і другої гальмівних позицій, відповідно 5 м/с і 3 м/с.

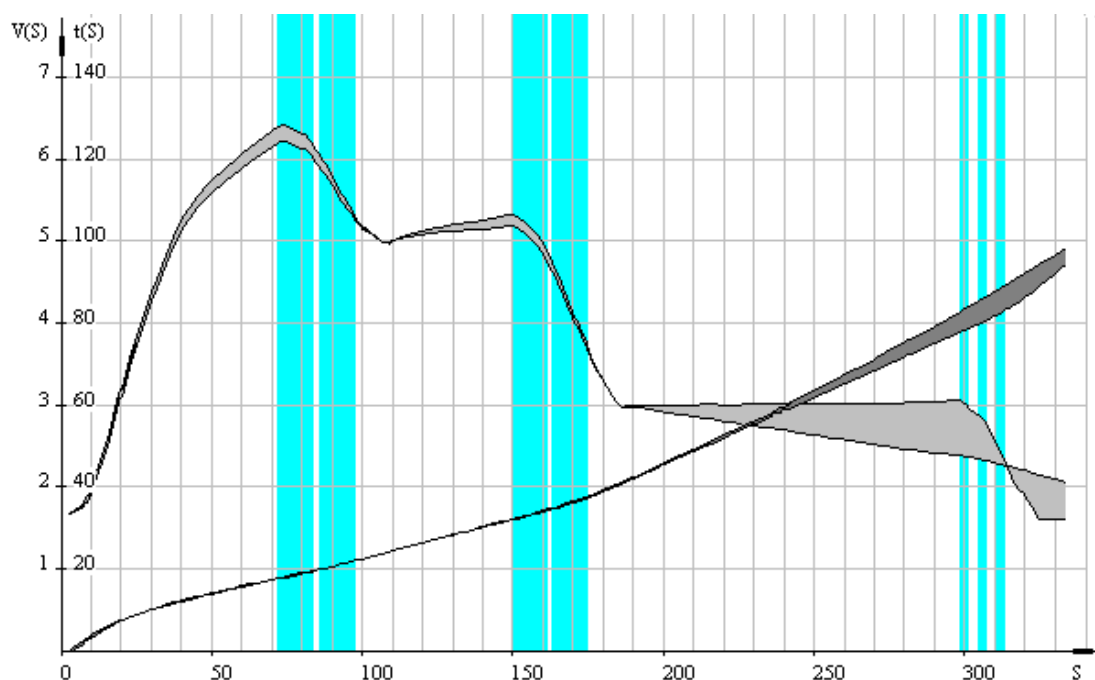


Рисунок 3.4 – Розкид швидкості та часу скочування відчепів важкої вагової категорії в умовах гальмування

Як показали експерименти [31], середнє квадратичне відхилення швидкості та часу скочування відчепів $\sigma(t)$ суттєво залежить від швидкості руху відчепів по спускній частині гірки і відповідно від режимів гальмування відчепів. На рис. 3.5 наведено залежність середнього квадратичного відхилення часу скочування відчепу вагової категорії В від моменту відриву до моменту входу на ізольовану ділянку стрілки 5 в залежності від швидкості виходу з верхньої гальмівної позиції (ВГП). Таким чином, використання граничних значень потужності уповільнювачів при регулюванні швидкості відчепів призводить до суттєвого збільшення середнього квадратичного відхилення швидкості їх виходу з гальмівних позицій, що потрібно

враховувати при виборі режимів гальмування.

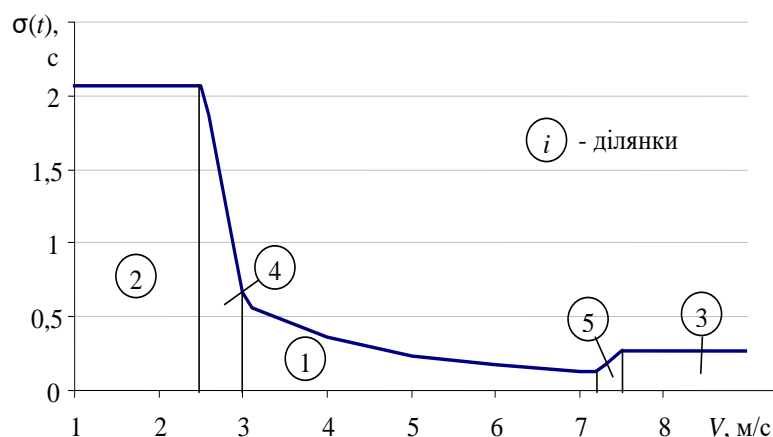


Рисунок 3.5 – Зміна середнього квадратичного відхилення часу скочування відчепа до входу на ізольовану ділянку стрілки 5 в залежності від швидкості виходу з ВГП гальмівної позиції

Наведена залежність складається із п'яти ділянок:

- основна ділянка (ділянка №1), в якій всі відчепа даної вагової категорії скочуються з гальмуванням і забезпечується задана швидкість їх виходу з гальмівної позиції. В результаті регресійного аналізу встановлено, що залежність середнього квадратичного відхилення часу руху відчепів від заданої швидкості їх виходу з гальмівної позиції в межах цієї ділянки може бути апроксимована оберненим поліномом другого ступеня

$$y = \frac{1}{a_0 + a_1 v_{\text{вгп}} + a_2 v_{\text{вгп}}^2}, \quad (3.31)$$

де a_0, a_1, a_2 – емпіричні коефіцієнти.

- ділянка використання повної потужності гальмівної позиції для всіх відчепів даної вагової категорії (ділянка № 2). Цій ділянці відповідають найнижчі швидкості руху відчепа. В її межах всі відчепа скочуються з гальмуванням, але задана швидкість їх виходу з гальмівної позиції реалізована бути не може через обмеження її потужності. Середнє квадратичне відхилення часу скочування відчепа в межах цієї ділянки має постійне значення;

- ділянка скочування відчепів без гальмування (ділянка № 3). Цій ділянці

відповідають такі задані швидкості виходу з гальмівної позиції, що не можуть бути досягнуті жодним з відчепів даної вагової категорії навіть при скочуванні без гальмування. Середнє квадратичне відхилення часу скочування відчепа в межах цієї ділянки також має постійне значення;

- перехідні ділянки № 4 та № 5 в межах яких для частини відчепів може бути реалізована задана швидкість виходу з гальмівної позиції, а для частини - ні. Закон розподілу випадкової величини часу руху відчепів в межах цих ділянок відрізняється від нормального, а залежність середнього квадратичного відхилення $\sigma(t)$ від заданої швидкості виходу з гальмівної позиції в їх межах має характер, близький до лінійного.

3.4 Висновки до розділу 3

Існуючі імітаційні моделі для дослідження процесу скочування відчепів дозволяють лише порівнювати варіанти конструкцій сортувальних гірок та не враховують випадковий характер параметрів відчепів на маршруті скочування та умов навколишнього середовища, що впливає на показники роботи сортувальних гірок. В дисертації розроблено імітаційну модель скочування відчепів з гірки, в якій опори руху розглядаються як випадкові функції.

Запропонована модель дозволяє порівнювати варіанти конструкції сортувальних гірок, оцінювати ефективність їх технічного оснащення та алгоритмів управління систем АРС, що проектуються при автоматизації сортувальних гірок, а також вирішувати різноманітні оптимізаційні задачі.

Середнє квадратичне відхилення часу скочування відчепів на маршруті скочування залежить від режимів гальмування, у зв'язку з цим аналітичні моделі побудувати неможливо, тому основним методом проведення моделювання часу скочування є імітаційне моделювання.

Невизначеність параметрів відчепів та умов скочування впливає на інтервальне та прицільне регулювання швидкості, у зв'язку з цим актуальною є задача уточнення характеристик відчепів.

РОЗДІЛ 4

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ХАРАКТЕРИСТИКИ ВІДЧЕПІВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА УМОВИ ІНТЕРВАЛЬНОГО ТА ПРИЦІЛЬНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ

Невизначеність параметрів відчепів та умов скочування призводить до коливання часу та швидкості скочування відчепів, що зменшує величину інтервалів між ними на розділових елементах. Для більш якісного вирішення питання впливу характеристик відчепів, їх необхідно встановлювати експериментальним шляхом.

4.1 Уточнення характеристик відчепа на ділянці від вершини гірки до першої гальмівної позиції

Уточнення характеристик відчепів можливе на основі аналізу їх швидкості у контрольних точках та часу проходження контрольних ділянок. Зважаючи на те, що опір від стрілок та кривих, опір від середовища та вітру, опір від гальмівних уповільнювачів є випадковими величинами, швидкість та час скочування є також випадковими величинами. У [32] виконано експерименти по скочуванню відчепів. На рис. 4.1 наведено результати скочування відчепів середньої вагової категорії з основним питомим опором $w_0 = 0,41$ Н/кН та 3,5 Н/кН при заданій швидкості виходу з першої гальмівної позиції (ВГП) $M[v_{ВГП}^{вих}] = 5$ м/с і її середньому квадратичному відхиленні $\sigma[v_{ВГП}^{вих}] = 0,05$ м/с.

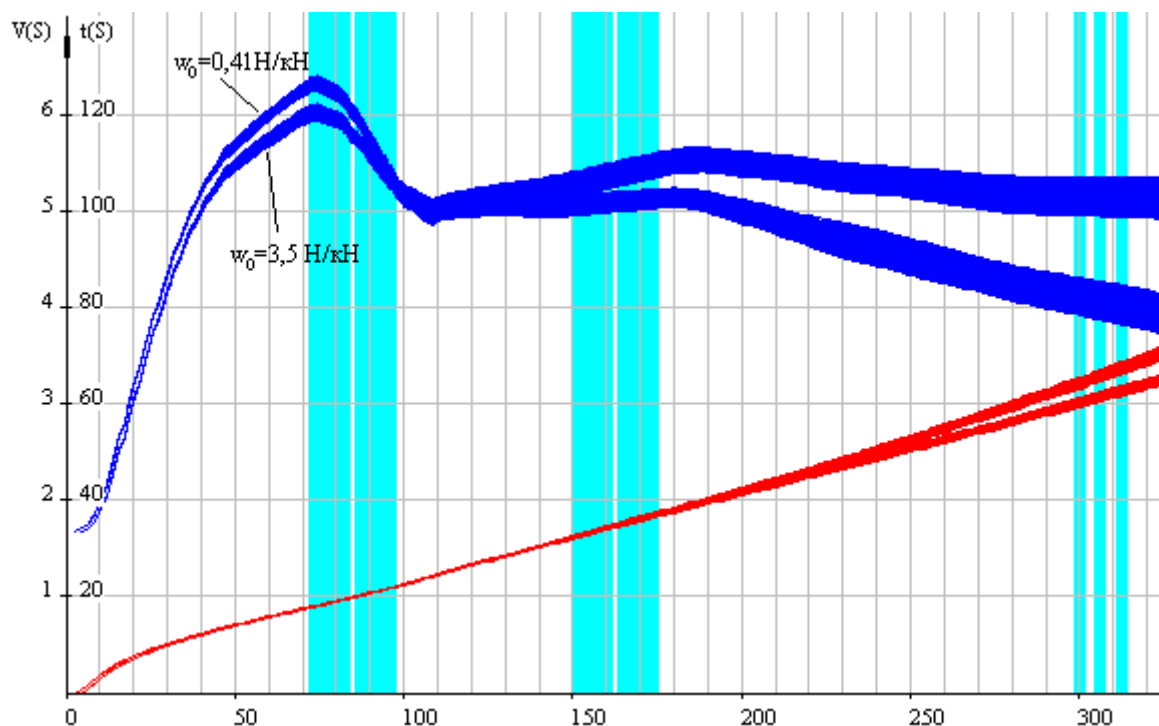


Рисунок 4.1- Результати скочування відчепів середньої вагової категорії при граничних значеннях основного питомого опору руху з гальмуванням на ВТП

Як видно з рис. 4.1, різниця основного питомого опору викликає зміну швидкості та часу проходження контрольних точок на маршруті скочування. В той же час на відчеп діють і інші випадкові сили опору, що ускладнює визначення основного питомого опору.

У зв'язку з тим, що на ділянці від вершини гірки до ВТП відчеп частково проходить у складі состава зі швидкістю розпуску, а частково у вільному скочуванні, а положення точки відриву суттєво залежить від довжини та маси відчепів виконати аналіз зв'язку характеристик відчепа і часу скочування на цій ділянці практично неможливо.

Для дослідження характеру розподілу випадкової величини швидкості входу відчепів на першу гальмівну позицію в залежності від вагової категорії та визначення її параметрів виконано серію імітаційних експериментів. Встановлено, що дана випадкова величина розподілена за нормальним законом.

На рис. 4.2. наведено гістограму розподілу швидкості входу на першу гальмівну позицію відчепа легко-середньої вагової категорії.

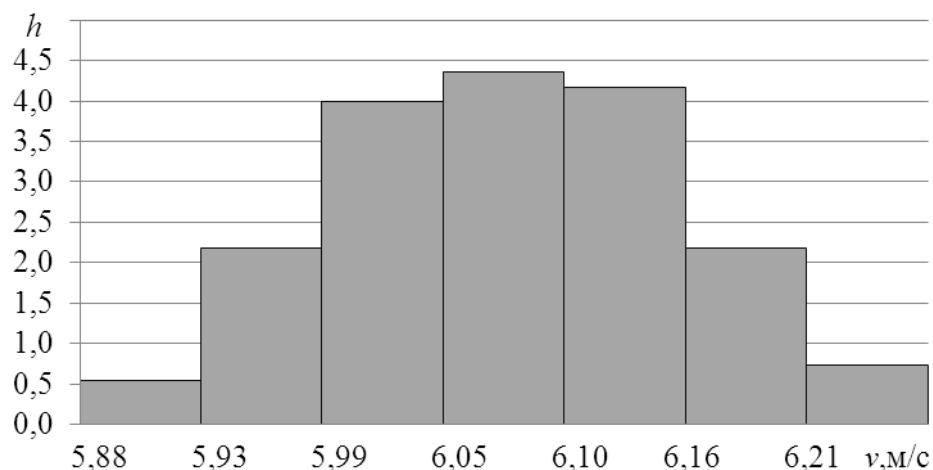


Рисунок 4.2 – Гістограма розподілу випадкової величини швидкості входу на першу гальмівну позицію відчепа легко-середньої вагової категорії

Параметри розподілу випадкової величини швидкості входу на першу гальмівну позицію відчепа визначаються за формулами [40]:

а) Математичне очікування

$$M[V] = \sum_{i=1}^z \bar{v}_i P_i^*, \quad (4.1)$$

де \bar{v}_i – середина i -го розряду;

P_i^* – частота i -го розряду;

z – число розрядів.

Б) Дисперсія випадкової величини:

$$D[V] = M[V^2] - M^2[V], \quad (4.2)$$

де $M[V^2]$ – математичне очікування квадрату випадкової величини інтервалу ($M[V^2] = \sum_{i=1}^z \bar{v}_i^2 P_i^*$).

В) Середнє квадратичне відхилення випадкової величини:

$$\sigma[V] = \sqrt{D[V]}, \quad (4.3)$$

На основі результатів дослідження отримані наступні показники: $D[V]=68,614$; $\sigma[V]=8,283$; $X^2=6,28$ при табличному $X^2=9,50$.

Числові характеристики випадкової величини швидкості входу на першу

гальмівну позицію для відчепів різних категорій наведено у табл.4.1.

Таблиця 4.1- Параметри випадкової величини швидкості входу на першу гальмівну позицію для різних вагових категорій

Вагова категорія	$M[v]$	$\sigma[v]$
Л	5,9467573	0,09411
ЛС	6,118147	0,082216
С	6,251652	0,064943
СВ	6,360299	0,050673
В	6,359017	0,045025

Різниця основного питомого опору на швидкість входу відчепів на першу гальмівну позицію приблизно рівна похибці пристроїв по визначенню цієї швидкості, у зв'язку з цим уточнити характеристики відчепів на першій гальмівній позиції неможливо. Це пов'язано з великим ухилом швидкісної ділянки, яка значно перевищує значення основних питомих опорів.

4.2 Уточнення характеристик відчепів на ділянці від виходу з першої гальмівної позиції до входу на другу гальмівну позицію

Швидкість входу на другу гальмівну позицію залежить від швидкості виходу з першої гальмівної позиції, але, як показали експерименти, швидкість виходу з першої гальмівної позиції неможливо точно встановити. При вільному скочуванні відчепів основний питомий опір може викликати суттєві зміни $v_{\text{СГП}}^{\text{вих}}$ (див. рис. 4.3).

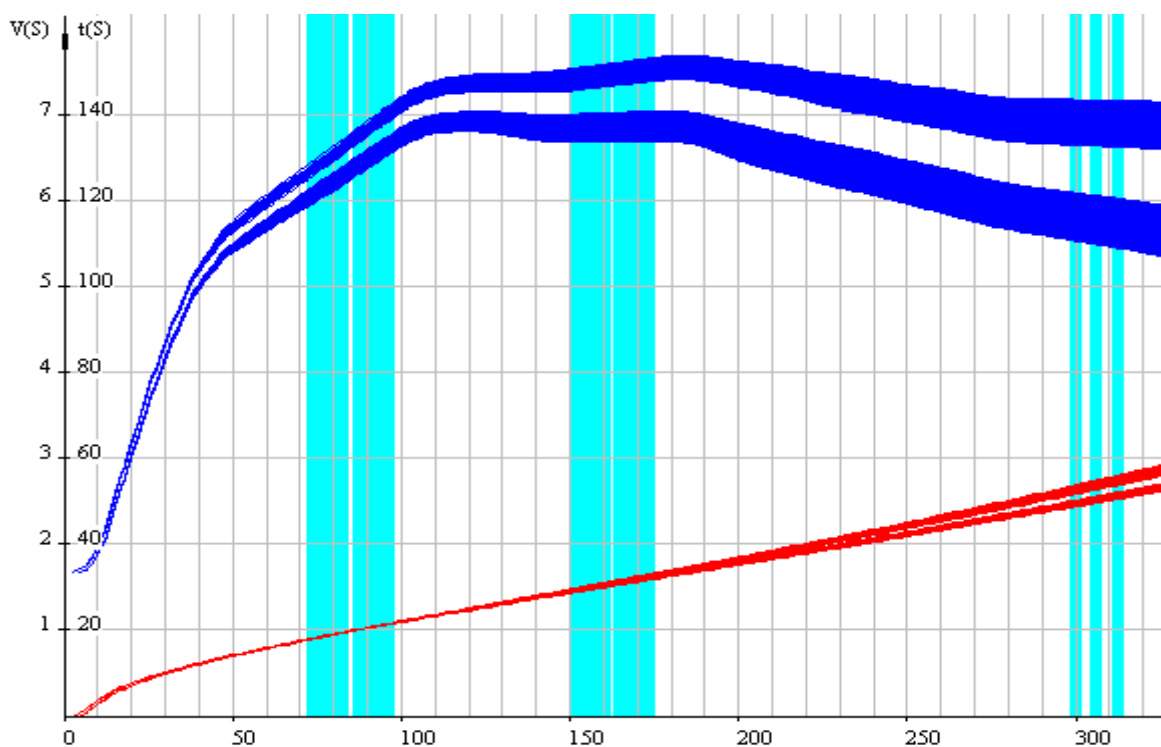


Рисунок 4.3- Результати скочування відчепів середньої вагової категорії при граничних значеннях основного питомого опору руху без гальмування на ВГП

Але, по-перше, вільне скочування до СТП можливо лише для відчепів легкої вагової категорії так, як відчепи інших вагових категорій з хорошими ходовими властивостями перевищують допустимі значення швидкості входу для уповільнювачів, що використовуються на Україні; по-друге, обмежується використання повільного режиму скочування відчепів [40], який у більшості випадків забезпечує максимальні інтервали на розділових елементах.

Для вивчення характеру розподілу випадкової величини швидкості входу відчепу на другу гальмівну позицію в умовах гальмування на ВГП виконано серію експериментів з відчепами різних вагових категорій при заданій швидкості виходу з першої гальмівної позиції.

В результаті статистичної обробки результатів експериментів встановлено, що випадкова величина швидкості входу на другу гальмівну позицію розподілена за нормальним законом.

На рис. 4.4 наведено гістограму розподілу швидкості входу на другу гальмівну позицію відчепу середньо-важкої вагової категорії.

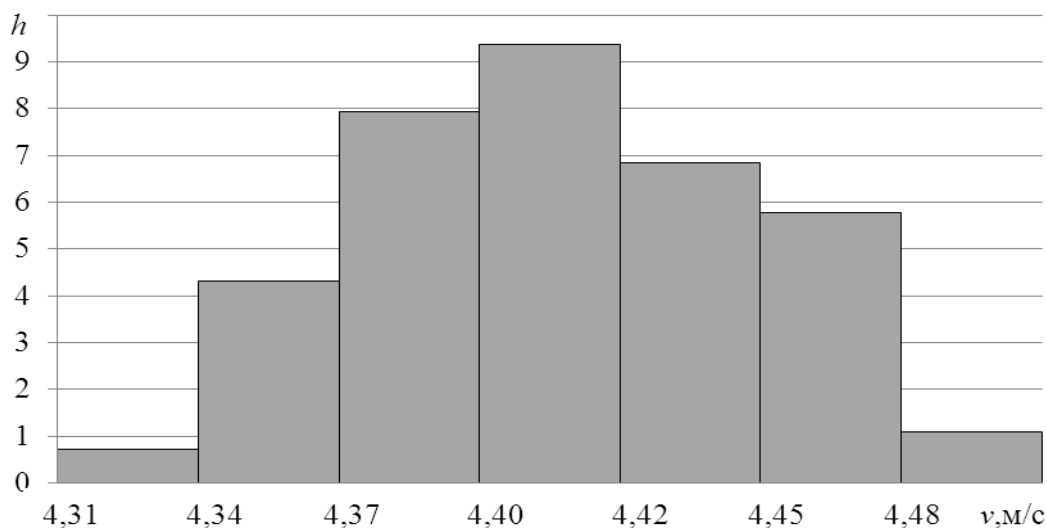


Рисунок 4.4 – Гістограма розподілу випадкової величини швидкості входу на другу гальмівну позицію відчепа середньо-важкої вагової категорії

Параметри розподілу випадкової величини швидкості входу на другу гальмівну позицію в залежності від вагової категорії відчепа наведено у табл.4.2.

Таблиця 4.2 – Параметри випадкової величини швидкості входу на другу гальмівну позицію для відчепів різних вагових категорій

Вагова категорія	$M[v]$	$\sigma[v]$
Л	4,17019	0,070255
ЛС	4,277991	0,060972
С	4,36056	0,050597
СТ	4,417072	0,039831
Т	4,419436	0,38452

Аналіз отриманих результатів показує, що середнє квадратичне відхилення випадкової величини $v_{СТП}^{ex}$ знаходиться у межах 0,045-0,073 м/с, тобто, визначити основний питомий опір відчепів за швидкістю їх входу на СТП також неможливо.

Для встановлення залежності тривалості скочування відчепа між виходом його з першої та входом на другу гальмівну позицію від основного питомого опору при заданій швидкості виходу з першої гальмівної позиції виконано серію експериментів.

На рис. 4.5- 4.7 наведено графіки залежності тривалості скочування відчепа

важкої вагової категорії між виходом його з першої та входом на другу гальмівну позицію від основного питомого опору при заданій швидкості виходу з першої гальмівної позиції.

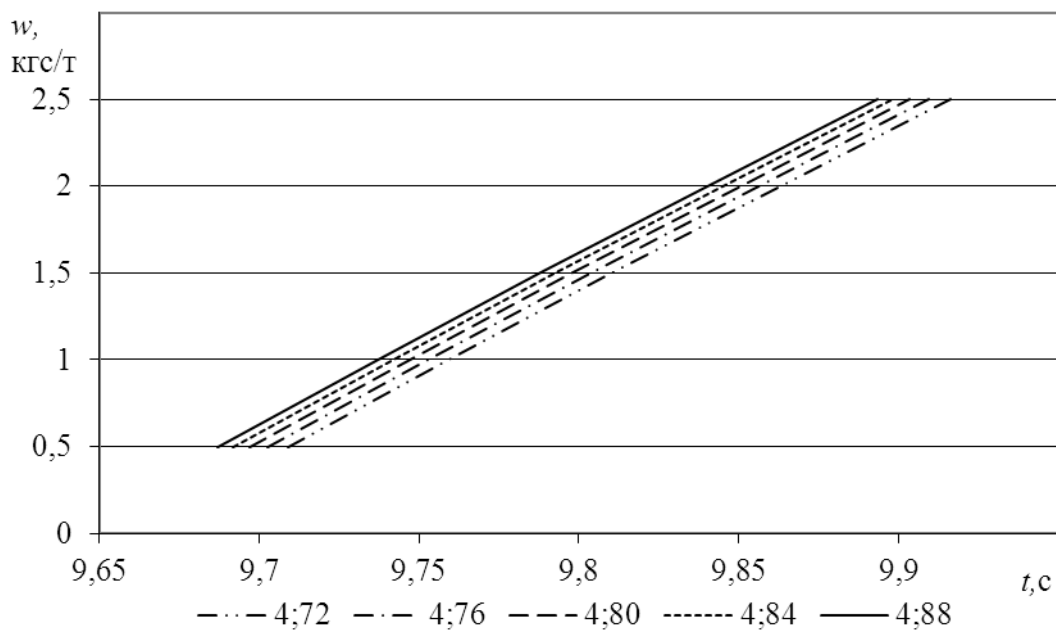


Рисунок 4.5 – Графік залежності тривалості скочування відчепа вагової категорії В від основного питомого опору при заданій швидкості виходу з першої гальмівної позиції 4 м/с

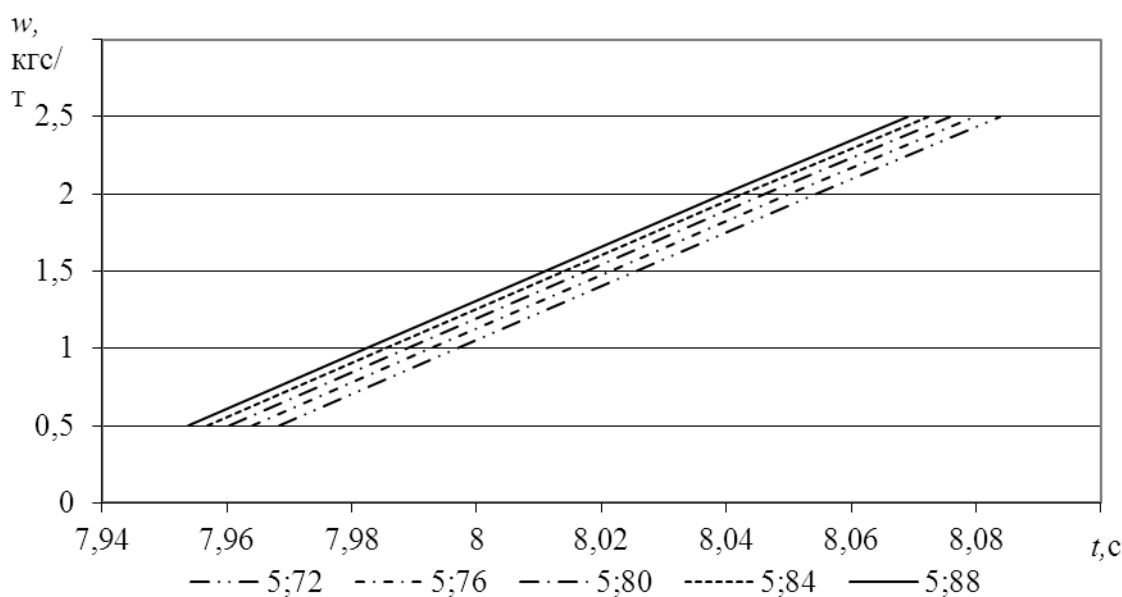


Рисунок 4.6 – Графік залежності тривалості скочування відчепа вагової категорії В від основного питомого опору при заданій швидкості виходу з першої гальмівної позиції 5 м/с

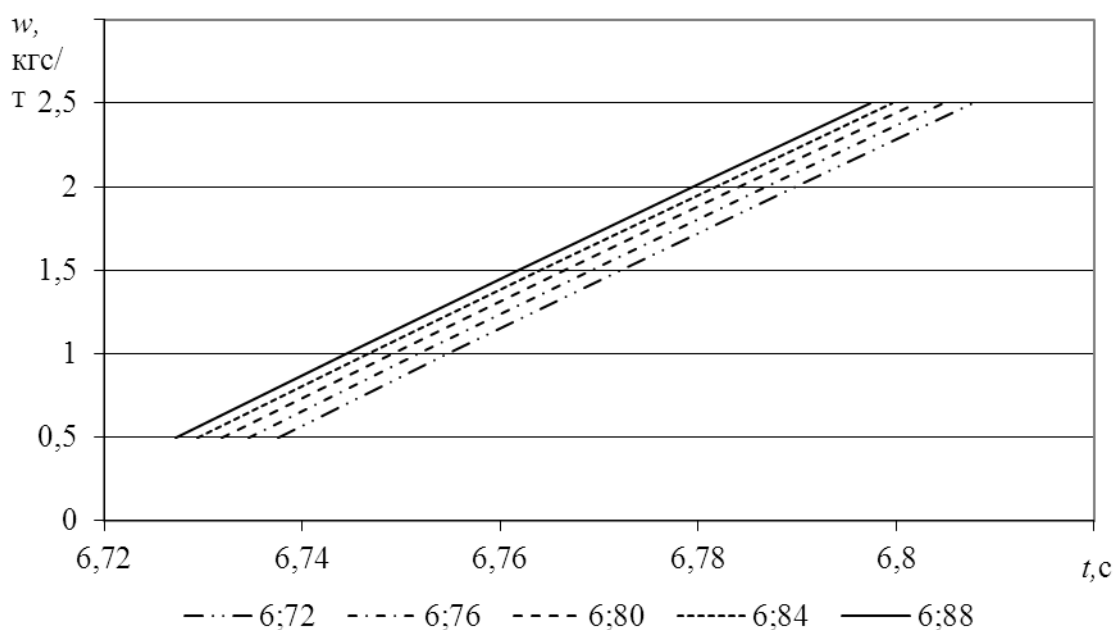


Рисунок 4.7 – Графік залежності тривалості скочування відчепа вагової категорії В від основного питомого опору при заданій швидкості виходу з першої гальмівної позиції 6 м/с

Як видно з графіків, залежність між основним питомим опором та тривалістю скочування є лінійною, а різниця тривалості скочування всередині вагової категорії залежить від основного питомого опору і складає близько 0,2 с.

Враховуючи те, що швидкість виходу відчепа з першої гальмівної позиції визначається з похибкою, виконано експерименти по скочуванню відчепів з коливанням швидкості $\pm 0,05$ м/с. На рис.4.8 наведено залежності між тривалістю скочування відчепів між першою та другою гальмівною позицією та основним питомим опором.

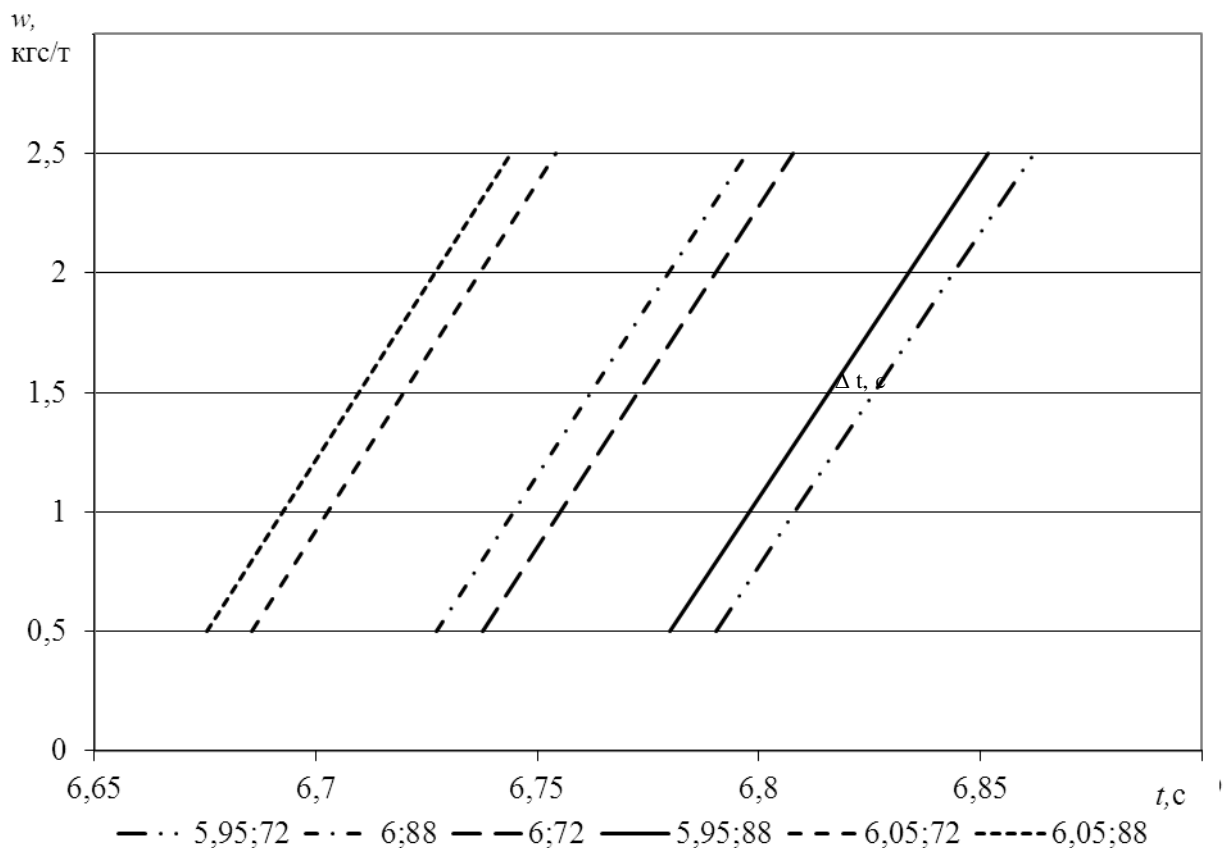


Рисунок 4.8 – Графіки залежності тривалості скочування відчепа важкої вагової категорії при різних швидкостях виходу з першої гальмівної позиції

Враховуючи те, що швидкість виходу відчепа з ВТП визначається з похибкою, виконано дослідження по скочуванню відцепів з коливанням швидкості $\pm 0,05$ м/с. На рис. 4.9 наведено залежності між тривалістю скочування відцепів між першою та другою гальмівною позицією та основним питомим опором.

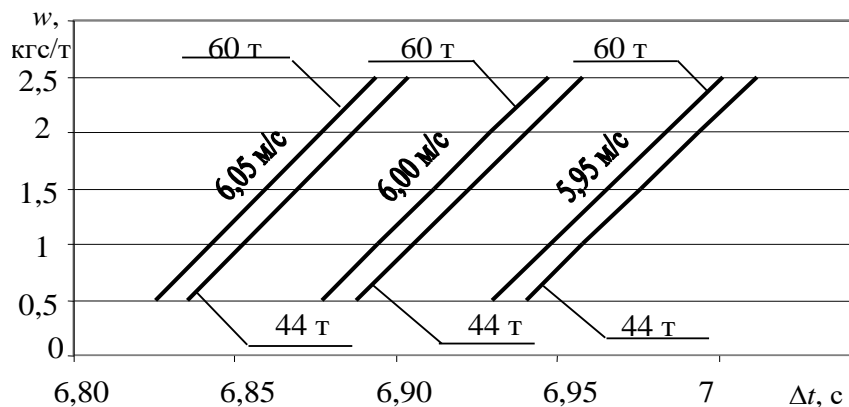


Рисунок 4.9- Графіки залежності тривалості скочування відцепів на ділянці між ВТП та СТП при різних швидкостях виходу з ВТП

Як видно з графіків, похибка у визначенні швидкості виходу відчепа з першої гальмівної позиції в межах точності швидкостеміра приводить до зміни тривалості скочування 0,2 с, що аналогічно впливу основного питомого опору. Тому, можна зробити висновок, що підвищити точність регулювання скочування відчепа за рахунок уточнення його ходових характеристик шляхом аналізу часу та швидкості скочування практично неможливо.

Іншим методом уточнення ходових характеристик відчепів є зважування. Для дослідження впливу точності визначення ваги відчепів на тривалість їх скочування проведено серію експериментів по скочуванню відчепів в умовах, коли в межах вагової категорії маса і основний питомий опір вагонів є випадковими величинами (вага відчепа визначається за допомогою вагоміра) та коли маса відома, а основний питомий опір є випадковою величиною (маса визначається за допомогою вагонних вагів). По результатам експериментів побудовано графіки, які наведено на рис.4.10.

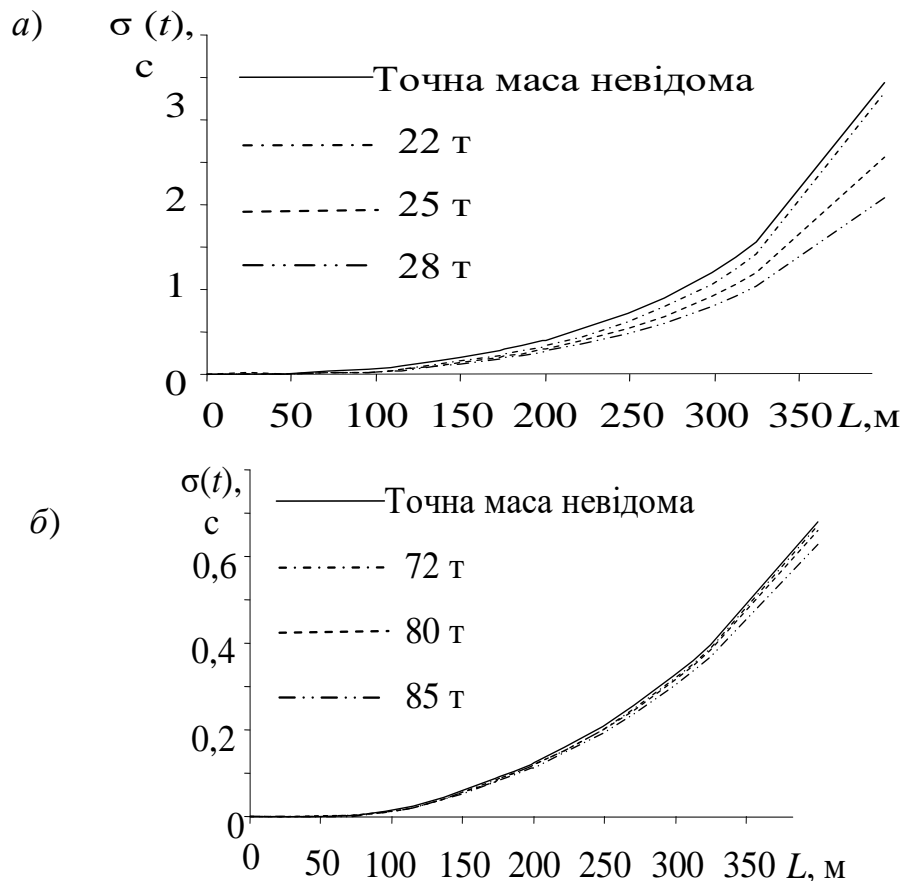


Рисунок 4.10 – Залежність середнього квадратичного відхилення тривалості скочування від ваги відчепа: а) категорії Л; б) категорії В.

Як показав аналіз результатів скочування, знання маси відчепа дозволяє суттєво скоротити середнє квадратичне відхилення часу скочування для вагонів легкої та легко-середньої вагової категорії, і практично не впливає на величину середнього квадратичного відхилення часу скочування вагонів більш важких вагових категорій.

Для дослідження впливу точності визначення ваги відцепів на тривалість їх скочування проведено серію експериментів. У додатку В наведено залежність середнього квадратичного відхилення тривалості скочування від маси відчепа.

4.3 Уточнення величини основного питомого опору на маршруті скочування

Одним з основних факторів, що впливає на умови скочування, є основний питомий опір руху. Величина опору руху відцепів визначається опосередковано з наступного виразу:

$$w_0 = i - w_{\text{СК}} - w_{\text{СВ}} - \frac{v_{\text{К}}^2 - v_{\text{П}}^2}{2g'l \cdot 10^{-3}}, \quad (4.4)$$

де $v_{\text{К}}$, $v_{\text{П}}$ – відповідно швидкість у кінцевій та початковій точках контрольної ділянки, м/с; g' – прискорення сили тяжіння, м/с².

Необхідно відмітити, що ця величина визначається з похибкою. Загальна похибка вимірювання основного питомого опору визначається за допомогою виразу:

$$\delta w_0 = \sqrt{(\delta i)^2 + (\delta w_{\text{СК}})^2 + (\delta w_{\text{СВ}})^2 + \left(\left(\frac{\delta v_{\text{К}}}{v_{\text{К}}} + \frac{\delta v_{\text{П}}}{v_{\text{П}}} \right) + \sqrt{\left(\frac{\delta g'}{g'} \right)^2 + \left(\frac{\delta l}{l} \right)^2} \right)^2}, \quad (4.5)$$

де δi – похибка вимірювання величини ухилу;

$\delta w_{\text{СК}}$ – похибка вимірювання питомого опору стрілок та кривих;

$\delta w_{\text{СВ}}$ – похибка вимірювання опору середовища та вітру;

δv_k - похибка вимірювання швидкості руху в кінці ділянки;

δv_n - похибка вимірювання швидкості руху на початку ділянки;

$\delta g'$ - похибка вимірювання прискорення сили тяжіння з урахуванням інерції частин вагону, що обертаються;

δl - похибка вимірювання довжини ділянки.

Розподіл часток опорів руху відчепа на спускній частині гірки та на сортувальних коліях для відчепа важкої категорії (В) наведено на рис. 4.11.

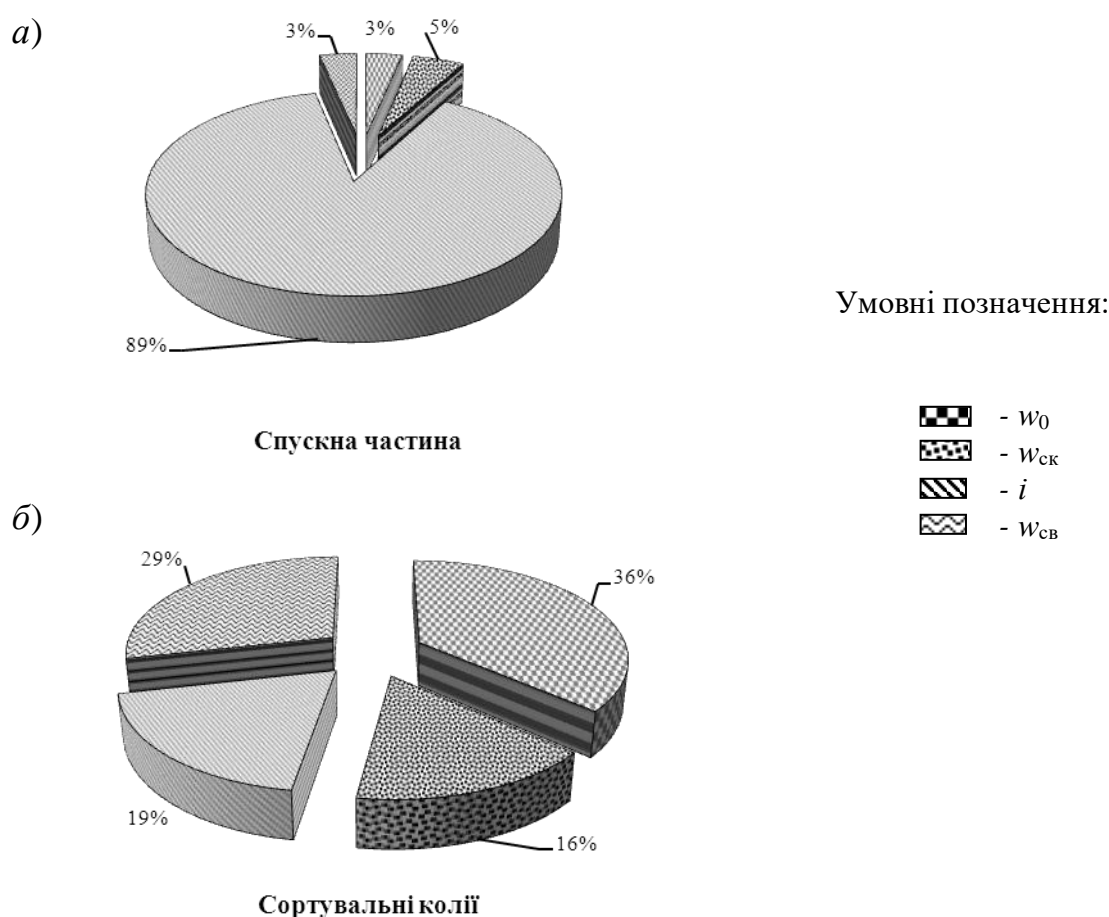


Рисунок 4.11 – Розподіл часток величин опорів руху відчепа категорії В

Зміну величини частки опору від середовища та вітру на маршруті скочування для відчепа легкої категорії (Л) та величини частки основного питомого опору для відцепів Л та важкої В категорій наведено на рис. 4.12 та 4.13 відповідно.

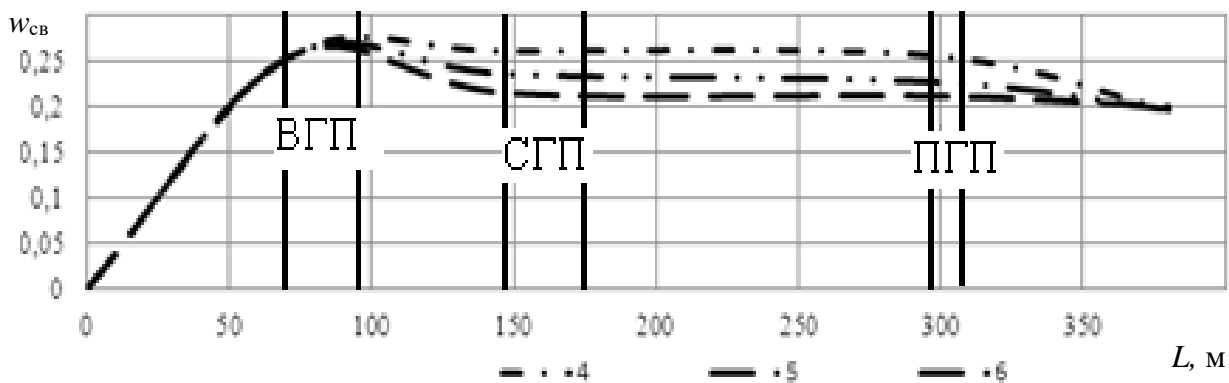


Рисунок 4.12 – Зміна величини частки опору від середовища та вітру на маршруті скочування

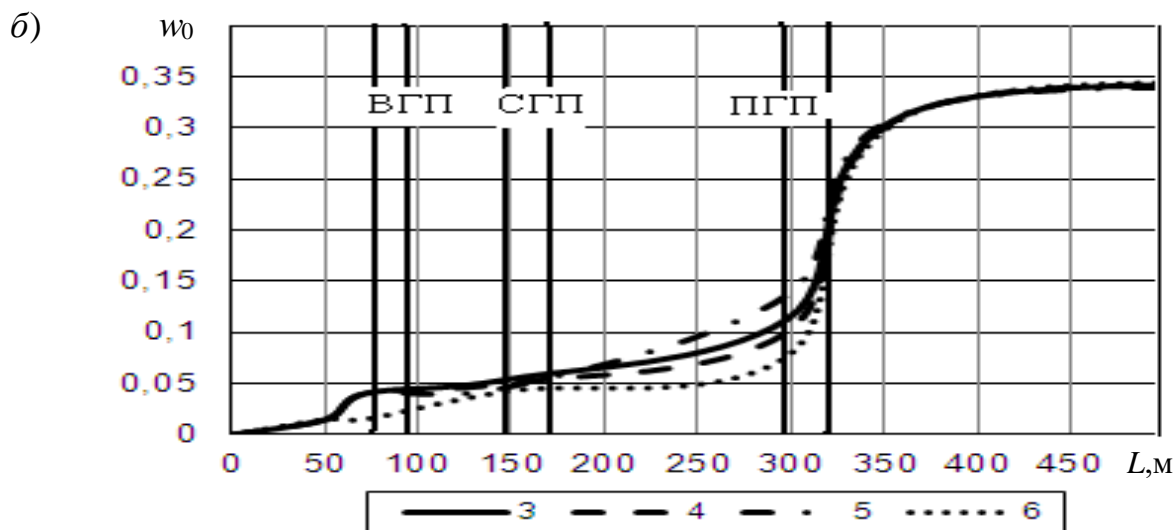
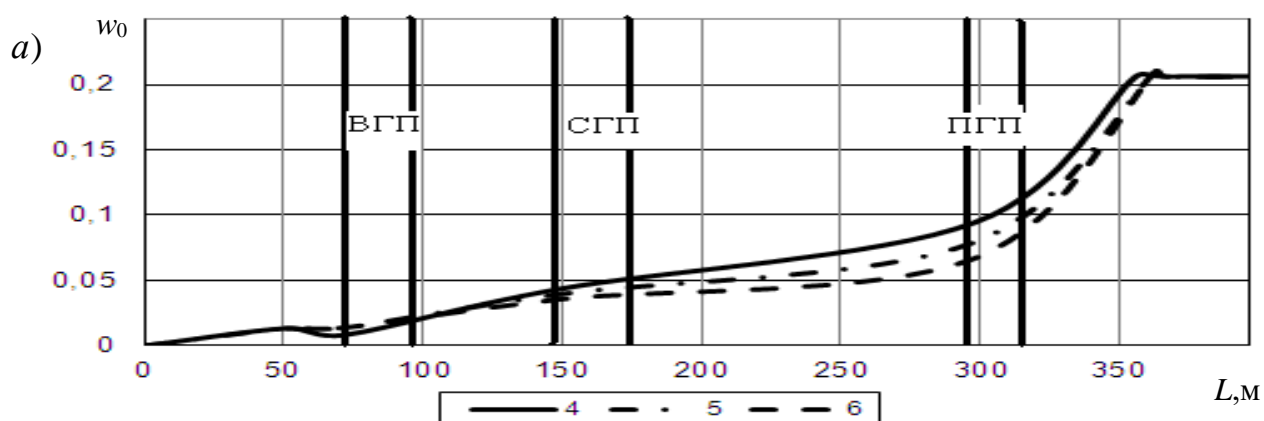


Рисунок 4.13 – Зміна величини частки основного питомого опору для відчепів
а) Л та б) В категорій

4.4 Вплив уточнення характеристик відчепів на умови інтервального регулювання швидкості

Для дослідження впливу різних факторів на умови інтервального регулювання швидкості скочування відчепів виконано серію імітаційних експериментів з використанням плану 2^3 [16]. При цьому у якості факторів обрано середнє квадратичне відхилення величини маси відчепів (φ_1), середнє квадратичне відхилення величини основного питомого опору руху (φ_2), середнє квадратичне відхилення величини швидкості виходу відчепа із другої гальмівної позиції (φ_3), функцією відгуку при цьому обрано середнє квадратичне відхилення величини інтервалу між відчепами. Фактори та рівні їх варіювання наведено у табл.4.3.

Таблиця 4.3 – Фактори та рівні їх варіювання

Фактори	1	-1
середнє квадратичне відхилення величини маси відчепів (φ_1)	2	0
середнє квадратичне відхилення величини основного питомого опору руху (φ_2)	0,4	0,1
середнє квадратичне відхилення величини швидкості виходу відчепа із другої гальмівної позиції (φ_3)	0,4	0,1

Після обробки результатів експериментів отримано поліном першого ступеня

$$\sigma_{\tau} = 0,299 + 0,013\varphi_1 + 0,038\varphi_2 + 0,121\varphi_3 - 0,004\varphi_1\varphi_2 - 0,008\varphi_1\varphi_3 - 0,01\varphi_2\varphi_3 + 0,004\varphi_1\varphi_2\varphi_3, \quad (4.6)$$

Аналіз цього рівняння показав, що основним фактором, який впливає на середньоквадратичне відхилення величини інтервалу між відчепами, є середньоквадратичне відхилення величини швидкості виходу відчепа із СГП.

Таким чином, для вирішення задач інтервального регулювання необхідна розробка заходів спрямованих на удосконалення управління роботою гальмових позицій спускної частини гірки та удосконалення методів вибору режимів гальмування у стохастичних умовах.

4.5 Вплив уточнення характеристик відчепів на умови прицільного регулювання швидкості

Відповідно до [33] система керування прицільним регулюванням швидкості відчепів на паркових гальмових позиціях (ПГП) є однією з задач, розв'язуваних за допомогою розробленої моделі. При відсутності на сортувальній гірці пристроїв для уточнення ходових характеристик відчепів, нормативна швидкість підходу відчепів, що скочуються до вагонів на сортувальних коліях, досягається за рахунок нормування швидкості виходу вагона з ПГП відповідно до його вагової категорії і відстані до точки прицілювання. Подібна технологія реалізується при ручному керуванні гальмовими позиціями, коли ходові властивості відчепів визначаються на підставі сортувальних листків, і візуально - за результатами скочування.

Показниками якості реалізації прицільного регулювання швидкості у відповідності з [42] прийняті: ймовірність перевищення встановленої ПТЕ швидкості підходу відчепів до вагонів, що знаходяться на сортувальних коліях p_n , і середня величина вікна $\overline{l_{\text{вiк}}}$, що приходиться на один розформований вагон. За керований параметр прийнята швидкість виходу відчепів з паркової гальмової позиції $v_{\text{ПГП}}$.

Для визначення залежностей $p_n(v_{\text{ПГП}})$ і $\overline{l_{\text{вiк}}}(v_{\text{ПГП}})$ виконано серію обчислювальних експериментів по 300 досліджень у кожному, що полягають у моделюванні скочування відчепів на відстань $l_{\text{прц}}$ при заданій $v_{\text{ПГП}}$, а також при випадкових параметрах відчепів і умов скочування. При моделюванні скочування відстань $l_{\text{прц}}$ відома точно до початку скочування. Графічне зображення результатів одного обчислювального експерименту по скочуванню одновагонних відчепів легкої вагової категорії на відстань $l_{\text{прц}} = 500$ м від вершини гірки і заданої швидкості виходу з ПГП $v_{\text{ПГП}} = 3,5$ м/с, реалізованої з точністю 0,1 м/с, представлено на рис. 4.14. За результатами експериментів побудовані залежності $p_n(v_{\text{ПГП}})$ і $\overline{l_{\text{вiк}}}(v_{\text{ПГП}})$, що приведені на рис. 4.15, 4.16 відповідно.

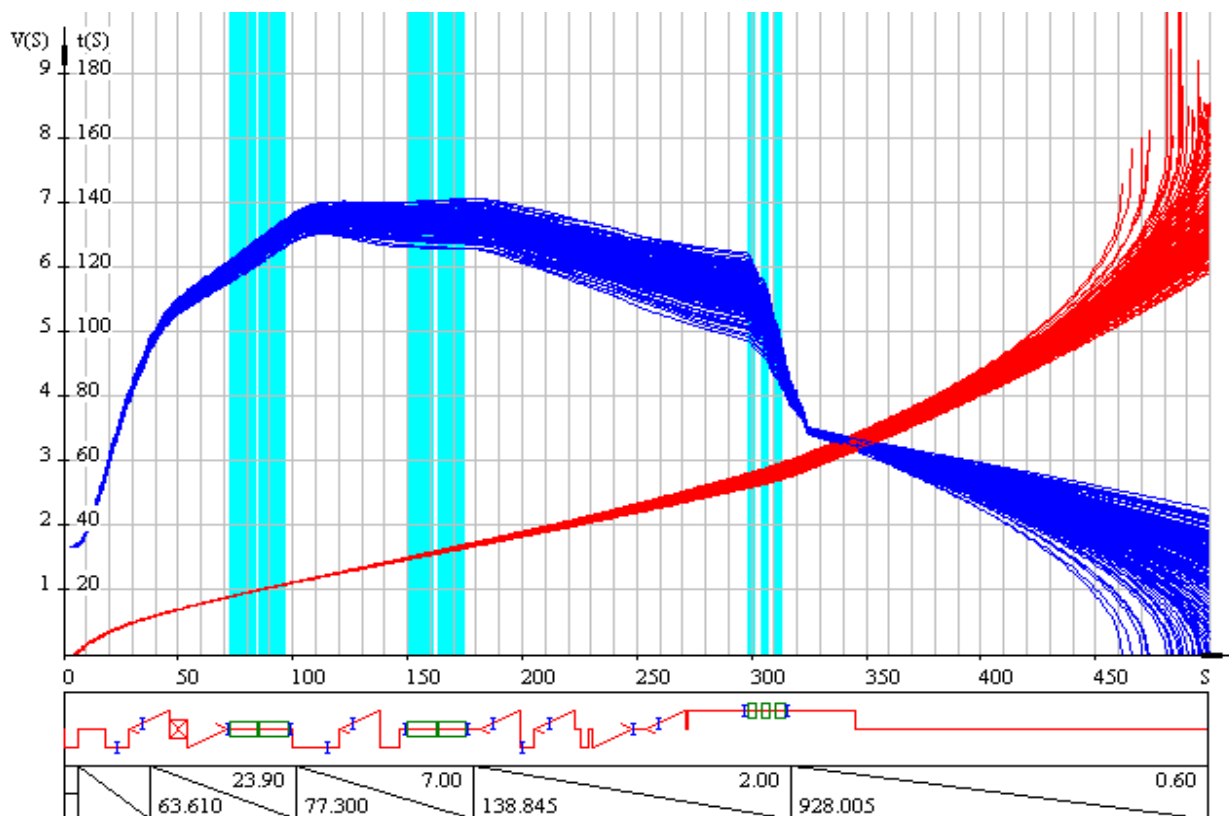


Рисунок 4.14 – Криві швидкості і часу скочування вагонів легкої вагової категорії на відстань 500 м від вершини гірки.

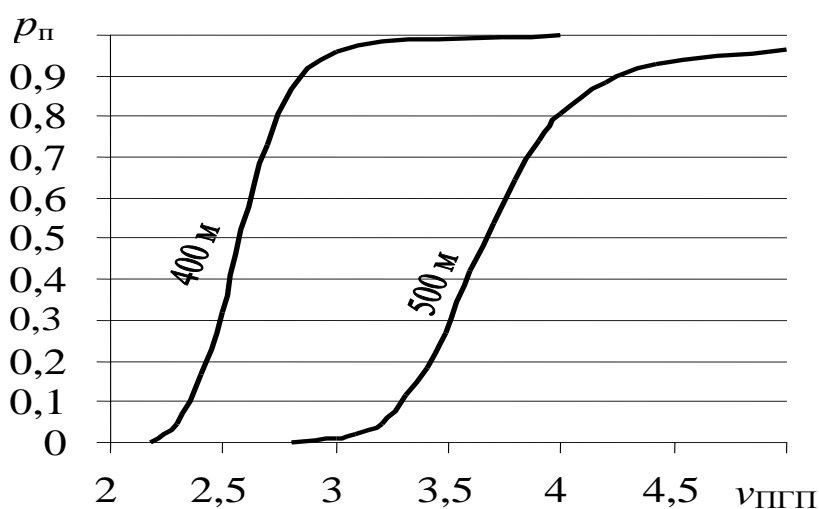


Рисунок 4.15 – Залежності показників якості прицільного регулювання швидкості вагонів легкої вагової категорії від заданої швидкості виходу вагонів з паркової гальмової позиції при ймовірності перевищення встановленої ПТЕ швидкості підходу до вагонів, що знаходяться на сортувальних коліях.

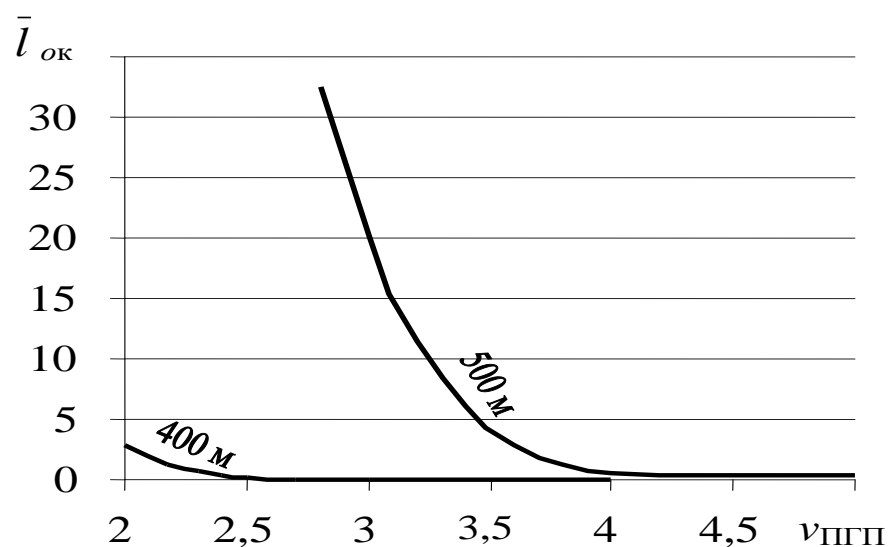


Рисунок 4.16 – Залежності показників якості прицільного регулювання швидкості вагонів легкої вагової категорії від заданої швидкості виходу вагонів з паркової гальмової позиції при середній величині вікна.

Аналіз рис. 4.15 і 4.16 показує, що між величинами $p_{п}$ і $v_{ПТП}$ існує пряма, а між величинами $\bar{l}_{вік}$ і $v_{ПТП}$ зворотна залежність. При цьому, покращення одного з показників якості прицільного регулювання швидкості приводить до погіршення іншого. Це дозволяє для порівняння конструкцій гірки і систем керування прицільним регулюванням швидкості скочування відцепів використовувати залежності $p_{п}(\bar{l}_{вік})$.

На рис. 4.17, 4.18 приведені такі залежності для вагонів легкої і важкої вагової категорії при скочуванні на різну відстань від вершини гірки.

Приймаються наступні значення показників якості прицільного регулювання швидкості відцепів $p_{п} = 0,1$ і $\bar{l}_{вік} = 3$ м.

Аналіз залежностей представлених на рис. 4.17, 4.18 показує, що ці показники істотно залежать від вагової категорії відцепів. В умовах відсутності системи уточнення ходових характеристик значення показників якості, що рекомендуються, для одно вагонних відцепів можуть бути досягнуті тільки при незначній відстані до точки прицілювання.

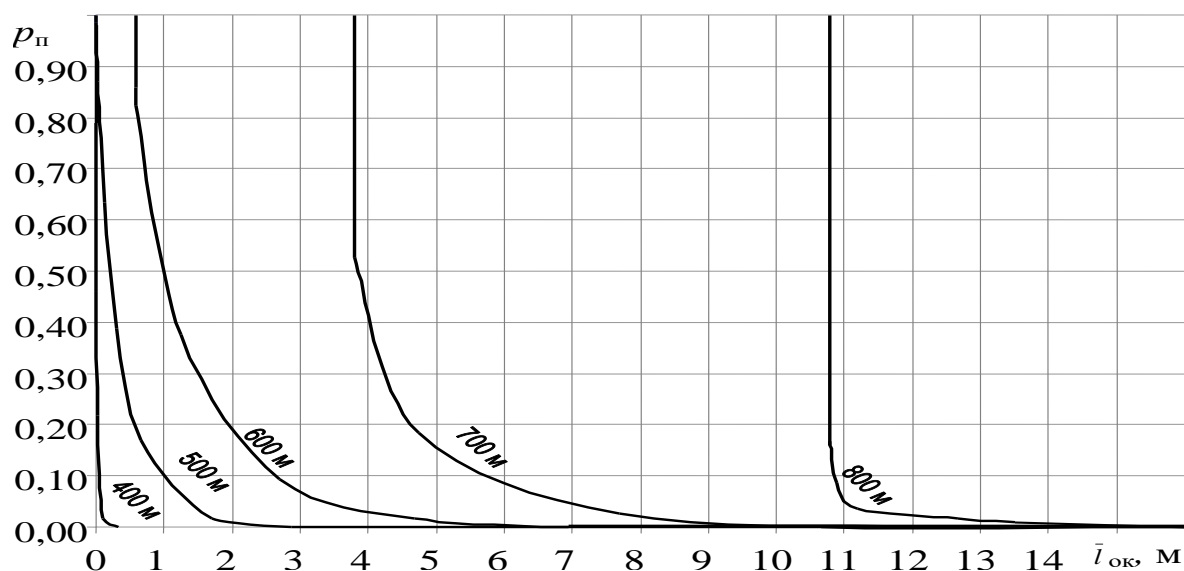


Рисунок 4.17 – Залежність між величиною «вікна» і ймовірністю перевищення нормативної швидкості в точці прицілювання при регулюванні швидкості виходу вагонів із ПГП по ваговій категорії Л

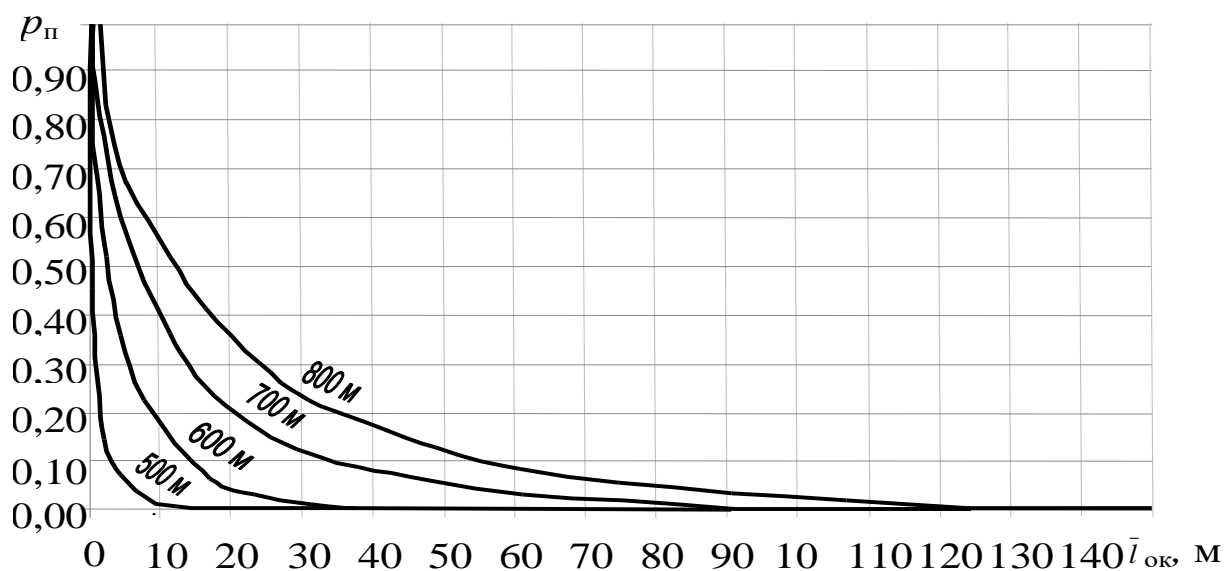


Рисунок 4.18 – Залежність між величиною «вікна» і ймовірністю перевищення нормативної швидкості в точці прицілювання при регулюванні швидкості виходу вагонів із ПГП по ваговій категорії В

При відстанях понад 400 м для вагонів легкої і понад 500 м для вагонів важкої вагової категорії досягнення нормативного значення одного з показників спричиняє вихід іншого за нормативні межі. Це підтверджується результатами спостережень за роботою існуючих гірок [33], для яких ймовірність перевищення нормативної

швидкості співударення відчепів складає більш 0,6. З огляду на наявність залежності між величинами $p_{\text{п}}$ і $\overline{l_{\text{вiк}}}$ для оцінки якості прицільного регулювання швидкості скочування відчепів можна використовувати тільки одну з них при фіксованому значенні іншої. Через те, що величина $p_{\text{п}}$ пов'язана з безпекою руху й одержати її економічну оцінку важко, доцільно фіксувати значення саме цієї величини (наприклад на рівні $p_{\text{п}} = 0,1$ [42]), а порівняння виконувати по величині $\overline{l_{\text{вiк}}}$, що пов'язана з витратою маневрових локомотиво-годин на ліквідацію вікон.

Обчислювальні експерименти показали, що через значну погрішність при розрахунку швидкості виходу одновагонних відчепів з гальмової позиції збільшення точності реалізації цієї швидкості парковою гальмовою позицією не дозволяє покращити показники прицільного регулювання. Відсутність покращення показників якості прицільного регулювання швидкості вагонів легкої вагової категорії було також зафіксоване при імітації зважування, коли швидкість виходу відчепу з паркової гальмової позиції установлювалася відповідно до його точної ваги, а не за ваговою категорією.

Для аналізу ефективності пристрою системи уточнення ходових характеристик відчепів реалізований наступний алгоритм керування парковою гальмовою позицією. У межах між пучковою і парковою гальмовою позицією влаштовуються три контрольні точки. Далі на підставі скочування контрольних відчепів заповнюється безліч R у якому кожен елемент $r_i \in R$ описуються структурою:

$$r_i = \{t'_{1i}, t'_{2i}, v'_{\text{птп},i}\} \quad (4.7)$$

де t'_{1i}, t'_{2i} - тривалість руху i -го контрольного відчепу між першою і другою та другою і третьою контрольними точками;

$v'_{\text{птп}}$ - нормативне значення швидкості виходу контрольного відчепу з паркової гальмової позиції.

При моделюванні скочування відчепів режим його гальмування на парковій

гальмовій позиції знаходиться з умови:

$$v_{птп} = v'_{птп,i} \text{ при } (t'_{1i} - t_1)^2 + (t'_{2i} - t_2)^2 \rightarrow \min \quad (4.8)$$

де t_1, t_2 – тривалість руху відчепу між контрольними точками.

Порівняння показників якості прицільного регулювання швидкості в умовах наявності і відсутності системи уточнення ходових характеристик приведене на рис. 4.19. При побудові графіків прийнято, що $p_n = 0,1$.

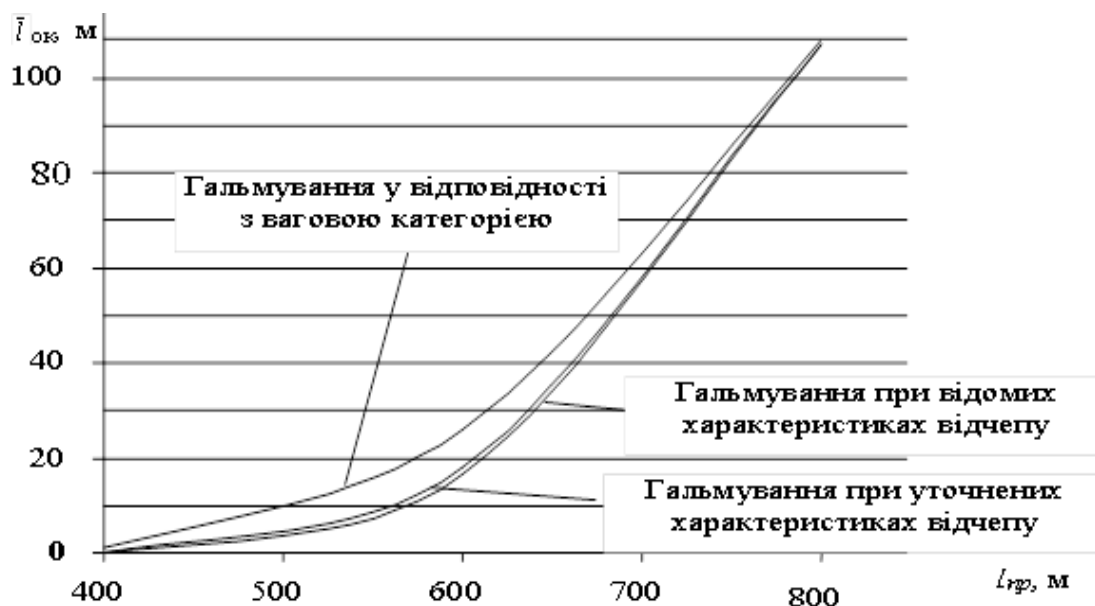


Рисунок 4.19 – Залежності середньої величини вікна від відстані до точки прицілювання при уточненні ходових характеристик одновагонних відчепів

Аналіз отриманих залежностей показує, що впровадження системи уточнення ходових характеристик дозволяє істотно підвищити якість прицільного регулювання одновагонних відчепів при скочуванні на відстані 500-700 м від вершини гірки.

На показники якості прицільного регулювання швидкості скочування відчепів істотний вплив показує кількість вагонів у відчепі. На рис. 4.20 представлені залежності середньої величини вікна, що приходить на один розформований вагон для відчепів легкої вагової категорії. Зменшення величини вікон відбувається як за рахунок віднесення вікон на більше число вагонів і зменшення зони нерегульованого скочування, так і за рахунок підвищення прогнозу ходових характеристик відчепів при збільшенні в них числа вагонів.

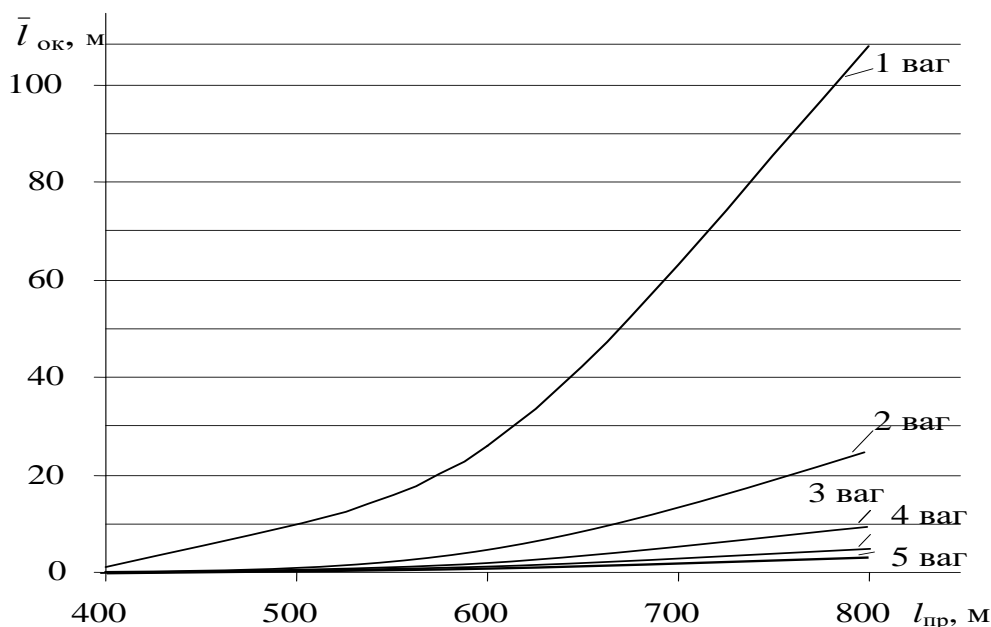


Рисунок 4.20 – Залежності середньої величини вікна від відстані до точки прицілювання для відцепів з різної кількості вагонів легкої вагової категорії

Аналіз отриманих залежностей показує, що для відцепів, довжина яких перевищує 5 вагонів, значення показників прицільного регулювання швидкості скочування можуть бути досягнуті і за умови відсутності системи уточнення ходових характеристик відцепів.

Ефективна робота таких систем для відцепів з багатьма вагонами представляє значну складність, так як довжина зон некерованого скочування відцепів між гальмовими позиціями є незначною.

Для дослідження впливу різних факторів на умови прицільного регулювання швидкості скочування відцепів виконано серію імітаційних експериментів з використанням плану 2^5 [16]. При цьому, у якості факторів обрано відстань до точки прицілювання (Z_1), середнє квадратичне відхилення величини основного питомого опору руху (Z_2), середнє квадратичне відхилення величини маси відцепів (Z_3), середнє квадратичне відхилення величини швидкості виходу відчепа із паркової гальмової позиції (ПГП) (Z_4), та кількість вагонів у відцепі (Z_5), як відгук обрано середню величину вікна. Фактори та рівні їх варіювання наведено у табл.4.4

Таблиця 4.4 – Фактори та рівні їх варіювання

Фактори	1	0	1
відстань до точки прицілювання (z_1, x_1)	500	600	800
середнє квадратичне відхилення величини основного питомого опору руху (z_2, x_2)	0,4	0,2	0,1
середнє квадратичне відхилення величини маси відчепів (z_3, x_3),	2	1	0
середнє квадратичне відхилення величини швидкості виходу відчепа із паркової гальмової позиції (ПГП) (z_4, x_4),	0,4	0,2	0,1
кількість вагонів у відчепі (z_5, x_5),	3	2	1

По результатам експериментів отримано наступні моделі

$$\begin{aligned} \overline{t_{\text{вік}}^{\text{п}}} = & 22,307 + 14,167x_1 + 6,960x_2 + 3,470x_3 + 6,704 x_4 - \\ & -5,658x_5 + 6,305x_1x_2 + 3,343x_1x_3 - 4,247x_1x_5 - 3,615x_2x_3 + \\ & 4,126x_3x_4 - 3,704x_1x_2x_3 + 3,956x_1x_3x_4 \end{aligned} \quad (4.9)$$

$$\begin{aligned} \overline{t_{\text{вік}}^{\text{п}}} = & 15,578 + 7,094z_1 + 2,890z_2 + 2,904z_3 + 6,061z_4 - 4,394z_5 + 5,999z_1z_2 \\ & + 2,000z_1z_3 - 2,173z_1z_4 - 2,512z_2z_4 + 2,248z_3z_4 - \\ & -2,022z_1z_2z_5 + 2,674z_1z_4z_5, \end{aligned} \quad (4.10)$$

Аналіз цих моделей показав, що суттєвим фактором, який впливає на середню величину вікна, є середнє квадратичне відхилення величини основного питомого опору.

4.6 Висновки до розділу 4

Дослідження впливу різних факторів на величину середнього квадратичного відхилення часу скочування відчепа до визначеної точки показало, що основним фактором, від якого залежить величина середнього квадратичного відхилення швидкості та часу руху, при скочуванні відчепа є довжина шляху скочування відчепа L.

Використання граничних значень потужності уповільнювачів при регулюванні швидкості відчепів призводить до суттєвого збільшення середнього квадратичного

відхилення швидкості їх виходу з гальмових позицій, що потрібно враховувати при виборі режимів гальмування.

Дослідження впливу різних факторів на умови інтервального регулювання швидкості скочування відчепів показало, що основним фактором, який впливає на середньоквадратичне відхилення величини інтервалу між відчепами є середньоквадратичне відхилення величини швидкості виходу відчепа із СГП.

Дослідження впливу різних факторів на умови прицільного регулювання швидкості скочування відчепів показало, що суттєвим фактором, який впливає на середню величину вікна, є середнє квадратичне відхилення величини основного питомого опору.

Наявність системи уточнення характеристик відчепів та значна кількість багатовагонних відчепів теоретично дозволяють покращити та наблизити результати прицільного гальмування швидкості відчепів до умов гальмування відчепів з відомими характеристиками.

РОЗДІЛ 5

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ГАЛЬМУВАННЯ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ХАРАКТЕРИСТИКИ ВІДЧЕПІВ

5.1 Аналіз методів вибору режимів гальмування

Показники роботи сортувальної гірки суттєво залежать від вибору режимів розпуску составів. Оптимальне управління розпуском потребує визначення таких режимів гальмування відчепів, при яких буде забезпечено найкращі умови їх поділу на стрілках та допустима швидкість прямування одного відчепа до іншого на сортувальних коліях. Режими гальмування окремих відчепів повинні забезпечувати максимально можливі інтервали на стрілках для всіх несприятливих за умовами поділу пар відчепів за рахунок оптимального їхнього розподілу по всьому составі. Відповідно до [11] для кожного відчепа існує область допустимих режимів гальмування (ОДР), конфігурація та площа якої визначаються його параметрами скочування. На трьохпозиційних гірках режим гальмування відчепа, що скочується, можна представити вектором $h = (h', h'', h''')$ енергетичних висот, що погашаються на верхній (ВГП), середній (СГП) та парковій (ПГП) гальмових позиціях. При цьому, із трьох вказаних компонентів вектора h тільки два є незалежними, так як третій може бути визначений за умови забезпечення заданої швидкості відчепа у точці прицілювання. У зв'язку з цим ОДР Ω може бути представлена опуклим багатокутником на площині $h'0h''$, а довільний режим $h \in \Omega$ – вектором $h = \{h', h''\}$.

Обмеження, які утворюють ОДР, визначаються трьома групами факторів:

- гальмовою потужністю уповільнювачів гальмових позицій;
- режимом скочування відчепів на спускній частині гірки;
- вимогами прицілювання регулювання швидкості відчепів.

При вирішенні задачі оптимізації режимів гальмування відчепів для умов регульованого скочування необхідно враховувати встановлені обмеження, які накладаються на величину швидкості виходу відчепів з гальмівних позицій ВГП (v'_{min}, v'_{max}) та СГП (v''_{min}, v''_{max}) , де швидкість виходу відчепа з ПГП є залежною

від швидкості виходу з СТП і повинна задовольняти вимогам прицільного гальмування. Вектор значень $v = \{v', v''\}$ можна розглядати як точку на площині, при цьому, вся множина точок v утворює область Ω можливих швидкостей виходу відчепа з гальмівних позицій спускної частини гірки (ОДС).

В якості основного методу, який використовується для оптимізації режимів гальмування відцепів обрано ітераційний метод. Цей метод дозволяє знайти в складі, який розформовують, групи послідовних відцепів, близьких за умовами поділу, і встановити для них такі режими гальмування, при яких інтервали на розділових стрілках для всіх пар відцепів групи однакові. Це досягається шляхом збільшення мінімальних інтервалів між відчепами за рахунок їх зменшення у суміжних парах.

Ітераційний метод заснований на локальній оптимізації режиму гальмування середнього відчепа критичної групи із трьох суміжних відцепів, обумовленої на кожному кроці ітерації. Критичною вважається група відцепів, для якої абсолютна величина різниці інтервалів на розділових стрілках у другій та у першій парах відцепів $|f_i(q_i)|$ максимальна:

$$f_i(q_i) = \delta t_i(q_i, q_{i+1}) - \delta t_{i-1}(q_{i-1}, q_i), i \in [2, n - 1], \quad (5.1)$$

Оптимальним для середнього відчепа критичної групи є той режим гальмування q_i , при якому менший із інтервалів $\delta t_i, \delta t_{i+1}$ досягне максимуму.

$$\delta t_i^* = \max_{q_i \in Q_i} \min \{ \delta t_{i-1}(q_i), \delta t_i(q_i) \} \quad (5.2)$$

Недоліком цього методу є те, що він не дозволяє врахувати відхилення фактичних параметрів відцепів від розрахункових значень та неточність реалізації гальмовими позиціями заданих режимів гальмування під час вибору оптимальних режимів гальмування.

5.2 Критерій оптимізації режимів гальмування відчепів состава в умовах дії випадкових факторів

Збільшення інтервалів між відчепами необхідно для забезпечення резервів часу на розділових елементах, що будуть достатніми для розділення відчепів в умовах відхилення фактичних параметрів відчепів від розрахункових значень та неточної реалізації гальмівними позиціями заданих режимів гальмування. При цьому величина інтервалів на розділових елементах розглядається як обмеження та виникає необхідність оцінки величини δt_i . При відомих параметрах відчепів та точній реалізації уповільнювачами заданих режимів гальмування інтервал часу між відчепами повинен бути достатнім для зміни стану розділового елемента t_{pe} (перевід стрілки, загальмовування або розгальмовування уповільнювача)

$$\delta t_r \geq t_{pe} \quad (5.3)$$

При випадкових параметрах відчепів та неточній реалізації уповільнювачами заданих режимів гальмування інтервал часу між i та $i - 1$ відчепами $\delta t_{min,i}$ повинен включати додатковий резерв часу $t_{рез,i}$ для компенсації похибки у визначенні моментів звільнення та заняття ними розділових елементів

$$\delta t_{min,i} = t_{pe} + t_{рез,i} \quad (5.4)$$

В стохастичних умовах критерій оптимізації, можна представити як

$$\delta t_i(r_i, r_{i+1}, \sigma_i) = t_{0i} + t_{i+1}(r_{i+1}, \sigma_i) - \tau_i(r_i, \sigma_i) - q_{x1}(r_{i+1}, \sigma_i) - q_{x2}(r_i, \sigma_i) \quad (5.5)$$

Для критичної групи відчепів абсолютна величина різниці інтервалів на розділових стрілках у другій й у першій парах відчепів $|f_i(q_i)|$ максимальна, тоді отримаємо:

$$f_i = \delta t_i(r_i, r_{i+1}) - \delta t_i(r_{i-1}, r_i) - q_{x1}\sigma_{i-1} - q_{x2}\sigma_i, \in [2, n - 1], \quad (5.6)$$

Дослідження показали, що на розділових елементах від вершини гірки до ПГП, та від ПГП до точки прицілювання значення величини інтервалу між відчепами значно відрізняються.

Встановлено, що величина інтервалу між відчепами на розділовому елементі є випадковою величиною, що нормально розподілена. На рис.5.1 наведено графік розподілу випадкової величини інтервалу між відчепами

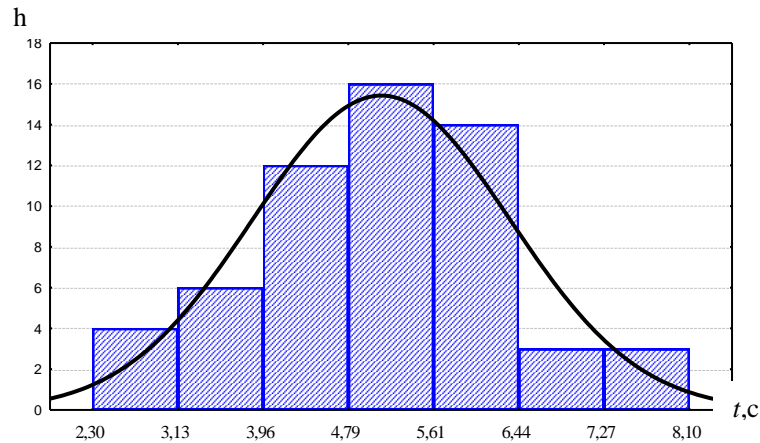


Рисунок 5.1 – Гістограма розподілу випадкової величини інтервалу між відчепами

Випадкова величина гарантованого інтервалу між відчепами є також випадковою величиною з нормальним законом розподілу та задається функцією Лапласа:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (5.7)$$

де μ, σ - параметри розподілу.

Величини інтервалів між відчепами є залежними випадковими величинами, для знаходження параметрів випадкової величини гарантованого інтервалу використовуємо методи теорії ймовірностей [34]:

$$\begin{aligned}
M(\delta t_i + \delta t_{i+1}) &= \\
&= \int_{\delta t_{min,i}}^{\delta t_{max,i}} \int_{\delta t_{min,i}}^{\delta t_{max,i}} (\delta t_i + \delta t_{i+1}) dF(\delta t_i, \delta t_{i+1}) = \\
&= \int_{\delta t_{min,i}}^{\delta t_{max,i}} \delta t_i d \int_{\delta t_{min,i}}^{\delta t_{max,i}} d\delta t_{i+1} F(\delta t_i + \delta t_{i+1}) \\
&+ \int_{\delta t_{min,i}}^{\delta t_{max,i}} \delta t_{i+1} d \int_{\delta t_{min,i}}^{\delta t_{max,i}} d\delta t_i F(\delta t_i + \delta t_{i+1}) \\
&= \int_{\delta t_{min,i}}^{\delta t_{max,i}} \delta t_i d\delta t_i F(\delta t_i) + \int_{\delta t_{min,i}}^{\delta t_{max,i}} \delta t_{i+1} d\delta t_{i+1} F(\delta t_{i+1}) = M[\delta t_i] \\
&+ M[\delta t_{i+1}] \\
&M[\delta t_i] + M[\delta t_{i+1}] = M[\delta t_r] \tag{5.8}
\end{aligned}$$

$$\sigma[\delta t_i + \delta t_{i+1}] = \sqrt{D[\delta t_i + \delta t_{i+1}]} = \sigma[\delta t_r] \tag{5.9}$$

Підставивши відомі значення отримаємо

$$M[\delta t_r] = 6,835 + 1,277 = 8,112 \text{ с}$$

$$\sigma[\delta t_r] = \sqrt{0,271 + 1,277} = 1,244 \text{ с}$$

Якщо прийняти ймовірність попадання випадкової величини гарантованого інтервалу у деякий відрізок $\delta t_r^{min} < \delta t_r < \delta t_r^{max}$, тобто $p(\delta t_r^{min} < \delta t_r < \delta t_r^{max})=0,005$ отримаємо

$$p(\delta t_r^{min} < \delta t_r < \delta t_r^{max}) = \int_{\delta t_r^{min}}^{\delta t_r^{max}} f(\delta t_r) = F(\delta t_r^{max}) - F(\delta t_r^{min}) \tag{5.10}$$

Нормальну функцію звичайно позначають $\Phi(t)$, а її значення наведено у [34, 40, 82]

$$t = \frac{\delta t_r - M[\delta t_r]}{\sigma[\delta t_r]} \quad (5.11)$$

Так як випадкова величина інтервалу між відчепами має нормальний закон розподілу, то величина гарантованого інтервалу між відчепами є також нормально розподіленою випадковою величиною з параметрами:

$$M[\delta t_i] + M[\delta t_{i+1}] = M[\delta t_r], \quad (5.12)$$

$$\sigma[\delta t_i + \delta t_{i+1}] = \sqrt{D[\delta t_i + \delta t_{i+1}]} = \sigma[\delta t_r], \quad (5.13)$$

На рис.5.2 наведено результати оптимізації режимів гальмування за допомогою ітераційного методу при відомих характеристиках відчепів рис.5.2,а та при випадкових рис.5.2,б відповідно.

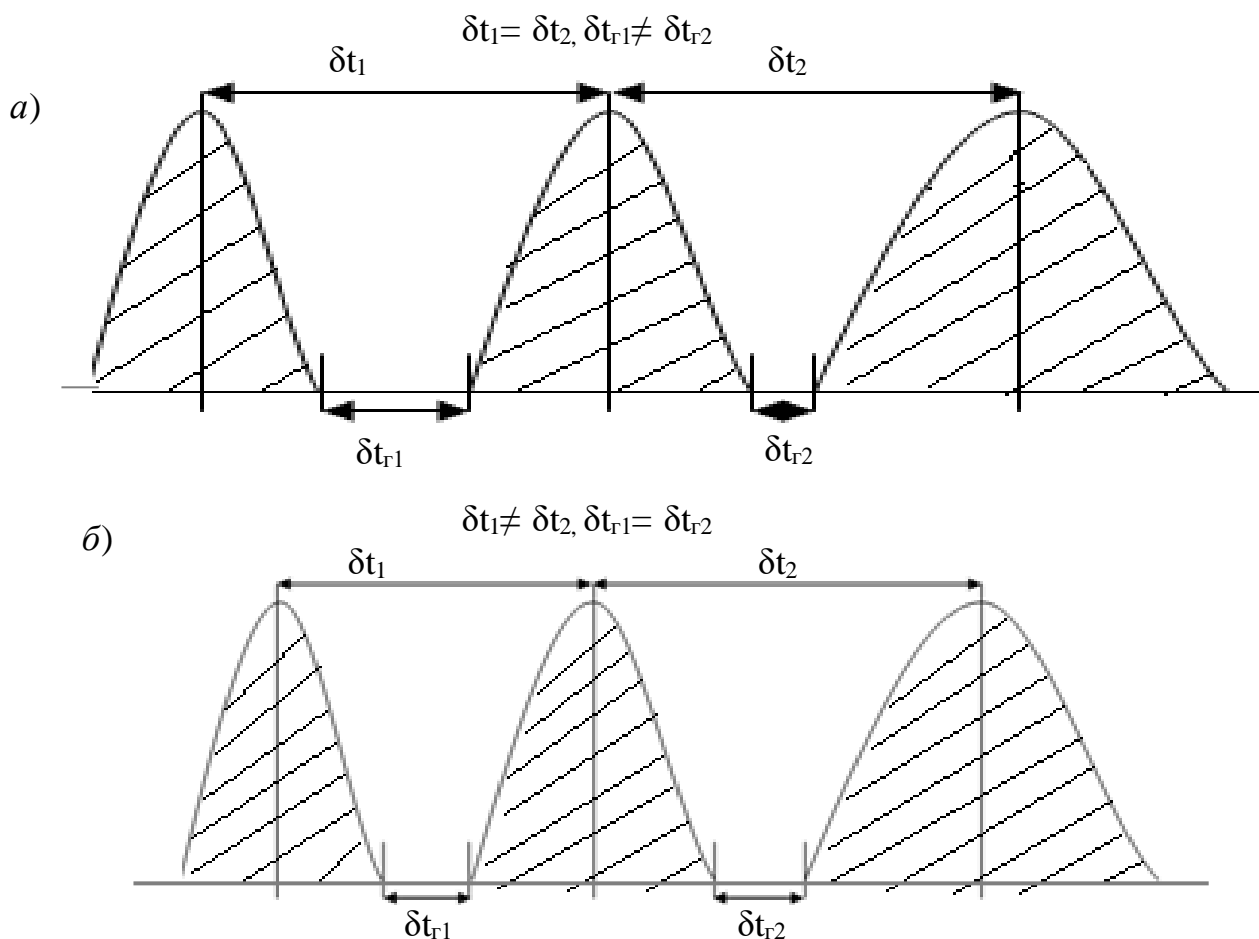


Рисунок 5.2 - Результати оптимізації режимів гальмування відчепів:

а) вирішення задачі у детермінованій постановці; б) вирішення задачі у стохастичній постановці

На сортувальних, вантажних станціях і під'їзних коліях пошкоджується близько 90 тисяч вагонів на рік, в основному (близько 50%) при неприпустимих швидкостях зіткнення і близько 50 тисяч отримують повзуни при ручному гальмуванні.

Окрім витрат на ремонт, мають місце перевізні ресурси внаслідок направлення вагонів у ремонт. У разі пошкодження, псування або втрати вантажу залізниця має відшкодувати вантажовласникам їх збитки [25].

Для більш якісного прицільного регулювання швидкості руху відцепів на коліях сортувального парку пропонується розташувати другу паркову гальмову позицію (ДПП). При цьому, між ПП та ДПП встановлюються пристрої для уточнення параметрів відцепів, що дозволить регулювати їх швидкості виходу із ДПП. Запропоновану конструкцію наведено на рис.5.3.

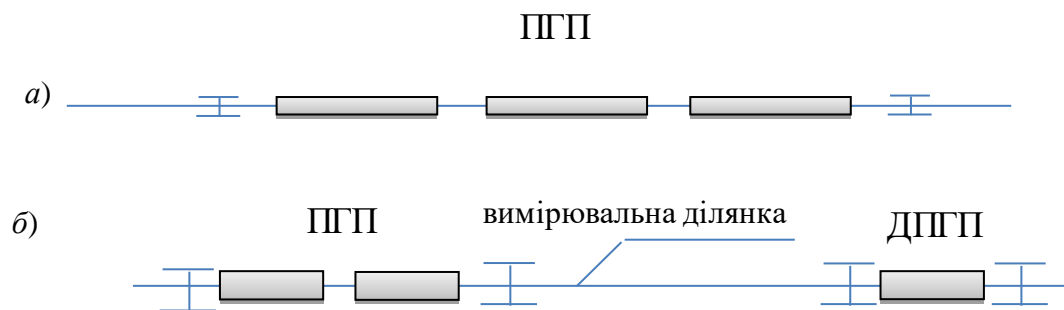


Рисунок 5.3 - Конструкція сортувальних пристроїв а) перед удосконаленням та б) після удосконалення

На рис. 5.4 наведено фрагмент моделі скочування відцепів при зміні конструкції ППП.

Вперше про схожу конструкцію ППП сортувальної гірки та розташування перед нею ділянки для вимірювання ходових характеристик відцепів наведено у к.т.н. Устенка А.Б. [76]. При цьому використовувались оцінки похибок ΔV гальмування відцепів на ТП та похибок ΔW визначення опору руху відцепів W_0 .

Для досягнення потрібної якості прицільного гальмування відцепів автор розглядав можливі схеми розташування паркових гальмівних позицій, прискорювачів-уповільнювачів, датчиків вимірювання ходових властивостей відцепів на прямих ділянках сортувального парку та ділянок контролю заповнення сортувальних колій

($\sigma_{\Delta w} \leq 0,2 \cdot 10^{-3}$). В результаті проведених досліджень Устенка А.Б. встановлено, що відстань між ПГП та ДПГП повинна бути 100-150 м. На гірках, ПГП яких обладнані уповільнювачами РНЗ, він пропонується обладнати ДПГП за рахунок переносу на неї частини уповільнювачів з основної ПГП. При цьому автор оцінював прицільне регулювання швидкості відчепів за допомогою економічних показників.

В сучасних умовах на залізницях Китаю пройшла приймальні випробування система DDC III [78]. На сортувальній станції Фуян гірка, яка обладнана такою системою, має дві верхні гальмівні позиції та чотири нижні, а також 32 паркових уповільнювача. Гірка перероблює до 5000 вагонів на добу за допомогою системи прицільного гальмування у межах довжини більш ніж 150 м з наступним використанням поршневих уповільнювачів (Dowty Retarders). Швидкість при з'єднанні вагонів на підгірочних коліях не перевищується у 95% випадків.

Як уже зазначалося, при вирішенні задачі оптимізації режимів гальмування відчепів для умов регульованого скочування необхідно враховувати встановлені обмеження, які накладаються на величину швидкості виходу відчепів з гальмівних позицій та швидкість виходу відчепа з ПГП є залежною від швидкості виходу з СТП і повинна задовольняти вимогам прицільного гальмування.

Для побудови ОДС при традиційній конструкції ПГП та удосконаленій виконано серію експериментів. Порівняння ОДС відчепа важкої вагової категорії при скочуванні його на відстань 800 м від вершини гірки (ВГ) для традиційної та удосконаленої конструкції ПГП наведено на рис.5.5, а, та б.

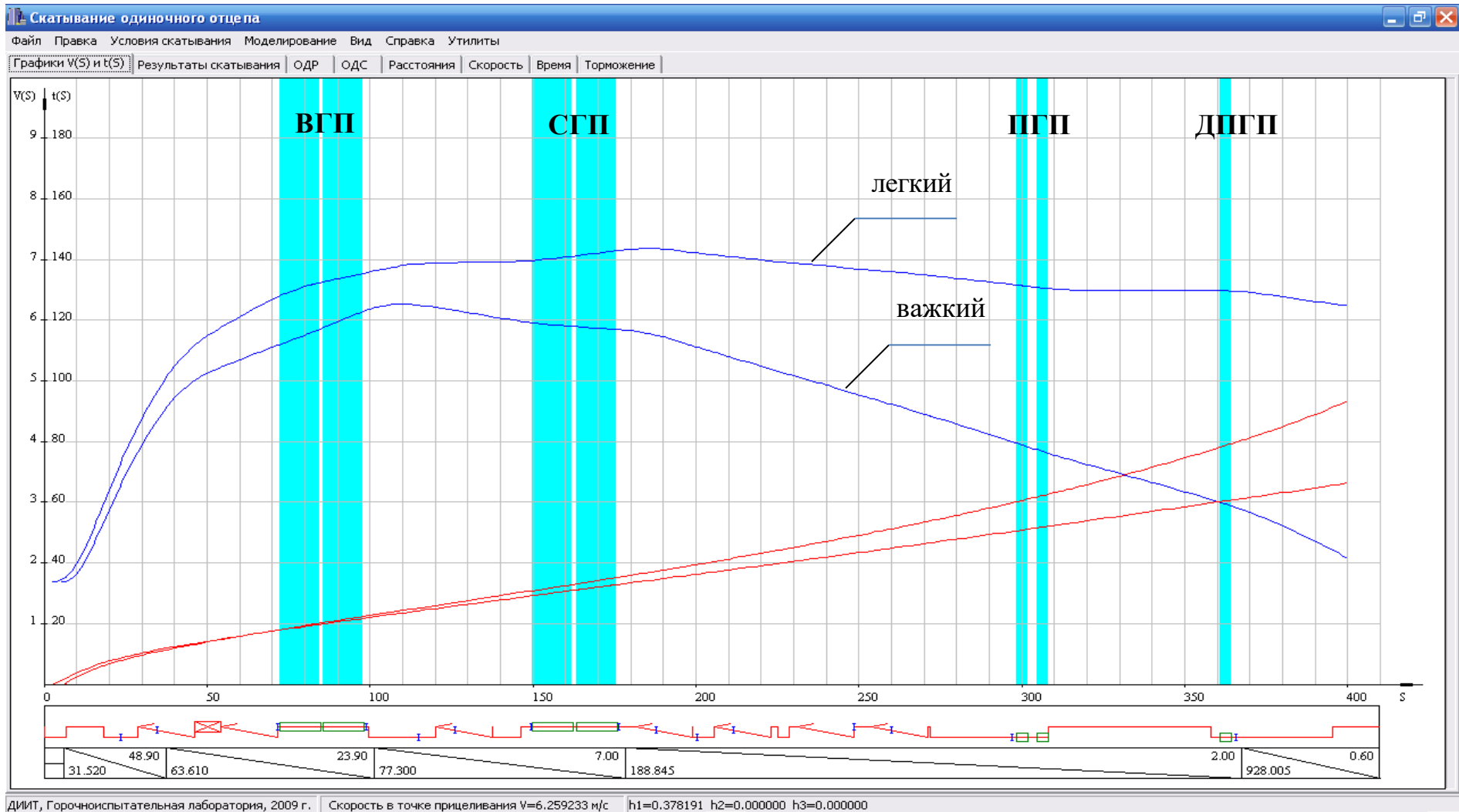
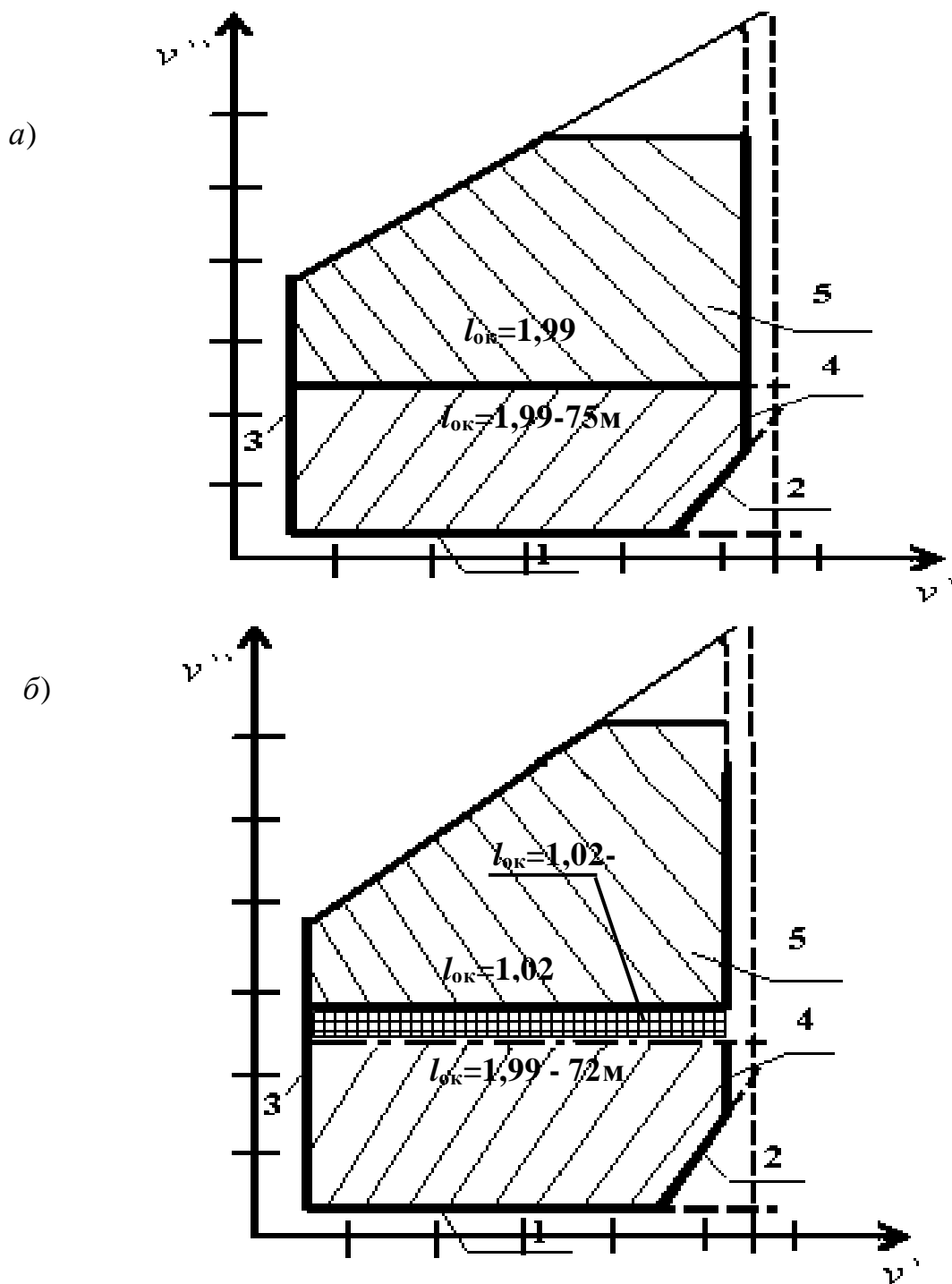


Рисунок 5.4 – Модель процесу розформування при удосконаленні конструкції ПГП



Рисунк 5.5 - ОДС : а) при відсутності ДПГП та б) при наявності ДПГП

Тут враховано наступні обмеження: 1,2,3 - відповідно по потужності ВГП,СГП та ПП, 4 - ймовірність зупинки відчепа в уповільнювачі; 5 – перевищення встановленої швидкості входу відчепа на уповільнювач.

Аналіз отриманих ОДС показує, що за рахунок уточнення характеристик відчепів на вимірювальній ділянці досягається зменшення середньої величини вікна на 95%.

Перевірку ефективності запропонованого методу вибору режимів гальмування та конструкції гірки виконано на підставі імітаційного моделювання процесу розформування составів поїздів.

Для цього виконано розформування 100 составів, до складу кожного з яких входило 25 вагонів. При цьому кожний з вагонів мав випадкові значення маси та основного питомого опору.

Після обробки результатів експериментів отримано параметри розподілу величини інтервалу між відчепами по кожному розділовому елементу. Застосування запропонованого критерію оптимізації (18) забезпечує зменшення ймовірності нерозділень відчепів з 0,005 до 0,002, а удосконалення конструкції ПГП дозволяє скоротити середню величину вікна до 49%.

5.3 Техніко-економічне обґрунтування удосконалення паркової гальмової позиції

Для обґрунтування зміни конструкції паркової гальмової позиції, необхідно розрахувати економічний ефект, який принесуть ці заходи.

Загальні капітальні витрати для однієї колії сортувального парку складають:

$$K_{1 \text{ колія}} = K_{\text{повіт}} + K_{\text{каб}} \quad (5.14)$$

де $K_{\text{повіт}}$ – витрати на повітропровід з обладнанням, грн.;

$K_{\text{каб}}$ – витрати на кабель СБПУ 27×2 із управлінням, грн.;

Витрати на повітропровід з матеріалами для однієї колії складуть:

$$K_{\text{повіт}} = L_{1\text{м}}^{\text{повіт}} \cdot C_{1\text{м}}^{\text{повіт}} \quad (5.15)$$

$L_{1\text{м}}^{\text{повіт}}$ – загальна довжина повітропроводу, м;

$C_{1\text{м}}^{\text{повіт}}$ – вартість 1 м повітропроводу, грн.

$$K_{\text{повіт}} = 50 \cdot 1100 = 55000 \text{ грн}$$

Витрати на кабель СБПУ 27×2 із управлінням для однієї колії:

$$K_{\text{каб}} = L_{1\text{м}}^{\text{каб}} \cdot C_{1\text{м каб}} \quad (5.16)$$

$L_{1\text{м}}^{\text{каб}}$ – довжина кабелю, м;

$C_{1\text{м каб}}$ – вартість 1 м кабелю, грн.

$$K_{\text{каб}} = 50 \cdot 40 = 200 \text{ грн}$$

$$K_{1\text{колія}} = 55000 + 200 = 55200 \text{ грн}$$

Так як у сортувальному парку непарної сортувальної системи станції Нижньодніпровськ-Вузол 32 колії, то загальні капіталовкладення складуть:

$$K_{32 \text{ колії}} = 55200 \cdot 32 = 1766400 \text{ грн}$$

Далі розрахуємо експлуатаційні витрати, які виникають до та після зміни конструкції.

При розрахунку витрат, пов'язаних з маневровою роботою в конкретних умовах, найчастіше застосовується метод витратних ставок. Всі залежні від розмірів руху витрати, віднесені по методу витратних ставок на 1 маневрову локомотиво-годину, доцільно розподіляти на окремі вимірники.

При оцінці маневрової роботи витрати по роботі маневрових локомотивів враховуються по наступних вимірниках:

- тепловозо-кілометри;
- тепловозо-години;
- бригадо-години локомотивних бригад;
- бригадо-години складацьких бригад;
- тонно-кілометри бруто вагонів та локомотивів;
- витрата палива.

Додатково необхідно використовувати вимірники вагоно-кілометри та вагоно-години, що дозволяють враховувати витрати, пов'язані з пробігом і простоєм вагонів під час проведення маневрів.

На вимірник тепловозо-кілометри відносяться всі витрати по технічному обслуговуванню, поточному і капітальному ремонту маневрових локомотивів. Тепловозо-кілометри визначаються на основі середньої швидкості пересування маневрових локомотивів по станційних коліях (5-8 км/год).

На вимірник тепловозо-години відносяться амортизаційні відрахування на повне відновлення маневрових локомотивів.

На вимірник бригадо-години локомотивних бригад відносяться витрати по оплаті праці локомотивних бригад на маневрах. При цьому бригадо-години локомотивних бригад приймаються рівними маневровим тепловозо-годинам з урахуванням додаткових витрат часу на прийом і здачу локомотивів.

На вимірник бригадо-години складацьких бригад відноситься залежна від об'єму роботи частина фонду оплати праці по статтях витрат господарства перевезень, пов'язаних з прийомом і відправленням поїздів з урахуванням основних загальних для всіх галузей господарств витрат. Бригадо-години складацьких бригад приймаються рівними маневровим тепловозо-годинам.

На вимірник тонно-кілометри бруто вагонів і локомотивів відносяться залежні від об'єму роботи витрати по поточному утриманню, ремонту і амортизації станційних колій. Витрати вимірника розраховуються по пробігу вагонів на маневрах, середній масі вагону бруто, масі і пробігу локомотивів на маневрах.

При розрахунку витрат на 1 годину маневрової роботи для визначення витрат вагоно-годин розраховується годинна продуктивність маневрового локомотиву. Її величина залежить від вагоно-годин транзитних вагонів з переробкою і витратами маневрових локомотиво-годин, що припадають на операції формування і розформування поїздів.

Розрахуємо собівартість 1 години маневрової роботи при середній швидкості маневрових пересувань 5 км/год, середньому маневровому складі, рівному 20

вагонам, температурному коефіцієнті – 1,05, годинній переробці – 27 вагонів, тепловозі – ЧМЕЗ.

Розрахунки наведено у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1- Розрахунок витрат на 1 годину маневрової роботи

Вимірник	Витратна ставка, грн	Значення вимірника		Витрати, грн.
1	2	3		4
Тепловозо-кілометри	5,36	5		26,80
Тепловозо-години	164,03	1		164,03
Бригадо-години локомотивних бригад	267,35	1		267,35
Витрата умовного палива	6,29	$21,8 * 1,05 = 22,89$		143,98
Бригадо-години складацьких бригад	160	1		160,00
Тонно-кілометри брутто	0,01448	300	$(69 * 300 + 750) * 5 = 107250$	1552,98
		500	$(69 * 500 + 750) * 5 = 176250$	2552,10
		1000	$(69 * 1000 + 750) * 5 = 348750$	5049,90
		1300	$(69 * 1300 + 750) * 5 = 452250$	6548,58
		1600	$(69 * 1600 + 750) * 5 = 555750$	8047,26
		1700	$(69 * 1700 + 750) * 5 = 590250$	8546,82
		2000	$(69 * 2000 + 750) * 5 = 693750$	10045,50
		2100	$(69 * 2100 + 750) * 5 = 728250$	10545,06
		2300	$(69 * 2300 + 750) * 5 = 797250$	11544,18
		2500	$(69 * 2500 + 750) * 5 = 866250$	12543,30
		2700	$(69 * 2700 + 750) * 5 = 935250$	13542,42
3000	$(69 * 3000 + 750) * 5 = 1038750$	15041,10		

Продовження таблиці 5.1

Вимірник	Витратна ставка, грн	Значення вимірника		Витрати, грн.
Вагоно-години простою	0,94	300	50	47
		500	83,33	78,33
		1000	166,67	156,67
		1300	216,67	203,67
		1600	266,70	250,70
		1700	283,33	266,33
		2000	333,33	313,33
		2100	350,00	329,00
		2300	383,33	360,33
		2500	416,67	391,67
		2700	450,00	423,00
		3000	500,00	470,00
Вагоно-кілометри	0,49	300	$50*5=250$	122,5
		500	$83,33*5=416,65$	204,16
		1000	$166,67*5=833,35$	408,34
		1300	$216,67*5=1083,35$	530,84
		1600	$266,70*5=1333,50$	653,41
		1700	$283,33*5=1416,65$	694,16
		2000	$333,33*5=1666,65$	816,66
		2100	$350,00*5=1750,00$	857,50
		2300	$383,33*5=1916,65$	939,16
		2500	$416,67*5=2083,35$	1020,84
		2700	$450,00*5=2250,00$	1102,50
		3000	$500,00*5=2500,00$	1225,00
Разом	-	300		2484,64
		500		3596,76
		1000		6377,06
		1300		8045,24
		1600		9713,42
		1700		10269,48
		2000		11937,66
		2100		12493,72
		2300		13605,84
		2500		14717,96
		2700		15830,08
		3000		17498,26

Витрати пов'язані з маневровою роботою за варіантами складуть:

$$E_1^{\text{ман}} = C_{1\text{ман год}} \cdot T_{\text{ман}} \quad (5.17)$$

де $T_{\text{ман}}$ – час на маневрову роботу, пов'язану із осаджуванням вагонів, год.

Варіант 1

$$E_{300}^{\text{ман}} = 2484,64 \cdot 1,33 = 3312,85 \text{ грн}$$

$$E_{500}^{\text{ман}} = 3596,76 \cdot 2,17 = 7792,98 \text{ грн}$$

$$E_{1000}^{\text{ман}} = 6377,07 \cdot 4,17 = 26571,13 \text{ грн}$$

$$E_{1300}^{\text{ман}} = 8045,24 \cdot 5,5 = 44248,82 \text{ грн}$$

$$E_{1600}^{\text{ман}} = 9713,42 \cdot 6,67 = 64756,13 \text{ грн}$$

$$E_{1700}^{\text{ман}} = 10269,48 \cdot 7,33 = 75309,52 \text{ грн}$$

$$E_{2000}^{\text{ман}} = 11937,66 \cdot 8,33 = 99480,50 \text{ грн}$$

$$E_{2100}^{\text{ман}} = 12493,72 \cdot 8,83 = 110361,2 \text{ грн}$$

$$E_{2300}^{\text{ман}} = 13605,84 \cdot 9,67 = 131523,10 \text{ грн}$$

$$E_{2500}^{\text{ман}} = 14717,96 \cdot 10,5 = 154538,60 \text{ грн}$$

$$E_{2700}^{\text{ман}} = 15830,08 \cdot 11,33 = 179407,60 \text{ грн}$$

$$E_{3000}^{\text{ман}} = 17498,26 \cdot 12,5 = 218728,30 \text{ грн}$$

У зв'язку з удосконаленням конструкції ПГП, час на операції по осаджуванню вагонів на коліях сортувального парку скоротиться у два рази. Тому відповідні експлуатаційні витрати дорівнюватимуть

Варіант 2

$$E_{300}^{\text{ман}} = 2484,64 \cdot 0,66 = 1656,43 \text{ грн}$$

$$E_{500}^{\text{ман}} = 3596,76 \cdot 1,08 = 3896,49 \text{ грн}$$

$$E_{1000}^{\text{ман}} = 6377,07 \cdot 2,08 = 13285,54 \text{ грн}$$

$$E_{1300}^{\text{ман}} = 8045,24 \cdot 2,75 = 22124,41 \text{ грн}$$

$$E_{1600}^{\text{ман}} = 9713,42 \cdot 3,33 = 32378,07 \text{ грн}$$

$$E_{1700}^{\text{ман}} = 10269,48 \cdot 3,67 = 37654,76 \text{ грн}$$

$$E_{2000}^{\text{ман}} = 11937,66 \cdot 4,17 = 49740,25 \text{ грн}$$

$$E_{2100}^{\text{ман}} = 12493,72 \cdot 4,42 = 55180,60 \text{ грн}$$

$$E_{2300}^{\text{ман}} = 13605,84 \cdot 4,83 = 65761,56 \text{ грн}$$

$$E_{2500}^{\text{ман}} = 14717,96 \cdot 5,25 = 77269,29 \text{ грн}$$

$$E_{2700}^{\text{ман}} = 15830,08 \cdot 5,67 = 89703,79 \text{ грн}$$

$$E_{3000}^{\text{ман}} = 17498,26 \cdot 6,25 = 109364,13 \text{ грн}$$

Річні витрати на маневрову роботу пов'язану з ліквідацією вікон між відчепами на сортувальних коліях складе:

$$E_{\text{ман}}^{\text{річ}} = 365 \cdot E_{\text{ман}}^{\text{міс}} \quad (5.18)$$

Варіант 1

$$E_{300}^{\text{ман річ}} = 365 \cdot 3312,85 = 1209191,467 \text{ грн}$$

$$E_{500}^{\text{ман річ}} = 365 \cdot 7792,98 = 2844437,70 \text{ грн}$$

$$E_{1000}^{\text{ман річ}} = 365 \cdot 26571,08 = 9698445,42 \text{ грн}$$

$$E_{1300}^{\text{ман річ}} = 365 \cdot 44248,82 = 16150819,30 \text{ грн}$$

$$E_{1600}^{\text{ман річ}} = 365 \cdot 64756,13 = 23635988,67 \text{ грн}$$

$$E_{1700}^{\text{ман річ}} = 365 \cdot 75309,52 = 27487974,80 \text{ грн}$$

$$E_{2000}^{\text{ман річ}} = 365 \cdot 99480,50 = 36310382,50 \text{ грн}$$

$$E_{2100}^{\text{ман річ}} = 365 \cdot 110361,20 = 40281835,57 \text{ грн}$$

$$E_{2300}^{\text{ман річ}} = 365 \cdot 131523,10 = 48005938,80 \text{ грн}$$

$$E_{2500}^{\text{ман річ}} = 365 \cdot 154538,60 = 56406581,70 \text{ грн}$$

$$E_{2700}^{\text{ман річ}} = 365 \cdot 179407,60 = 65483764,27 \text{ грн}$$

$$E_{3000}^{\text{ман річ}} = 365 \cdot 218728,30 = 79835811,25 \text{ грн}$$

Варіант 2

$$E_{300}^{\text{ман річ}} = 365 \cdot 1656,42 = 604595,73$$

$$E_{500}^{\text{ман річ}} = 365 \cdot 3896,49 = 1422218,85$$

$$E_{1000}^{\text{ман річ}} = 365 \cdot 13285,54 = 4849222,71 \text{ грн}$$

$$E_{1300}^{\text{ман річ}} = 365 \cdot 22124,41 = 8075409,65 \text{ грн}$$

$$E_{1600}^{\text{ман річ}} = 365 \cdot 32378,07 = 11817994,33 \text{ грн}$$

$$E_{1700}^{\text{ман річ}} = 365 \cdot 37654,76 = 13743987,40 \text{ грн}$$

$$E_{2000}^{\text{ман річ}} = 365 \cdot 49740,25 = 18155191,25 \text{ грн}$$

$$E_{2100}^{\text{ман річ}} = 365 \cdot 55180,60 = 20140917,78 \text{ грн}$$

$$E_{2300}^{\text{ман річ}} = 365 \cdot 65761,56 = 24002969,40 \text{ грн}$$

$$E_{2500}^{\text{ман річ}} = 365 \cdot 77269,29 = 28203290,85 \text{ грн}$$

$$E_{2700}^{\text{ман річ}} = 365 \cdot 89703,79 = 32741882,13 \text{ грн}$$

$$E_{3000}^{\text{ман річ}} = 365 \cdot 109364,13 = 39917905,63 \text{ грн}$$

При цьому

$$\Delta E^{\text{ман річ}} = E_{1 \text{ вар}}^{\text{ман річ}} - E_{2 \text{ вар}}^{\text{ман річ}} \quad (5.19)$$

$$\Delta E_{300}^{\text{ман річ}} = 1209191,467 - 604595,73 = 604595,73$$

$$\Delta E_{500}^{\text{ман річ}} = 2844437,70 - 1422218,85 = 1422218,85$$

$$\Delta E_{1000}^{\text{ман річ}} = 9698445,42 - 4849222,71 = 4849222,71 \text{ грн}$$

$$\Delta E_{1300}^{\text{ман річ}} = 16150819,30 - 8075409,65 = 8075409,65 \text{ грн}$$

$$\Delta E_{1600}^{\text{ман річ}} = 23635988,67 - 11817994,33 = 11817994,33 \text{ грн}$$

$$\Delta E_{1700}^{\text{ман річ}} = 27487974,80 - 13743987,40 = 13743987,40 \text{ грн}$$

$$\Delta E_{2000}^{\text{ман річ}} = 36310382,50 - 18155191,25 = 18155191,25 \text{ грн}$$

$$\Delta E_{2100}^{\text{ман річ}} = 40281835,57 - 20140917,78 = 20140917,78 \text{ грн}$$

$$\Delta E_{2300}^{\text{ман річ}} = 48005938,80 - 24002969,40 = 24002969,40 \text{ грн}$$

$$\Delta E_{2500}^{\text{ман річ}} = 56406581,70 - 28203290,85 = 28203290,85 \text{ грн}$$

$$\Delta E_{2700}^{\text{ман річ}} = 65483764,27 - 32741882,13 = 32741882,13 \text{ грн}$$

$$\Delta E_{3000}^{\text{ман річ}} = 79835811,25 - 39917905,63 = 39917905,63 \text{ грн}$$

Далі необхідно розрахувати економічну ефективність перебудови паркової гальмівної позиції. Відповідно до [18] основними показниками економічної

ефективності у сучасних умовах виступають:

- чиста поточна вартість (NPV);
- внутрішня норма доходу (IRR);
- індекс доходності (ID).

Для даного проекту поточні чисті доходи інвестиційного проекту можуть розглядатися як постійні (на середньому рівні) по роках життєвого циклу, а інвестиції є одноразовими та здійснюються на початку циклу. У зв'язку з цим вказані показники ефективності проекту можуть бути визначені за наступними формулами:

$$NPV = (ND - TP + A) \cdot \frac{1 - (1+R)^{-T}}{R} - I \quad (5.20)$$

$$ID = \frac{(ND - TP + A) \cdot \frac{1 - (1+R)^{-T}}{R}}{I} \quad (5.21)$$

$$(ND - TP + A) \cdot \frac{1 - (1+IRR)^{-T}}{IRR} - I = 0 \quad (5.22)$$

де NPV – чиста поточна вартість, млн. грн;

ND – чистий дохід інвестиційного проекту, млн. грн;

TP – налог на прибуток, млн. грн;

A – амортизаційні відрахування, млн. грн;

R – ставка дисконту, %, 13,4% ;

T – строк життєвого циклу інвестицій, років, 20 роки.

I – загальні інвестиції, млн. грн;

ID – індекс доходності, раз;

IRR – внутрішня норма доходу, %.

Чистий дохід даного інвестиційного проекту визначається як різниця між економією на тарифі та витратами, пов'язаними з експлуатацією та утриманням локомотивів.

Строк життєвого циклу інвестицій відповідає строку окупності нової конструкції ПГП (20 років).

Амортизаційні відрахування визначаються прямолінійним методом за

формулою:

$$A = \frac{I}{T} \quad (5.23)$$

Номінальна ставка дисконту визначається методом підсумовування та враховує такі складові:

- базову норму доходу, %;
- премію за низьку ліквідність, %;
- премію за ризик, %.

Базова норма доходу визначається як середня процентна ставка за довгострокові депозити юридичних осіб в національній валюті. По даним Національного банку України у 2012 році вказаний показник склав 11,46%.

Премія за низьку ліквідність визначається як різниця між середніми процентними ставками довгострокових та короткострокових депозитів. Середня процентна ставка короткострокових депозитів юридичних осіб у національній валюті за даними Національного банку України у 2012 році склала 5,55%. Таким чином, премія за низьку ліквідність дорівнює $11,46 - 5,55 = 5,91\%$.

Премія за ризик для подібних інвестиційних проектів досягається 4%.

Таким чином, номінальна ставка дисконту дорівнює:

$$R_n = 11,46 + 5,91 + 4 = 21,37\%$$

Реальна ставка дисконту визначається за формулою Фішера:

$$R_b = \frac{R_n - i}{1 + i/100} \quad (5.24)$$

де R_n – номінальна ставка дисконту (норма доходу), %

i – темп інфляції, %.

За даними Державної служби статистики України темп інфляції в Україні у 2012 році склав 4,6%.

Таким чином, реальна (відчищена від інфляції) норма доходу складає:

$$R_b = \frac{21,37 - 4,6}{1 + 4,6/100} = 16,0\%$$

Ставка дисконту визначається як відчищена від податку на прибуток реальна норма доходу. При ставці податку на прибуток 16,0% вона дорівнює:

$$R = 16,0\% \cdot (1 - 0,16) = 13,4\%$$

Результати розрахунку показників ефективності за різними варіантами реалізації інвестиційного проекту (при різній кількості вагонів, які перероблюються на сортувальній станції) наведено у табл. 5.1. Інвестиційний проект вважається ефективним, якщо виконуються наступні вимоги:

$$NPV \geq 0, \quad (5.25)$$

$$ID \geq 1, \quad (5.26)$$

$$IRR \geq R \quad (5.27)$$

Висновки відносно різних варіантів інвестиційного проекту наведено у табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Розрахунок показників ефективності по різних варіантам проекту

Обсяги переробки, ваг	Показники ефективності			Висновок про ефективність проекту
	NPV, тис. грн.	ID, раз	IRR, %	
300	536,09	0,12	0,10	Ні
500	1211,87	0,27	0,11	Ні
1000	3919,20	0,88	0,12	Ні
1300	6467,893	1,45	0,15	Так
1600	9424,535	2,11	0,17	Так
1700	10946,06	2,45	0,18	Так
2000	14430,92	3,23	0,19	Так
2100	15999,64	3,59	0,21	Так
2300	19050,66	4,27	0,23	Так
2500	22368,91	5,02	0,26	Так
2700	25954,40	5,82	0,28	Так
3000	31623,46	7,09	0,30	Так

Розрахунок показників економічної ефективності показав, що розміщення ділянки для вимірювання ходових властивостей відчепів між ППП та ДПП є доцільним при мінімальному обсязі переробки у 1245 вагонів.

5.4 Висновки до розділу 5

Удосконалено ітераційний метод оптимізації режимів гальмування, що дозволяє використовувати його для оперативного управління процесом скочування відчепів з гірки. Отримано основні параметри випадкової величини гарантованого інтервалу між відчепами та отримано його значення в умовах дії випадкових факторів.

Запропоновано нову конструкцію паркової гальмової позиції, яке полягає в тому, що третій уповільнювач ППП розміщується на відстані 50 м від другого її уповільнювача, при цьому, на ділянці між ними розміщуються пристрої для визначення ходових характеристик відчепів, точність визначення яких, дозволить забезпечити допустиму швидкість їх виходу із ДПП та зменшити співударяння відчепів з вагонами, які знаходяться на підгірочних коліях.

Нова конструкція ППП дозволить скоротити середню величину вікна до 95% без погіршення показників інтервального регулювання.

Виконано оцінку прицільного регулювання скочування відчепів в умовах уточнення характеристик відчепів під час скочування. Встановлено, що виділення одного з уповільнювачів в окрему гальмівну позицію та устрій перед нею вимірювальної ділянки дозволить скоротити величину вікна до 95% без погіршення показників інтервального регулювання. Як показав розрахунок економічних показників, запропонована реконструкція паркової гальмівної позиції та розміщення ділянки для вимірювання ходових характеристик відчепів є доцільною при мінімальному обсязі переробки 1245 ваг.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота містить отримані автором результати, які в сукупності вирішують науково-практичну задачу підвищення ефективності роботи сортувальних гірок на основі удосконалення методів управління розформуванням составів на сортувальних станціях. Виконані в роботі дослідження дозволяють зробити наступні висновки та пропозиції:

1. Виконаний аналіз наукових робіт по проблемі підвищення ефективності роботи технічних засобів показав, що існуючі методики базуються на спрощених аналітичних та графічних моделях орієнтованих лише на визначення робото-спроможності сортувальної гірки, що не забезпечує пошук оптимального рішення. Для розв'язання вказаної задачі необхідна побудова адекватних математичних моделей сортувальної гірки, які будуть враховувати стохастичний характер параметрів вагопотоків та умов навколишнього середовища.

2. Визначення статистичних характеристик вагопотоків, що переробляються на сортувальних станціях України, показало, що значну кількість (біля 50 %) складають одновагонні відчепи. В теперішній час режими гальмування відчепів вибираються в залежності від їх вагової категорії, яка визначається по масі вагонів відчепа, вказаної у перевізних документах. Однак дослідження показали, що в багатьох випадках спостерігається відхилення фактичної маси вантажу від вказаної у перевізних документах. Також значний вплив на вибір режимів гальмування здійснює напрямок вітру, який змінюється та площа навітряної поверхні вагона. Дослідження показали, що математичне очікування величини зміни напрямку вітру становить 3,5 град/с, а величина площі навітряної поверхні вагона коливається від 4м² для вагонів платформ до 17м² для критих вагонів.

3. Існуючі імітаційні моделі для дослідження процесу скочування відчепів не враховують випадковий характер параметрів відчепів та умов навколишнього середовища, що впливає на показники роботи сортувальних гірок. В дисертації розроблено імітаційну модель скочування відчепів з гірки, в якій опори руху розглядаються як випадкові функції. Запропонована модель дозволяє порівнювати варіанти конструкції сортувальних гірок, оцінювати ефективність їх технічного

оснащення та алгоритмів управління систем АРС, що проектуються при автоматизації сортувальних гірок, а також вирішувати різноманітні оптимізаційні задачі.

4. Дослідження впливу різних факторів на величину середнього квадратичного відхилення часу скочування відчепа до визначеної точки показало, що основним фактором, від якого залежить величина середнього квадратичного відхилення швидкості та часу руху, при скочуванні відчепа є довжина шляху скочування відчепа L .

5. Виконані дослідження впливу точності інформації про характеристики відчепів на умови інтервального та прицільного регулювання швидкості скочування відчепів показали, що суттєвим фактором, який впливає на умови інтервального регулювання скочування відчепів є середньоквадратичне відхилення величини швидкості виходу відчепа із СГП. Основним фактором, який впливає на умови прицільного регулювання скочування відчепів є відхилення величини основного питомого опору. Наявність системи уточнення характеристик відчепів та значна кількість багатовагонних відчепів теоретично дозволяють покращити та наблизити результати прицільного гальмування швидкості відчепів до умов гальмування відчепів з відомими характеристиками.

6. Удосконалено ітераційний метод оптимізації режимів гальмування, що дозволяє використовувати його для оперативного управління процесом скочування відчепів з гірки. Отримано основні параметри випадкової величини гарантованого інтервалу між відчепами та отримано його значення в умовах дії випадкових факторів.

7. Виконано оцінку прицільного регулювання скочування відчепів в умовах уточнення характеристик відчепів під час скочування. Встановлено, що виділення одного з уповільнювачів в окрему гальмівну позицію та устрій перед нею вимірювальної ділянки дозволить скоротити величину вікна до 95% без погіршення показників інтервального регулювання. Розрахунок показників економічної ефективності показав, що розміщення ділянки для вимірювання ходових властивостей відчепів між ПГП та ДПГП є доцільним при мінімальному обсязі переробки у 1245 вагонів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бендат Дж. Прикладной анализ случайных данных [Текст] / Бендат Дж., Пирсол А. // Пер. с англ.-М.: Мир, 1989.-540 С., ил.
2. Берестов І.В. Гіркові технічні засоби [Текст] /Берестов І.В., Нагорний Є.В. // Учб.посіб.для студ вузів зал.тр-ту - Харків: Регіон-інформ; К.: Трансп. України, 1998.- 205 с.
3. Берндт Т. Сортировочные горки на железных дорогах мира [Текст] // Берндт Т., С.В. Власенко/ Автоматика, связь, информатика- 2007. - №6 - с. 45 – 48.
4. Бессоненко С.А. Вероятностные зависимости исходных величин для расчета сортировочных горок: тезисы доклада [Текст]/ Бессоненко С.А. // Пути повышения эффективности использования подвижного состава. Дисертація докт. Гомель.- 1983.- с. 25-26.
5. Бобровский В.И. Анализ эффективности режимов торможения отцепов на сортировочных горках [Текст] / Бобровский В.И., Козаченко Д.Н., Рогов Н.В. // Вісник ДІІТу, Вип. 11. – Д.: ДІІТ, 2006. – с. 103-111.
6. Бобровский В.И. Временной принцип в имитационной модели процесса скатывания отцепов с сортировочной горки [Текст] // Вопросы проектирования и технология транспортных узлов: Межвуз. сб. научн. тр.-Вып. 674.- М.: МИИТ, 1980.-с.70-71.
7. Бобровский В.И. Временной принцип моделирования скатывания отцепов с горки [Текст] //Вопросы механизации и автоматизации сортировочного процесса на станциях: Межвуз. сб. научн. тр.-Вып. 197/12.- Днепропетровск: ДИИТ, 1978. - с. 50 - 58.
8. Бобровский В.И. Дифференциальные уравнения движения отцепа и методы их решения [Текст] / В.И. Бобровский // Информационно - управляющие системы на железнодорожном транспорте. - 1996. - №6. - с. 34 - 39.
9. Бобровский В. И. Моделирование процесса скатывания оцепов с сортировочной горки [Текст] / В.И. Бобровский, Д. Н. Козаченко // Зб. наук. праць ДЕТУТ: Серія "Транспортні системи і технології". — 2010. — Вип. 16. — С. 20-29.

10. Бобровский В. И. Оценка эффективности систем автоматизации сортировочного процесса методом моделирования: Дис. канд. техн. наук: 05.22.08 [Текст]. – Днепропетровск: ДИИТ 1973. - 236 с.

11. Бобровський В. І. Теоретичні основи удосконалення конструкції та технології роботи залізничних станцій [Текст]/ Бобровський В. І.// Дис. докт. техн. наук: 05.22.20. – Днепропетровск - 2002. - 534 с.

12. Божко Н.П. Вопросы автоматизации прицельного регулирования скорости движения отцепов [Текст] /Божко Н.П.// Труды ДИИТа.- вып.216/14.- Днепропетровск – 1981.- с.47-60.

13. Бутько, Т. В. Розробка моделі для визначення витрат палива гірковими локомотивами при насуві та розформуванні составів [Текст] / Т. В. Бутько, М. І. Данько, О. М. Огар, М. П. Топчієв // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. – К. : Техника, 2004. – Вып. 58. – С. 217-221.

14. Буянова В.К. Моделирование на ЭЦВМ процесса роспуска вагонов с сортировочной горки [Текст] / В.К. Буянова // Вестник ВНИИЖТа. - 1965. - №6. - с. 60 - 64.

15. Ваванов Ю.В. Методы измерения ускорений отцепов и анализ их погрешностей/ Ваванов Ю.В., Фонарев Н.М. [Текст] //Вестник ВНИИЖТа - М.- 1967.- №8.- с.22-25.

16. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях [Текст] / Вознесенский В.А. // М.: Финансы и статистика – 1981, с.263.

17. Вентцель Е.С. Исследование операций [Текст] / Вентцель Е.С. // - М.: Сов. радио, 1972. - 551 с.

18. Гненний О.Н. Модель оценки эффективности инвестиций в обновление подвижного состава железнодорожного транспорта Украины [Текст] / Гненний О.Н.// Економіка: проблеми теорії та практики. Зб. наук. пр. Випуск 193: В 5 т. Том II. – Дніпропетровськ: ДНУ, 2004. – С. 458 - 473.

19. Горка-автомат // Гудок.RU 21.05.2009 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gudok.ru>

20. Горохов Е.В. Ветровые и гололедные воздействия на воздушные линии электропередачи [Текст] / Е.В. Горохов, М.И. Казакевич, С.В. Турбин, Я.В. Назим – Донецк.: «Компьютер Норд» - 2005. – 348 с.

21. Горохов Е.В. Аэродинамика электросетевых конструкций [Текст] / Горохов Е.В., Казакевич М.И., Шаповалов С.Н., Назим Я.В.// под ред. Горохова Е.В., Казакевич М.И. – Донецк, 2000,- 336 с.

22. Горохов Е.В. Методические вопросы расчета элементов воздушных линий электропередачи на ветровую нагрузку [Текст] / Горохов Е.В., Югов А.М., Некрасов Ю.П., Турбин С.В. // Сборник научных трудов «Современные конструкции из металла и древесины». – Одесса: ОГАСА. – 2001. – С. 61-67.

23. Джонсон Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке: Методы планирования эксперимента [Текст] / Джонсон Н., Ф. Лион // Пер. с англ. – М.: Мир, 1981. – 520 с., ил.

24. Жуковицкий И.В. Решение дифференциального уравнения свободного скатывания отцепа с горки [Текст] / И.В. Жуковицкий // Информационно - управляющие системы на железнодорожном транспорте. - 1997. - №4. - с. 14 - 17.

25. Журавель В.В. Точність гальмування, кількість вагонів у відцепі та показники роботи сортувальної гірки [Текст] / Журавель В.В.// Вісник Дніпр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. академіка В.Лазаряна. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В.Лазаряна, - 2009. - Вип. 28. – С. 133-136.

26. Збірник № 17 Правил перевезень і тарифів залізничного транспорту України [Текст]. К.: Укрзалізниця - 2005.

27. ИНСТРУКЦИЯ о порядке поступления, транспортировки, хранения, отпуска и учета нефти и нефтепродуктов на предприятиях и в организациях Украины - Госнефтегазпром, Министерство экономики, Министерство транспорта, Госстандарта, Госкомстата Украины [Текст] -1999 р.

28. Козаченко Д.М. Розвиток теоретичних основ оцінки техніко-експлуатаційної ефективності та безпеки функціонування сортувальних гірок [Текст] / Козаченко Д.М.// Дис. докт. техн. наук: 05.22.20. - Дніпропетровськ, 2012. -

299 с.

29. Козаченко Д.М. Новый вагонный уповільнювач УВСК українського виробництва [Текст] / Козаченко Д.М., Вернигора Р.В., Березовий М.І. Гарбузов А.А.// Залізничний транспорт України// - № 2 - 2010.- с 34-38.

30. Козаченко Д.М. Аналіз впливу спеціалізації сортувальних колій на показники процесу розформування [Текст] /Козаченко Д.М., Березовий М.І., Таранець О.І.// Восточно-европейский журнал передовых технологий – 2006. - № 6/2(24), - С.7-10.

31. Козаченко Д.М. Моделювання роботи сортувальної гірки в умовах невизначеності параметрів відчепів та характеристик навколишнього середовища [Текст] /Д.М.Козаченко, М.І.Березовий, О.І.Таранець // Вісник Дніпр. нац. ун-ту залізн. Трансп. Ім. акад. В. Лазаряна, - 2007. вип. 16. с.73-76.

32. Козаченко Д.М. Аналіз можливості підвищення точності інформації про характеристики відчепів в системах автоматизованого управління розпуском составів [Текст]/ Козаченко Д.М., Таранець О.І. //Восточно-Европейский журнал передовых технологий. :Харьков 3/3(33), 2008 , с.

33. Козаченко Д.М. Исследование прицельного регулирования скорости скатывания отцепов в условиях неопределенности информации об их ходовых свойствах [Текст] /Козаченко Д.М., Коробьева Р.Г., Таранець О.І.//Восточно-европейский журнал передовых технологий – 2009.- №6/3(42), С. 45-50

34. Корн Г. Справочник по математике (для научных работников и инженеров) [Текст] / Корн Г., Корн Т. // М.-1974 г., 832 с.

35. Красовский Г.А. Автоматизация процесса определения ходовых свойств отцепов в системе горочной автоматики [Текст] / Красовский Г.А.// Диссертация, М., ЦНИИ МПС- 1958.- 223 с.

36. Кудряшов А.В. Определение рациональных режимов скатывания отцепов с сортировочных горок [Текст] / А.В. Кудряшов // Вісник ДПТУ, Вип. 28 – Д.: ДПТ- 2009. – с. 149-154.

37. Кудряшов А.В. Определение рациональных режимов скатывания отцепов с сортировочных горок [Текст] / А.В. Кудряшов // Вісник ДПТУ, Вип. 28 –

Д.: ДИТ, 2009. – с. 149-154.

38. Методические рекомендации по определению массы грузов, перевозимых железнодорожным транспортом методика [Текст] - МПС РФ - 2001 г.- с.13.

39. Миклер Г. Децентрализованная система управления роспуском вагонов на сортировочной станции Бремерхафен-Шпекенбюттель [Текст]/ Г. Миклер, Ф. Лекенвальтер, К. Рам // Железные дороги мира.- № 8.- 1988.- с. 2-12

40. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений [Текст]/ Митропольский А.К. // Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1971, с.576.

41. Модернизация завершена // Литовский курьер on-line [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kurier.lt>. - №18 (740) 30 Апреля

42. Муха Ю.А. Автоматизация и механизация переработки вагонов на станциях [Текст] / Ю.А. Муха, И.В. Харланович, В.П. Шейкин и др. – М.: Транспорт, 1985. – 248 с.

43. Муха Ю.А. Алгоритмы и библиотека программ для моделирования на ЭВМ «Наири - К» сортировочного процесса на горках [Текст] / Ю.А. Муха, В.И. Бобровский // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях: Труды ДИИТа. - Вып. 194/11. - Днепропетровск, 1977. - с. 53 - 102.

44. Муха Ю. А. Имитационное моделирование процесса скатывания отцепов при выполнении горочных расчетов [Текст] / Ю. А. Муха, А. А. Муратов // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях: Межвуз. сб. научн. тр. - Днепропетровск: ДИИТ- 1990. - с. 11- 20.

45. Муха Ю. А. Моделирование на ЭЦВМ процесса скатывания отцепов с сортировочной горки [Текст] / Ю. А. Муха, В. И. Бобровский // Вопросы механизации и автоматизации сортировочного процесса на станциях: Труды ДИИТа. - Вып. 90/6. - Днепропетровск, 1969. - с. 53 - 63.

46. Муха Ю.А. Оптимизация режимов торможения скатывающихся отцепов при расформировании составов на сортировочной горке [Текст] / Муха Ю.А. //

Вопросы механизации и автоматизации сортировочного процесса на станциях: Труды ДИИТа. - Вып. 181/10. - Днепропетровск. - 1976. - с. 17 - 23.

47. Муха Ю. А. Построение кривых скорости скатывания длинных отцепов с сортировочной горки и сравнение этих кривых с опытными [Текст] / Ю. А. Муха // Вопросы механизации и автоматизации сортировочных горок: Труды ДИИТа - Вып. 41.- Днепропетровск, 1962. - с. 85 - 110.

48. Образцов В. Н. Станции и узлы. Ч.2 [Текст] / В.Н. Образцов - М.: Трансжелдориздат, 1938. - 492 с.

49. Образцов В.Н. К вопросу о тяговых расчетах сортировочных горок [Текст] /В.Н. Образцов//Труды МИИТа- Вып.9.- М., 1928. - с. 129 - 152.

50. Образцов В. Н. Станции и узлы [Текст] / В. Н. Образцов, В. Д. Никитин, Ф. Н. Шаульский, С. П. Бузанов - М.: Трансжелдориздат, 1949. - 540 с.

51. Огар О. М. Удосконалення методу розрахунку додаткового питомого опору від середовища і вітру при моделюванні скочування вагонів з гірки [Текст] / О. М. Огар // Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту: зб. наук. праць. – Х. : УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 108. – С. 150-154.

52. Павлов В.Е. Влияние погрешностей в работе системы АРС на перерабатывающую способность автоматизированной сортировочной горки [Текст] / Павлов В.Е.// Труды ЛИИЖТа - Л.- вып.334- 1972,- с.17-20.

53. Павлов В.Е. Об алгоритме расчета скорости вагона на горке в зависимости от расстояния [Текст] / В.Е. Павлов // Труды ЛИИЖТ. Вып. 259. Л., Транспорт, 1967. - с. 95 - 100.

54. Пилипченко П. А. Моделирование на ЭЦВМ роспуска составов на сортировочной горке [Текст] /Пилипченко П. А. // Вопросы механизации и автоматизации сортировочного процесса на станциях: Труды ДИИТа. - Вып. 125/7. - Днепропетровск. - 1971. - с. 33 - 42.

55. Пособие по применению норм и правил проектирования сортировочных устройств [Текст] - М. Транспорт, 1994-220 с.

56. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР. ВСН 207 – 89 [Текст]. - М.: Транспорт, 1992. - 104 с. (

57. Правила перевезень вантажів залізничним транспортом України [Текст], Ч. 1 - К.-: Укрзалізниця, - 2004.
58. Правила перевезень вантажів залізничним транспортом України [Текст], Ч. 2 - К.-: Укрзалізниця, - 2004.
59. Рудановский В.М Об определении удельных сопротивлений движению вагонов на путях с переменным уклоном [Текст]/ Рудановский В.М// Вестник ВНИИЖТа, М.- 1969.- №1.- с. 46-50.
60. Рудановский В.М. Влияние погрешностей АРС на образование «окон» и скорость соударения отцепов в подгорочном парке [Текст] / Рудановский В.М. // Вестник ВНИИЖТа.- М.- 1977- №3.- с.47-50.
61. Савицкий А.Г. Концепция автоматизации и механизации процессов на сортировочных станциях[Текст] /Савицкий А.Г.// Автоматика, связь, информатика, 2000. -№4.- с. 25-30.
62. Савицкий А.Г. Технологические средства на сортировочных станциях: вчера, сегодня, завтра [Текст]/Савицкий А.Г.// Автоматика, связь, информатика 2005.-№4- с.33-37.
63. Савицкий Г.А. Ветровая нагрузка на сооружения [Текст] / Савицкий Г.А.// М.: Стойиздат. □ 1972.
64. Сагайтис В.С. Устройства механизированных и автоматизированных сортировочных горок [Текст] / Сагайтис В.С. Соколов В.Н. // Справочник. - М.: Транспорт,1985. – 208 с.
65. Сокол Э. Н. Сходы с рельсов и столкновения подвижного состава (Судебная экспертиза. Элементы теории и практики) [Текст] / Сокол Э. Н. // Монография /– 2 изд. доп. – К. Транспорт Украины - 2004 – 368 с.
66. Сопротивление движению грузовых вагонов при скатывании с горок [Текст] - Труды ВНИИЖТа. - Вып. 545. - М.:Транспорт,1975. - 151 с.
67. Сименс: заслуженная высокая репутация [Текст] //Евразия вести.- 2004.- № 11.- с. 29.
68. Симиу Э. Воздействие ветра на здания и сооружения [Текст]/ Симиу Э., Сканлан Р. //-М.: Стройиздат - 1984. – 360 с.

69. Сурмин Ю.П. Теория систем и системный анализ [Текст] / Сурмин Ю.П. // Учеб. пособие. — К.: МАУП - 2003. — 368 с.
70. Статут залізниць України [Текст]. К.: Транспорт України, 1998.
71. Страковский И.И. Об измерительном участке для определения ходовых свойств вагонов на сортировочных горках [Текст] / Страковский И.И., Тишков Л.Б.// Вестник ВНИИЖТа.- М.- 1975.- №5.- с.54-59.
72. Таранець О.І. Аналіз існуючих систем автоматизації процесу розформування рухомого складу [Текст] /Таранець О.І // Вагонный парк – Харьков.: Изд-во «Подвижной состав» - 2011.-№2/2011. – с.19-21.
73. Таранець О.І. Технічні засоби механізації та автоматизації сортувального процесу на гірках [Текст] / Таранець О.І. // Вісник Дніпр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. академіка В.Лазаряна. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В.Лазаряна, - 2010. - Вип. 31 . – С.72-76.
74. Тишков Л.Б. Скорости в точках «прицеливания» и «окна» на путях автоматизированных горок [Текст] / Тишков Л.Б.// Вестник ВНИИЖТа - М.- 1963 - №5.- с.12-17.
75. Турбин С.В. Основные положения методики определения климатических нагрузок на АМС при новом строительстве [Текст] / Турбин С.В., Некрасов Ю.П.// Донбасская национальная академия строительства архитектуры
76. Устенко А.Б. О некоторых направлениях совершенствования подсистемы прицельного торможения АСУ РГС [Текст]/ Устенко А.Б.// Автоматизированные системы управления технологическими процессами на железнодорожных станциях: Межвуз.сб.науч.тр./ДИИГ. – Днепропетровск.-1980.- Вып. 211/9.- с. 48-56.
77. Фонарев Н.М. Автоматизация процесса расформирования составов на сортировочных горках [Текст] /Фонарев Н.М.– М.: Транспорт, 1971.- 272 с.
78. Шабельников А.Н. Системы автоматизации сортировочных горок на основе современных компьютерных технологий [Текст] / Шабельников А.Н., В.Н. Иванченко, С.М. Ковалев, Н.Н. Лябах, В.Н. Соколов, В.Р. Одикадзе, В.И. Сачко//.- Учебник для вузов ж.д. транспорта. Под общей ред. Шабельникова. – Ростов н/Д:

НИИАС, Рост.гос.ун-т путей сообщения, 2010. – 436 с.

79. Шафит Е.М. Дифференциальные уравнения скатывания отцепов с сортировочной горки при различных способах аппроксимации продольного профиля [Текст] / Е.М. Шафит // Вопросы механизации и автоматизации сортировочных горок: Труды ДИИТ. - Вып. 52. - М.: Транспорт, 1965. - с. 55 - 72.

80. Шафит Е.М. Машинное решение дифференциальных уравнений скатывания отцепов с сортировочной горки [Текст] / Е.М. Шафит // Вопросы механизации и автоматизации сортировочных горок: Труды ДИИТ. - Вып. 52. - М.: Транспорт, 1965. - с. 73 - 95.

81. Шафит Е.М. Расчет времени расформирования составов на автоматизированных сортировочных горках [Текст] /Шафит Е.М.// Вопросы эксплуатации железных дорог: Труды ДИИТа. - Вып. 61. - М.: Транспорт.- 1966. - с. 31 - 50.

82. Шторм Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества [Текст]/ Шторм Р. // Под ред. Н.С. Райбмана. – М.: Мир,1970.

83. Ющенко Н.Р. Сопротивление движению восьмиосных вагонов при скатывании с сортировочной горки [Текст] / Ющенко Н.Р., Шафит Е.М., Третьяк Б.А., Иванков Н.М.// Вопросы механизации и автоматизации сортировочных горок. – сб.- М.- Транспорт.- 1966.- с. 18-27.

84. Ющенко Н. Р. Графический метод построения кривых скорости и времени скатывания отцепов с горки [Текст] / Н. Р. Ющенко // Труды ДИИТа. - Вып. 21. - М.: Трансжелдориздат, 1951. - с. 271 – 287.

85. Cieślakowski S. J. Podstawowe aspekty bezpieczeństwa wagonów rozrządzanych z górkі rozrządowej [Text]/ Cieślakowski S. J. // Zag. transp. - 1986-1987. - №3-4. - с. 99-104.

86. Coelingh J.P. Analysis of wind speed observations over the North Sea [Text] /Coelingh J.P., Wilk A.J.M., Holtslag A.A.// J. Wind Eng. and Ind. Aerodyn. – М.-1996. – № 61. – pp. 51-69.

87. Emil Simiu Toward a New Generation of Standards for Wind Loads: implications for Design Practice, Insurance, and Research [Text] / Emil Simiu //The Eighth U.S. National Conf. on Wind Engineering . □ Baltimore (USA). □ 1997. □ CD-rom.
88. Förching H.W. Grunlagen der Aeroelastik. Springer-Verlag. [Text] / Förching H.W. //- Berlin, Heidelberg. - 1974.
89. Gurley K.R. Analysis and Simulation Tools For Wind Engineering [Text] / Gurley K.R., Tognarelli M.A., Karrem A. // Prob. Engng.Mech. □ Vol 12, № 1. □ P. 9 (68)
90. Hojstrup, J. Non-Gaussian turbulence [Text] / Hojstrup, J.; Hansen, K.S.; Juul Pedersen, B.; Nielsen // Proc. 1999 European wind energy conference (EWEC '99). - Nice (FR). - 1999. - P. 1055-1057.
91. Horokhov Y.V. Methodology of measurement and registration of local statistical characteristics of near-ground wind [Text] / Horokhov Y.V., Nekrasov Y.P., Yugov A.M., Kolesnichenko S.V.//Abstracts Of 4th International Colloquium on BBAA. □ Bochum (Germany). □ 2000. □ P. 187-190.
92. Holmes J.D. Non-Gaussian characteristics of wind pressure fluctuations/ Holmes J.D. //J. Wind Engineering and Industrial Aerodynamic. □ 1981. □ № 13. □ P.197-208.
93. Ivanova L.A. The response of wind and turbulence characteristics inside the wind farm to the mesoscale variance of surface parameters [Text] / Ivanova L.A. // Proc. 2EEECWE. – Prague (Czech Republic). – 1998. – Vol. №1. – pp. 165-172.
94. Kijewski T. Dynamic Wind Effects Provisions in Codes and Standards and Wind Tunnel Data: A Comparative Study [Text] / Kijewski T., Kareem A. // The Eighth U.S. National Conf. on Wind Engineering . □ Baltimore (USA). □ 1997. □ CD-rom.
95. Kube K. Progressive Railroading [Text] / K. Kube//- 2002. - №7.- c. 50-52
96. Lockhart T.J. Wind Averaging: The 5-second vs. 3-second vs. 1-second Question [Text] / Lockhart T.J. // The Eighth U.S. National Conference on Wind Engineering. – Dep. of Civil Eng. The Johns Hopkins Univ. Baltimore, Maryland (USA). – 1997. – CD-rom.

97. Maeda J. Wind response of a power transmission tower using new displacement measurement [Text] / Maeda J., Imamura Y., Morimoto Y. // Proc. of International Conf. "Wind Engineering into 21st Century", Rotterdam (Denmark). – 1999. – pp. 481-486.

98. Main J.A. Full-scale measurements of stay cable vibration [Text] / Main J.A., Jones N.P. // Proc. of International Conf. "Wind Engineering into 21st Century", Rotterdam (Denmark). – 1999. – pp. 963-970.

99. Ohkuma T. Evaluation of galloping of transmission lines in gusty winds [Text]/ Ohkuma T, Kagami J., Kagami H., Kikuchi T., Takeda K., Marukawa H. // Proc. of IWAIS`1998. Reykjavik (Iceland). – 1998. – pp. 311-316.

100. Peil U. A wind turbulence model based on long-term measurements [Text] /Peil U., Telljohann G. // Proc. of International Conf. "Wind Engineering into 21st Century", Rotterdam (Denmark). □ 1999. □ P. 148-153.

101. Shanmugasundaram J. Full-scale field measurement of wind and structural response of a lattice tower [Text]/ Shanmugasundaram J., Gomathinayagam S., Harikrishna P., Lakshmanan N. // Proc. of International Conf. "Wind Engineering into 21st Century", Rotterdam (Denmark). – 1999. – pp. 551-557.

ДОДАТКИ

26 23586829 221 000 00000 00000 0000 0000 00/00 00000
 48009

27 23595424 221 000 00000 00000 0000 0000 00/00 00000
 48009

28 24435174 221 000 00000 00000 0000 0000 00/00 00000
 48009

48355 1 29 60083011 221 000 48427 42103 0452
 ДЕБ-С 1 30 64382278 221 048 49549 17111 7173
 ЗАП.Л 1 31 65288144 221 061 46005 17110 5380
 КР-0/6 ПВ-11/4 ЦС-2/0 ПР-8/0 ИТГ-21/10
 ПАСС-0 НДЛМ-0 ЦСС-0/0 ЦСТ-0/0 ТР-0/0
 НРП
 00200 -0/5 00600 -0/3 48355 -0/1 АД -1/0 НД-УЗ -15/0 КЛЕП -1/0
 ГОРЛ -1/0 ДЕБ-С -1/0 ЗАП.Л -1/1 ЧАП. -1/0

(:0497 Донецк 1048059 17 05 19 50 001:

Ю1 0000 3122 002 000 52:)

ИСЦ ДОН АСК ВП УЗ 0031 17.05.2007 19:59:03

РАЗМЕЧЕННАЯ ТГНЛ ПО СТАНЦИИ 480009

02 4800 2066 4856 046 4800 1 16 05 17 54 058 2467 0 0000 0 0
 00600 23 1 67998500 201 000 00000 00000 0000 0000 00/00 00000
 48564

2 67262345 201 000 00000 00000 0000 0000 00/00 00000
 48564

3 64494628 201 000 00000 00000 0000 0000 00/00 00000
 48564

4 67498105 201 000 00000 00000 0000 0000 00/00 00000
 48564

5 66327222 201 000 00000 00000 0000 0000 00/00 00000
 48564

6 66327347 201 000 00000 00000 0000 0000 00/00 00000
 48564

7 65198640 201 000 00000 00000 0000 0000 00/00 00000
 48564

8 66942012 201 000 00000 00000 0000 0000 00/00 00000
 48564

9 65070054 201 000 00000 00000 0000 0000 00/00 00000
 48564

10 63388573 201 000 00000 00000 0000 0000 00/00 00000
 48564

48009	1	36	66102013	221	060	48009	32302	3419				
ИЛОВ.	1	37	62527163	201	033	51113	32302	2231	0000	00/00	48725	
КР.Л	10	38	66751975	221	059	16287	32302	4768	0000	00/00	32723	
		39	65331134	221	068	44029	23507	3053	3000			
		40	66241316	221	068	44029	23507	3053	3000			
		41	64867526	221	068	44029	23507	3053	3000			
		42	67868737	221	067	44029	23507	3053	3000			
		43	61947545	201	069	15829	27100	5323	0000	00/00	32723	
		44	67663286	221	070	44416	27100	4013	4000			
		45	66789652	221	069	15829	27100	5323	0000	00/00	32723	
		46	67866566	221	067	44416	27100	4013	4000			
		47	66066804	221	069	15829	27100	5323	0000	00/00	32723	
00600	1	48	67896845	221	000	00000	00000	0000	0000	00/00	00000	
48564												
ДЕБ-С	5	49	54985296	221	000	58044	42103	8970	6050	00/00	50070	
		50	54985270	221	000	58044	42103	8970	6050	00/00	50070	
		51	54985254	221	000	58044	42103	8970	6050	00/00	50070	
		52	54985262	221	000	58044	42103	8970	6050	00/00	50070	
		53	54985288	221	000	58044	42103	8970	6050	00/00	50070	

ПВ-21/27 ПР-0/5 ИТГ-21/32

ПАСС-0 НДЛМ-0 ЦСС-0/0 ЦСТ-0/0 ТР-0/0

НРП

00600 -0/27 48009 -1/0 49000 -1/0 КР.Л -14/0 КЛЕП -2/0 МАН -1/0

ДЕБ-С -1/5 ИЛОВ. -1/0

ДОДАТОК Б
РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАННЯ МАСИ

Таблиця Б.1- Результати вимірювання маси вантажів

№ п/п	Вагон	Груз	Вес Брутто Накладной	Вес Тары Накладной	Вес Нетто Накладной	Вес Брутто Перевес	Вес Тары Перевес	Вес Нетто Перевес	Расхождение
1	58884677	Азофоска 16:16:16	92,98	23,46	69,52	93,6	23,05	70,55	1,03
2	59810820	Азофоска 16:16:16	91,28	23,08	68,2	92,65	23,35	69,3	1,1
3	59806133	Азофоска 16:16:16	91,69	22,25	69,44	92,35	22,5	69,85	0,41
4	59844761	Азофоска 16:16:16	85,18	22,08	63,1	85,8	21,55	64,25	1,15
5	59036392	Азофоска 16:16:16	85,33	22,34	62,99	86,4	22,1	64,3	1,31
6	59034801	Азофоска 16:16:16	91,38	22,27	69,11	92,55	22,1	70,45	1,34
7	58871344	Азофоска 16:16:16	92,8	23,16	69,64	93,45	23,15	70,3	0,66
8	58885096	Азофоска 16:16:16	92,78	23,13	69,65	93,8	23,05	70,75	1,1
9	58884206	Азофоска 16:16:16	92,87	23,3	69,57	93,4	23,4	70	0,43
10	58870213	Азофоска 16:16:16	92,78	23,19	69,59	93,5	22,8	70,7	1,11

Таблиця Б.2- Результати вимірювання маси вантажів

№ п/п	Вагон	Груз	Вес Брутто Накладной	Вес Тары Накладной	Вес Нетто Накладной	Вес Брутто Перевес	Вес Тары Перевес	Вес Нетто Перевес	Расхождение
1	58655580	Карбамид	72,1	49,26	22,88	72,4	23,05	49,3	0,04
2	59268649	Карбамид	72,9	49,8	23,14	73,2	23,35	49,8	0
3	59230466	Карбамид	79,9	57,36	22,52	80	22,55	57,5	0,09
4	59230086	Карбамид	79,2	57,1	22,1	79,7	22,35	57,3	0,2
5	59267732	Карбамид	78,9	57,12	21,76	79,3	21,7	57,6	0,48
6	59230185	Карбамид	79,8	57,7	22,1	79,9	22,2	57,7	-0,05
7	59267815	Карбамид	80,4	58,2	22,2	80,6	22,35	58,3	0,05
8	59230300	Карбамид	70,6	48,7	21,9	71,2	21,4	49,8	1,1
9	58876327	Карбамид	79,6	57,52	22,08	79,7	22	57,7	0,13
10	59235085	Карбамид	80	57	23	80,7	22,5	58,2	1,2
11	59235275	Карбамид	80,4	57,8	22,6	80,5	21,85	58,7	0,85
12	59230433	Карбамид	80	57,32	22,68	80,1	22,75	57,4	0,03
13	59267872	Карбамид	79,5	57,14	22,38	79,8	22,5	57,3	0,11
14	59819854	Карбамид	71,1	49,16	21,94	71,7	21,85	49,8	0,64
15	59268441	Карбамид	80	57,16	22,88	79,5	22,95	56,5	-0,66
16	59235077	Карбамид	80	57,22	22,74	80,8	22,7	58,1	0,88
17	59230029	Карбамид	79,4	57,18	22,2	80,4	22,45	57,9	0,72
18	59579805	Карбамид	72,2	49,56	22,68	72,2	22,85	49,4	-0,21
19	58885757	Карбамид	72,5	49,16	23,36	72,2	23,3	48,9	-0,31
20	59230383	Карбамид	79,5	57,22	22,32	81,4	22,55	58,9	1,63
21	59844845	Карбамид	71,7	49,18	22,5	71,5	22,3	49,2	-0,03
22	59820522	Карбамид	79,8	57,04	22,8	80,4	23	57,4	0,36
23	59589150	Карбамид	72	49,94	22,04	72,7	22	50,7	0,76

Таблиця Б.3- Результати вимірювання маси вантажів

№ п/п	Вагон	Груз	Вес Брутто Накладной	Вес Тары Накладной	Вес Нетто Накладной	Вес Брутто Перевес	Вес Тары Перевес	Вес Нетто Перевес	Расхождение
1	56492721	Концентрат - желез.- 67,5%	91,5	23,2	68,3	91,65	23,2	68,45	0,15
2	53522918	Концентрат - желез.- 67,5%	89,6	21,1	68,5	89,5	21,1	68,4	-0,1
3	56190432	Концентрат - желез.- 67,5%	90,1	21,3	68,8	89,8	21,3	68,5	-0,3
4	53525762	Концентрат - желез.- 67,5%	90,6	21,7	68,9	89,6	21,7	67,9	-1
5	56034200	Концентрат - желез.- 67,5%	90,5	21,6	68,9	90,4	21,6	68,8	-0,1
6	56994841	Концентрат - желез.- 67,5%	91,6	21,2	70,4	91,2	21,2	70	-0,4
7	53530333	Концентрат - желез.- 67,5%	91,2	22,4	68,8	90,5	22,4	68,1	-0,7
8	56097850	Концентрат - желез.- 67,5%	91,7	22,9	68,8	90,5	22,9	67,6	-1,2
9	53508628	Концентрат - желез.- 67,5%	88,6	20,2	68,4	88,75	22,35	66,4	-2

Таблиця Б.4- Результати вимірювання маси вантажів

№ п/п	Вагон	Груз	Вес Брутто Накладной	Вес Тары Накладной	Вес Нетто Накладной	Вес Брутто Перевес	Вес Тары Перевес	Вес Нетто Перевес	Расхождение
1	59504167	Калий хлористый	91,9	22,4	69,5	91,5	22,05	69,45	-0,05
2	59840645	Калий хлористый	91,75	22,2	69,55	91,8	21,9	69,9	0,35
3	58790239	Калий хлористый	91,65	22,1	69,55	91,4	21,9	69,5	-0,05
4	59859900	Калий хлористый	92,6	22,25	70,35	92,5	22,05	70,45	0,1
5	59035220	Калий хлористый	85,6	22,4	63,2	85,45	21,85	63,6	0,4
6	58790064	Калий хлористый	91,35	21,9	69,45	91,7	21,6	70,1	0,65
7	59862128	Калий хлористый	93	22,65	70,35	93	22,65	70,35	0
8	59861641	Калий хлористый	93,3	22,95	70,35	93,25	22,95	70,3	-0,05
9	58791047	Калий хлористый	84,55	21,25	63,3	84,7	21,35	63,35	0,05
10	59040428	Калий хлористый	92,25	22,65	69,6	92,5	22,8	69,7	0,1

ДОДАТОК В

**ЗАЛЕЖНІСТЬ СЕРЕДНЬОГО КВАДРАТИЧНОГО ВІДХИЛЕННЯ ТРИВАЛОСТІ СКОЧУВАННЯ ВІД МАСИ ВІДЧЕПА
ДЛЯ ВІДЧЕПІВ РІЗНИХ ВАГОВИХ КАТЕГОРІЙ**

Таблиця В.1 – Залежність середнього квадратичного відхилення тривалості скокування від маси відчепа

Розділові елементи		C1<	C1>	T1<	31>	T1>	C2<	C2>	T2<	32>	C3<	T2>	C3>	C4<	C4>	C5<	C5>	T3<	33>	T3>	ПРЦ
		Середнє квадратичне відхилення тривалості скокування відчепа категорії Л																			
Значення основ- ного питомого опору - випад- кове	Значення ваги - випадкове	0,141	0,088	0,045	0,057	0,083	0,097	0,157	0,200	0,286	0,301	0,344	0,399	0,410	0,532	0,716	0,903	1,200	1,380	1,561	3,447
	Значення ваги відповідно:																				
	22	0,131	0,083	0,030	0,017	0,045	0,059	0,114	0,152	0,229	0,242	0,280	0,330	0,339	0,450	0,617	0,791	1,070	1,242	1,417	3,312
	25	0,122	0,077	0,029	0,015	0,040	0,053	0,102	0,137	0,205	0,217	0,250	0,294	0,302	0,399	0,542	0,688	0,919	1,059	1,198	2,555
	28	0,114	0,072	0,027	0,013	0,037	0,048	0,093	0,124	0,186	0,197	0,227	0,266	0,274	0,359	0,484	0,610	0,807	0,923	1,038	2,088
		Середнє квадратичне відхилення тривалості скокування відчепа категорії ЛС																			
Значення основ- ного питомого опору - випад- кове	Значення ваги - випадкове	0,114	0,072	0,050	0,070	0,093	0,104	0,153	0,189	0,258	0,270	0,304	0,348	0,356	0,451	0,587	0,721	0,925	1,044	1,159	2,139
	Значення ваги відповідно:																				
	28	0,108	0,068	0,026	0,012	0,034	0,045	0,087	0,116	0,174	0,184	0,212	0,248	0,255	0,334	0,450	0,567	0,747	0,854	0,959	1,906
	36	0,106	0,066	0,026	0,011	0,032	0,042	0,083	0,110	0,165	0,174	0,200	0,234	0,240	0,313	0,419	0,523	0,682	0,775	0,865	1,641
	44	0,105	0,066	0,026	0,010	0,030	0,040	0,079	0,105	0,157	0,166	0,191	0,222	0,228	0,296	0,393	0,488	0,631	0,713	0,793	1,450

		Середнє квадратичне відхилення тривалості скочування відчепа категорії С																			
Значення основ- ного питомого опору - випад- кове	Значення ваги - випадкове	0,094	0,058	0,028	0,034	0,050	0,059	0,096	0,122	0,172	0,180	0,205	0,236	0,242	0,308	0,401	0,492	0,626	0,703	0,777	1,369
	Значення ваги відповідно:																				
	44	0,090	0,057	0,022	0,008	0,026	0,034	0,068	0,091	0,136	0,143	0,164	0,192	0,197	0,255	0,339	0,42	0,543	0,613	0,681	1,241
	52	0,086	0,054	0,021	0,008	0,025	0,033	0,064	0,086	0,128	0,135	0,155	0,181	0,185	0,240	0,317	0,392	0,504	0,568	0,630	1,127
	60	0,068	0,043	0,017	0,006	0,019	0,025	0,049	0,066	0,098	0,103	0,118	0,138	0,141	0,182	0,240	0,296	0,378	0,425	0,470	0,825
		Середнє квадратичне відхилення тривалості скочування відчепа категорії СТ																			
Значення основ-ного питомого опору - випад-кове	Значення ваги - випадкове	0,078	0,049	0,019	0,007	0,022	0,029	0,057	0,076	0,113	0,119	0,137	0,159	0,164	0,211	0,278	0,343	0,440	0,495	0,547	0,966
	Значення ваги відповідно:																				
	60	0,069	0,044	0,017	0,006	0,019	0,025	0,049	0,066	0,098	0,103	0,119	0,138	0,142	0,182	0,239	0,294	0,374	0,420	0,463	0,801
	66	0,064	0,041	0,016	0,005	0,017	0,023	0,046	0,062	0,092	0,097	0,111	0,130	0,133	0,172	0,226	0,279	0,356	0,400	0,442	0,774
	72	0,064	0,040	0,016	0,005	0,017	0,023	0,046	0,061	0,091	0,096	0,110	0,128	0,131	0,169	0,223	0,274	0,350	0,393	0,434	0,755
		Середнє квадратичне відхилення тривалості скочування відчепа категорії Т																			
Значення основ-ного питомого опору - випад-кове	Значення ваги - випадкове	0,060	0,038	0,017	0,011	0,019	0,024	0,045	0,059	0,087	0,091	0,104	0,121	0,124	0,159	0,208	0,255	0,323	0,362	0,398	0,682
	Значення ваги відповідно:																				
	72	0,059	0,037	0,015	0,005	0,016	0,021	0,042	0,056	0,083	0,087	0,100	0,116	0,119	0,154	0,202	0,247	0,315	0,353	0,389	0,671
	80	0,058	0,037	0,015	0,005	0,016	0,021	0,042	0,056	0,082	0,087	0,100	0,116	0,119	0,153	0,200	0,245	0,312	0,349	0,385	0,661
	85	0,057	0,036	0,015	0,005	0,015	0,020	0,040	0,053	0,079	0,083	0,096	0,111	0,114	0,147	0,192	0,236	0,299	0,335	0,369	0,630

ДОДАТОК Г
СВІДОЦТВО НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

 УКРАЇНА Міністерство освіти і науки України Державний департамент інтелектуальної власності	
<h1 style="margin: 0;">СВІДОЦТВО</h1> <p style="margin: 0;">про реєстрацію авторського права на твір № 30170</p>	
Комп'ютерна програма "Скатывание одиночного отцепа" ("VS") <small>(вид, назва службового твору)</small>	
Автор(и) Козаченко Дмитро Миколайович, Бобровський Володимир Ілліч, Березовий Микола Іванович, Кудряшов Андрій Вадимович, Таранець Ольга Ігорівна <small>(повне ім'я, псевдонім (за наявності))</small>	
Авторські майнові права належать Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна, вул. Ак. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ, 49010 <small>(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)</small>	
Дата реєстрації	08.09.2009
Голова Державного департаменту інтелектуальної власності	 М.В.Паладій
	

ДОДАТОК Д
АКТИ
ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ НА
ПРИДНІПРОВСЬКІЙ ЗАЛІЗНИЦІ



МІНІСТЕРСТВО ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ
УКРЗАЛІЗНИЦЯ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
«ПРИДНІПРОВСЬКА ЗАЛІЗНИЦЯ»
Служба перевезень

ПРОТОКОЛ

від 07.09.2012 № ДТ-05/96а
 м. Дніпропетровськ

Голова наради: Начальник служби перевезень Декарчук О.М.

Секретар: Начальник технічного відділу Стехін П.І.

Присутні:

Від служби перевезень:

Головний інженер служби перевезень Баркалов І.В.;

Начальник відділу технологій перевізного процесу Шабанов О.А.;

Провідний інженер-технолог з розробки технологічних процесів роботи станцій Криворотько І.І.

Від Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту:

Завідуючий кафедрою ЕОМ, доктор технічних наук, професор Жуковицький І.В. ;

Завідуючий кафедрою УЕР, доктор технічних наук, професор Козаченко Д. М.;
 асистент кафедри УЕР Таранець О.І.;

Порядок денний: Розгляд питань щодо можливого впровадження на Придніпровській залізниці результатів дисертації Таранець Ольги Ігорівни «Підвищення ефективності роботи сортувальних гірок на основі удосконалення методів управління розформування составів».

СЛУХАЛИ:

Козаченка Д.М. - Дисертаційна робота Таранець О.І. виконана у відповідності з пріоритетними напрямками розвитку залізничної галузі, які визначені у Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року (розпорядження Кабінету Міністрів України від 16.12.2009 №1555-р), а також пов'язана з НДР, що виконані Дніпропетровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна «Удосконалення методики оперативного управління сортувальним процесом на станціях» (договір № 42.01.08.09, №ДР0108U000642).

Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності роботи технічних засобів, що забезпечують розформування-формування поїздів на сортувальних станціях за рахунок удосконалення методів управління скочуванням відчепів. Поставлена мета досягається в результаті розв'язання задач дослідження, а саме: визначення статистичних характеристик вагонопотоків, що переробляються на сортувальних станціях України; розробка імітаційної моделі скочування відчепів з гірки, в якій опори руху розглядаються як випадкові функції; дослідження впливу різних факторів на величину середнього квадратичного відхилення часу скочування; дослідження впливу точності інформації про характеристики відчепів на умови інтервального та прицільного регулювання швидкості скочування відчепів; удосконалення методів вибору режимів управління швидкістю скочування відчепів при їх випадкових характеристиках; удосконалення конструкції сортувальних гірок для експлуатації в умовах автоматизації.

Таранець О.І. - Основним заходом, що забезпечує підвищення безпеки руху, покращення умов праці та зменшення експлуатаційних витрат на переробку вагонопотоків на сортувальних станціях є автоматизація процесу розформування-формування составів на сортувальних гірках. Вирішення цієї задачі досягається за рахунок комплексних заходів, що передбачають реконструкцію станцій та впровадження новітніх уповільнювачів і систем управління розпуском. В той же час, в сучасних умовах залізниці України відчувають дефіцит інвестиційних ресурсів і перевага віддається поетапним проектам оновлення технічних засобів, що не вимагають значної концентрації коштів. Велика кількість комплексних систем та окремих технічних засобів, що забезпечують підвищення ефективності роботи гірок, а також значний вплив місцевих умов на ефективність їх функціонування вимагає оцінки доцільності їх впровадження на кожному з етапів модернізації.

Предмет дослідження – взаємозв'язки параметрів технічного забезпечення та режимів управління швидкістю скочування відчепів з показниками функціонування сортувальних гірок.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в розв'язанні наступних задач:

1) Вперше отримано параметри розподілу випадкової величини швидкості скочування відчепів на маршруті скочування.

2) Удосконалено імітаційну модель скочування відчепів з гірки, в якій, на відміну від існуючих, опори руху розглядаються як випадкові функції, що дозволяє враховувати вплив випадкових характеристик відчепів і умов скочування на час та швидкість руху відчепів.

3) Удосконалено ітераційний метод оптимізації режимів гальмування, що дозволяє використовувати його для оперативного управління процесом скочування відчепів з гірки в умовах дії випадкових факторів.

Запропоновані методи реалізовані у вигляді програмного комплексу для ЕОМ «Скатывание одиночного отцепы» (свідоцтво про реєстрацію авторських прав на твір № 30170).

Декарчука О.М. – В умовах реформування залізничної галузі і господарства перевезень особливу увагу приділяється скороченню експлуатаційних витрат, приведенню штату до виконуваних обсягів роботи. На 2013 рік по господарству перевезень заплановано кошти на модернізацію пристроїв релейної централізації сортувальних гірок станції Нижньодніпровськ-Вузол із заміною на інформаційно-управляючий комплекс роботою парків сортувальної станції (ІУКСС), який передбачає здійснення автоматичного спостереження за поїздами та складами на всій території сортувальної станції, формування в автоматичному режимі і за допомогою автоматизованих робочих місць (АРМів) звітної документації й повідомлень для АСК ВП. ІУК СС включатиме підсистеми АСУ ПП (АСУ парку приймання), АСУ ПВ (АСУ парку відправлення) і АСУ КР (АСУ контролю розпуску). Кожна з підсистем призначена для автоматичного збору й обробки інформації на відповідній технологічній ділянці, контролю реалізації циклів і операцій технологічного процесу, обліку місця розташування рухомого складу на коліях парків, обліку переміщення рухомого складу в парках станції, фіксації моментів часу початку й завершення окремих фаз технологічного процесу, формування й видачі оперативному персоналу станції планів і рекомендацій з обробки составів.

Інформаційно-управляючий комплекс роботою парків сортувальної станції (ІУКСС) може бути доповнений запропонованими методами автоматичного управління процесом розформування-формування составів на сортувальних гірках. У рамках цих пропозицій вважається за доцільне рекомендувати керівництву кафедри «Електронні обчислювальні машини» та кафедри «Управління експлуатаційною роботою» обговорити позиції з приводу сумісництва розробки та впровадження проекту ІУКСС з урахуванням методів управління процесом розформування-формування составів на сортувальних гірках, запропонованих в дисертаційній роботі асистентом кафедри УЕР Таранець О.І., з послідовним виділенням підсистему АСУ РС – автоматизована система управління розпуском составів з передбаченням функцій АЗШР.

УХВАЛИЛИ:

1 Головному інженеру служби перевезень Баркалову І.В., сумісно з завідуючим кафедрою УЕР, д.т.н., професором Козаченко Д. М. та завідуючим кафедрою «Електронні обчислювальні машини», д.т.н., професором Жуковицьким І.В., відкоригувати технічне завдання на розробку проектної документації щодо впровадження ІУКСС на станції Нижньодніпровськ-Вузол з урахуванням методів управління процесом розформування-формування составів на сортувальних гірках, запропонованих в дисертаційній роботі асистентом кафедри УЕР Таранець О.І. Термін до 01.11.2012.

2 Асистенту кафедри УЕР Таранець О.І. підготувати доповідь стосовно проведених досліджень методів управління процесом розформування-формування составів на сортувальних гірках та прийняти участь в проведенні семінару-наради з обміну досвідом щодо забезпечення безпеки руху, охорони праці, удосконалення технології роботи дільниць та станцій, раціоналізаторської діяльності в господарстві перевезень Придніпровської залізниці 4 – 5 жовтня 2012 року у місті Феодосія.

3 Начальнику технічного відділу служби перевезень Стехіну П.І., на підставі даних дослідної експлуатації системи ІУКСС, визначити ефект від впровадження запропонованих методів управління процесом розформування-формування составів на сортувальних гірках.

Голова наради:
Начальник служби перевезень



О.М. Декарчук

Л.М.

Л.М.Ш.

Л.І. Омельник

ДОДАТОК Е
АКТИ
ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ В
УЧБОВИЙ ПРОЦЕС

Затверджую
Перший проректор Дніпропетровського
Національного університету залізничного
транспорту імені академіка В.Лазаряна



Б.С. Боднар

АКТ

про використання результатів дисертації Таранець Ольги Ігорівни
„ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНИХ ГРОК НА
ОСНОВІ УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ
РОЗФОРМУВАННЯМ СОСТАВІВ”

м.Дніпропетровськ

„30” листопада 2012 р.

Цей акт складений про те, що у навчальному процесі Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна при підготовці спеціалістів та магістрів за спеціальністю „Організація перевезень та управління на залізничному транспорті” використовуються наукові та практичні результати, що отримані в дисертації Таранець О.І., а саме:

1. Теоретичні результати дисертації використовуються при викладанні дисципліни „Управління експлуатаційною роботою” студентам спеціальності „Організація перевезень та управління на залізничному транспорті”.

2. Програмний комплекс для ЕОМ «Скатывание одиночного отцепка» «VS» (свідоцтво про державну реєстрацію авторських прав на твір № 30170) використовується для виконання дипломних проєктів студентами спеціальності „Організація перевезень та управління на залізничному транспорті”.

Декан факультету УІІІ, к.т.н., доцент

Вернигора Р.В.

Завідувач кафедри
«Управління експлуатаційною роботою»,
д.т.н., доцент

Козаченко Д.М.

Затверджую

Проректор з наукової роботи
Дніпропетровського національного
університету залізничного транспорту
імені академіка В.Лазаряна

д.т.н. проф. С.В. Мямлін

30 листопада 2012 р

АКТ

про використання результатів дисертації Таранець Ольги Ігорівни
„ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНИХ ГІРОК НА
ОСНОВІ УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ
РОЗФОРМУВАННЯМ СОСТАВІВ”

м.Дніпропетровськ

„30” листопада 2012 р.

Дніпропетровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна виконано наступні науково-дослідні роботи, в яких використано результати дисертації Таранець О.І. „Підвищення ефективності роботи сортувальних гірок на основі удосконалення методів управління розформуванням составів”:

держбюджетні науково-дослідні роботи:

- Удосконалення методики оперативного управління сортувальним процесом на станціях;
- Расчет динамики и стабильности подвижного состава во время торможения вагонов на замедлителях, устанавливаемых на станции Вайдотай (Литва) третьей (парковой) тормозной позиции в кривых радиусом 200 м;
- Визначення гальмової потужності та часу спрацьовування дослідного зразку уповільнювача УВСК, встановленого на східній сортувальній гірці станції Ясинувата Донецької залізниці.

Начальник НДЧ
д.т.н., доцент



Козаченко Д.М.