

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

На правах рукопису

Сіваконева Ганна Олександрівна

УДК 656.025.2

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ
ПЕРЕВЕЗЕНЬ У БЕЗПЕРЕСАДКОВОМУ СПОЛУЧЕННІ

05.22.01 – транспортні системи

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Науковий керівник:

Альошинський Євген Семенович, д.т.н., професор

Харків – 2014

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	5
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У СПЕЦІАЛЬНИХ ВАГОНАХ.....	14
1.1 Дослідження стану та розвитку пасажирських залізничних перевезень місцевого та прямого сполучення в Україні.....	14
1.2 Аналіз досвіду організації маршрутів руху залізничним транспортом у безпересадковому сполученні.....	25
1.3 Основні напрямки наукових досліджень щодо удосконалення технології організації пасажирських залізничних перевезень у спеціальних вагонах.....	30
1.4 Напрямки удосконалення процесу організації пасажирських залізничних перевезень у спеціальних вагонах.....	35
1.5 Висновки до розділу 1.....	44
РОЗДІЛ 2 ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ ОРГАНІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У БЕЗПЕРЕСАДКОВОМУ СПОЛУЧЕННІ.....	45
2.1 Вибір методів теоретичного дослідження процесу організації пасажирських залізничних перевезень у безпересадковому сполученні.....	45
2.2 Комплексна оцінка стану системи пасажирських залізничних перевезень місцевого та прямого сполучень України.....	53
2.3 Формалізація процесу функціонування автоматизованої технології формування розкладу руху залізничних пасажирських перевезень у спеціальних вагонах.....	62
2.4 Дослідження процесу технологічної обробки пасажирських поїздів, до яких планується причеплення спеціальних вагонів методами мережевого планування та управління.....	73
2.5 Висновки до розділу 2.....	80

РОЗДІЛ 3 ФОРМУВАННЯ ПІДХОДІВ ЩОДО УПРАВЛІННЯ ПАСАЖИРСЬКИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ У БЕЗПЕРЕСАДКОВОМУ СПОЛУЧЕННІ.....82

3.1 Побудова багаторівневого комплексу моделей функціонування елементів технологічних підсистем пасажирського комплексу на залізничному транспорті.....82

3.2 Удосконалення процесу визначення вхідних параметрів для розробки розкладу руху пасажирських поїздів за допомогою імітаційного моделювання.....103

3.3 Розробка методу визначення оцінки зручності часу відправлення та прибуття спеціальних вагонів на залізничні станції.....109

3.4 Автоматизована система розробки розкладу руху спеціальних пасажирських вагонів на основі імітаційного моделювання.....119

3.5 Перевірка моделі дослідження зручності часових інтервалів для кластеру пасажирів спеціальних вагонів на адекватність.....123

3.6 Висновки до розділу 3.....129

РОЗДІЛ 4 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У БЕЗПЕРЕСАДКОВОМУ СПОЛУЧЕННІ.....133

4.1 Розробка системи підтримки прийняття рішень для організації залізничних маршрутів руху спеціальних пасажирських вагонів.....133

4.2 Аналіз економічної ефективності удосконалення технології пасажирських перевезень у безпересадковому сполученні.....134

4.3 Висновки до розділу 4.....153

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....154

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....157

Додаток А Аналіз параметрів пасажиропотоків та поїздопотоків у місцевому та прямому сполученнях.....173

Додаток Б Дослідження розподілу потоків пасажирів по напрямкам руху.....	176
Додаток В Результати кластерного аналізу пасажиропотоків залізничного транспорту.....	182
Додаток Г Розробка математичної моделі формування розкладу руху спеціальних пасажирських вагонів.....	187
Додаток Д Розрахунки показників мережевих графіків обробки пасажирських составів на території пасажирських комплексів.....	191
Додаток Ж Моделювання технології роботи пасажирського комплексу в умовах організації безпересадкових перевезень у спеціальних вагонах.....	201
Додаток К Результати опитування населення щодо відношення до перевезень організованих груп пасажирів залізничним транспортом і зручності часових інтервалів прибуття та відправлення спеціальних пасажирських вагонів.....	214
Додаток Л Визначення маршруту руху спеціальних пасажирських вагонів по Україні.....	229
Додаток М Визначення собівартості залізничних перевезень для кільцевого маршруту Харків – Київ – Львів – Одеса – Харків.....	234
Додаток Н Акти про впровадження та патенти.....	248

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АРМ – автоматизоване робоче місце;

АСК ПП УЗ – автоматизована система керування пасажирськими перевезеннями Укрзалізниці;

ВМ – вантажний модуль;

ГРПП – графік руху пасажирських поїздів;

ЕОМ – електронна обчислювальна машина;

КМУ – Кабінет Міністрів України;

МПУ – мережеве планування та управління;

НПК – науково-практична конференція;

НТК – науково-технічна конференція;

ПК – пасажирський комплекс;

ПП – програмний продукт;

ПС – пасажирська станція;

ПТО – пункт технічного огляду;

ПТС – пасажирська технічна станція;

ПФПП – план формування пасажирських поїздів;

РЕД – ремонтно-екіпірувальне депо;

РРПП – розклад руху пасажирських поїздів;

РФ – Російська Федерація;

СНД – Співдружність Незалежних Держав;

СПВ – спеціальний пасажирський вагон;

СППР – система підтримки прийняття рішень;

ТЛК – транспортно-логістичний кластер;

ТО – технічний огляд;

УЗ – Укрзалізниця;

УкрДАЗТ – Українська державна академія залізничного транспорту;

РГА – генетичний алгоритм з дійсним кодуванням.

ВСТУП

Актуальність теми. Метою діяльності залізничного транспорту України у сфері пасажирських перевезень є задоволення потреб населення у перевезеннях з забезпеченням відповідного рівня якості обслуговування. Пасажирські перевезення повинні бути не лише зручними та доступними, а і відповідати вимогам безпеки руху, забезпечувати високу швидкість доставки пасажирів до пунктів призначення, конкурентоспроможну позицію залізничного транспорту на ринку перевезень. До того ж, одним з пріоритетних напрямків розвитку галузі є підвищення фінансового стану залізничного транспорту.

Реалізація наведеного напрямку діяльності залізниць не можлива без науково обґрунтованого вирішення цілої низки взаємопов'язаних задач: технічних, технологічних та економічних. Проведені на цей час дослідження розкривають питання історичного розвитку перевезень пасажирів, прогнозування пасажиропотоків та іншого, але головна увага приділялася організації та управлінню окремими функціями організації залізничних перевезень, розкриттю технології здійснення перевезень пасажирів залізничним транспортом, а теорія і практика здійснення перевезень пасажирів у безпересадковому сполученні у спеціальних вагонах має більше описовий характер. Тому постає необхідність застосування окремих наукових положень стосовно дослідження динаміки пасажиропотоків, питань попиту на окремі маршрути та години доби з метою виявлення кластеру потенційних пасажирів спеціальних вагонів, удосконалення технології пасажирських перевезень у спеціальних вагонах в умовах дефіциту рухомого складу та іншого.

Сучасне суспільство висуває нові вимоги до транспортного обслуговування, тому залізничний транспорт повинен бути спроможним забезпечити усі потреби у повному обсязі. В умовах нестачі рухомого складу, невідповідної до вимог пасажирів більшої частини інфраструктури та підвищеного рівня конкуренції, особливо з автотранспортом, вище наведена задача є дуже складною, тому її

вирішення повинно базуватися на підвищенні ефективності пасажирських перевезень з мінімальними витратами.

Таким чином, задача удосконалення організації транспортної діяльності залізничного транспорту у сфері пасажирських перевезень у безпересадковому сполученні є складовою частиною наукової задачі зменшення збитковості пасажирських перевезень, оптимізації використання рухомого складу, підвищення ефективності пасажирських залізничних перевезень.

Для дослідження процесів організації перевезень у безпересадковому сполученні головну роль відведено технологічним процесам роботи пасажирських та пасажирських технічних станцій (ПС та ПТС відповідно). При удосконаленні технології обробки пасажирських поїздів та вагонів основними задачами виступають скорочення часу технологічних операцій, зменшення тривалості міжопераційних простоїв пасажирських вагонів, уникнення затримок під час поїздки пасажирів, мінімізація витрат на перевезення, зручність розміщення вагонів та поїздів на коліях відстою під час обороту у пунктах призначення.

Враховуючи необхідність удосконалення технології пасажирських залізничних перевезень у безпересадковому сполученні в сучасних умовах, а також недостатній рівень дослідження проблеми перевезень пасажирів у безпересадковому сполученні та в спеціальних пасажирських вагонах (СПВ), та виявлення обсягів потенційних пасажирів таких вагонів, тему дисертаційної роботи можна кваліфікувати як актуальну та спрямовану на вирішення важливого науково-практичного завдання.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана у відповідності до «Державної цільової програми реформування залізничного транспорту на 2010-2019 роки», затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України (КМУ) від 16 грудня 2009 р. №1390; «Стратегії розвитку залізничного транспорту України до 2020 року», затвердженої розпорядженням КМУ від 16 грудня 2009 р. №1555-р; «Угоди про формування транспортно-логістичного кластеру (ТЛК) Харківської області», затвердженої

рішенням Харківської обласної державної адміністрації від 31 січня 2013 р. Також напрям дослідження співпадає з науково-дослідною роботою на тему: «Впровадження швидкісного руху пасажирських поїздів на ділянці Гребінка – Полтава – Красноград – Харків – Лозова. Станція стикування постійного 3,3 кВ та змінного 27,5 кВ видів тягового струму по ст. Лозова. Розробка технології обслуговування під'їзних і тракційних колій залізничних та промислових підприємств Лозовського вузла» (ДР 0112U000423), у якій автор дисертаційної роботи є співвиконавцем.

Мета і задачі дослідження. Мета дослідження полягає в удосконаленні технології залізничних перевезень у безпересадковому сполученні в СПВ. Для реалізації поставленої мети необхідна постановка та вирішення наступних задач дослідження:

- провести оцінку стану системи пасажирських залізничних перевезень місцевого та прямого сполучень України;
- формалізувати технологію формування розкладу руху СПВ;
- розробити метод визначення параметрів технології пасажирських перевезень у спеціальних вагонах;
- сформувати спосіб оцінювання зручності часу прибуття СПВ на залізничні станції та часу відправлення з залізничних станцій;
- удосконалити структуру та комплекс задач інформаційно-керуючої системи при організації пасажирських перевезень у спеціальних вагонах;
- провести оцінку економічної доцільності впровадження удосконаленої технології залізничних перевезень у безпересадковому сполученні в СПВ.

Об'єктом дослідження є процес функціонування транспортного комплексу пасажирських перевезень.

Предметом дослідження є організація залізничних перевезень у безпересадковому сполученні в СПВ.

Методи дослідження. У дослідженні використано кластерний аналіз при дослідженні кількісних та якісних показників пасажирських залізничних перевезень

та при виявленні кластеру потенційних пасажирів СПВ. Для дослідження розподілу пасажиропотоків за основними маршрутами руху поїздів місцевого та прямого сполучень застосовано методи математичної статистики. При моделюванні процесу формування розкладу руху спеціальних вагонів використовувалися методи теорії розкладу, еволюційного моделювання (генетичні алгоритми). Для дослідження роботи пасажирського комплексу (ПК) було застосовано імітаційне моделювання на основі теорії мереж Петрі для моделювання процесу обслуговування пасажирських поїздів та вагонів, і визначення міжопераційних простоїв СПВ на ПС та ПТС. Для отримання первинної інформації відносно зручності часу відправлення та прибуття СПВ використано методи експертних оцінок та анкетування. Для оцінювання зручності часу відправлення та прибуття пасажирських поїздів відповідно до існуючого розкладу руху пасажирських поїздів (РРПП) використано регресійний аналіз. При аналізі процесу технологічної обробки пасажирських поїздів, до яких планується причеплення СПВ, застосовано методи мережевого планування та управління (МПУ). Використано метод найменших квадратів при дослідженні теоретичних даних на адекватність.

Наукова новизна одержаних результатів. У дисертаційному дослідженні вирішено науково-прикладне завдання удосконалення технології залізничних перевезень у безпересадковому сполученні в спеціальних пасажирських вагонах, що базується на мінімізації простоїв спеціальних вагонів на території пасажирських комплексів при виборі раціональних маршрутів їх руху у складі пасажирських поїздів з можливістю використання системи підтримки прийняття рішень при формуванні розкладу руху спеціальних вагонів з урахуванням зручності часу прибуття та відправлення з пунктів призначення.

Вперше:

- на основі теорії кластеризації проведено оцінку стану системи пасажирських залізничних перевезень місцевого та прямого сполучень України, що, на відмінність від відомих досліджень стану системи пасажирських перевезень, дозволило виявити

кластер потенційних користувачів транспортного продукту перевезень у спеціальних вагонах;

- сформовано наукову процедуру розрахунку технічних параметрів пасажирських комплексів при організації роботи зі спеціальними вагонами, яка базується на моделі цілочисельного програмування і, на відмінність від відомих моделей, дозволяє визначити економічно обґрунтовану тривалість виконання технологічних операцій з спеціальними вагонами на конкретній пасажирській станції конкретного маршруту.

Удосконалено:

- комплекс функціональних задач автоматизованої системи керування пасажирськими перевезеннями Укрзалізниці (АСК ПП УЗ) з використанням способу оцінювання зручності часу прибуття-відправлення спеціальних вагонів до пунктів призначення, що дозволяє підвищити якість обслуговування пасажирів спеціальних вагонів;

- підходи щодо формування розкладу руху залізничних пасажирських перевезень, що дозволяють вирішувати задачі складання розкладу руху не лише для повносоставних пасажирських поїздів, а й для спеціальних пасажирських вагонів, за допомогою побудованої на принципах теорії розкладу математичної моделі.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблений комплекс моделей з удосконалення функціонування ПК дозволяє визначати економічно обґрунтовані параметри технології пасажирських перевезень у СПВ. Комплекс моделей функціонування ПК рекомендовано інтегрувати до автоматизованих робочих місць працівників тактичного рівня, які відповідають за управління поїздопотоками на мережі залізниць. Основні результати дисертаційного дослідження по удосконаленню технології організації пасажирських залізничних перевезень у СПВ враховано у планах роботи Міністерства інфраструктури України, а саме Департаменту координації політики розвитку інфраструктури та туризму; використано при розробці «Стратегії розвитку регіональної транспортної системи на базі формування транспортно-логістичного кластеру (ТЛК) Харківської області»

Харківською обласною державною адміністрацією. Також результати дисертаційного дослідження були використані у навчальному процесі факультету Управління процесами перевезень Української державної академії залізничного транспорту (УкрДАЗТ).

Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними документами, патентами та авторськими свідоцтвами України, які наведені у додатках до дисертації.

Особистий внесок здобувача. Усі результати теоретичних та експериментальних досліджень, що наведені у роботі отримані автором самостійно і проводились в УкрДАЗТ. Статті [1, 7, 13] опубліковані без співавторів.

В роботах, опублікованих у співавторстві, особистий внесок автора полягає у наступному: у статті [2] автором визначено перспективи розвитку залізничного туризму в Україні; у статті [3] розглянуті види диверсифікації діяльності залізничного транспорту та обґрунтовано застосування найбільш оптимальних із них у межах регіональних ТЛК; у статті [4] досліджено процес організації перевезень пасажирів залізницею в умовах надання додаткових послуг до та після «Євро-2012»; у статті [5] запропоновано сервісні послуги щодо обслуговування пасажирів; у статті [6] доведено доцільність удосконалення електронного документообігу у межах логістичного кластеру Харківського регіону з метою підвищення якості надання транспортних послуг пасажиром; у статті [8] досліджено вплив швидкісного пасажирського руху на організацію місцевої роботи на залізничних станціях; у статті [9] досліджено вплив швидкісного пасажирського руху на організацію вантажного руху на залізничних станціях; у патенті на корисну модель [10] розроблено спосіб визначення вхідних параметрів для розробки графіку руху пасажирських поїздів; у статті [11] доведена доцільність відродження залізничного туризму шляхом здійснення перевезень організованих груп пасажирів; у патенті на корисну модель [12] розроблено основні підходи щодо формування графіку руху причіпних пасажирських вагонів; у свідоцтвах про реєстрацію

авторського права [14, 15] запропоновані додаткові послуги пасажиром під час перевезень у безпересадковому сполученні та технологія їх надання.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації доповідались, обговорювались та схвалені на науково-технічних та науково-практичних конференціях (НТК та НПК) [16-34]: II-й та IV-й міжнародних НПК «Маркетинг і логістика в системі менеджменту пасажирських перевезень на залізничному транспорті» (м. Донецьк, 2011-2012 рр.); міжнародних НПК «Інтеграція України в міжнародну транспортну систему» (м. Дніпропетровськ, 2011, 2013-2014 рр.); міжнародних НПК «Сучасні проблеми та шляхи їх вирішення в науці, транспорті, виробництві та освіті» (м. Одеса, 2011-2013 рр.); VIII-й, IX-й та X-й міжнародних НПК «Проблеми міжнародних транспортних коридорів та єдиної транспортної системи України» (м. Харків, 2012-2014 рр.); VI-й та VII-й міжнародних НПК «Проблеми економіки та управління на залізничному транспорті» (м. Київ, 2012-2013 рр.); міжнародній науковій конференції «Наукова періодика слов'янських країн в умовах глобалізації» (м. Київ, 2012 р.); IX-й міжнародній НПК «Сучасна наука в мережі Інтернет» (м. Київ, 2013 р.); 75-й та 76-й міжнародних НТК «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті» (м. Харків, 2013-2014 рр.); міжнародній НПК «Транспорт – 2013» (м. Ростов-на-Дону, 2013 р.); НПК «Наукові підсумки 2013 р.» (м. Харків, 2013 р.).

Повністю результати дисертаційної роботи заслухано та схвалено на розширеному засіданні кафедри «Транспортні системи та логістика» УкрДАЗТ (м. Харків) та на науковому семінарі кафедри «Транспортні технології» Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (м. Харків).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 34 наукові публікації, у тому числі 9 наукових статей (2 із них без співавторів) у виданнях, що затверджені Міністерством освіти і науки України, 2 праці, які додатково відображають наукові результати дисертації (1 із них без співавторів), 2 патента на корисні моделі та 2 свідоцтва про реєстрацію авторського права, 19 тез доповідей на НТК та НПК.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та 10 додатків. Повний обсяг дисертаційної роботи складає 256 сторінок, з яких обсяг основного тексту 136 сторінок. Робота ілюстрована 53 рисунками, з них на 36 сторінках рисунки, що займають повну площу листа, наведено 1 таблицю, список використаних джерел із 131 найменування на 16 сторінках і 10 додатків на 84 сторінках.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У СПЕЦІАЛЬНИХ ВАГОНАХ

1.1 Дослідження стану та розвитку пасажирських залізничних перевезень місцевого та прямого сполучення в Україні

Залізничний транспорт в Україні є найважливішою галуззю матеріального виробництва, що забезпечує населення усіма видами перевезень як вантажними, так і пасажирськими, сприяє територіальному розподілу праці, є активним фактором формування спеціалізації господарської діяльності у деяких регіонах. За обсягами перевезень українські залізниці займають четверте місце після Китаю, Росії та Індії.

В умовах постійно зростаючих цін на нафтопродукти, залізничний транспорт має особливі переваги серед інших видів транспорту за рахунок того, що широко використовує електричну енергію (48% ліній є електрифікованими). Цей факт суттєво підвищує конкурентоздатність залізниць.

Основною метою залізничного транспорту є максимальне задоволення потреб населення та основних галузей виробництва у перевезеннях. Саме така постановка мети сприяє розвитку транспортного ринку країни та економіки в цілому.

Відповідно до наявної статистичної інформації у період 2009–2012 років відбувалося гальмування розвитку транспортної галузі через світову кризу, але навіть у цей час середньорічні темпи збільшення обсягів пасажирських перевезень усіма видами транспорту становили 2,3% [35]. У посткризовий період 2012–2020 років прогнозі середньорічні темпи приросту обсягів перевезень пасажирів залізничним транспортом досягнуть 0,98%. Очікується, що у 2020 році розміри перевезень пасажирів залізничним транспортом збільшаться порівняно з 2008 роком на 11,7%, що становитиме 497,7 млн пасажирів на рік [36].

Проведений аналіз основних показників роботи пасажирського залізничного транспорту України (кількість перевезених пасажирів і пасажирообіг) за роки

незалежності показав збільшення попиту населення на перевезення залізничним транспортом (рисунки А.1, А.2) згідно з офіційними статистичними даними Укрзалізниці (УЗ). Найбільші обсяги перевезень пасажирів у місцевому та прямому сполученнях були зафіксовані у 1994 році (більше 600 млн пас.), після чого спостерігалася тенденція зниження частки перевезень у зв'язку зі зниженням життєвого рівня населення, але за останні роки кількість перевезених пасажирів поступово збільшується. Рівень реального доходу населення України за 2002-2013 рр. (рисунок А.3) відображає прямопропорційну залежність обсягів пасажирських перевезень у місцевому та прямому сполученнях від життєвого рівня українців. А фінансовий стан залізничного транспорту залежить в першу чергу саме від обсягів послуг, що надаються населенню. Так, наприклад, збільшення кількості перевезених пасажирів за 2013 рік призвело до збільшення доходів залізниць на 1,8% у порівнянні з 2012 роком. З 1992 року пасажирообіг постійно зменшувався, особливо різка зміна динаміки спостерігається з 1994 року, загалом цей показник знизився майже на 35% за період з 1992 до 2002 років. Значне скорочення пасажирообігу було у 1999 році (на 62% у місцевому та прямому сполученнях), що спостерігалось в більшій мірі за рахунок скорочення середньої відстані подорожі, тобто дальності поїздки. Надання права безкоштовного проїзду у поїздах місцевого та прямого сполучень дітям до 16 років у 2002 році вплинуло на зростання як пасажирообігу, так і кількості перевезених пасажирів. У 2006-2007 рр. відбулося підвищення тарифів на пасажирські перевезення, що вплинуло на зменшення пасажирообігу, а у 2009 році цей показник знизився через економічну кризу, яка суттєво вплинула на платоспроможність населення. Таким чином, усі наведені фактори уповільнили зростання кількісних показників діяльності залізничного транспорту у сфері пасажирських перевезень місцевого та прямого сполучення в основному із-за складності фінансового стану населення у пострадянській період.

За результатами оцінки перевезень пасажирів різними видами транспорту виявилась загострена конкуренція між автомобільним (44,292%) і залізничним (44,298%) транспортом (рисунок 1.1) [37].

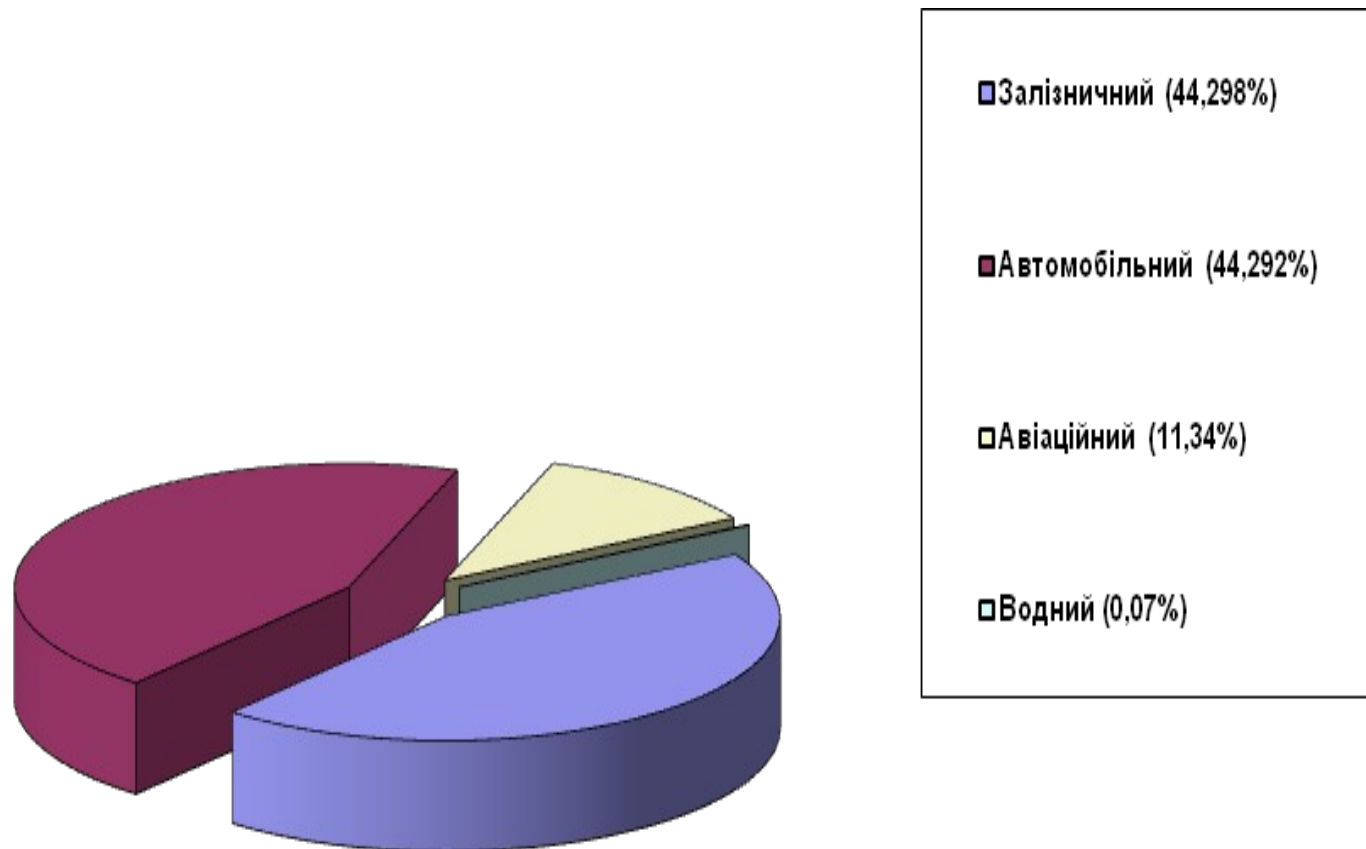


Рисунок 1.1 – Частка різних видів транспорту в загальному пасажирообігу за 2013 рік

Про розвиток пасажирських перевезень на залізничному транспорті можна судити по коефіцієнту рухливості населення, який у 2013 році склав близько 10 поїздок або 1097,34 пасажиро-км на одного мешканця України. Даний показник нижче ніж у Європі, але при умові сталого підвищення життєвого рівня населення України очікується підйом мобільності населення.

Однією з особливостей пасажирських перевезень на залізничному транспорті є високий рівень нерівномірності пасажиропотоків по місяцям року (рисунки А.4, А.5). Аналіз обсягів перевезень пасажирів залізницями помісячно за 2013 рік виявив максимальні перевезення у липні, серпні та вересні, а мінімальні – у грудні, січні та лютому, що свідчить про підпорядкованість мобільності населення періоду літнього відпочинку. Просторова і часова нерівномірність пояснюється впливом факторів, на які можливо, але дуже складно вплинути (сезон року, вихідні, святкові дні, доходи населення). Просторову нерівномірність в значній мірі визначає план формування пасажирських поїздів (ПФПП), а часову – графік руху пасажирських поїздів (ГРПП). Наприклад, у Китаї 1 жовтня 2011 року в день національного свята обсяг перевезених пасажирів за добу склав 8,9 млн пасажирів, а з 28 серпня по 7 жовтня 2011 року – 67,3 млн пасажирів, що складає 10% від рівня усього 2010 року [38]. Під час проведення чемпіонату з футболу Євро-2012 в Україні лідером по кількості перевезених пасажирів став саме залізничний транспорт, з 1 червня по 1 липня 2012 року залізницями було перевезено 5,4 млн пасажирів, з яких у міжнародному напрямку 1,3 млн пасажирів (0,7 млн пасажирів ввезено і 0,5 млн пасажирів вивезено, та 0,1 млн транзитних пасажирів). Зазвичай за вказаний період перевозиться до 4 млн пасажирів.

Пасажирські перевезення є збитковою сферою діяльності залізничного транспорту України. За останні п'ять років компанія втратила 23 млрд грн [39]. Наприклад, за 2010 рік доходи від пасажирських перевезень склали 5523,6 млн грн, а витрати на їх здійснення – 11980,3 млн грн, тобто збитки склали 6456,7 млн грн [40]. Прийнято вважати, що усі пасажирські перевезення є збитковими, але збитковими виступають приміські перевезення та пасажирські поїзди прямого сполучення з

низьким рівнем населеності вагонів. Збитки від наведених перевезень компенсуються не лише за рахунок вантажних перевезень, але і за рахунок доходів від поїздів прямого сполучення, населеність яких перевищує 90%. Виходячи зі збитковості пасажирських перевезень, в першу чергу необхідно підвищити їх доходність за рахунок впровадження додаткових послуг (наприклад, перевезення організованих груп пасажирів у спеціальних вагонах, проведення ділових конференцій у дорозі та інше).

Наявний закордонний досвід свідчить про успішну додаткову (не основну) діяльність залізничного транспорту. Наприклад, на залізницях Німеччини при підрозділі по пасажирським перевезенням створено відділення сервісного обслуговування, результатом діяльності якого є стійкий дохід, що допомагає вирішувати існуючі фінансові проблеми галузі [41].

Виникають проблеми з закупівлею квитків за рахунок їх масового бронювання туроператорами, які включають у подорож не лише туристські послуги, а і транспортні [42]. Для підвищення зручності придбання квитків необхідно активно співпрацювати з туроператорами, комерційними агентствами [43], що є актуальним для залізничного транспорту України при організації руху СПВ.

У період з 2005 до 2013 року відбулося збільшення обсягів перевезень пасажирів в середньому на 0,67% на фоні суттєвого зносу рухомого складу і дуже повільних темпів його оновлення. Поряд з цим спостерігається тенденція зменшення населеності поїздів майже до 80%, тобто у одному поїзді зайнятими є лише 20% від загальної кількості місць. Скорочення кількості поїздів місцевого та прямого сполучень і нова система продажу квитків (по мірі заповнення вагонів) – теж наслідки тотального дефіциту пасажирських вагонів. Дана ситуація вимагає вирішення задачі раціонального використання рухомого складу на основі застосування технологій перевізного процесу, що відповідають тенденціям зміни пасажиропотоків. Частка плацкартних вагонів у загальному пасажиропотоці найбільша (49,2%) і, відповідно, приносить більшу частину доходів (рисунок 1.2).






		Кіл-ть місць у вагоні	Пробіг вагонів, тис. ваг.-км	Доля в пасажиропотоці	Доля у доходах
	Спальні вагони	16-30	43 920	0,9%	5%
	Купейні вагони	36-40	385 667	20,8%	37%
	Плацкартні вагони	54-60	476 189	49,2%	52%
	Загальні вагони	>80	26 335	24,1%	4%
	Сидячі прискорені / швидкісні	60-115	44 080	5%	2%

Рисунок 1.2 – Показники використання різних типів пасажирського рухомого складу за 2013 рік

Парк пасажирських вагонів не оновлювався з 2008 року, а його кількісний склад зменшувався за рахунок списання старих вагонів (рисунки 1.3, 1.4) [44].

Брак коштів на модернізацію рухомого складу призводить до збільшення черги вагонів на ремонт. Політика ремонтних робіт має на меті продовжити строк служби вагонів на 13-21 рік за рахунок проведення капітального ремонту (рисунок А.6). Загалом списання вагонів має проводитись через 28 років. За такою схемою, до 2020 року вік 89% вагонів сягне відмітки 28 років. В міжнародному сполученні мають використовуватися вагони віком до 28 років. Порушення даного правила може призвести до втрати міжнародних маршрутів. Питання оновлення парку є невідкладним на фоні зростаючого пасажиропотоку (рисунок 1.5) [44].

Залізничний транспорт України і досі перебуває у державній власності, що в умовах ринкової економіки не дозволяє залізницям у повній мірі приймати участь у конкурентній боротьбі на транспортному ринку. Для вирішення цієї проблеми у листопаді 2011 року прийнято законопроект про створення Акціонерного товариства «Українські залізниці», реформування планується здійснити за досвідом російських і німецьких залізниць з урахуванням помилок аналогічних реформ. Реформування є необхідним, але його слід проводити повільно. Наприклад, у Німеччині реформування проводилось майже 20 років, в Російській Федерації (РФ) – з 1999 року і планується до кінця 2015 року. Тому контроль держави залишиться, а пасажирська сфера, яка сьогодні не приносить прибутку, буде розглядатися для «здачі в оренду» приватним особам [45].

Змінено систему розрахунків вартості на міжнародні квитки за рахунок щоденного перерахунку вартості в гривні на основі курсу євро або швейцарського франку. Дане впровадження дозволило захистити доходи УЗ від різких валютних змін і заощадити в середньому до 560 млн грн на рік.

Одним з пріоритетних напрямків підвищення якості пасажирських перевезень є запровадження швидкісного руху. Однак при цьому необхідно вирішити проблему розподілу мережі на лінії з переважно вантажним і переважно пасажирським рухом та підвищити частоту руху пасажирських поїздів [46].

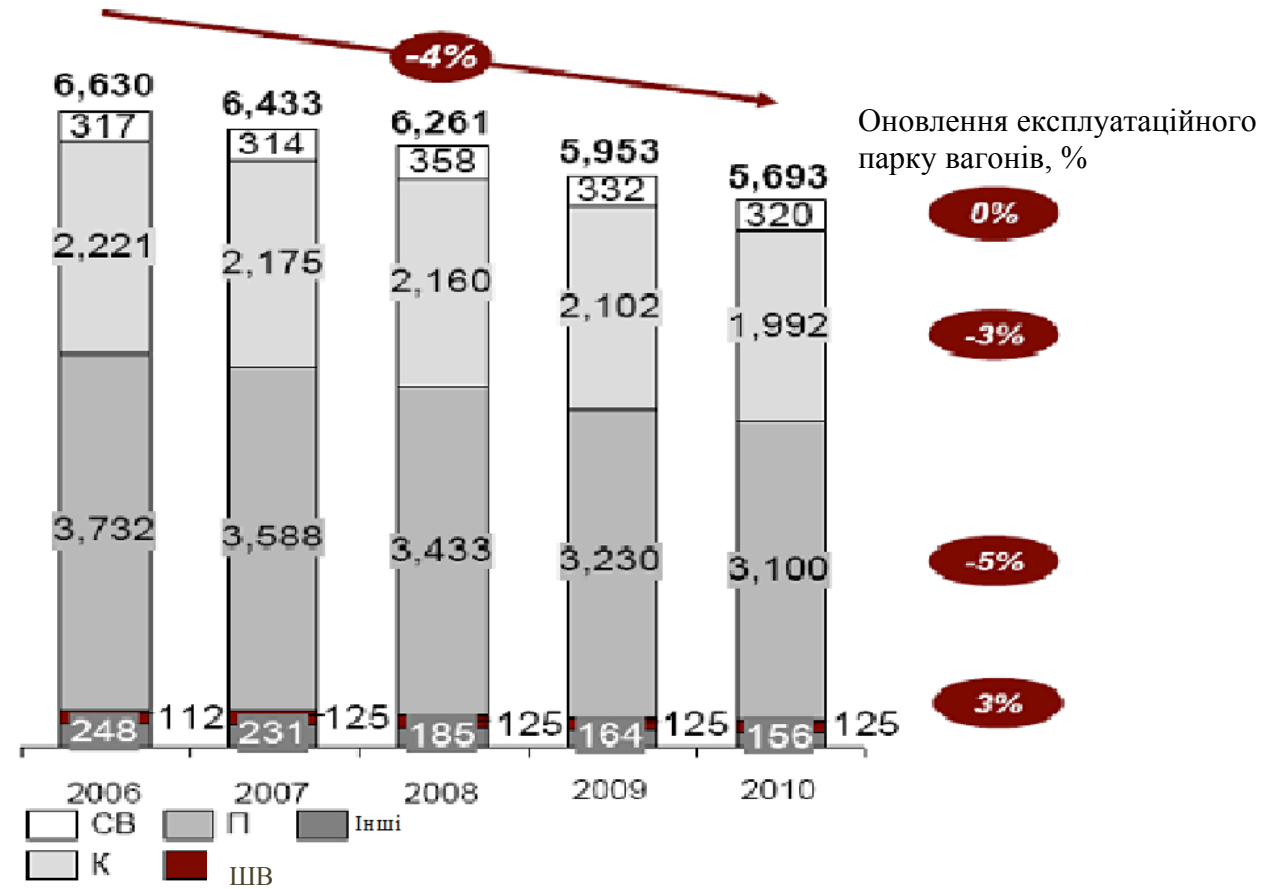
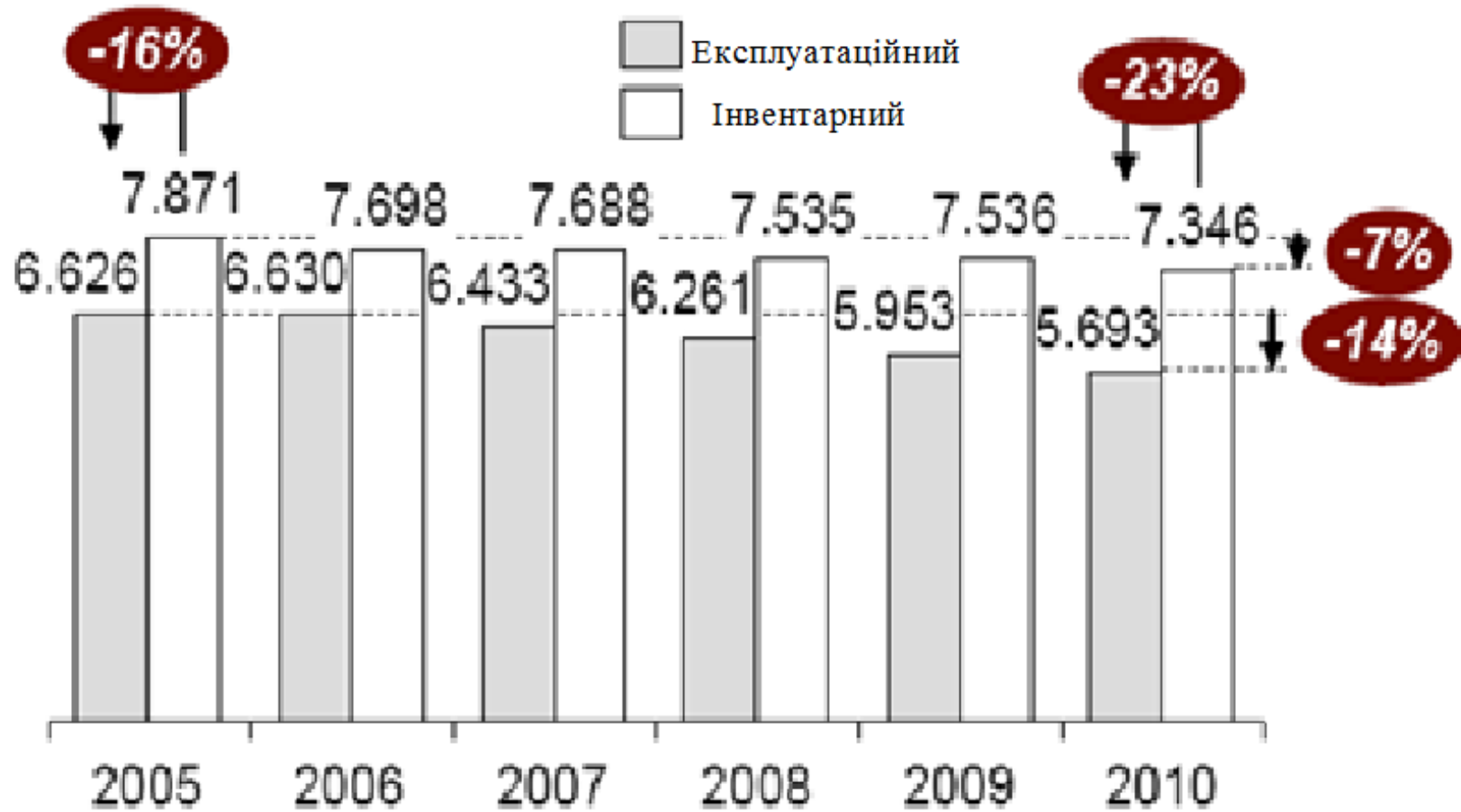


Рисунок 1.3 – Діаграма зміни структури експлуатаційного парку пасажирських вагонів (тис. вагонів) за період 2006-2010 рр.



Доля неробочого парку

Рисунок 1.4 – Діаграма зміни стану експлуатаційного та інвентарного парку пасажирських вагонів (тис. ваг.) за період 2005-2010 рр.



Купе – купейні вагони; П – плацкартні вагони; ШВ – сидячі прискорені/швидкісні вагони;

КРП/КРВ – капітальний ремонт плановий/капітальний ремонт відновлювальний

Рисунок 1.5 – Відображення структури парку пасажирських вагонів (тис. ваг.) на період 2011-2020 рр.

Якщо метою удосконалення організації транспортної діяльності залізниць повинно стати покращення фінансового стану залізничної галузі, то необхідним є розвиток супутніх послуг, які спроможна надавати залізниця, наприклад, таких як перевезення організованих груп пасажирів у спеціальних вагонах. Вирішальним кроком у забезпеченні конкурентоспроможності та стійкого розвитку пасажирських залізничних перевезень має стати робота зі створення конкурентоспроможного ринку транспортних послуг із застосуванням системи фірмового транспортного обслуговування для пасажирів. Такий підхід може бути реалізовано за рахунок організації руху СПВ, що дозволить максимально повно задовольнити потреби населення при ефективному використанні технічних засобів, і, як наслідок, при системному зниженні собівартості перевезень.

Таким чином, основними проблемами розвитку пасажирських перевезень місцевого та прямого сполучення є: знос основних засобів; технічна та технологічна недосконалість процесу організації перевезень; недостатня кількість інвестицій у галузь для оновлення парку транспортних засобів та розвитку галузі в цілому; дуже низький рівень компенсацій з боку держави на здійснення соціально значущих перевезень; відсутність системи логістики пасажирських перевезень та ін.

Визначені проблеми залізничної галузі у сфері пасажирських перевезень можуть бути вирішені лише за рахунок підвищення фінансового стану залізничного транспорту, на даному етапі розвитку галузі це може стати можливим за рахунок використання наукових підходів щодо раціонального використання наявного рухомого складу.

Структура управління пасажирським комплексом повинна відповідати потребам ринкової економіки і бути орієнтованою на пасажирів, у протилежному випадку дана структура не зможе задовольнити потреби пасажирів у перевезеннях та їх якості. Таким чином, для дослідження питання удосконалення технології залізничних перевезень пасажирів у безпересадковому сполученні в сучасних умовах дефіциту рухомого складу необхідно провести аналіз досвіду організації маршрутів руху спеціальних вагонів залізничним транспортом.

1.2 Аналіз досвіду організації маршрутів руху залізничним транспортом у безпересадковому сполученні

Інтереси багатьох суб'єктів господарювання тісно пов'язані з інтересами транспорту, залізничний транспорт не є виключенням. Тому впровадження додаткових послуг для клієнтів залізниці та організація поїздок організованих груп пасажирів є актуальними напрямками для впровадження у якості додаткових послуг комерційного характеру з метою підвищення фінансового стану залізничного транспорту.

Початок сучасним залізничним перевезенням організованих груп пасажирів поклав англієць Томас Кук в середині 19-го сторіччя, який вперше організував подорож поїздом для 570 чоловік, де їм було надано комплекс послуг, включаючи харчування та духовий оркестр для розваги [47]. Таким чином, вперше була запропонована транспортна послуга у вигляді комерційного продукту з метою отримання прибутку.

Будівництво залізниць призвело до «революції» в сфері подорожування. Залізниця запропонувала дешеві та швидкі, у порівнянні з іншими видами транспорту, перевезення. Для зручності поблизу залізничної інфраструктури будували готелі.

В Україні залізничні поїздки організованих груп пасажирів активно почали розвиватися за часів існування Радянського Союзу. В історії його розвитку можна умовно виділити 4 етапи [48]. Перший етап – з 1960-х років були введені дальні поїздки для організованих груп пасажирів, організовано п'ять комерційних поїздів, які обслуговували 2000 пасажирів. Другий етап – з початку 1980-х років були введені рейсові поїзди, які прямували за регулярним розкладом, а також поїзди, призначені виключно для організованих груп пасажирів. Третій етап – з середини 1980-х років функціонувало 1600 спеціальних рейсів тривалістю від 1 до 32 днів, вводились тематичні дальні внутрішньодержавні маршрути, а також зарубіжні, послугами таких поїздів користувалося близько 650 тис. чол. щорічно. Четвертий етап – з розпадом

Радянського Союзу розвиток процесу перевезень організованих груп пасажирів залізницею було призупинено, однак залишився багатий досвід, який, в міру можливостей, використовується для відродження і розвитку цього різновиду діяльності в незалежній Україні.

Перші поїздки організованих груп пасажирів на комерційних поїздах були організовані Центральною радою з туризму та екскурсій спільно із Міністерством шляхів сполучення. Зміст, форми та види залізничних поїздок були досить різноманітними. Найбільш масовими стали подорожі в графікових поїздах, які прямували за регулярним розкладом. У 1980 роках у таких поїздах щорічно подорожували більше 4 млн чоловік. Інші форми залізничних поїздок являли собою поїздки на спеціальних комерційних поїздах, призначених лише для організованих груп пасажирів.

Одним із популярних маршрутів у Радянському Союзі була «Транссоюзна залізнична подорож», яка починалася у місті Владивосток і проходила через Сибір, Москву, Ригу, Таллінн, Вільнюс, Київ та Крим. Користувалися попитом і маршрути стародавніми російськими, українськими, кавказькими та прибалтійськими містами. Окрім внутрішньосоюзних подорожей на комерційних поїздах організовувалися поїздки і за кордон. Туристсько-екскурсійні бюро займалися також організацією одноденних комерційних поїздів, таких як «Сніжинка», «Лижник» та «Турист».

Частка залізничного транспортного обслуговування у загальній структурі додаткових послуг складала більше 40% із залученням 180 тис. чоловік персоналу [49]. І досі курсують такі всесвітньо відомі поїзди, як «Транссибірський поїзд», що слідує з Москви до Монголії; «Блакитний поїзд», що слідує впродовж 24 годин з Кейптауну в Преторію; «Шотландський королівський», шлях якого проходить через шотландські високогір'я.

Українські залізниці треба розглядати і як засоби безпосередньої доставки пасажирів, і як об'єкти інфраструктури цікаві для відвідування туристів (старовинні вокзали, станції, депо, старовинні вагони та локомотиви).

У якості прикладу можна навести досить успішний проект, який діє в Україні ще з початку 90-х років минулого сторіччя, створений Центром ділового співробітництва «Джерело» у місті Київ, що організував маршрути комерційного поїзду шанувальників залізничного транспорту, основним контингентом якого є пасажери з США, Великобританії, Нідерландів і Китаю.

Бажаючі скористатися вагонами-салонами в Україні, які віднедавна пропонує УЗ, звертаються до пасажирської служби за кілька днів до поїздки, сплачують орендну плату (близько 200 грн) та вартість 11 місць у спальному вагоні з баром, а також узгоджують маршрут. Подорож, наприклад, з Києва до Львова та у зворотньому напрямку обійдеться приблизно у 19 тис. грн. У 2013 році було отримано близько 120 замовлень на оренду вагонів-салонів, що вдвічі більше, ніж у 2012 році [50].

Вигідне географічне розташування України обумовлює наявність одного із найбільших у Європі потенціалів транзитності українських залізниць, які взаємодіють із залізницями 7 сусідніх країн через 56 пунктів перетину кордону та із 13 основними морськими портами Чорного, Азовського морів і річки Дунай – усе це сприяє сталому розвитку залізничних пасажирських перевезень в Україні [50, 51].

Україна володіє багатими природно-кліматичними, культурно-історичними та національно-етнографічними ресурсами, які створюють передумови для підвищення потенціалу залізничного транспорту у сфері пасажирських перевезень. Більшість регіонів України мають ресурси, які належать до всіх трьох груп, що дає можливість виходу залізничного транспорту на транспортний ринок з привабливими пропозиціями.

До того ж залізниці мають значну перевагу перед іншими видами транспорту, оскільки для реалізації поїздки організованих груп пасажирів чималу роль відіграє наявність спеціальної інфраструктури – підприємств готельного господарства, харчування, транспортні засоби та інше, а під час здійснення залізничної подорожі вагон є і готелем, і транспортним засобом. При спеціальних поїздках потрібні вагони підвищеного комфорту, наприклад, спальні вагони з розміщенням не більше 1-2

чоловік у купе, перевага надається вагонам, що містять душові кабінки, біотуалети, оснащені системами кондиціонування повітря для надання послуг високої якості. Якщо для комерційної поїздки організовується рух спеціальних вагонів замість цілого комерційного поїзду необхідно зазначити, що такі вагони пріоритетно включати у головну частину пасажирського поїзду, у складі якого вони слідують до пункту призначення з метою зниження дискомфорту від коливань, що виникають у кінцевих вагонах під час руху. Разом із спеціальними вагонами повинен слідувати і вагон-ресторан для забезпечення повноцінного харчування пасажирів та, можливо, і для обслуговування пасажирів всього поїзду.

В умовах зростаючої конкуренції на ринку транспортних послуг вокзали великих міст повинні перетворитися на сучасні центри обслуговування пасажирів з наданням широкого спектру послуг. А сервіс-центр як структурний підрозділ вокзалу може формувати різні комерційні продукти за формулою «потяг + ...»: «потяг + готель», «потяг + екскурсія», тощо [52].

Аналіз наявного досвіду перевезень організованих груп пасажирів вказує на можливість організації поїздок у безпересадковому сполученні в сучасних умовах дефіциту пасажирського рухомого складу в Україні. Слід відмітити, що під безпересадковим сполученням мається на увазі перевезення пасажирів, багажу та вантажобагажу у пасажирському вагоні, який прямує до станції призначення з перепричепленням на шляху прямування до одного, двох чи більше поїздів разом з пасажирами, поштою чи вантажобагажем, що перебувають у вагоні [53]. У роботі розглянуті питання організації руху саме спеціальних пасажирських вагонів, що можуть бути як причіпними, так і безпересадковими. Для реалізації залізничних безпересадкових маршрутів існує декілька варіантів: формування окремих комерційних поїздів та організація руху спеціальних вагонів у складі пасажирських поїздів, які прямують згідно з діючим розкладом. Також популярність залізничного транспорту зростає через появу в Україні таких видів поїздок, як шопінг-тури, бізнес-тури, ділові поїздки, де визначальним фактором є комфорт, тривалість та вартість подорожі [48].

Поряд із цим, залізниця сама може виступати оператором, пропонуючи для ознайомлення залізничні об'єкти, що мають історичну або архітектурну цінність, або може слугувати місцем для розваг (наприклад, дитяча залізниця) і відпочинку (наприклад, поїздки рейковим автобусом, вузькоколієюю).

З метою залучення пасажиропотоку до об'єктів українських залізниць була розроблена та затверджена 16 березня 2011 року наказом №086-Ц генерального директора УЗ «Програма розвитку залізничного туризму на 2011-2012 роки», дію якої було призупинено через брак коштів [48].

У 2010 році за груповими заявками оформлено 1035,8 тис. місць, у т. ч. 582,4 тис. дитячих та 367,5 тис. для клієнтів туристських фірм, з залізницями України співпрацювала 81 туристська компанія.

Показовим прикладом співпраці з турфірмою є організація Південно-Західною залізницею поїздів для проекту «Джерело», що склалися зі спальних вагонів, купейних та вагонів-ресторанів. У 2008 році такі поїзди курсували за маршрутами Київ – Коломия, Київ – Одеса, Київ – Севастополь, Київ – Москва, у 2009 році – Київ – Севастополь – Запоріжжя – Київ, Київ – Москва, у 2010 році – за маршрутами Київ – Москва – Севастополь та Київ – Красноармійськ.

Стандартні залізничні комерційні поїздки традиційно поділяються на три категорії: одноденні, нетривалі (2-3 доби), багатоденні (від 5 діб). До існуючої класифікації можна додати ще одну категорію поїздок – годинні (оглядові) [50].

Тривалість годинних поїздок – від однієї до кількох годин, вони подібні класичним оглядовим поїздам. Організуються ці маршрути наступним чином: поїзд без зупинок прямує певним маршрутом, на шляху його прямування може бути організоване додаткове сервісне обслуговування, в дорозі пасажирам може бути запропоновано харчування, по закінченню поїздки поїзд повертається до місця початку поїздки.

Одноденні поїздки організованих груп пасажирів починаються вранці та закінчуються ввечері того ж дня. У дорозі пасажири можуть не лише поїсти, але й переглянути відеофільм або виступ артистів.

Багатоденні поїздки організуються таким чином, що пасажери, в залежності від програми та маршруту, часто знаходяться в дорозі і у денний час. Щоб пасажери не втомилися, поїзд має без зупинки їхати не більше ніж півтори доби. Тривалі перегони плануються, як правило, у тих випадках, коли на шляху прямування відкриваються цікаві види та ландшафти. В окремих випадках пропонуються нетривалі зупинки.

Аналіз досвіду організації маршрутів руху спеціальних вагонів залізничним транспортом показав необхідність дослідження даного питання в умовах сучасного стану системи пасажирських залізничних перевезень з метою впровадження транспортного продукту переміщення у спеціальних вагонах.

1.3 Основні напрямки наукових досліджень щодо удосконалення технології організації пасажирських залізничних перевезень у спеціальних вагонах

Раціональне формування системи організації залізничних перевезень у спеціальних пасажирських вагонах, а також її удосконалення базується на дослідженнях в області теорії організації пасажирських перевезень місцевого та прямого сполучень. Перші теоретичні та практичні дослідження щодо формування підходів до організації залізничних пасажирських перевезень почалися вже на початку 60-х років минулого сторіччя, зокрема в роботах Кочнева Ф.П., Федорова В.А., Плахова Г.Н., Марчука Б.Є. [54-59]. Відповідно до них доведена необхідність наукового обґрунтування задач моделювання і прогнозування пасажиропотоків і поїздопотоків, складання плану формувань і схем обігу пасажирських поїздів. Вперше були закладені основи функціонування єдиної системи управління продажем квитків на мережі залізниць, що дозволило створити сучасну АСК ПП УЗ.

Значний внесок для удосконалення процесу організації пасажирських перевезень, роботи залізничних вокзалів, застосування інформаційних технологій в експлуатаційній роботі внесли такі вчені та практики: В.М. Акулінічев,

І.М. Аксьонов, Т.В. Бутько, В.І. Бобровський, А.І. Воркут, П.С. Грунтов, О.М. Гудков, М.І. Данько, Ю.О. Давідіч, В.К. Доля, І.В. Жуковицький, Г.М. Кірта, Л.А. Мазо, О.А. Малахова, Є.В. Нагорний, Г.І. Нестеренко, Ю.О. Пазойський, А.В. Прохорченко, С.М. Резер, А.О. Смахов, Є.А. Сотніков, В.М. Самсонкін, П.О. Яновський та інші. Проведені наукові дослідження підтверджують складність процесу організації перевезень пасажирів залізничним транспортом.

У ХХ столітті в теорію управління пасажирськими перевезеннями значний вклад внесли такі вчені Росії та Білорусії, як Абрамов А.П., Беленький М.Н., Бещева Н.П., Белозьоров В.Л., Галабурда В.Г., Єлизар'єв Ю.В., Єфанов А.Н., Журавель А.І., Захаров А.Г., Крейнін А.В., Мірошніченко О.Ф., Терьошина Н.П., Потаповіч Н.А., Трихунков М.Ф., Царьов Р.М., Шишков А.Д., а також вчені України – Кулаєв Ю.Ф., Загорулько В.К., Воркут А.І., Ігнатенко А.С., Сич Е.Н., Цветов Ю.М. За останні роки глибокі дослідження в питаннях управління пасажирськими перевезеннями провели Андреева М.В., Громова О.В., Гудкова В.П., Тульчинська С.А., Резер С.М.

Питанням теорії та практики розвитку перевезень організованих груп пасажирів присвячено праці таких вчених, як В.І. Азара, О.М. Азарян, Г.М. Алейнікової, О.І. Амоші, О.О. Бейдика, О.В. Виноградової, О.А. Спориш, В.І. Цибуха, О.Б. Чернеги та ін. Сутність комерційної додаткової діяльності залізниць висвітлено в роботах вітчизняних (В.Ф. Данильчук, Л.П. Дядечко, Т.І. Ткаченко та ін.) і закордонних (Р. Батлер, Х. Кім, Н. Лейпер, С. Медлік та ін.) вчених. Значний внесок до концептуально-методологічних основ логістики пасажирських перевезень зробили такі науковці, як О.А. Гвозденко, В.Г. Банько, Г.І. Михайличенко, В.Є. Редько, І.Г. Смирнов, в працях яких головна увага приділялася організації та управлінню окремими організаційними функціями в транспортних структурах і виникненню ефекту синергії, але питання його кількісної оцінки та оптимізації залишилися поза увагою.

У дослідженнях Ф.П. Кочнева [54] розроблено спосіб розрахунку ПФПП для залізничної мережі з сьомі станцій на основі техніко-економічних розрахунків.

Оптимальний варіант ПФПП обирався на основі мінімальних приведених витрат шляхом формування графоаналітичної моделі. Така постановка задачі потребувала складних ручних розрахунків і не давала можливості використання такого підходу для комерційних поїздів або спеціальних вагонів. Відсутність можливості розглядати спеціальний вагон як інтегрований елемент єдиної системи пасажирських перевезень не дозволяє враховувати таке обмеження, як попит на певний маршрут.

Подальший розвиток поставлена задача отримала у роботах [60, 61], де пропонується здійснювати розрахунки за допомогою електронної обчислювальної машини (ЕОМ), що дозволило вирішувати більш складні задачі і, як наслідок, проводити розрахунки для більших масштабів у межах залізничної мережі. Загальна постановка задачі зводиться до мінімуму витрат за рахунок освоєння пасажиропотоку або мінімізації числа вільних місць у поїздах та розглядається як задача лінійного програмування.

Для підвищення точності розрахунків щільності пасажиропотоку у роботі [62] запропоновано метод вибору маршруту слідування пасажирів з використанням алгоритму пошуку найкоротшого шляху за допомогою тернарної операції (операції відображення, що ставить у відповідність одному або декільком елементам множини (аргументам) інший елемент (значення)). Запропонований підхід враховує критерій вибору маршруту пасажиром. Для обліку невизначеності формування потоків пасажирів у роботі [63] запропоновано стохастичну постановку рішення задачі ПФПП, де густина пасажиропотоків представляється як випадкова величина.

Доцільність проведення розрахунків ПФПП було доведено у [64], де вперше запропоновано вирішувати задачу побудови ПФПП з урахуванням розподілу пасажиропотоку по поїздам і обліком різних варіантів пересадки. Постановка задачі зводиться до задачі синтезу мережі для кожного потоку. Однак при вирішенні задачі великої розмірності розрахунки є занадто складними.

Питанням планування пасажирських перевезень приділяється значна увага у [65-68]. Так в роботі [65] зручність перевезень пасажирів є одним з найбільш

важливих аспектів транспортної складової, але розглядається лише в сфері прогнозування попиту та відповідного аналізу поведінки потенційних пасажирів. У [67] перевезення пасажирів залізничним транспортом розглядаються як задача комівояжера, в якій пасажир бажає відвідати певну кількість міст з ціллю поєднати подорож і ділову поїздку, що починається і закінчується в тому ж місті, і має на меті звести до мінімуму загальний час подорожі. Задача комівояжера є важкою задачею, що містить відповідні узагальнення. У цій роботі представлено моделювання задачі комівояжера за допомогою лінійного програмування на основі орієнтованого графа і, у результаті, розкладу руху. Так як граф може бути дуже великий, показано, як зменшити його розмір без зниження коректності задачі. У [68] розглянуто два підходи, щодо моделі ГРПП у сфері залізничного транспорту для пошуку найкоротшого шляху на основі зважених графів. При цьому кожна подія на станції, наприклад, відправлення поїзда, моделюється як вузол у графі, а в залежності від часу підходу поїзду граф містить тільки один вузол на станції. У цій роботі проведено експериментальне порівняння двох підходів, представлені залежності від часу підходу, що явно покращує продуктивність. В задачі організації перевезень пасажирів приділяється увага не лише плануванню, а і ГРПП. Для чого пропонується використовувати системи підтримки прийняття рішень (СППР) [69]. Така система в режимі реального часу допомагає приймати оптимальне рішення у складній експлуатаційній ситуації.

Урахування факту необхідності взаємодії залізниць з іншими видами транспорту призвело до розробки математичної моделі координації пересадок пасажиропотоків в мережі інтермодальних транзитних перевезень за схемою поїзд-автобус [69]. Постановка задачі дозволяє враховувати інтереси пасажирів і операторів транспортних компаній. Вирішення задачі виконується за допомогою методу Пауелла (послідовна оцінка з використанням квадратичної апроксимації, що не дає можливості прояву адаптивного характеру у моделі і базується на циклічному ГРПП, який не застосовуються в Україні).

Фахівці Департаменту політики розвитку інфраструктури транспорту та туризму Міністерства інфраструктури України, пасажирських і приміських служб залізниць, пасажирських секторів дирекцій залізничних перевезень, лінійних підприємств ведуть постійну роботу по удосконаленню технології пасажирських перевезень, підвищенню конкурентоспроможності залізниць у порівнянні з іншими видами транспорту, забезпеченню державної політики у сфері туризму та діяльності курортів, і постійному впровадженню розробок наукових досліджень. По деяким позиціям сучасні напрацювання можуть виступати серйозною теоретичною базою для проведення подальших наукових досліджень спрямованих на вирішення актуальних проблем часу.

Так, ще у 1965 році, Арест Я.І. та Архипец Є.Я. розглядали процес організації руху комерційних поїздів, називаючи їх «турбазами на колесах», але на той час організувати такий поїзд можна було не менше ніж з 12 вагонів, що не завжди було зручно і можливо [70]. У 1980 роках визначили, що майбутнє залізничних поїздок у безпересадковому сполученні за кільцевими маршрутами. Рух перших поїздів по таким маршрутам було організовано у лютому 1981 року. Особливістю кільцевих маршрутів є те, що у таких поїздках можуть приймати участь мешканці різних районів країни, що безумовно підвищує інтерес до них [70].

Вже у 2003 році Фастовець О.О. провів дослідження процесу організації транспортних подорожей і перевезень пасажирів, проаналізувавши залізничні безпересадкові маршрути у різних країнах світу, прийшов до висновку, що в Україні розгалужена мережа залізниць забезпечує доступність цікавих для пасажирів регіонів, але недостатній, практично відсутній спеціалізований рухомий склад для тривалих подорожей стримує розвиток залізничного транспортного обслуговування [71]. Для організації спеціальних поїздів прямого сполучення прийнята єдина схема формування складу: при включенні вагонів-ресторанів вони ставляться під порядковими номерами 3, 8 або 13, додаткові пасажирські вагони мають номери 0 або 16. Подібна схема є оптимальною, бо дозволяє завчасно розподілити пасажирів для харчування у вагонах-ресторанах.

Ільїна О.Н. для збільшення пасажиропотоку пропонує такі основні напрямки, як прокладання високошвидкісних магістралей, обслуговування у потягах по формулі «євро-найт» і організацію спеціальних комерційних поїздів, наприклад, «ретропаровозів» [72].

Аксьонов І.М. у монографії 2004 року проаналізував стан ПК залізничного транспорту України, запропонував методи застосування логістики як інструменту підвищення ефективності пасажирських перевезень на залізничному транспорті України [73].

Таким чином, основні напрямки наукових досліджень процесу організації пасажирських перевезень безпересадкового сполучення у спеціальних вагонах тісно пов'язані з пасажирськими перевезеннями місцевого та прямого сполучень, і удосконалення одного виду перевезень призведе до покращення другого. Тому необхідно дослідити основні напрямки удосконалення процесу організації залізничних перевезень у СПВ.

1.4 Напрямки удосконалення процесу організації пасажирських залізничних перевезень у спеціальних вагонах

Розвиток усіх галузей господарювання нерозривно пов'язаний з розвитком транспорту країни. Здійснення будь-якої діяльності є неможливим без послуг перевезення, які є найбільш складним блоком при організації поїздки. До 1991 року у Радянському Союзі функціонувала єдина транспортна система, що включала у себе усі основні види транспорту та координувала їх діяльність з метою забезпечення перевезень пасажирів. Була чітко сформована стратегія організації та розвитку залізничного транспорту. На сьогодні на території країн Співдружності Незалежних Держав (СНД) не існує подібної структури, тому потреби у перевезеннях пасажирів реалізуються за рахунок попиту на кожний вид транспорту.

Стратегія розвитку залізничних безпересадкових перевезень у СПВ є довгостроковим курсом розвитку, що охоплює систему управлінських та

організаційних рішень, спрямованих на реалізацію програми впровадження додаткового обслуговування пасажирів, яка включає задоволення потреб населення в транспортних послугах, формування позитивного іміджу залізниць на транспортному ринку з забезпеченням конкурентних переваг залізничного транспорту на ринку пасажирських перевезень та урахуванням впливу зовнішнього середовища і внутрішнього потенціалу залізниць [40]. Тому основною задачею на сьогодні є формування Стратегії розвитку залізничного транспорту, що сприятиме розвитку транспортної галузі, підвищить економічні показники країни, її імідж на міжнародному ринку послуг.

Враховуючи дефіцит пасажирського рухомого складу в Україні (рисунки 1.3 – 1.5) для організації перевезень пасажирів залізничним транспортом альтернативним варіантом на даному етапі може стати не організація комерційних поїздів, а перевезення пасажирів у спеціалізованих комфортабельних вагонах, які будуть чіплятися до графікових поїздів. Таким чином, враховуючи сезонну та просторову нерівномірність пасажиропотоків, поїздка буде організовуватися за індивідуальними замовленнями і за індивідуальним маршрутом із урахуванням обсягів потенційних пасажирів.

Спеціальний вагон буде підготовлений та екіпірований на ПТС, яка примикає до ПС, що розташована у пункті початку подорожі. У зручний час відправлення найближчого графікового поїзду готовий до руху вагон маневровим порядком буде подаватися на станційні колії для причеплення до пасажирського поїзду, бажано здійснювати причеплення вагону до голови поїзда з метою зменшення дискомфорту у салоні вагону із-за коливань при русі, які збільшуються у напрямку від голови до хвоста поїзду, і слідувати за його маршрутом до станції призначення. На станції призначення вагон переставляють на колії відстою пасажирських вагонів на період відстою (або наприклад, екскурсії при туристській поїзді) і потім цикл операцій по причепленню до графікового поїзду і слідування за його маршрутом повторюється (рис. 1.6).

Місця розміщення колій для відстою вагонів визначаються типом станції, її розташуванням у місті, наявністю технічної станції у вузлі, наявністю місця для відпочинку та санітарно-гігієнічних потреб під час поїздки та ін. Основна вимога до вибору місця розташування пристроїв для обслуговування вагонів – зручний зв'язок з містом, який забезпечує короткий шлях пасажиром та раціональне екіпірування составів [74]. На ПС тупикового типу для стоянки вагонів може використовуватися частина тупикових колій, які мають зручний зв'язок з вокзалом та вихід до міста. На станціях наскрізного типу в окремих випадках для цих цілей виділяються спеціальні колії, що розташовані з протилежного боку від пасажирської будівлі, іноді колії для відстою спеціальних вагонів розташовані поза територією приймально-відправних колій, що обслуговують дальній та місцевий рух. При об'єднанні станцій для пасажирського та приміського руху колії відстою можуть розташовуватися між з'єднаними парками, що забезпечує прямий вихід пасажирів до міста. При підготовці пасажирських составів у рейс на ПТС состави поїздів поступають на спеціально обладнані колії, місця їх стоянки обладнані зручними підходами до вагонів, а також добрим освітленням прилеглої території.

Основними вимогами до залізничної подорожі виступають наступні показники: час у дорозі, загальний час подорожі (від відправлення з початкового пункту до повернення у той самий пункт або у пункт призначення), маршрут слідування, вартість поїздки, якість надання послуг у дорозі (комфортабельність купе, якість харчування, медичне обслуговування та інше) [75]. Для дослідження усіх цих показників необхідно буде формалізувати процес здійснення безпересадкових поїздок залізничним транспортом та розробити модель формування розкладу руху СПВ.

Основним інструментом для вирішення задач такого типу є математичне моделювання [76]. Тобто формалізований опис процесів, які вивчаються, і подальше дослідження вказаних процесів за допомогою зручних математичних апаратів. Все це дозволить імітувати роботу системи пасажирських перевезень і приймати попередні рішення про вибір її характеристик без визначення конкретного об'єкту.

Встановлено, що на ПС порядок виконання технологічних операцій залежить від пропускнув спроможності станції, числа працівників та ін. СПВ повинні бути підготовлені до відправлення і виставлені на вільну станційну колію, суміжну з колією приймання графікового поїзду [77]. Технічний огляд (ТО) СПВ і випробування гальм від станційної установки здійснюється до прибуття поїзду. Причеплення вагонів до поїзда можна зробити поїзним або маневровим локомотивом в залежності від ситуації (причеплення в голову поїзда для більшого комфорту). Важливим моментом виступає потреба у харчуванні пасажирів під час подорожі. У вартість поїздки можуть входити витрати на харчування під час поїздки залізничним транспортом. Можливі два варіанти: 1 – причеплення вагону-ресторану разом з СПВ; 2 – причеплення СПВ лише до тих графікових поїздів, до схеми яких включено вагон-ресторан, і виділяється конкретний час для харчування лише для пасажирів СПВ у вагоні-ресторані. Якщо харчування пасажирів заплановано у кафе або ресторанах у пунктах призначення, то дане питання не розглядається. Основною задачею при перевезеннях організованих груп пасажирів є відсутність затримки прибуття у пункт призначення задля можливості організації взаємодії з іншими видами транспорту та доставки «точно в строк».

Вибір номеру поїзда, до якого планується причеплення СПВ, визначає маршрут їхнього руху між ПС. Задача організації руху СПВ передбачає реалізацію технології узгодженого підводу завчасно підготовлених вагонів на колії залізничної станції для послідувочого причеплення до пасажирського поїзду. Вирішення поставленої задачі є актуальним при перевезеннях організованих груп пасажирів на напрямках із незначним пасажиропотоком для визначеного кластеру потенційних пасажирів, за умови відсутності прямих маршрутів. Це в свою чергу дозволить за рахунок зменшення тривалості часу очікування прибуття пасажирського поїзду для здійснення причеплення до нього пасажирських вагонів займати залізничні колії мінімальний час та підвищить якість надання послуг пасажирам СПВ. Як наслідок, гарантійне забезпечення варіанту перепечлення в межах визначених часових інтервалів дозволить реалізувати інтермодальні перевезення пасажирів, наприклад,

при продовженні поїздки автомобільним, водним чи повітряним транспортом, та концепції «єдиного квитка».

Послуги залізничного транспорту є соціально значущими, і не мають основної мети отримати прибуток від своєї діяльності, а надання ряду додаткових послуг, які будуть мати комерційне значення, дозволить зменшити збитковість пасажирських перевезень і, тим самим, зменшити обсяги перехресного субсидіювання за рахунок вантажних перевезень. Низький рівень рентабельності залізничного транспорту обумовлено перш за все збитковістю пасажирських перевезень, яким надається статус соціально значущих, тому важко очікувати приплив зовнішніх інвестицій у залізничну галузь [78].

При організації залізничних перевезень з використанням спеціальних вагонів необхідно уточнити, що спеціальний вагон – це один або група вагонів, які слідуєть у складі пасажирського поїзду до залізничної станції свого призначення, розташованої за маршрутом прямування пасажирського поїзда, з подальшим відчепленням по цій залізничній станції на замовлення юридичної чи фізичної особи. Окремого номера у графіку руху поїздів спеціальні вагони не мають. Таким чином, при перевезеннях організованих груп пасажирів залізничний транспорт використовує спеціальні вагони, якщо маршрут повністю перекривається маршрутом пасажирського поїзду вони є причіпними, а коли маршрут перекривається двома та більше маршрутами пасажирських поїздів – безпересадковими [53].

Організація руху СПВ доцільна на напрямках із низьким рівнем населеності пасажирських поїздів. Тому необхідно провести комплексну оцінку стану системи пасажирських залізничних перевезень місцевого та прямого сполучень України, за допомогою чого виявити групу потенційних пасажирів СПВ, з метою подальших досліджень саме для цієї групи пасажирів.

Пасажирам зручніше було б відправлятися зі станції в другій половині доби, а прибувати до місця призначення – в першій. Але з метою покращення процесу обслуговування подорожуючих залізничним транспортом за рахунок збільшення

швидкості руху поїздів, що дозволило скоротити час доставки пасажирів у пункт призначення, за розкладом руху пасажирських поїздів на 2012-2013 роки було відмінено близько 30 пар нічних поїздів. Для оцінки затребуваності нічних поїздів у [79] було проведено порівняння нічних фірмових поїздів та денного й вечірнього на маршруті Дніпропетровськ – Київ. Аналіз показав, що нічний поїзд №79/80 користується найбільшим попитом, його населеність у березні 2013 р. склала майже 90%, у той час як для денного – 42%, а для вечірнього – 58%. До того ж, вартість квитка на нічний поїзд №79/80 майже у двічі менша ніж на денний та вечірній, а дохід за березень 2013 р. склав 16974,47 тис. грн, що на 12426,12 тис. грн більше ніж від денного, та на 10712,41 тис. грн більше аніж від вечірнього. Таким чином, аналіз сучасного стану пасажирських перевезень місцевого та прямого сполучень та наукових досліджень у даному питанні, визначив основні задачі розвитку системи надання додаткових послуг (рис. 1.7), які визначають напрямки вирішення поставлених у дисертаційній роботі задач по удосконаленню технології залізничних перевезень у безпересадковому сполученні в спеціальних вагонах. На рисунку 1.8 наведено структуру вирішення задач дисертаційного дослідження.

Таким чином, виявлені основні напрямки удосконалення технології пасажирських залізничних перевезень у СПВ спрямовані на дослідження процесу формування розкладу руху СПВ, технології функціонування ПК в умовах обслуговування СПВ, зручності часу прибуття та відправлення з пунктів призначення.

До того ж аналіз перевезень пасажирів в умовах надання комерційних транспортних послуг показав, що Україна має значний потенціал у сфері перевезень. Пасажирські перевезення завжди мали особливе соціальне значення, а процеси інтеграції до європейської системи та зростання конкуренції на ринку транспортних послуг України вимагають застосування якісно нових концепцій управління, наприклад, таких як впровадження додаткових послуг комерційного характеру у якості транспортного продукту перевезень у СПВ з метою підвищення фінансового стану залізничного транспорту.

**Фактори розвитку системи надання
додаткових транспортних послуг**

Вартісні

- встановлення конкуренто-спроможних цін на послуги;
- у порівнянні з іншими перевізниками (автотранспорт, авіаційний транспорт) у вартість послуг включено витрати на переміщення та проживання, тому що пасажирські вагони виступають і як транспортний засіб, і як «готелі на колесах»;
- перевезення організованих груп пасажирів для залізничного транспорту не є соціально значущими, тому у вартість послуг включено норму прибутку, яка чітко окреслена для монополії і не перевищує даний показник для інших видів транспорту;
- використання рухомого складу підвищеної комфортності за меншими цінами ніж у конкурентів, та одночасно вигідними для залізниці.

Якісні

- підвищення пасажиропотоку на залізничному транспорті;
- зменшення тривалості залізничної подорожі за рахунок суміщення переміщення та відпочинку (особливо у нічні години);
- здійснення переміщень у час доби найбільш зручний для пасажирів спеціальних вагонів;
- відсутність потреби у зайнятті окремої нитки ГРПП, що не зменшує пропускну спроможність станцій та залізничних ліній;
- оптимізація використання рухомого складу в умовах дефіциту за рахунок здійснення перевезень у спеціальних вагонах;
- підвищення іміджу залізничного транспорту.

Рисунок 1.7 – Фактори розвитку системи надання додаткових транспортних послуг

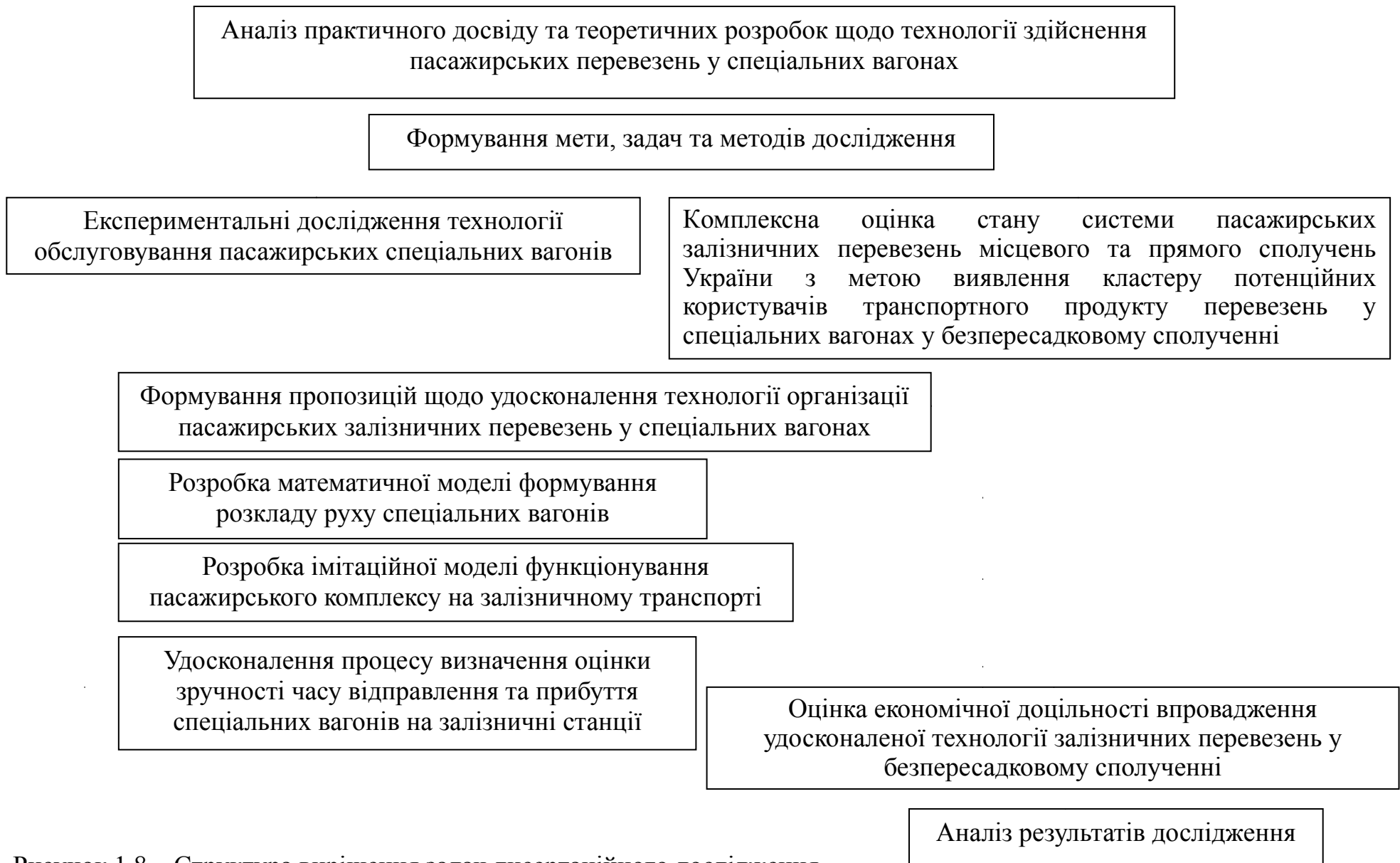


Рисунок 1.8 – Структура вирішення задач дисертаційного дослідження

1.5 Висновки до розділу 1

1. Дослідження стану та розвитку пасажирських залізничних перевезень місцевого та прямого сполучень в Україні показали, що тенденція зниження частки перевезень пов'язана зі зниженням життєвого рівня населення. Виходячи зі збитковості пасажирських перевезень, необхідним є впровадження додаткових послуг. З метою досягнення поставленої мети запропоновано впровадити транспортний продукт перевезень у спеціальних пасажирських вагонах.

2. Аналіз досвіду організації маршрутів руху спеціальних вагонів залізничним транспортом показав, що організація руху таких вагонів є актуальним напрямком для впровадження у якості додаткових послуг комерційного характеру з метою підвищення фінансового стану залізничного транспорту. Встановлено, що українські залізниці треба розглядати і як засоби безпосередньої доставки пасажирів, і як об'єкти інфраструктури цікаві для відвідування.

3. Аналіз основних напрямків наукових досліджень щодо удосконалення технології організації пасажирських залізничних перевезень у спеціальних вагонах показав, що процес організації перевезень пасажирів залізничним транспортом є складною динамічною системою. На сьогодні не існує досконалого підходу до визначення оптимальних параметрів системи доставки пасажирів спеціальних вагонів до пунктів призначення та методу оцінки ефективності перевезень з урахуванням інтересів усіх суб'єктів транспортного ринку. Було виявлено необхідність дослідження технології організації руху спеціальних вагонів.

4. Дослідження основних напрямків удосконалення процесу організації пасажирських залізничних перевезень у спеціальних вагонах показали, що на сьогодні мети удосконалення технології пасажирських перевезень за рахунок впровадження додаткових послуг можна досягти лише за рахунок організації руху у безпересадковому сполученні на маршрутах з низьким рівнем населеності пасажирських поїздів.

РОЗДІЛ 2

ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ ОРГАНІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У БЕЗПЕРЕСАДКОВОМУ СПОЛУЧЕННІ

2.1 Вибір методів теоретичного дослідження процесу організації пасажирських залізничних перевезень у безпересадковому сполученні

Дієвим способом вирішення задач транспортної діяльності є математичне моделювання, тому що проведення реального експерименту стане набагато дорожче і займе багато часу. Метою моделювання є визначення оптимального варіанту управління транспортними процесами шляхом здобуття, обробки, представлення і використання інформації про об'єкти, які взаємодіють між собою і зовнішнім середовищем, а модель тут виступає як засіб пізнання властивостей і закономірностей поведінки об'єкту. Основним призначенням моделі в задачах управління пасажирськими перевезеннями є прогноз реакції об'єкту на керуючі впливи [80].

ПК – це один з елементів залізничного транспорту України, який являє собою сукупність ПС та ПТС і є складною соціально-економічною системою, де існує чітко регламентований порядок виконання робіт. Як технологічна система ПК складається з ряду постійно взаємодіючих елементів: вхідної горловини, приймально-відправних і транзитних парків або колій, вихідної горловини, ранжирного парку, пунктів ТО та екіпірування, вокзалу, пасажирських пристроїв, службових приміщень та ін. При розробці раціональної технології роботи окремі елементи ПК не можна виділяти із загальної системної сукупності. Ситуація в кожній підсистемі постійно змінюється, окрім цього функціонування підсистем характеризується нерівномірністю, ймовірнісним характером надходження поїздів. Суттєвою особливістю ПК є різноманітність і строга послідовність виконання технологічних операцій, тому у сучасних умовах необхідно визначити раціональну технологію обробки пасажирських поїздів різних категорій для мінімізації часу

знаходження составів на території станції. Усі вищенаведені елементи складаються в ряд взаємозалежних підсистем, які мають чітко окреслені цілі, функції та задачі [81]. Для досягнення ефективного функціонування ПК в існуючих умовах для обслуговування потенційних пасажирів СПВ необхідно визначити раціональну технологію організації залізничних перевезень і, відповідно, технологію роботи самого ПК. Нові технології повинні носити комплексний характер, тобто враховувати максимальне число взаємодіючих підсистем ПК.

Принципи комплексного підходу до рішення питань постановки задачі, побудова математичної моделі, одержання рішення, його оцінка і практичне використання висвітлені у багатьох роботах [82-86]. У дослідженнях [85, 87-89] визначають, що при розробці методів управління елементами залізничного транспорту широке застосування знаходять методи теорії ймовірностей, математичної статистики, теорії інформації, дослідження операцій, лінійного програмування, динамічного програмування, методи МПУ, теорія масового обслуговування, теорія надійності, математичне моделювання транспортних процесів та ін. Але при цьому процеси, що розглядаються виділяють з загальної сукупності. Це знижує достовірність результатів дослідження. Тому і виникає необхідність у системному дослідженні питань управління транспортними процесами. По відношенню до ПК, їх функціонування необхідно розглядати як ряд взаємодіючих елементів системи [87, 90, 91]. При побудові математичної моделі ПК, його функціонування не завжди правильно інтерпретується однолінійною системою обслуговування. Окрім того, деякі задачі економічного характеру неможливо вирішити аналітичними методами [76, 87, 92].

Методи статистичного моделювання дозволяють вирішувати досить складні задачі, мають істотні переваги перед аналітичними методами – можливість рішення задач, що містять одночасно елементи безперервної та дискретної дії, тому статистичне моделювання пристосоване для обліку випадкових подій [87, 93, 94]. Статистичне моделювання дозволяє оцінити ефективність управління залізничними станціями, варіанти побудови систем керування, а також надійність і працездатність

керуючої апаратури. Однак, як і будь-який цілочисельний метод, має істотні недоліки, описується складними та громіздкими співвідношеннями, підпадає під вплив численних випадкових факторів, рішення завжди приватного характеру.

Для виявлення групи потенційних пасажирів СПВ запропоновано використати кластерний аналіз. Кластерний аналіз (англ. the cluster – клас, група) – один з новітніх математико-статистичних методів, що одержали поширення завдяки розвитку комп'ютерних технологій і формалізованих програм розрахунків [95-99]. Його мета – класифікація, тобто типологічне угруповання сукупностей масових явищ на основі безлічі ознак.

Методи кластерного аналізу можна застосовувати в різних ситуаціях, які зустрічаються як у наукових, так і в прикладних дослідженнях, наприклад, класифікація як необхідний попередній етап статистичної обробки багатовимірних даних, класифікація в задачах оптимального регулювання та планування, класифікація в задачах прогнозування економіко-соціальних ситуацій чи окремих показників. У даному дослідженні кластерний аналіз пропонується використати з метою визначення кластеру потенційних пасажирів спеціальних вагонів. Кожна одиниця сукупності в кластерному аналізі вважається «точкою в просторі ознак». Значення кожної з ознак у даній одиниці сукупності служить її координатою в цьому «просторі» по аналогії з координатами точки у реальному тривимірному просторі. Таким чином, «простір ознак» – це область варіювання всіх ознак сукупності явищ, що досліджуються. Якщо ми прирівняємо цей простір тривимірному простору, що має евклідову метрику, то отримаємо можливість вимірювати «відстані» між точками простору ознак. Ці відстані називають евклідовими. Їх обчислюють за тими ж правилами, як і в звичайній евклідовій геометрії за теоремою Піфагора. У багатовимірному просторі ознак відстань між точками P і Q з k координатами (тобто індивідуальними значеннями ознак) визначається як

$$r_{pq} = \sqrt{\sum_{j=1}^k (x_{jp} - x_{jq})^2}, \quad (2.1)$$

де x_{jp}, x_{jq} – «координати» точок P і Q в просторі ознак $j, j = [1, k]$.

Цілком очевидно, що не можна складати квадрати відхилень однієї точки від іншої в абсолютних значеннях різноякісних ознак. Необхідно спочатку висловити відмінності між одиницями сукупності за кожною ознакою в якомусь відносному безрозмірному показнику. В якості такого показника часто застосовують «нормовану різницю» d_{pq} , тобто відношення абсолютної різниці значень j -тої ознаки у одиницях сукупності з номерами P і Q до середнього квадратичного відхилення цієї ознаки s_{xj}

$$d_{pq} = \frac{x_{jp} - x_{jq}}{s_{xj}}. \quad (2.2)$$

Знаки «нормованих різниць» не мають значення, так як «відстань» у просторі ознак – скалярна, а не векторна величина. Існує багато досить складних за алгоритмом методик кластерного аналізу та споріднених йому, які інакше називають методом «Розпізнавання образів», «Багатомірного автоматизованого угруповання і класифікацією» та ін. Однак можна привести один з найпростіших алгоритмів кластерного аналізу: обчислення середніх величин кожної групи показників; обчислення середніх квадратичних відхилень кожної ознаки; обчислення матриць нормованих різниць по кожному показнику; обчислення евклідових відстаней між кожною парою поєднань одиниць сукупності; об'єднання одиниць сукупності з найменшою евклідовою відстанню між собою в один кластер; обчислення нових, усереднених значень всіх групових ознак для об'єданого кластеру; обчислення нових нормованих різниць ознак між об'єднаним кластером і рештою одиниць, і включення цих відмінностей у матриці замість значень об'єднаних одиниць сукупності; обчислення нових евклідових відстаней для об'єданого кластеру; вибір найменшої з евклідових відстаней; повтор операцій і так далі, до отримання остаточних результатів. Об'єднання в кластери припиняється, коли всі евклідові

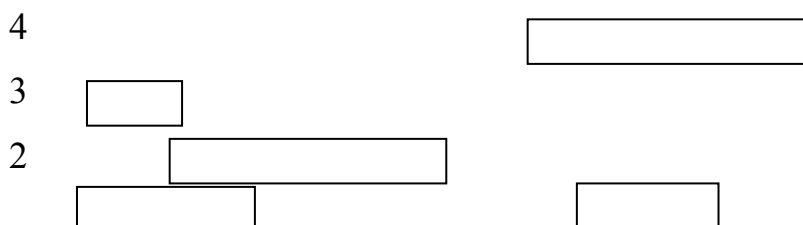
відстані між рештою кластерів, перевищать задану критичну величину відстані. Завершення об'єднання в кластери може бути здійснено не при досягненні максимальної евклідової відстані, а при досягненні заданого числа кластерів (типів). Так поступають, якщо число таких типових кластерів відомо заздалегідь або передбачається деякою гіпотезою.

Згідно із вищенаведеним, виявлення групи потенційних пасажирів доцільно зробити саме за допомогою кластерного аналізу, таким чином буде сформовано кластер потенційних споживачів транспортного продукту перевезень у СПВ.

Для рішення задачі формування розкладу руху СПВ запропоновано використати моделі теорії розкладу (англ. Schedule theory) [78, 100] на основі методу еволюційного моделювання (генетичних алгоритмів) [101-103]. Відповідно до цього, в роботі при ув'язці розкладу руху СПВ з РРПП необхідно взяти за незмінні параметри час відправлення та прибуття пасажирських поїздів. Згідно із поставленими умовами рішенням задачі повинен стати складений розклад руху відправлення та прибуття СПВ на залізничні станції за визначеним маршрутом руху в межах певного періоду часу. Графічно процедуру узгодження розкладу руху пасажирських поїздів та СПВ можна представити діаграмою Гантта (англ. Gantt chart) (рисунок 2.1) [100, 103]. Яка показує тривалість виконання технологічних операцій з СПВ (g) при причепленні (чи відчепленні) їх до (від) пасажирських поїздів (вісь x) у певні періоди часу t по конкретній ПС в залежності від їх кількості (вісь y).

Використання теорії розкладу для формалізації процесу формування розкладу руху СПВ у складі графікових пасажирських поїздів виступає оптимальним варіантом серед інших методів, бо дозволяє мінімізувати сумарний час завершення робіт [103].

g , ваг.



1

t, год.

Рисунок 2.1 – Діаграма Гантта для формування розкладу руху СПВ

Загальним недоліком перерахованих методів моделювання є трудомісткість побудови, великі витрати часу, і, як наслідок, низька оперативність результатів, досить складне використання на практиці. Тому для удосконалення технології організації руху СПВ необхідно створювати нові моделі залізничних станцій та всієї транспортної мережі, тим більше, що на сьогодні складність моделювання не стільки пов'язана зі значною розмірністю, скільки зі значним ускладненням причинно-наслідкових зв'язків при взаємодії підсистем станції. Усі підсистеми та елементи ПК представлені подіями, які можуть відбутися один чи декілька разів або не відбутися взагалі. Процеси, що моделюються, можуть функціонувати в тих самих умовах по-різному, тобто функціонувати недетерміновано. Кожна подія відбувається у визначений момент часу і триває деякий час. У синхронних моделях взаємодії підсистем станції події явно прив'язані до визначених моментів часу, особливо до ГРПП, коли відбувається зміна стану компонентів системи. Такий підхід до моделювання складних систем має ряд недоліків: при значній кількості підсистем виникає необхідність враховувати стан усіх елементів системи при кожному зміні стану, що робить модель громіздкою, може стати недостатньою інформація про причинно-наслідкові зв'язки між подіями, конфлікти між компонентами системи, важко вказати час початку та закінчення події. Математичний опис виробничої ситуації роботи станції запропоновано розглядати як сукупність формалізованих операцій, які являють собою послідовність обробки пасажирських вагонів, поїздів та локомотивів в процесі організації перевезень пасажирів. Для математичного опису технології роботи ПК запропоновано використовувати системи паралельно-діючих об'єктів, у зв'язку з тим, що вище розглянуті методи не відображають усіх властивостей підсистем ПК. Організація руху пасажирських поїздів включає у себе множину пов'язаних процесів

випадкового характеру, які розвиваються паралельно у часі і асинхронно взаємодіють один з одним, що дозволяє віднести ці системи до класу стохастичних дискретно-динамічних систем. Використання традиційних математичних методів для аналізу процесу та оцінки ефективності прийняття рішень не дозволяє адекватно описати усі аспекти.

Останнім часом використовуються різні класи топологічних моделей, або графів, у тому числі різні графи зміни стану, дерева подій, дерева відмовлень, а також діаграми впливу, які відносяться до класу семантичних функціональних мереж. Семантичні функціональні мережі – це спеціальні зважені графи, які враховують спеціальну додаткову інформацію. З таких спеціальних зважених мереж найбільш пристосованими для аналізу причин виникнення тієї чи іншої події є так звані мережі стохастичної структури – мережі Петрі [104-106]. Мережа Петрі – це орієнтований граф, який відображає асинхронні паралельні і недетерміновані процеси, а також сукупність продуктивних правил прийняття рішень виду «Якщо (умова), то (дія)». Мережі Петрі являють собою логіко-інформаційну модель у вигляді двудольного графу (граф, множина вершин якого розбита на дві частини, не містить у собі ребер, які б з'єднували вершини з однієї частини) з двома типами вершин – вершини-позиції і вершини-переходи. В мережах Петрі існують гілки, які з'єднують лише протилежні множини вершин («позиції» – «переходи»). Початковий статичний стан мережі Петрі задається початковим маркуванням деяких її позицій. Маркери відображаються точками всередині вершин-позицій. Динаміка мережі Петрі описується угодою про правило спрацювання збудженого переходу (який містить хоча б один маркер в кожній з його вхідних позицій), який може спрацювати через невизначений час, після чого з усіх (в усі) його вхідних позиціях (вихідні позиції) вилучається (додається) по одному маркеру. Процес динамічного функціонування мережі Петрі складається з переходів від одного маркування до іншого за рахунок спрацювання «збуджених» переходів. На відміну від детермінованих мереж, де необхідна реалізація усіх дуг для досягнення конкретного вузла, стохастичні мережі можуть обмежуватися виконанням лише частини цих умов. Окремі елементи

стохастичних мереж можуть не мати фізичного смислу, а використовуватися для зазначення логічної послідовності реалізації процесу, що моделюється. Математичний апарат мереж Петрі дозволяє моделювати причинно-наслідкові зв'язки між подіями паралельних та конфліктних ситуацій, проводити оцінку часових та випадкових процесів, що відбуваються, і тому обумовив використання мереж Петрі при моделюванні стохастичної дискретної динамічної системи ПК.

Мережа Петрі PN визначається як впорядкований набір виду

$$PN = (P, T, F, W, \varphi(I), P', \mu_0), \quad (2.3)$$

де $P = \{p_1, p_2, \dots, p_i\}$ – непушта кінцева множина позицій;

$T = T^A \cup T^C$ – непушта кінцева множина переходів, яка розбивається на дві непересічні підмножини: T^A – відображає прості переходи, а T^C – відображає складні переходи, які мають складну структуру і самі виступають мережами Петрі (можливо узагальненими);

$F \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$ – функція інцидентності (приналежності) множин позицій і переходів, безліч дуг (потоків відносин);

$\varphi(I)$ – визначає набір гілок (дуг) $[\varphi_1'(I), \varphi_1''(I)] \dots [\varphi_k'(I), \varphi_k''(I)]$;

P' – ймовірнісна міра, задана на множині всіх підмножин досяжних маркувань;

$\mu_0 : P \rightarrow \{0, 1, 2, 3, \dots\}$ – початкове маркування мережі.

Перед побудовою мережі Петрі як логіко-інформаційної моделі процесу функціонування ПК при організації поїздок у СПВ необхідно на початку розробити змістовно-прикладну (сміслову) модель роботи ПС та ПТС. З метою отримання адекватної моделі роботи ПК при організації поїздок у СПВ необхідно знати число вагонів, які будуть чіплятися до графікових поїздів, і розглянути усі можливі варіанти для розробки оптимального маршруту їх руху залізницею. Тоді з'явиться можливість виключити раптовість виникнення нестандартних ситуацій.

Найкращу можливість для отримання таких результатів надає використання математичного моделювання у мережах Петрі [107-109].

Таким чином, у якості основних методів теоретичного дослідження процесу організації пасажирських залізничних перевезень у СПВ було обрано кластерний аналіз для виявлення потенційних пасажирів СПВ, теорію розкладу для формалізації процесу формування розкладу руху спеціальних вагонів та теорію мереж Петрі для моделювання процесу функціонування ПК в умовах обслуговування СПВ.

2.2 Комплексна оцінка стану системи пасажирських залізничних перевезень місцевого та прямого сполучень України

Для комплексної оцінки стану системи пасажирських залізничних перевезень місцевого та прямого сполучень України для подальших досліджень було проаналізовано основні напрямки маршрутів з міста Харків (рисунок Б.1). Пріоритетним виявився західний напрямок у якому перевозиться 51,5% пасажирів, на другому місці кримський напрямок – 21,5%, на третьому – південний (20%) і на останньому – донецький (10%). Аналіз кожного окремого маршруту за вказаними напрямками (рисунок Б.2 – Б.5) виявив, що більшість пасажирів у західному напрямку користуються маршрутами на Київ, а менш за все – на Бахмач, Чернігів, Суми та Мукачеве. У донецькому напрямку більшість пасажирів слідують до Луганська, а менш за все – до Куп'янська. У кримському напрямку до Сімферополя більша частина, а менша – до Севастополя, у південному – більша до Одеси, а менша – до Умані. При аналізі числа пасажирів в одному рейсі встановлено (рисунок Б.7 – Б.10), що у західному напрямку максимальна кількість пасажирів у рейсах до Івано-Франківська, Житомира, у донецькому – до Маріуполя, Луганська, у кримському – до Євпаторії, у південному – до Одеси, а мінімум пасажирів виявилось у рейсах до Ужгорода, Сум, Мукачеве (західний напрямок); Куп'янська (донецький напрямок); Севастополя (кримський напрямок); Умані (південний напрямок). Встановлено прямопропорційну залежність між довжиною маршруту і кількістю

пасажирів на одному маршруті (рисунок 2.2). Були проведені дослідження закону розподілу кількості пасажирів на маршруті (таблиці Б.1 – Б.2). Оцінка гіпотези про підпорядкованість числа пасажирів на маршруті нормальному закону розподілу за критерієм χ^2 -квадрат Пірсона виявила, що ймовірність даної гіпотези дорівнює 0, а ймовірність гіпотези про поліноміальний закон розподілу дорівнює 0,989531786, що свідчить про високий рівень відповідності вибірки поліноміальному закону (рисунок 2.3). Таким чином, на основі проведеного статистичного аналізу кількості пасажирів на окремому маршруті було доведено, що кількість пасажирів на маршруті підпорядковується поліноміальному закону, що свідчить про стохастичний характер заповнення маршруту і підкреслює складність формування маршрутів руху для спеціальних вагонів. Враховуючи вищезазначене необхідно розглядати процес формування безпересадкових маршрутів як макrorівневі систему залізничних пасажирських перевезень. Перевірено чи впливає напрямок руху на число пасажирів у маршруті і навпаки за допомогою двохфакторного дисперсійного аналізу (таблиця Б.3), який визначає роль окремих факторів у зміні тієї чи іншої ознаки. Спочатку приймаємо нульову гіпотезу, що напрямок маршруту не впливає на кількість пасажирів, тобто дисперсія дорівнює нулю. Для відкидання нульової гіпотези необхідно довести, що дисперсія не дорівнює нулю з ймовірністю не менше 95%, або має рівень значимості 5%. Дисперсійний аналіз розраховує ймовірність випадкової різниці (Р-значення), яка вказує на значимість різниці. Рівень значимості менше 0,05 вказує на те, що різниця не випадкова і говорить про статистичний вплив фактора на вибірку. Таким чином, аналіз довів, що напрямок маршруту впливає на кількість пасажирів (Рзначення<0,05), і кількість пасажирів у рейсі впливає на вибір маршруту (Рзначення<0,05). До того ж за критерієм Фішера нульова гіпотеза відкидається, якщо

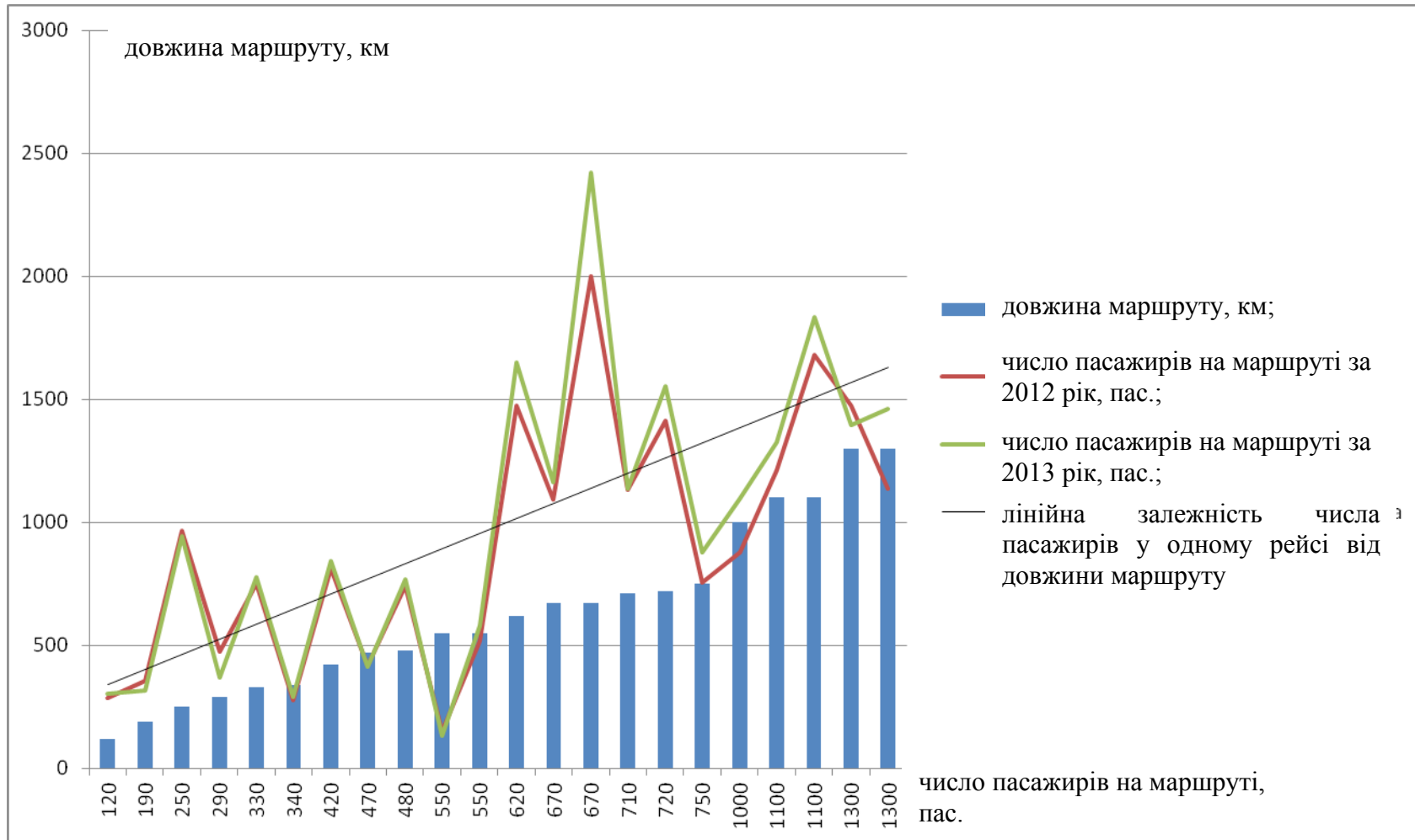


Рисунок 2.2 – Діаграма залежності розподілу кількості перевезених пасажирів у одному рейсі від довжини маршруту зі станції Харків-Пас. за основними напрямками за 2012 – 2013 рр.

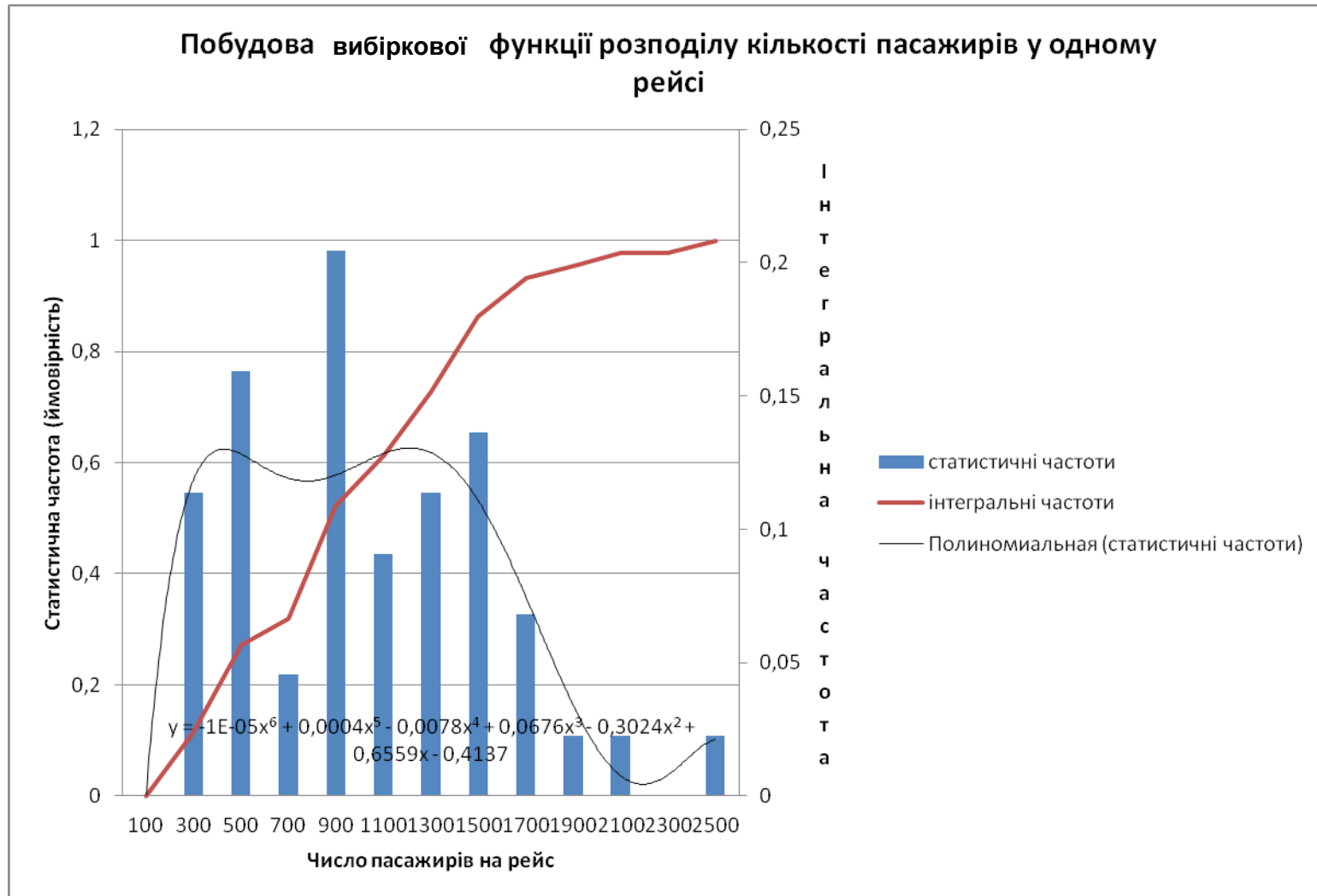


Рисунок 2.3 – Діаграма розподілу кількості пасажирів у одному рейсі за основними напрямками руху по Україні (статистичні дані за 2012-2013 рр.)

$F > F_{кр.}$. При цьому $F = 72,87841446$, а $F_{кр.} = 2,084188623$, тобто $72,87841446 > 2,084188623$, тому нульова гіпотеза про те, що напрямок маршруту не впливає на кількість пасажирів на ньому відкидається. Для оцінки кількості пасажирів на маршруті $F = 7,777739264$, а $F_{кр.} = 4,324793711$, тобто $7,777739264 > 4,324793711$, тому нульова гіпотеза про те, що кількість пасажирів не впливає на напрямок маршруту теж відкидається.

З метою комплексної оцінки стану системи пасажирських залізничних перевезень місцевого та прямого сполучень України, що дозволить виявити потенційних користувачів транспортного продукту перевезень у спеціальних вагонах використано кластерний аналіз. Для дослідження пасажиропотоків було використано такий метода кластерного аналізу, як метод «найближчого сусіда» або одиночного зв'язку. У методі «найближчого сусіда» відстань між двома кластерами визначається відстанню між двома найбільш близькими об'єктами в різних кластерах. Цей метод дозволяє виділяти кластери у сукупності подібних ознак (пасажиропотоки за різними маршрутами залізничного транспорту) як завгодно складної форми за умови, що різні частини таких кластерів з'єднані ланцюгами близьких один до одного елементів [97]. Результати кластерного аналізу методом «найближчого сусіда» наведені у додатку В. Таким чином, за допомогою кластерного аналізу методом «найближчого сусіда» отримали два кластера, відстань між якими дорівнює $P = 17499,45$ (таблиця В.3). Ці два кластера утворюють єдиний кластер потенційних пасажирів спеціальних вагонів, що знаходяться у вихідних даних під номерами 5 та 7 (таблиця В.1), і складають 0,004547% від загального пасажиропотоку залізничного транспорту. Результати ієрархічної кластеризації наведені на рисунку 2.4 у вигляді дендрограми. Таким чином, було виявлено кластер потенційних користувачів транспортного продукту перевезень у спеціальних вагонах, який склав 22 тисячі пасажирів на рік. До того ж було проведено дослідження показників роботи залізничного транспорту у сфері пасажирських перевезень методами кластерного аналізу. На початковому етапі аналізу необхідно визначити чи формують показники кластери. Шляхом ієрархічної кластеризації при

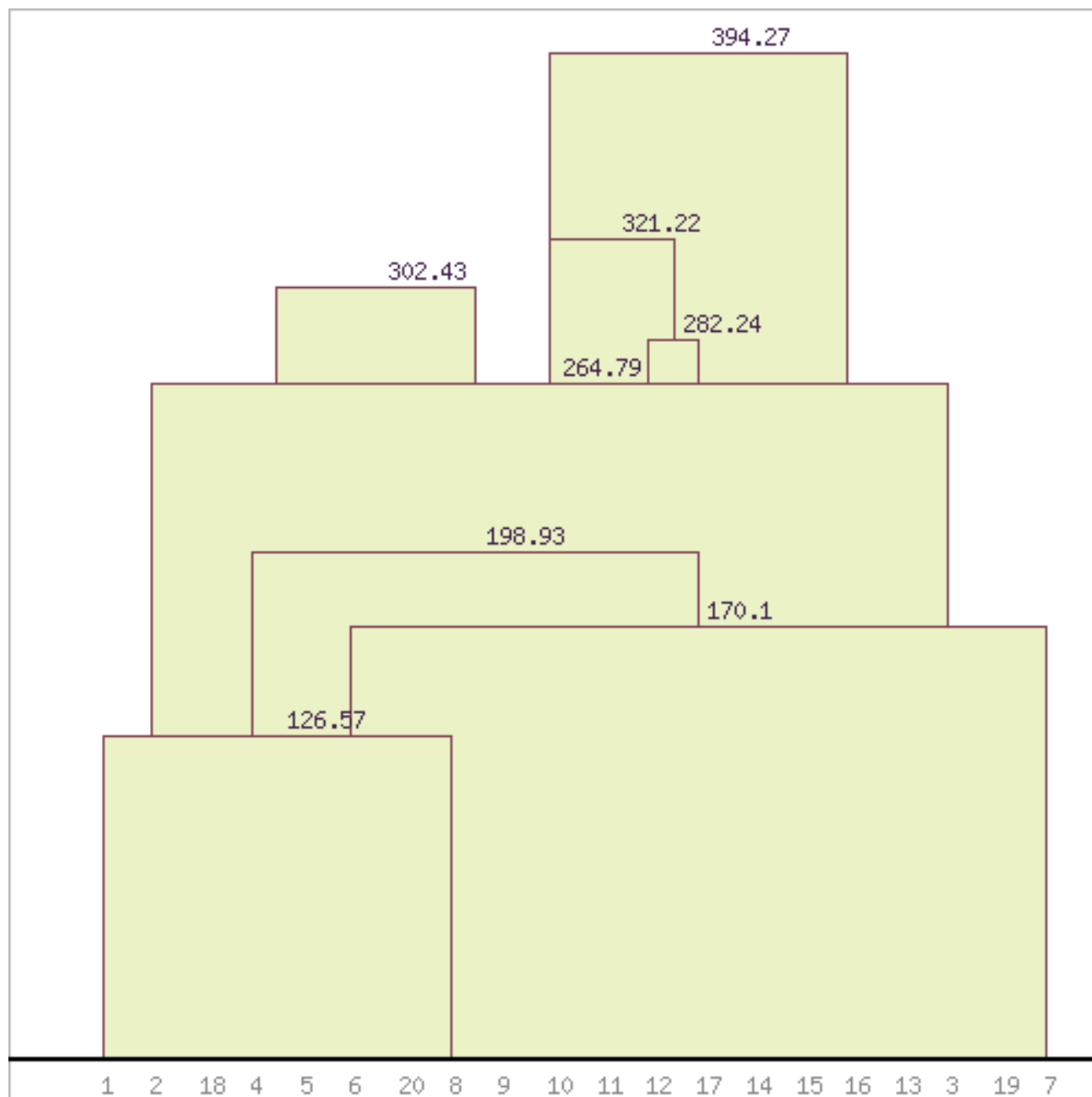


Рисунок 2.4 – Результати ієрархічної кластеризації пасажиропотоків залізничного транспорту України

методі повного зв'язку (визначає відстань між кластерами як найбільшу відстань між будь-якими об'єктами у різних кластерах) та міри близькості, яка визначається евклідовою відстанню, що являє собою геометричну відстань між об'єктами в n -мірному просторі і розраховується по вихідним, а не стандартизованим даним, було отримано дендрограму (рисунок 2.5). Таким чином, показники сервісу обслуговування поєднані у кластер 1, а кількісні показники – у кластер 2. До того ж перший та другий кластер можуть утворити єдиний кластер експлуатаційних показників – 3. Кластерний аналіз параметрів транспортного обслуговування допоміг виявити основні залежності кількісних та якісних показників та їх вплив на перевезення пасажирів різного обсягу та на різних напрямках. Наведені вихідні дані було досліджено також методом кластеризації k -середніх. Коли результати кластеризації отримані, можна розрахувати середнє значення показників по кожному кластеру, щоб оцінити, наскільки вони різняться між собою. Рівень значимості P складає величину більшу за 0,05, що вказує на відмінність елементів кластерів та їх взаємовплив один на одного.

Аналіз досвіду організації перевезень пасажирів залізничним транспортом показав, що організація перевезень організованих груп пасажирів у СПВ при незначних обсягах перевезень є актуальним напрямком для впровадження у якості додаткових послуг комерційного характеру з метою підвищення фінансового стану залізничного транспорту. Ще одним варіантом для такої категорії перевезень виступає організація руху комерційних та спеціальних поїздів. Результати кластерного аналізу показали формування двох кластерів у якості варіантів перевезень організованих груп пасажирів (рисунок 2.6).

Кластерний підхід до управління транспортною діяльністю залізниць являє собою формування складної системи, елементи якої об'єднані матеріальними, інформаційними та фінансовими потоками. Таким чином, кластеризація – це математична процедура багатовимірної аналізу, що дозволяє на основі множини показників (як об'єктивних, так і суб'єктивних), що характеризують ряд об'єктів, згрупувати їх у класи.

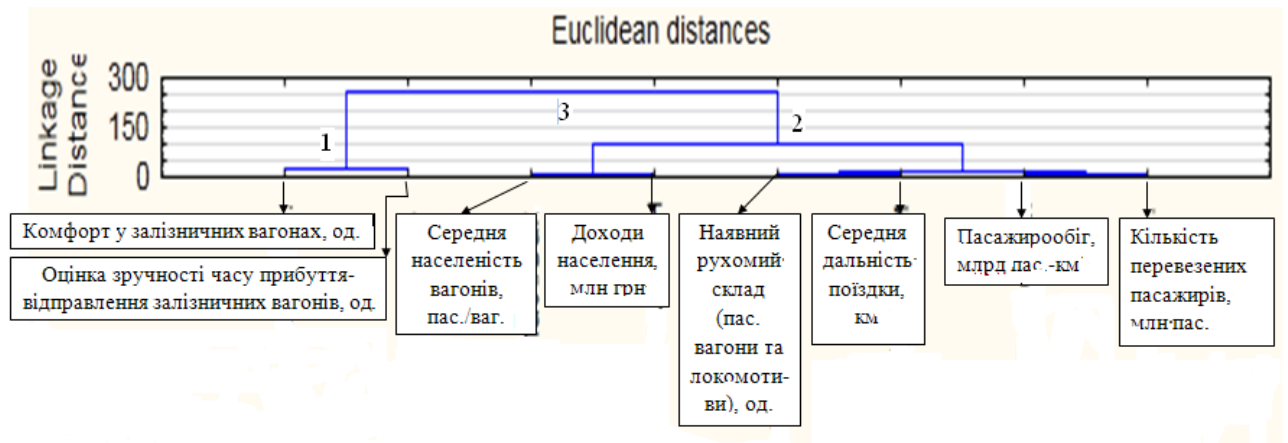


Рисунок 2.5 – Горизонтальна дендрограма результатів ієрархічної кластеризації показників роботи залізничного транспорту у сфері пасажирських перевезень

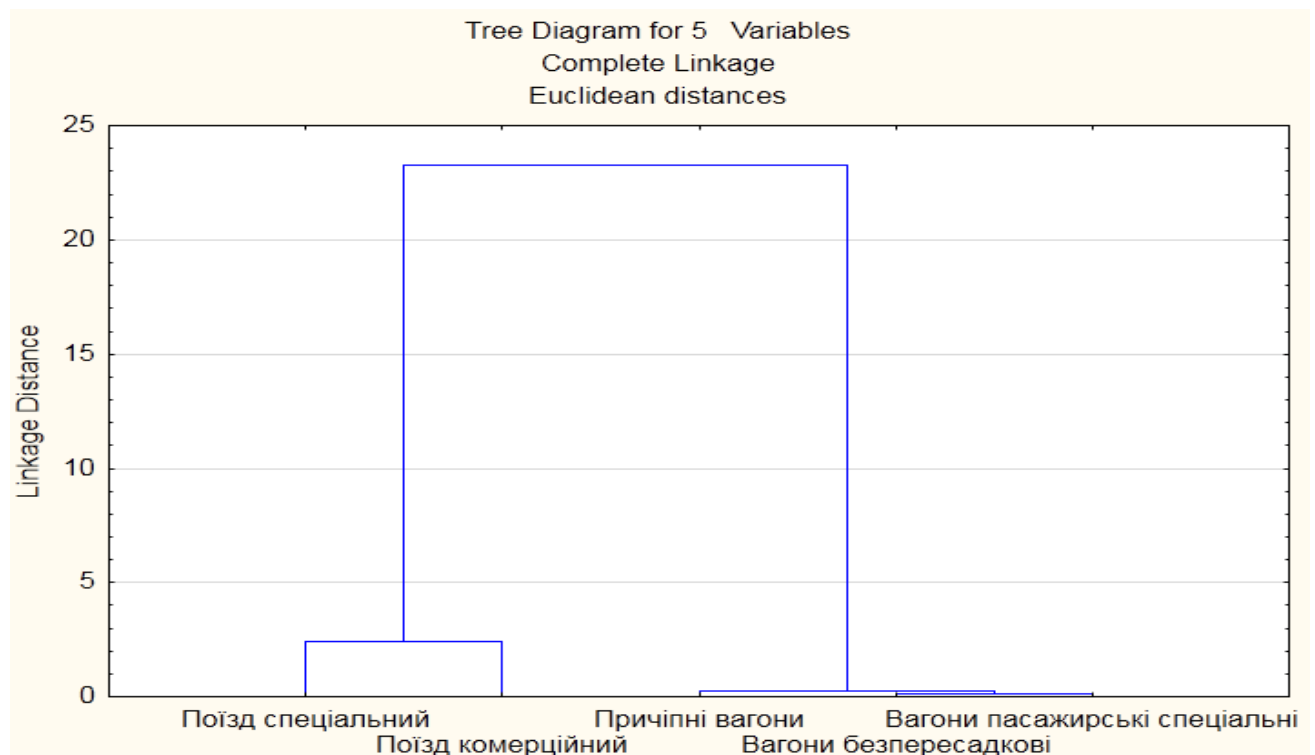


Рисунок 2.6 – Дендрограма варіантів перевезень організованих груп пасажирів

Таким чином, процес надання послуг пасажирів у вигляді перевезень та обслуговування під час подорожі було досліджено на наявність показників щодо вимог пасажирів до залізничного транспорту та можливостей залізниць щодо забезпечення високого рівня обслуговування пасажирів [110, 111].

Встановлено, що українські залізниці треба розглядати і як вид транспорту для безпосередньої доставки організованих груп пасажирів (рисунок 2.7, кластер 2), і як об'єкти інфраструктури цікаві для відвідування (рисунок 2.7, кластер 1).

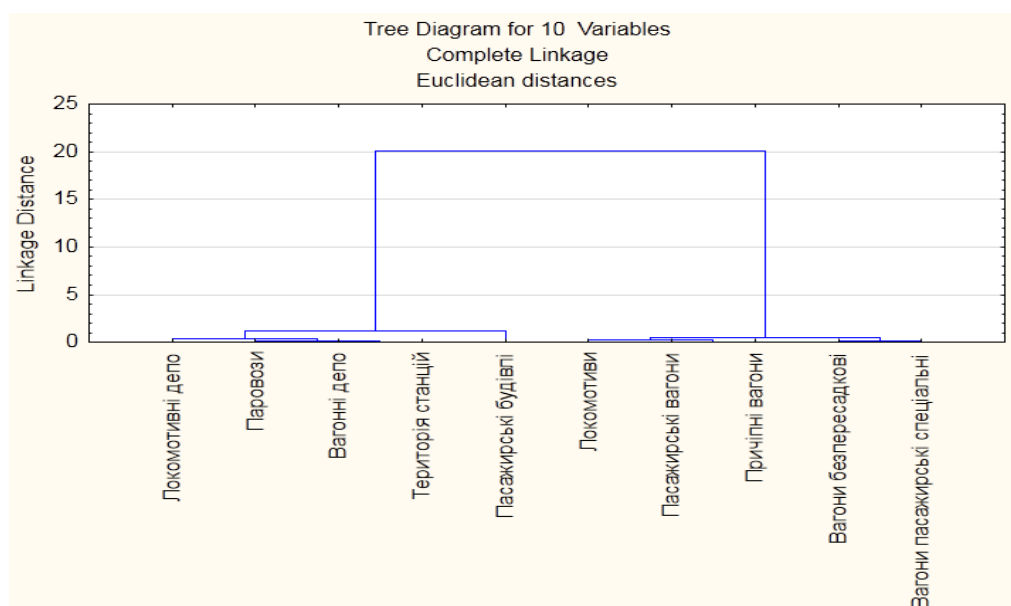


Рисунок 2.7 – Дендрограма варіантів використання залізничної інфраструктури та рухомого складу

Таким чином, здійснення перевезень виявленого кластеру потенційних пасажирів у спеціальних вагонах може стати конкурентоспроможним проектом у сфері пасажирських перевезень УЗ. Застосування наведених пропозицій дозволить удосконалити процес організації пасажирських залізничних перевезень відповідно до існуючого попиту на транспортні послуги та підвищити фінансовий стан транспортної галузі, та потребує моделювання процесу планування пасажирських перевезень у спеціальних вагонах, для чого потрібно здійснити формалізацію функціонування автоматизованої технології формування розкладу руху залізничних пасажирських перевезень у спеціальних вагонах.

2.3 Формалізація процесу функціонування автоматизованої технології формування розкладу руху залізничних пасажирських перевезень у спеціальних вагонах

Розроблено математичну модель формування розкладу руху СПВ. В основі математичного опису постановки задачі загальна проблема при формуванні вказаного розкладу полягає у виборі раціональних маршрутів доставки пасажирів виявленого кластеру і ниток відправлення пасажирських поїздів з СПВ зі станції формування і станцій перечеплення до пунктів призначення. Ефективність організації залізничних перевезень може бути суттєво підвищена за рахунок використання стратегії маршрутизації і планування (мається на увазі аналіз інтересів усіх зацікавлених сторін відносно того, яким чином можна досягнути їх сумісної мети) з урахуванням динаміки зміни попиту на послуги залізничного транспорту. Для рішення поставленої задачі запропоновано використати моделі теорії розкладу. Тому для формалізації поставленої задачі було розглянуто систему, що складається з g СПВ, які необхідні для перевезення пасажирів ($g = \overline{1; G}$, де G – найбільша кількість СПВ для причеплення до пасажирських поїздів). Послідовно занумеровано кожен нитку графіку прибуття та відправлення пасажирського поїзду на залізничну станцію ($k = \overline{1; K}$, де K – максимальна кількість порядкових номерів ниток графіку руху пасажирських поїздів, до яких є можливим здійснення причеплення СПВ і слідування згідно із затвердженим графіком руху до станції призначення СПВ).

Цільовою функцією поставленої задачі формування розкладу руху СПВ виступає мінімізація тривалості простоїв даної категорії вагонів на J -му маршруті ($t_{прост.j}$), а саме

$$t_{прост.j} = \sum_{i=1}^{n_j-1} (T_{kij}^{відпр.} - T_{kij}^{приб.} - \theta_{ij}) \rightarrow \min, \quad (2.4)$$

де i – порядковий номер станції на J -му маршруті руху СПВ ($j \in J$, де J – множина маршрутів прямування СПВ), $i = \overline{1; n_j}$, де n_j – порядковий номер станції

призначення СПВ (станцію формування слід вважати першою станцією на J -му маршруті руху СПВ);

$T_{kij}^{відпр.}$ – момент відправлення СПВ зі станції i J -го маршруту руху СПВ;

$T_{kij}^{приб.}$ – момент прибуття СПВ на станцію i J -го маршруту руху СПВ;

θ_{ij} – тривалість виконання технологічних операцій з СПВ на i -ій пасажирській станції J -го маршруту руху СПВ

$$\theta_{ij} = \sum_{h=1}^H t_h = t_{вн.i} + t_{в.i} + t_{мн.i} + t_{ТО} + t_{нз.i} + t_{н.i} + t_{мн.i}, \quad (2.5)$$

де h – номер технологічної операції, що виконується з СПВ на i -ій станції, $h = \overline{1; H}$, де H – множина технологічних операцій, що виконуються з СПВ на ПС та ПТС;

$t_{вн.i}$ – тривалість висадки пасажирів з СПВ на i -ій станції, год.;

$t_{в.i}$ – тривалість відчеплення СПВ від пасажирського поїзду на i -ій станції та причеплення до маневрового локомотива, год.;

$t_{мн.i}$ – тривалість перестановки СПВ з колій i -ої ПС на колії ПТС чи колії відстою, год.;

$t_{ТО}$ – тривалість технічного огляду СПВ на коліях ПТС чи коліях відстою, год.;

$t_{нз.i}$ – тривалість перестановки СПВ з колій ПТС чи колій відстою на колії i -ої ПС, год.;

$t_{н.i}$ – тривалість причеплення СПВ до пасажирського поїзду на i -ій станції, год.;

$t_{мн.i}$ – тривалість посадки пасажирів у СПВ на i -ій станції, год.

Задача формування розкладу руху СПВ вирішується при наступних обмеженнях

$$\begin{cases} T_{kij}^{відпр.} - T_{kij}^{приб.} - \theta_{ij} \geq 0, \\ T_{kij}^{відпр.} \leq T_{сп.}^{відпр.}, \end{cases} \quad (2.6)$$

де $T_{гр.}^{відпр.}$ – граничний момент часу відправлення СПВ зі станції формування, який визначається шляхом оцінювання зручності часу відправлення для потенційних пасажирів СПВ визначеного кластеру.

Для дотримання вимоги виконання останньої операції по прибуттю спеціальних вагонів на колії ПС з ПТС чи колій відстою до відправлення пасажирського поїзду, до якого планується їх причеплення, необхідно встановити $T_{гр.}^{відпр.}$. На рисунку 2.8 наведено графік узгодження розкладу подачі та забирання спеціальних вагонів для здійснення їх відчеплення та причеплення до пасажирських поїздів.

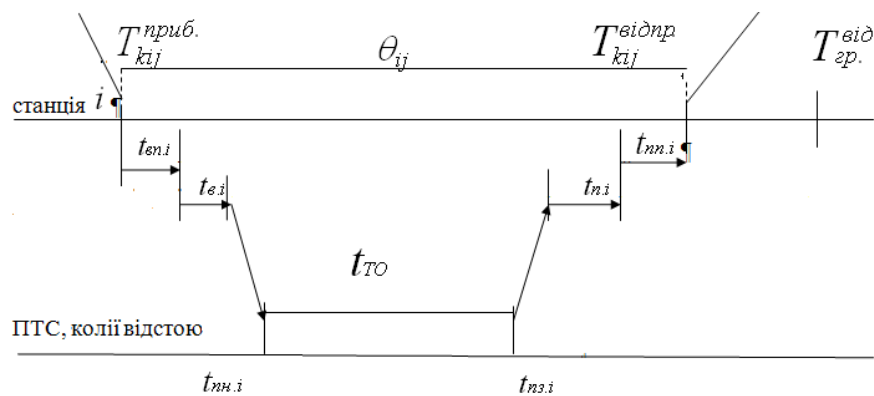


Рисунок 2.8 – Графік узгодженої подачі СПВ на колії залізничної станції під k -ту нитку графіку руху пасажирських поїздів на i -ій станції j -го маршруту

Для розрахунку θ_{ij} необхідно визначити потребу у рухомому складі, тобто у кількості СПВ на j -му маршруті (N_j)

$$N_j = \frac{Z_{nj}}{\varphi_n} + \frac{Z_{kj}}{\varphi_k} + \frac{Z_{свj}}{\varphi_{св}}, \quad (2.7)$$

де Z_{nj}, Z_{kj}, Z_{cvj} – кількість заявок потенційних пасажирів СПВ на j -ий маршрут перевезень, відповідно, для плацкартних, купейних та спальних вагонів;

$\varphi_n, \varphi_k, \varphi_{cv}$ – місткість одного СПВ, відповідно, плацкартного, купейного, спального.

При визначенні потреби у рухомому складі на j -му маршруті необхідно ввести наступні обмеження стосовно забезпечення високого рівня населеності СПВ (50% і вище)

$$\left\{ \begin{array}{l} Z_{nj} \geq 27, Z_{kj} \geq 18, Z_{cvj} \geq 9, \\ \varphi_n = 54, \varphi_k = 36, \varphi_{cv} = 18. \end{array} \right. \quad (2.8)$$

Раціональний маршрут прямування СПВ обирається шляхом визначення мінімальної тривалості їх руху до станції призначення з урахуванням розрахованого часу відправлення з i -их станцій j -их маршрутів

$$t_{\text{марш.}} = \min_j t_{\text{марш.}j} = \min_j (t_{x.2j} + (T_{k2j}^{\text{відпр.}} - T_{k2j}^{\text{приб.}}) + t_{x.3j} + (T_{k3j}^{\text{відпр.}} - T_{k3j}^{\text{приб.}}) + \dots + t_{x.nj} + (T_{knj}^{\text{відпр.}} - T_{knj}^{\text{приб.}})), \quad (2.9)$$

де $t_{x.2j}, t_{x.3j}, t_{x.nj}$ – тривалість прослідування перегонів між i -ми станціями j -их маршрутів, відповідно, тривалість прослідування перегону між станцією формування СПВ та першою станцією перечеплення, тривалість прослідування перегону між першою станцією перечеплення та наступною станцією перечеплення, тривалість прослідування перегону між останньою станцією перечеплення та станцією призначення СПВ, год.

Зменшення простоїв СПВ та середньої тривалості здійснення перевезень призведе до ефективного використання рухомого складу залізничного транспорту, а саме пасажирських вагонів. Поставлену задачу визначення розкладу руху

спеціальних вагонів вирішено за рахунок використання методу еволюційного моделювання – генетичних алгоритмів.

Дана задача теорії розкладу виступає задачею узгодження, бо основна увага приділяється тривалості виконання робіт, часу прибуття та відправлення пасажирських поїздів. По типу цільової функції – це задача з сумарним критерієм оптимізації, а саме мінімізації сумарного часу закінчення робіт. Дана задача є не детермінованою (on-line), бо деякі вхідні дані визначені до початку вирішення задачі (затверджений розклад руху пасажирських поїздів), а інші – потребують визначення (прогноз обсягів пасажирів для перевезень).

Перед вирішенням поставленої задачі необхідно встановити її розмірність. Під розмірністю задачі розуміють кількість змінних, рівнянь та нерівностей, що визначають задачу [100]. Тобто для даної задачі кількість можливих рішень може бути 2^k . Тобто при рішення даної задачі на ЕОМ шляхом перебору усіх можливих варіантів, вирішення задачі буде займати дуже багато часу. Щоб оцінити час, що потребує ЕОМ для вирішення задачі при $k=100$ ниток ГРПП, ЕОМ необхідно перебрати 2^{100} варіантів рішень, при цьому для перевірки кожного рішення необхідно виконати h операцій. Тобто кількість операцій буде перевищувати 2^{100} . Сучасна ЕОМ спроможна виконувати 2^{30} операцій за секунду. Тоді для перебору усіх варіантів ЕОМ необхідно буде 2^{70} секунд (більше 2^{50} днів), тобто багато років. Тому для задач оптимізації такої розмірності потрібен алгоритм, час роботи якого буде мінімальним. Такий алгоритм повинен знаходити оптимальне чи наближене до оптимального рішення за «розумний» час. Тому необхідно скоротити кількість операцій, що повинні виконуватися, зробити це можна аналізуючи не всі можливі рішення (весь розклад руху поїздів між пунктом відправлення та призначення на протязі доби), а їх частину, підмножину, яка гарантовано містить оптимальне рішення. Наприклад, зі станції Харків-Пасажирський до станції Івано-Франківськ по відправленню, з урахуванням варіантів з однією пересадкою, є 71 нитка ГРПП, до яких можна здійснити причеплення, з урахуванням мінімальних простоїв на станції перечеплення. Таким чином, розмірність задачі, що вирішується, буде 2^{71} . Але, якщо

задати часові відрізки по відправленню з 18 до 20 години, то кількість варіантів значно скорочується, і становить 2^{27} . Розмірність алгоритму вирішення задачі – 2^k , тобто задача при значній кількості ниток графіку на заданому напрямку є NP-складною [112].

Для вирішення поставної задачі визначення розкладу руху СПВ доцільним є підвищення швидкості формування розкладу за рахунок використання генетичного алгоритму з дійсним кодуванням (англ. Real-coded Genetic Algorithm (RGA)) [101-103]. Основна ідея RGA складається з того, що можна представляти гени у вигляді дійсних чисел, при цьому генотип об'єкту (сукупність генів) співпадає з його фенотипом (сукупність характеристик об'єкту на визначеній стадії розвитку). Такий підхід надає можливість підвищення точності рішення задачі і швидкості отримання результатів за рахунок відсутності операцій кодування та декодування хромосом на кожному кроці алгоритму. Для RGA не підходять стандартні операції схрещування та мутації, так як алгоритм працює з дійсними числами, тому використовуються операції кросовера або кросінговера (англ. crossover operator, моделює процес схрещування для RGA) [113-116].

Згідно із процедурою реалізації RGA будь-який варіант розкладу, що відповідає вирішенню задачі, формується у вигляді хромосоми S [113]

$$S = (s^1, s^k, \dots, s^n), \quad (2.10)$$

де s^k – вимога, що відповідає часу прибуття, відправлення поїзду, яка складається з генів, котрі включають у себе СПВ, тоді

$$S = (\langle 1, g^{s^1}, \dots, G \rangle, \dots, \langle 1, g^{s^n}, \dots, G \rangle). \quad (2.11)$$

Кожний ген складається з двох складових

$$S = (\langle p^1, p^2 \rangle, \langle p^1, p^2 \rangle, \dots, \langle p^1, p^2 \rangle), \quad (2.12)$$

де p^1 – ідентифікатор задачі ($p^1=0$, якщо СПВ простоюють; $p^1=1$, якщо ні);

p^2 – момент часу, який позначає початок виконання операції.

Для реалізації RGA потрібно цільову функцію (2.4) привести до виду функції безумовної оптимізації

$$t_{\text{пост.}j} = \sum_{i=1}^{n_j-1} (T_{kij}^{\text{відпр.}} - T_{kij}^{\text{приб.}} - \theta_{ij}) + \nu (\sum_{\phi=1}^F (S_a(x))^2) \rightarrow \min, \quad (2.13)$$

де ν – параметр штрафної функції, $\nu \geq 0$;

$S_a(x)$ – обмеження початкової цільової функції, що приведені до виду

$$S_a(x) \leq 0, a \in A.$$

Програмна реалізація моделі формування розкладу руху СПВ приведена у додатку Г. Для перевірки моделі на адекватність необхідно: оцінити точність (рисунок 2.9) – коефіцієнт детермінації моделі дорівнює 0,99636052, що свідчить про високу значимість отриманих результатів; перевірити гіпотезу за критерієм Пірсона про відповідність генеральної сукупності нормальному розподілу (рисунок 2.10) – генельна сукупність має розподіл наближений до нормального, що свідчить про адекватність отриманих результатів; перевірити однорідність дисперсій залишків моделювання за допомогою спеціального критерію Кохрена (дана перевірка дозволить доказати, що розсіювання залишків є випадковим, так як аналізовані вибірки мають однорідні дисперсії (рисунок 2.11)); перевірити наявність «серіальної» кореляції залишків за критерієм Дарбіна-Уотсона, що дозволило доказати незалежність значень залишкового ряду (рисунок 2.12); перевірити залишки моделювання на «білий шум» за допомогою критерію

Бартлетта (модель вважається адекватною тільки в тому випадку, коли залишкові відхилення є непрогнозованим тимчасовим рядом («білий шум») і з додатньою залежністю теоретичних та емпіричних даних (рисунок 2.13)); перевірити значимість моделі, тобто чи є дисперсія, обумовлена регресією, значно більшою дисперсії залишків за F-критерієм Фішера (якщо при порівнянні дисперсій відтворюваності та залишкової дисперсії (дисперсії адекватності) перша є більшою – модель адекватна; застосування даної статистичної гіпотези базується на припущенні про нормальність розподілу випадкових величин (рисунок 2.10)).

В ході роботи було перевірено адекватність розробленої математичної моделі методом оцінки однорідності дисперсій. Даний метод полягає у перевірці гіпотези щодо належності N вибірових дисперсій результатних показників експериментальних досліджень до однієї генеральної сукупності. Для перевірки цієї гіпотези використовується критерій Кохрена. Було проведено вісім експериментів, у кожному з яких послідовно змінювалися вхідні параметри у визначеному діапазоні. У результаті проведення перевірки за критерієм Кохрена було виявлено, що відношення найбільшої дисперсії до суми усіх дисперсій кожного результативного показника менше критичного значення, взятого з таблиці при рівні значущості 0,05 ($G_{кр}=6,52$, $G_1=6,25$, $G_2=6,15$) (рисунок 2.12). А отже, гіпотеза про однорідність дисперсій підтвердилася, а тому розроблену математичну модель можна вважати адекватною.

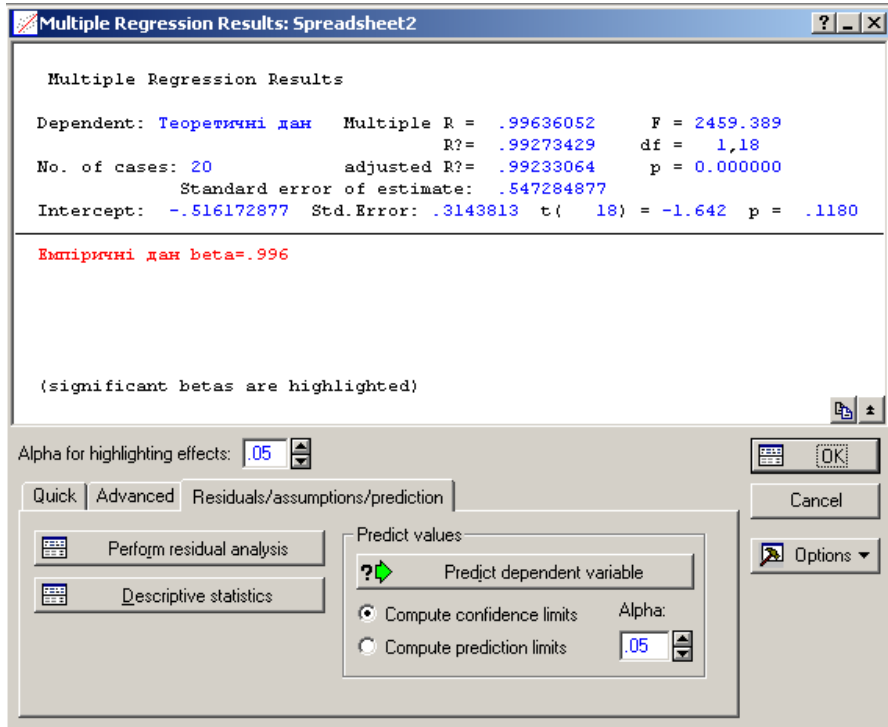


Рисунок 2.9 – Перевірка математичної моделі формування розкладу руху СПВ на адекватність

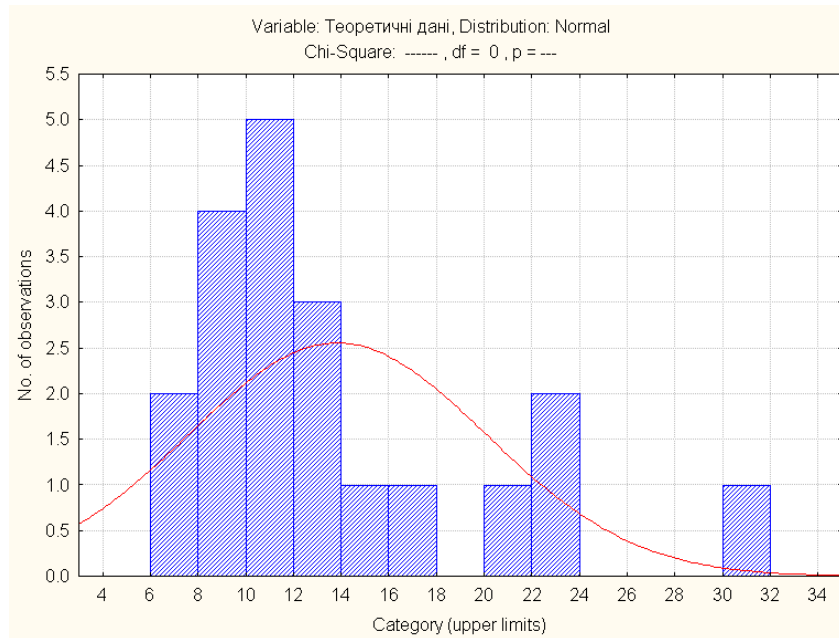


Рисунок 2.10 – Перевірка гіпотези про відповідність генеральної сукупності результатів функціонування математичної моделі формування розкладу руху нормальному розподілу за критерієм Пірсона

T-test for Independent Samples (29,07,2014 (2))											
Note: Variables were treated as independent samples											
Group 1 vs. Group 2	Mean	Mean	t-value	df	p	Valid N	Valid N	Std.Dev.	Std.Dev.	F-ratio	p
	Group 1	Group 2				Group 1	Group 2	Group 1	Group 2	Variations	Variance
Теоретичні дані vs. Емпіричні дані	13.84500	14.19500	-0.178455	38	0.859314	20	20	6.249335	6.154543	1.031041	0.9475

Test of means against reference constant (value) (29,07,2014 (2))								
Variable	Mean	Std.Dv.	N	Std.Err.	Reference Constant	t-value	df	p
Теоретичні дані	13.84500	6.249335	20	1.397394	0.050000	9.87195	19	0.000000
Емпіричні дані	14.19500	6.154543	20	1.376198	0.050000	10.27832	19	0.000000

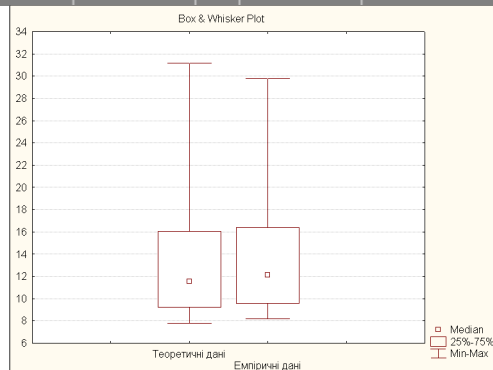


Рисунок 2.11 – Перевірка математичної моделі формування розкладу руху СПВ на адекватність за критерієм Кохрена

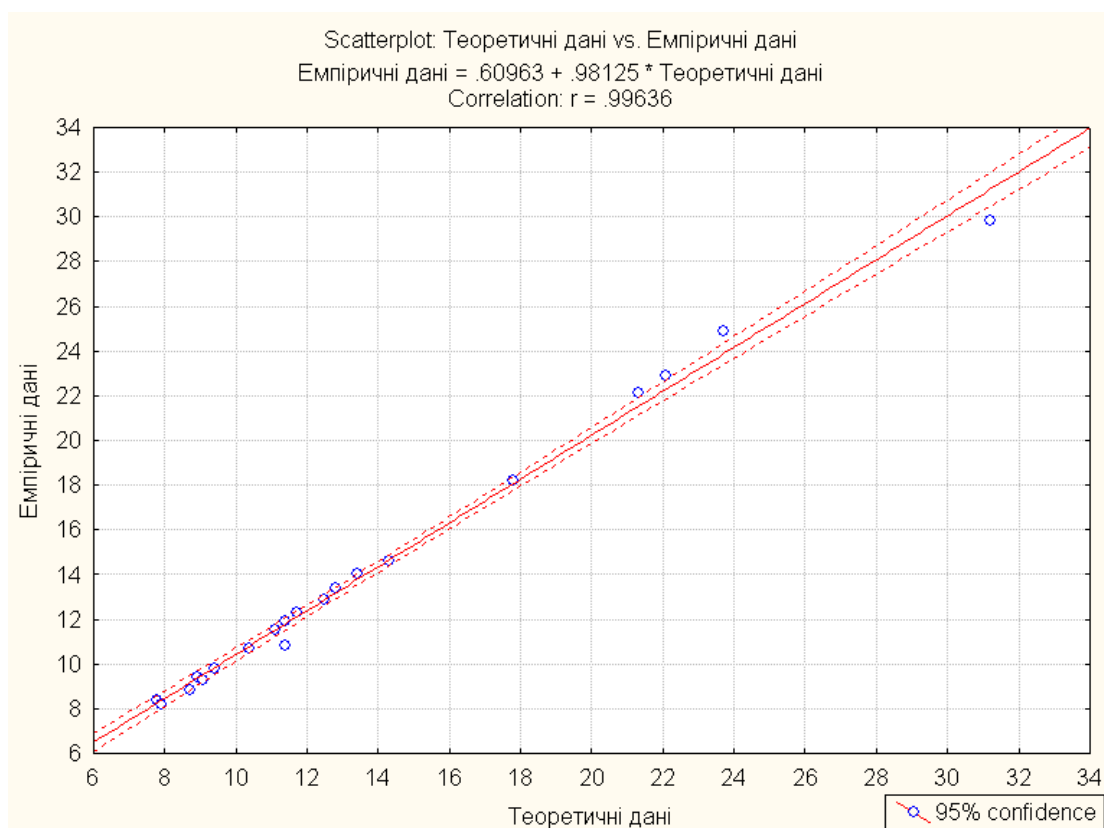


Рисунок 2.12 – Перевірка наявності «серіальної» кореляції залишків результатів математичного моделювання

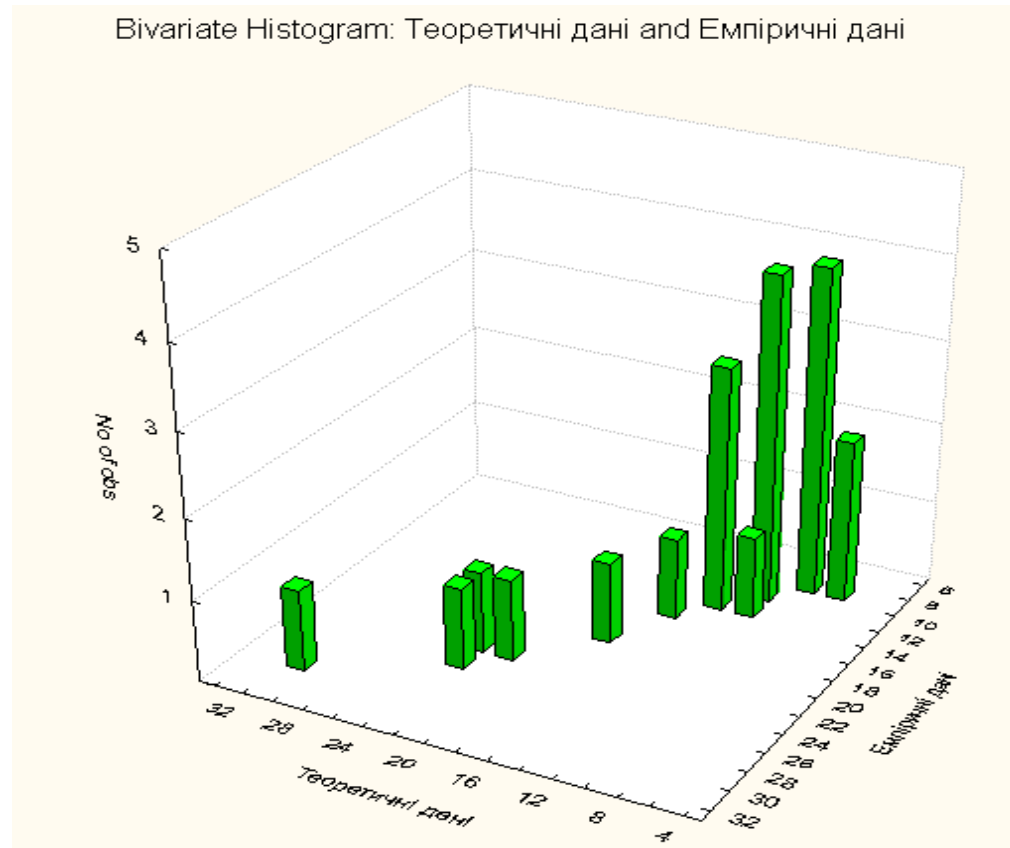


Рисунок 2.13 – Залежність отриманих теоретичних даних від емпіричних даних у результаті математичного моделювання процесу формування розкладу руху СПВ

Таким чином, запропонована математична модель може бути використана у СППР для формування розкладу руху СПВ, що дозволить оптимізувати час використання пасажирського рухомого складу залізничного транспорту з можливістю урахування постійних змін попиту на перевезення. Для цього необхідно дослідити процес технологічної обробки пасажирських поїздів, до яких планується причеплення спеціальних вагонів.

2.4 Дослідження процесу технологічної обробки пасажирських поїздів, до яких планується причеплення спеціальних вагонів методами мережевого планування та управління

Значну частину часу при перевезеннях організованих груп пасажирів займають перевезення залізницею між місцями зупинок (додаток Д). Перевезення пасажирів залізницею між місцями зупинок надають змоги пасажирам відпочити. Тому час перебування у залізничному вагоні повинен бути комфортним. Як вже було вказано вище при визначенні розкладу руху СПВ необхідно враховувати, що основним для пасажирів є мінімізація часу у русі. З технологічної точки зору, на час знаходження пасажирів у вагоні, який включено до складу пасажирського графікового поїзду, вплинути неможливо, тому що для нього вже розроблено маршрут і графік руху, і всі складові вже враховані, але можливо удосконалити процес розробки розкладу руху СПВ. На час знаходження СПВ на ПС також можливо вплинути. Основну кількість часу знаходження вагону на станції займають технологічні операції. Звідси виходить, що більшість затримок СПВ при перевезеннях саме технологічного характеру. Для досконалого вивчення системи функціонування транспортної складової залізничного транспорту доцільно проаналізувати процес технологічної обробки пасажирських поїздів на ПС та ПТС.

Перш за все необхідно виявити операції з обробки пасажирських поїздів, які знаходяться на «критичному шляху» (тривалість виконання яких займає значний проміжок часу, який може бути зменшений), виявити допустимі витрати часу на

інші операції. Одним з ефективних методів у даному напрямку є МПУ [77, 87]. Методами МПУ можливо представити технологічний процес у графічній формі, чітко встановити послідовність і логічні взаємозв'язки окремих робіт, які складають процес, виявити визначальні («критичні») роботи і зосередити на них увагу. Математична формалізація процесу дозволяє застосовувати ЕОМ для розрахунків тривалості знаходження СПВ на ПС під технологічними операціями, що відкриває широкі можливості для багатоваріантного аналізу складних процесів. До того ж методи МПУ дозволяють найбільш ефективно використовувати ресурси, що дозволяє максимально скоротити час виконання всього процесу. На етапі наукового аналізу оптимізується мережевий графік, тобто знаходиться такий порядок всіх робіт, який забезпечить мінімальні витрати, пов'язані з технологічними операціями (оптимізація по витратам) і мінімальні строки їх виконання (оптимізація за часом). Методи МПУ самі по собі не видають оптимального рішення, вони виступають лише інструментом, за допомогою якого можна отримати ефективне рішення, але ступінь ефективності оцінюється суб'єктивно розробником графіку [117].

Розглянемо основні технологічні операції та послідовність їх виконання на станції формування пасажирського поїзду та причеплення до нього СПВ, на станції обороту та для транзитних поїздів на прикладі ПС Харків-Пасажирський Південної залізниці. Для обчислення тривалості затримок при виконанні технологічних операцій на ПС необхідно побудувати схему технологічної обробки пасажирських поїздів на станції формування у вигляді мережевого графіку (рисунок 2.14). При цьому під мережевим графіком будемо мати на увазі графічне зображення певного комплексу технологічних робіт, що відображає їх логічну послідовність, взаємозв'язок і тривалість. Графік – це модель процесу, на якій можна проводити експерименти і з'ясувати до яких змін результуючого показника призведе та чи інша зміна вхідних параметрів моделі. Мережевий графік складається з направлених стрілок (позначень робіт) і кружків (позначень подій). Побудуємо мережевий графік основних операцій, що виконуються при обробці пасажирського поїзду на ПС та ПТС в пунктах формування составів.

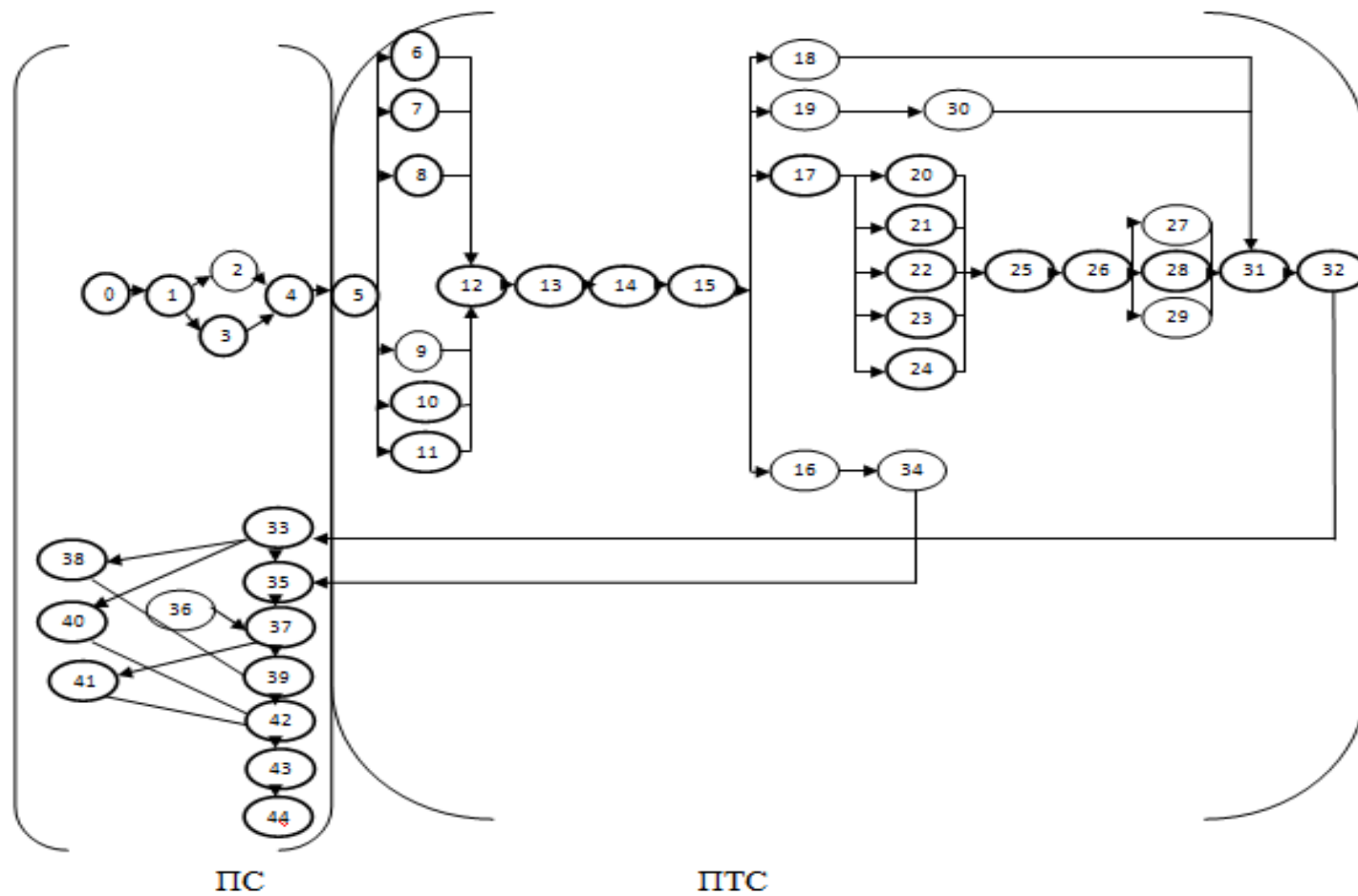


Рисунок 2.14 – Мережевий графік обробки пасажирських составів на ПС та ПТС у пункті формування з причепленням спеціальних пасажирських вагонів

Перелік усіх технологічних операцій наведено у таблиці Д.1. Кожна технологічна операція має відповідне позначення: завчасний початок виконання операції t_{ij}^{zn} ; завчасне закінчення операції t_{ij}^{zz} ; спізнене закінчення операції t_{ij}^{cz} ; спізнений початок операції t_{ij}^{cn} ; часний резерв часу r_{ij} ; повний резерв часу R_{ij} ; індекси початку і закінчення операції i, j, k, l . На основі наведених позначень завчасний початок наступної роботи характеризується завчасним закінченням попередньої $t_{ij}^{zn} = t_{ij}^{zz}$ і відповідає найбільшому з завчасних закінчень попередньої роботи: $t_{ij}^{zn} = \max t_{ij}^{zz}$.

Враховуючи те, що t_{ij} – тривалість виконання технологічної операції, то $t_{ij}^{zz} = t_{ij}^{zn} + t_{ij}; t_{ij}^{cn} = t_{ij}^{cz} - t_{ij}$. Звідси найпізніше закінчення роботи відповідає найменшому з запізнених початків у даній роботі: $t_{ij}^{cz} = \min(t_{ik}^{cn})$. Повний резерв часу по усім технологічним операціям можна розрахувати наступним чином: $R_{ij} = t_{ij}^{cn} - t_{ij}^{zn} = t_{ij}^{cz} - t_{ij}^{zz}$. Часний резерв часу роботи дорівнюється різниці між раннім строком події, в якому вона закінчується, і раннім строком її закінчення: $r_{ij} = t_{jk}^{zn} - t_{ij}^{zz}$, і характеризує найбільше відстрочення даної роботи, що не впливає на суміжні роботи. Найкоротший шлях буде характеризувати найбільш тривалу послідовність робіт від початкової до кінцевої події. Всі операції, які в нього входять, мають «нульові» повні резерви.

Найбільш доступними і універсальними програмними продуктами (ПП), що дозволяють ефективно вирішувати задачі календарного планування та управління ресурсами, є Microsoft Project і Spider Project. Однак дані ПП мають високу вартість, вимагають навичок роботи з ними і більше підходять для великих організацій, що здійснюють одночасно кілька проектів, що включають декілька сотень етапів. При плануванні комплексів робіт в кілька десятків операцій цілком можна обмежитися використанням засобів широко розповсюдженого редактора електронних таблиць MS Excel. Пропонується модифікована методика, описаного у багатьох роботах [118, 119] табличного методу розрахунку параметрів, яку досить легко можна реалізувати в середовищі електронних таблиць MS Excel. Особливістю даної

методики є те, що при її використанні немає необхідності будувати мережевий графік комплексу робіт, достатньо знати послідовність їх виконання. Результати розрахунків параметрів мережевого графіку за допомогою ПП MS Excel наведено на рисунку Д.1.

«Критичний шлях» по часу обробки составів згідно з графіком характеризується роботами, що виділені жирним на рисунку 2.14. Послідовність операцій, що лежать на «критичному шляху», вказує на те, що для виконання більшості з них потребуються кваліфіковані працівники, які потребують високої заробітної плати, але варіанти з мінімальними витратами часу є найкращими за вартісними показниками. Тому для скорочення часу обробки составів необхідним є суміщення професій.

Приклад мережевого графіку технологічного процесу обробки пасажирського складу до якого причіпляються спеціальні вагони поточним методом на ПС та ПТС у пунктах обороту та перелік визначених ним операцій наведено на рисунках Д.2, Д.3 та у таблиці Д.2. Згідно з результатами програмних розрахунків (рисунок Д.1) для мережевого графіку, де причеплення СПВ здійснюється до пасажирського поїзда на станції його формування, «критичними роботами» (тобто причинами затримок вагонів) стали наступні: «1-2» – відчеплення поїзного локомотива; «5-9» – огляд систем опалення і водопостачання; «15-16» – відчеплення поштових і багажних вагонів та подача на колії обробки; «15-18» – прибирання вагонів для деповського ремонту, на єдину технічну ревізію та санобробку; «15-19» – відчеплення вагонів-ресторанів і подавання їх на колії обробки; «26-27» – екіпірування паливом та водою; «26-29» – екіпірування інвентарем, продуктами чайної торгівлі, постільною білизною; «16-34» – обробка та екіпірування поштових та багажних вагонів; «19-30» – обробка та екіпірування вагонів ресторанів.

На рисунках Д.4, Д.5 та у таблиці Д.3 наведено інформацію щодо транзитних поїздів. Враховано той факт, що для транзитних поїздів завчасно обирається причеплення СПВ у голову поїзда, що обумовлено меншим часом у технологічному графіку за рахунок одночасної зміни поїзного локомотива. Згідно з результатами

програмних розрахунків (рисунки Д.3, Д.5) для мережевого графіку, де причеплення СПВ здійснюється до пасажирського поїзда на станції його обороту та для транзитних поїздів, «критичних робіт» не виявлено.

Після розрахунку вихідного мережевого графіка починається дуже важливий етап його поліпшення (оптимізації) і приведення параметрів у відповідність з даними умовами і обмеженнями (за термінами виконання комплексу робіт, ресурсів та ін.). Успіх виконання складних комплексів операцій залежить, насамперед, від чіткої координації робіт у часі, а також від того, наскільки правильно і раціонально розподілені необхідні для досягнення поставленої мети матеріальні, трудові і фінансові ресурси. Тому під оптимізацією мережевого графіка мається на увазі послідовне поліпшення мережі з метою досягнення мінімального (директивного) строку виконання комплексу або розподілу всіх видів ресурсів, з урахуванням наявних обмежень. Спочатку оптимізуємо мережевий графік по параметру «час», без урахування обмежень, а по досягненні заданого терміну приступимо до корегування розподілу ресурсів (час – трудові ресурси; час – матеріально-територіальні ресурси; час – грошові витрати).

Оптимізація мережевого графіку за часом передбачає зменшення загальної тривалості виконання комплексу робіт до мінімальної величини, або до величини відповідного директивного заданого терміну. Так як загальна тривалість комплексу визначається довжиною «критичного шляху», то оптимізація за часом припускає, перш за все, зменшення тривалості критичних робіт.

Існує кілька шляхів оптимізації мережевих графіків за часом [76]: збільшення чисельності персоналу при виконанні робіт, що знаходяться на «критичному шляху» за рахунок використання ресурсів робіт некритичної зони, які мають резерви часу; зменшення тривалості робіт, що знаходяться на «критичному шляху» за рахунок залучення додаткової кількості виконавців, якщо є відповідні ресурси і дозволяє фронт робіт; удосконалення бази тимчасових оцінок робіт, за рахунок використання новітніх досягнень науково-технічного прогресу і передового досвіду при виконанні подібного виду робіт; розробка заходів з розділення деяких робіт на більш дрібні

процеси, за якими можливе паралельне виконання; виявлення можливості зміни технології виконання окремих груп робіт для оптимізації топології мережевого графіка. Всі наведені вище шляхи оптимізації мережевих графіків вимагають або залучення зовнішніх ресурсів, або зовнішніх директивних впливів і погоджень. Оптимізацію мережевого графіка за рахунок внутрішніх резервів припускає тільки перший шлях. Зупинимося на ньому більш докладно. Визначення кількості персоналу, яку можна задіяти для виконання робіт «критичного шляху», наприклад, наступними трьома способами: підбір оптимальної кількості персоналу для робіт, що знаходяться на «критичному» та «некритичному шляху», за допомогою послідовного перерахунку параметрів мережевого графіка для декількох можливих варіантів; підбір оптимальної кількості персоналу на кожній з робіт комплексу за допомогою ЕОМ; використання спеціальних рівнянь, що дозволяють наближено визначити кількість персоналу, яку необхідно перевести з робіт, що мають резерви, на «критичні роботи» для формування у обох груп робіт оптимальної чисельності.

В рамках завдань даної роботи докладного розгляду вимагає 3-й спосіб. Перш за все, обирається пара споріднених робіт, виконання яких вимагає виконавців однієї і тієї ж професії. Одна з цих робіт повинна бути «критичною», інша повинна мати резерв часу. Введемо наступні позначення: Q_{ij} – трудомісткість роботи ij (обсяг робіт); B_{ij} – число виконавців задіяних на роботі ij ; t_{ij} – тривалість роботи ij . Тоді: $t_{ij} = Q_{ij} / B_{ij}$. Позначимо за x – число виконавців, яке необхідно перевести з «некритичної» роботи на «критичну», за y – число днів, на які скоротиться «критична робота». Тоді, для того, щоб задіяти резерв часу, наявний у «некритичній роботі» ($P_{\Pi_{ij}}$) необхідно вирішити систему рівнянь з двома невідомими для «критичної роботи» за першою формулою та для «некритичної» – за другою (див. формулу 2.14).

$$\begin{cases} \frac{Q_{ij}}{B_{ij} + x} = t_{ij} - y, \\ \frac{Q_{ij}}{B_{ij} - x} = t_{ij} + P_{\Pi_{ij}} - y. \end{cases} \quad (2.14)$$

У результаті скорочення тривалості одних робіт і збільшення тривалості інших, при збереженні тієї ж топології, отримано нову мережу, що вимагає перерахунку всіх часових параметрів. По мірі оптимізації графіку на ньому виникають нові «критичні роботи». У перспективі всі шляхи можуть стати «критичними». Однак слід враховувати, що при позбавленні резервів у більшості робіт, найменші збої в установленому календарному плані, можуть викликати затримки термінів виконання всього комплексу.

Таким чином, за допомогою методів МПУ були виявлені основні причини затримок СПВ технологічного характеру на станціях їх причеплення до пасажирських поїздів, тому на них необхідно звертати увагу у подальших дослідженнях.

2.5 Висновки до розділу 2

1. Вибір методів теоретичного дослідження процесу організації безпересадкових поїздок залізничним транспортом показав, що основний підхід для таких задач – системний. Використання кластерного аналізу дозволить виявити кластер потенційних пасажирів спеціальних вагонів, що є першочерговим для подальших досліджень. Застосування теорії розкладу допоможе формалізувати процес складання розкладу руху спеціальних вагонів, а математичного апарату мереж Петрі – математично описати та наочно представити процес організації перевезень кластеру пасажирів залізничним транспортом у спеціальних вагонах.

2. Проведена комплексна оцінка стану системи пасажирських залізничних перевезень місцевого та прямого сполучень України, що, на відмінність від існуючих досліджень, на основі теорії кластеризації дозволило виявити кластер потенційних користувачів транспортного продукту перевезень у спеціальних вагонах. Розмір кластеру склав 0,004547% від загального пасажиропотоку, що відповідає 22 тисячам пасажирів на рік.

3. Для виявленого кластеру потенційних пасажирів спеціальних вагонів встановлено, що для організації перевезень організованих груп пасажирів альтернативним варіантом може стати не організація комерційних поїздів, враховуючи дефіцит пасажирського рухомого складу та обмежену кількість пасажирів на деяких напрямках в Україні, а перевезення у спеціальних комфортабельних вагонах, які будуть чіплятися до пасажирських поїздів. Основною задачею при перевезеннях організованих груп пасажирів є відсутність затримки прибуття у пункт призначення. Формалізовано процес функціонування автоматизованої технології формування розкладу руху залізничних пасажирських перевезень у спеціальних вагонах. Визначено цільову функцію мінімізації часу використання вагонів. Розроблений метод формалізації процесу організації перевезень організованих груп пасажирів залізничним транспортом, та формування розкладу руху таких вагонів, надає можливість визначити найбільш слабкі місця в системі організації перевезень у спеціальних вагонах.

4. Аналіз процесу технологічної обробки пасажирських поїздів, до яких планується причеплення спеціальних вагонів, проведено методами мережевого планування та управління. Розглянуті основні технологічні операції та послідовність їх виконання на станції формування пасажирського поїзду та причеплення до нього вагонів, на станції обороту та для транзитних поїздів на прикладі пасажирської станції Харків-Пасажирський Південної залізниці. Для обчислення тривалості затримок при виконанні технологічних операцій на пасажирській станції побудовано схему технологічної обробки поїздів у вигляді мережевого графіку. Розроблено програмний продукт для розрахунку часу на технологічні операції, що дозволяє ефективно вирішувати задачі календарного планування та управління ресурсами.

РОЗДІЛ 3

ФОРМУВАННЯ ПІДХОДІВ ЩОДО УПРАВЛІННЯ ПАСАЖИРСЬКИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ У БЕЗПЕРЕСАДКОВОМУ СПОЛУЧЕННІ

3.1 Побудова багаторівневого комплексу моделей функціонування елементів технологічних підсистем пасажирського комплексу на залізничному транспорті

Для досягнення мети удосконалення технології пасажирських залізничних перевезень у безпересадковому сполученні в спеціальних вагонах проведено формалізацію процесу обробки пасажирських поїздів різних категорій на залізничних станціях. Задача формалізації постає у представленні процесу визначення таких параметрів технології пасажирських перевезень у спеціальних вагонах, які дозволяють мінімізувати тривалість виконання технологічних операцій з СПВ на i -й станції j -го маршруту (θ_{ij}).

Згідно із технологічним процесом роботи ПС та ПТС повинні виконуватися певні технологічні операції з СПВ, відповідно до встановлених норм тривалості їх виконання (t_{ij}) та у встановленій послідовності. У результаті аналізу тривалості обробки СПВ на території ПК встановлено, що значення деяких технічних параметрів ПС впливає на θ_{ij} , а саме, кількість маневрових локомотивів ($N_{млїj}$), кількість бригад пункту технічного огляду ($N_{птоїj}$) і параметрів ПТС – кількість вивізних локомотивів ($N_{влїj}$), кількість бригад працівників ремонтно-експлуатаційного депо ($N_{редїj}$). При збільшенні значення наведених параметрів зменшується тривалість виконання технологічних операцій з СПВ, але необхідно враховувати економічну доцільність кількісних значень наведених параметрів для i -ої ПС.

Таким чином, наведена задача є задачею цілочисельного лінійного програмування:

$$\theta_{ij} = f(N_{млїj}, N_{птоїj}, N_{влїj}, N_{редїj}) \rightarrow \min, \quad (3.1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 \leq N_{млїj} \leq N_{млїj}^{\max}, \\ 1 \leq N_{птоїj} \leq N_{птоїj}^{\max}, \\ 1 \leq N_{влїj} \leq N_{влїj}^{\max}, \\ 1 \leq N_{редїj} \leq N_{редїj}^{\max}, \end{array} \right. \quad (3.2)$$

де $N_{млїj}^{max}$, $N_{ПТОїj}^{max}$, $N_{влїj}^{max}$, $N_{РЕДїj}^{max}$ – максимально можлива економічно обґрунтована кількість, відповідно, маневрових локомотивів, бригад пункту технічного огляду вагонів, вивізних локомотивів на ПТС, бригад ремонтно-експлуатаційного депо.

Тривалість обробки СПВ на території ПК θ_{ij} спроможні оптимізувати (за рахунок тенденції зменшення тривалості) наступні показники: $N_{млїj}$, $N_{ПТОїj}$, $N_{влїj}$, $N_{РЕДїj}$. Для даної множини показників збільшення їх значень може призвести до значних додаткових єдиноразових та експлуатаційних витрат. Тобто задачу визначення раціональних технічних параметрів функціонування ПК слід кваліфікувати як оптимізаційну відносно економічно обґрунтованих значень наведеної множини показників.

Оскільки тривалість виконання технологічних операцій з СПВ на i -ій пасажирській станції J -го маршруту руху СПВ залежить від заданих значень технічних параметрів функціонування ПК, визначення даних параметрів ПС та ПТС слід здійснювати за умовою мінімізації сумарних єдиноразових і експлуатаційних витрат (B) за період життєвого циклу ($t_{жц}$)

$$B = \int_0^{t_{жц}} B(N_{млїj}, N_{влїj}) dt \rightarrow \min. \quad (3.3)$$

Мінімізація цільової функції здійснюється за умовою, що $1 \leq N_{млїj} \leq N_{млїj}^{max}; 1 \leq N_{влїj} \leq N_{влїj}^{max}$.

У якості життєвого циклу системи пропонується обрати період часу, обмежений середнім терміном служби (n) маневрових та вивізних локомотивів (для тепловозів – 29 років, для електровозів – 36 років).

Економічний ефект від здійснення інвестиційного проекту, а саме, збільшення кількості маневрових або вивізних локомотивів на ПК, визначається згідно з

умовами їх використання за розрахунковий період (життєвий цикл). Сукупний економічний ефект визначається як сума річних економічних ефектів за розрахунковий період з обов'язковим урахуванням фактору часу (дисконтуванням або компаундуванням грошових потоків) за формулою

$$E(N_{млїj}, N_{влїj}) = \sum_{t_{жц} \Rightarrow}^n E_{t_{жц}} \cdot \alpha_{t_{жц}} = \sum_{t_{жц} \Rightarrow}^n (P_{t_{жц}} - B_{t_{жц}}) \cdot \alpha_{t_{жц}}, \quad (3.4)$$

де $E(N_{млїj}, N_{влїj})$ – економічний ефект проекту впровадження додаткових локомотивів на ПС за період життєвого циклу, грн;

$P_{t_{жц}}$ – вартісна оцінка результатів здійснення проекту за кожен рік життєвого циклу, грн;

$B_{t_{жц}}$ – вартісна оцінка витрат на здійснення проекту за кожен рік життєвого циклу, грн;

$\alpha_{t_{жц}}$ – коефіцієнт приведення результатів і витрат до розрахункового року.

Оскільки тривалість виконання технологічних операцій з СПВ на i -ій ПС j -го маршруту руху СПВ залежить від заданих значень кількості бригад працівників ПК, а саме, $N_{ПТОїj}$, $N_{РЕДїj}$ визначення даних параметрів ПС та ПТС слід здійснювати за умовою оцінювання економічного ефекту від впровадження заданої кількості бригад за розрахунковий період (t_p)

$$E(N_{ПТОїj}, N_{РЕДїj}) = \sum_{t_p \Rightarrow}^r E_{t_p} \cdot \alpha_{t_p} = \sum_{t_p \Rightarrow}^r (P_{t_p} - B_{t_p}) \alpha_{t_p} \geq 0, \quad (3.5)$$

де r – тривалість розрахункового періоду, роки;

P_{t_p} – вартісна оцінка результатів здійснення проекту за кожен розрахунковий рік, грн;

B_{t_p} – вартісна оцінка витрат на здійснення проекту за кожен розрахунковий

рік, грн;

$\alpha_{i,p}$ – коефіцієнт приведення результатів і витрат до розрахункового року.

Наукова процедура комплексного розрахунку технічних параметрів ПК, що запропонована у дисертації, на відмінність від традиційної базується на визначенні вказаних параметрів у ході імітаційного моделювання процесу обслуговування СПВ на території ПК на ЕОМ. Наведена постановка задачі належить до класу задач математичного лінійного дискретного програмування. Задачу задано у неявному вигляді, тому для її вирішення використано метод імітаційного моделювання. Вирішення поставленої задачі удосконалення роботи ПК проведено з використанням математичного апарату мереж Петрі.

При побудові багаторівневого комплексу моделей функціонування елементів технологічних підсистем ПК кожен підсистему представлено у вигляді структурно-логічних схем технологічних ліній обробки пасажирських поїздів та вагонів. До складу кожної з підсистем входять структури функціонального характеру – ПТС, пункти технічного огляду (ПТО), пункти навантаження-розвантаження пошти та багажу та ін., тому необхідно об'єднати всі вищенаведені підсистеми у єдиний багаторівневий комплекс з єдиними цілями та задачами, спрямованими на зменшення витрат залізниці на організацію пасажирських перевезень при збереженні якості надання послуг та попиту населення на перевезення саме залізничним транспортом.

Для вирішення поставленої вище задачі було розроблено моделі технологічних ліній обробки різних категорій пасажирських поїздів за допомогою мереж Петрі. Саме цей метод було використано тому, що більшість процесів обробки поїздів на станції відбуваються паралельно згідно технологічних графіків: ТО, екіпірування, розвантаження-навантаження пошти і багажу, висадка-посадка пасажирів, зміна локомотивних бригад, випробування гальм, причеплення-відчеплення вагонів та ін. [1, 120]. Особливістю мереж Петрі є те, що вони дозволяють органічно поєднувати аналітичні розрахунки для окремих елементів

системи з імітаційним моделюванням міжелементної взаємодії, і таким чином, одержувати нові знання про поведінку всієї сукупності елементів, що утворюють систему. Саме ця особливість дозволяє використовувати їх як засіб моделювання паралельних структур [121]. Це дозволить визначити завантаження того чи іншого технологічного елементу, потребу в технічних засобах, а також провести аналіз процесу керування виробничим процесом на залізничній станції.

Робота ПК складається з наступних взаємопов'язаних технологічних ліній обробки різних категорій пасажирських поїздів: організація приймання та відправлення пасажирських поїздів у вхідній та вихідній горловинах станції, відповідно, при взаємодії з прилеглими перегонами; обробка транзитних пасажирських поїздів без зміни локомотиву та складу пасажирського поїзду; обробка транзитних пасажирських поїздів зі зміною локомотиву; обробка транзитних пасажирських поїздів зі зміною локомотиву та складу; обробка пасажирських поїздів свого формування по прибуттю та по відправленню; обробка пасажирських вагонів по причепленню та відчепленню від графікових (що слідують відповідно до затвердженого графіку руху) поїздів; робота ПТС. Для кожного окремого випадку елемент, що затримує роботу системи, може знаходитися у кожній з технологічних ліній і обмежувати роботу усієї системи, тому необхідним виступає як моделювання роботи кожної окремої технологічної лінії, так і усієї системи в цілому для дослідження обмежуючих елементів та «вузьких» місць. Для кожної ПС основними обмежуючими елементами виступають вхідні та вихідні дільниці, які відображають вхідний та вихідний поїздопотоки на кожній станції.

Для визначення впливу нерівномірності вхідного поїздопоту побудовано модель взаємодії ПС з прилеглими дільницями (перегонами) (рисунки Ж.1). Число фішок у позиціях $p_1 - p_8$ (для обраного прикладу прийнято 8 прилеглих перегонів) відображає кількість поїздів, які надходять до станції з кожного перегону на протязі доби. Переходи $t_1 - t_{10}$ задають ймовірність інтервалів прибуття і часу руху по дільниці. Переходи, що використовуються при моделюванні можуть бути різних типів: TD – ресурс, який має розподільчі властивості; TX – перехід-перемикач; TY –

пріоритетна вибірка; Т1 – перехід, що переривається; Т7 – маркерний доступ; Т8 – зміна атрибутів; ТЕ – простий перехід. Для моделі, що розглядається, перехід t10 – типу ТХ, тому що даний перехід використовується для визначення категорії поїзда, що прибув на ПС та подальшого визначення технології його обробки, усі інші переходи типу ТЕ. Макрорівнева модель роботи вхідної горловини ПС працює наступним чином. Пасажирський поїзд може прибувати на ПС з кожного з прилеглих перегонів p1 – p8, що характеризується появою фішки у відповідній позиції. Після цього спрацьовує відповідний перехід і фішка потрапляє у позицію p9, яка показує зайнятість блок-дільниці біля вхідного світлофору станції, при відкритті вхідного сигналу і підготовці маршруту приймання, враховуючи обмеження щодо зайнятості колій і кількості поїздів, які можуть бути прийняті до приймально-відправного парку, спрацьовує перехід t9 і фішка потрапляє до позицій p10, що відображає собою той факт, що поїзд прибув на колії станції, p11 – відображає кількість зайнятих колій приймально-відправного парку ПС, p12 – лічильник кількості поїздів, що прибули на станцію. Після цього спрацьовує перехід t10, який визначає категорію поїзда (транзитний, свого формування та ін. згідно з номером поїзда) і запускає відповідну категорії технологічну лінію обробки.

На рисунках Ж.2, Ж.3 описано стан моделі функціонування підсистеми вхідної горловини ПС. Тривалість усіх операцій задано у хвилинах і може корегуватися користувачем моделі в залежності від колійного розвитку станції та визначеної технології роботи. Результати моделювання описано під рисунком Ж.3 і свідчать про те, що дана модель є універсальною, наглядною і простою у використанні, дозволяє у будь-який момент часу фіксувати стан системи, задавати обмеження кількості поїздів, які можна прийняти на конкретну станцію і отримувати потрібну інформацію щодо часових характеристик тривалості обробки кожного поїзду. Модель вихідної горловини ПС має подібну структуру (рисунок Ж.4). Після закінчення обробки поїздів та підготування їх до відправлення фішка потрапляє до позиції p5. На переході t2 відбувається розподіл поїздів, що відправляються по відповідним перегонам p6 – p9. До того ж вказаний перехід

відображає зайнятість вихідної горловини попередньої станції. Переходами $t_3 - t_6$ задається час руху по кожному з перегонів у вигляді ймовірного часу, на протязі якого можна потрапити на сусідню станцію (позиції $p_{10} - p_{13}$). Кожний перехід символізує пересування матеріальних (поїздів та вагонів у складі поїздів) та інформаційних (дані щодо кількісних та якісних характеристик) потоків. Результати моделювання наведено на рисунках Ж.5, Ж.6 і свідчать про можливість отримання інформації щодо часу потрібного для відправлення поїзда після проходження ним усіх технологічних операцій відповідно до заданої лінії обробки. Але існуючі технологічні процеси роботи ПС та ПТС не враховують нестационарність роботи системи, а на практиці прибуття, відправлення, формування составів та інші операції залежать від ряду випадкових факторів та причинно-наслідкових зв'язків, вплив яких потрібно враховувати при моделюванні. Розглянемо процес технологічної обробки транзитного пасажирського поїзду по прибуттю на ПС. Макрорівневу модель обробки транзитного пасажирського поїзду зі зміною локомотива і зміною складу поїзду показано на рис. 3.1. Момент прибуття поїзду фіксується спрацюванням переходу t_1 , позиція p_2 відображає готовність до зміни локомотива, який подається з локомотивного депо (p_{10}) та, за необхідністю, зміни локомотивної бригади ($t_2 - t_6$); позиція p_3 – готовність до причеплення груп вагонів, які подаються з ПТС (p_{11}) (або колій станції) або відчеплення від составу і забирання на ПТС чи вільні станційні колії ($t_3 - t_7$); p_4 – готовність до ТО та екіпірування ($t_4 - t_8$) бригадою ПТО (p_{20}); p_5 – готовність до навантаження/вивантаження пошти та багажу ($t_5 - t_9$) вільною бригадою працівників служби пошти та багажу (p_{21}); p_{22} – готовність до проведення посадки/висадки пасажирів ($t_{13} - t_{14}$). Після зміни локомотива та складу, звільнення робітників ПТО проводиться випробування гальм ($t_{11} - t_{12}$), після чого поїзд готовий до відправлення (t_{10}). Результати моделювання технологічної лінії обробки

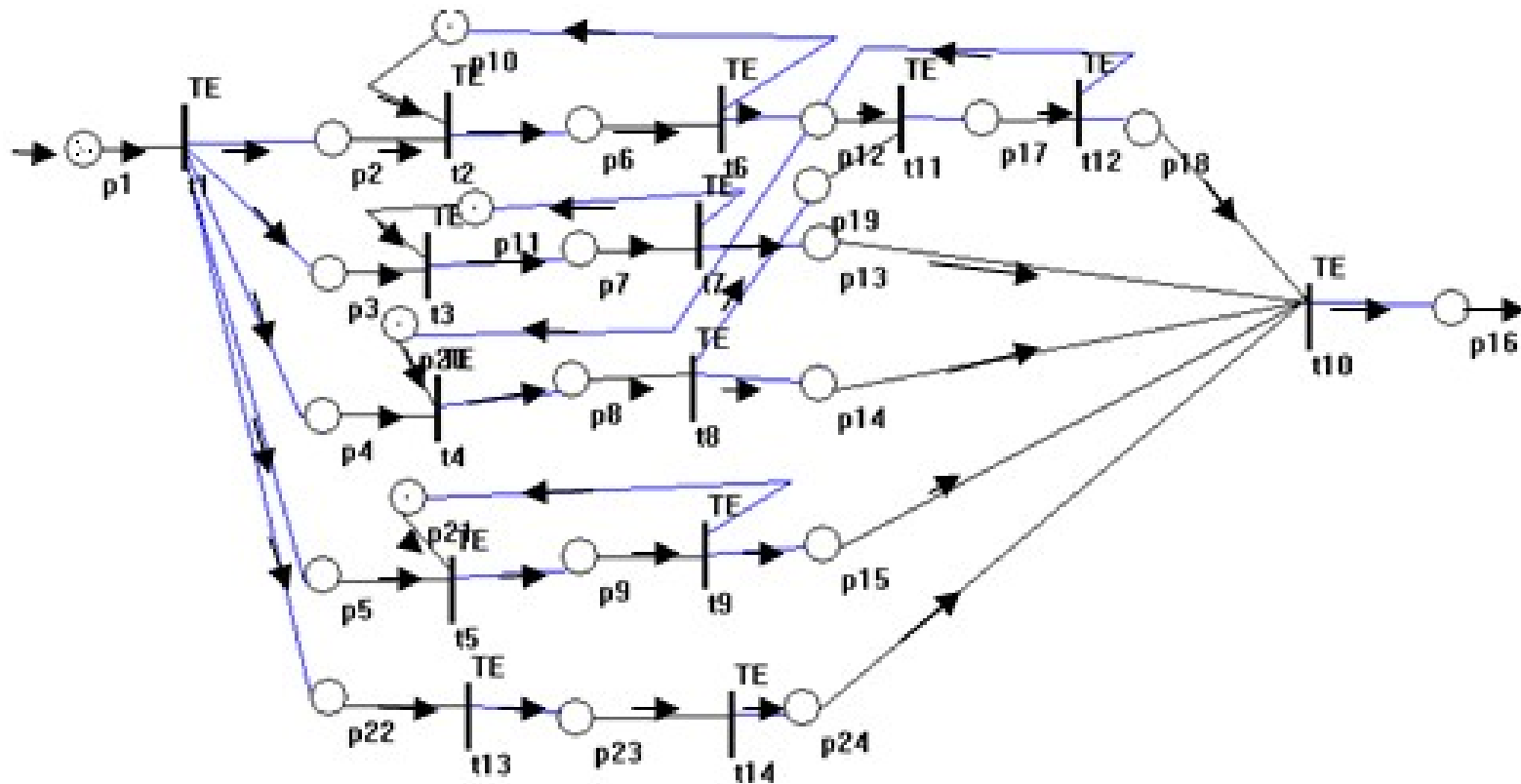


Рисунок 3.1 – Макрорівнева модель технологічної лінії обробки транзитного поїзду зі зміною локомотива і зміною складу

транзитних поїздів зі зміною локомотиву і зміною складу поїзду наведені на рисунках Ж.7, Ж.8 і свідчать про можливість дослідження технології їх обробки на ПС, потреби у кількості бригад робітників ПТО, пункту навантаження пошти та багажу та ін., отримання даних щодо часу обробки поїздів даної категорії.

Макрорівневі моделі технологічних ліній обробки транзитних поїздів зі зміною локомотиву та без зміни локомотиву і зміни складу побудовані аналогічно (рисунки 3.2, Ж.11). Модель технологічної лінії обробки транзитного пасажирського поїзда зі зміною поїзного локомотиву на рисунку 3.2 відображає процес прибуття на ПС поїзда відповідної категорії (перехід t_1), після чого, згідно технологічному графіку, паралельно виконуються наступні операції. З локомотивного депо p_8 подається новий поїзний локомотив, відбувається зміна локомотиву $t_2 - t_5$ і його перестановка на територію локомотивного господарства p_8 , паралельно бригадами ПТО p_{16} проводиться огляд поїзда у технічному відношенні $t_3 - t_6$, після звільнення бригади ПТО випробування гальм $t_9 - t_{10}$, також виконується вивантаження та навантаження пошти та багажу $t_4 - t_7$ бригадами працівників служби пошти та багажу p_{17} і посадка та висадка пасажирів $t_{11} - t_{12}$. Після виконання усіх операцій можна визначити загальний простій транзитного поїзда на ПС t_8 . При потраплянні фішки до позиції p_{12} поїзд готовий до відправлення. Результати моделювання представлені у вигляді рисунків Ж.9, Ж.10 та Ж.12, Ж.13, і свідчать про можливість дослідження кількості поїздів, що прийняті на колії ПС та знаходяться на підходах до ПС, а також кількості вільних бригад працівників ПТО та служби пошти і багажу.

Процес прибуття на станцію поїзда свого формування описується спеціально розробленою моделлю, яку зображено на рисунку 3.3. Після прибуття поїзда на станцію (t_1) паралельно виконуються наступні операції: подавання маневрового локомотиву з ПТС (p_{19}), відчеплення поїзного локомотиву (t_6), та його перестановка до локомотивного депо (p_{20}), вивантаження пошти та багажу ($t_3 - t_7$) працівниками пошти та багажу (p_{10}), проведення ТО ($t_4 - t_8$) робітниками ПТО (p_{18}), висадка пасажирів ($t_5 - t_9$). Після звільнення бригади ПТО (p_{18}) та причеплення маневрового локомотиву (p_{11}), проводиться випробування гальм ($t_{11} -$

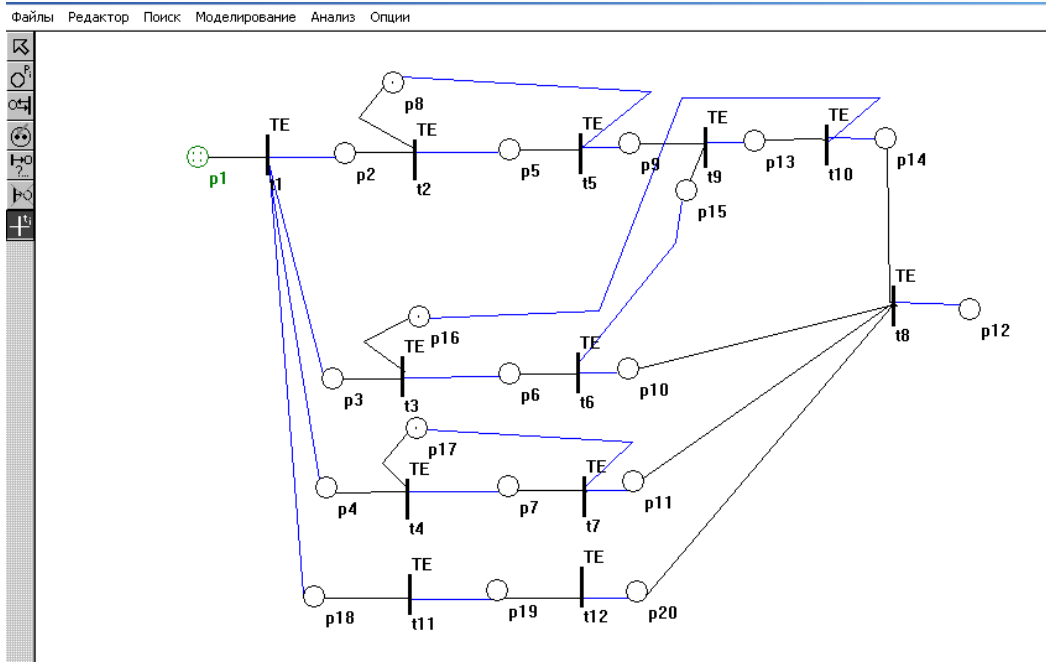


Рисунок 3.2 – Макрорівнева модель технологічної лінії обробки транзитного пасажирського поїзда зі зміною поїзного локомотиву на пасажирській станції

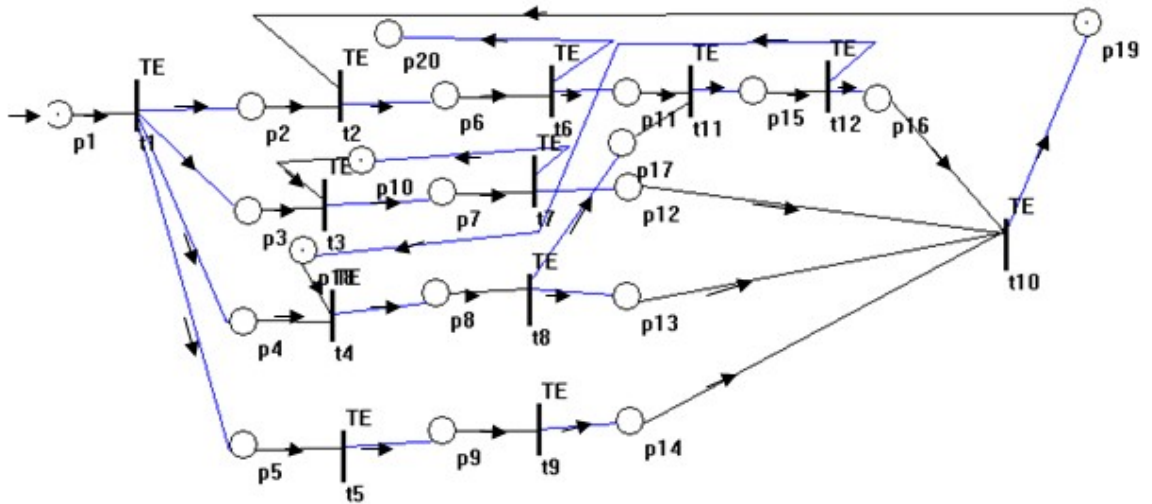


Рисунок 3.3 – Макрорівнева модель технологічної лінії обробки поїзда свого формування по прибуттю

t12) та переставлення складу до колій ПТС. Результати моделювання наведено на рисунках Ж.14, Ж.15. При відправленні поїзда свого формування відбувається подача складу поїзду з ПТС вивізним локомотивом, який потім відчіпляється і слідує знов на ПТС (рисунок 3.4). Робота ПТС описується моделлю, яку зображено на рисунку 3.5. При побудові моделі технологічної лінії обробки пасажирського поїзда свого формування по відправленню перш за все було враховано той факт, що склад поїзда підготовлений до відправлення подається з ПТС р18 на колії приймально-відправного парку ПС. Спрацьовує перехід t1, після чого паралельно виконуються наступні операції: відчеплення вивізного локомотиву t2 – t6 і перестановка його до ПТС р18; навантаження пошти та багажу t3 – t7 бригадою працівників служби пошти та багажу р9; ТО та екіпірування t4 – t8 бригадою працівників пункту ТО р17, після звільнення якої (фішка потрапляє до позиції р16) і причеплення поїзного локомотиву t10, який подається з локомотивного депо; випробування гальм t10 – t11; посадка пасажирів t5 – t9. Після спрацювання переходу t12 і потрапляння фішки у позицію р19 поїзд повністю готовий до відправлення. Результати моделювання наведені на рисунках Ж.16, Ж.17.

При моделюванні роботи ПТС (рисунок 3.5) враховано той факт, що в процесі перестановки складу пасажирського поїду з колій ПС на колії ПТС, вагони перш за все проїжджають по коліям вагономийної машини, де проводиться обмив вагонів водою та мийними засобами t1 – t4, паралельно до та після проходження обмиву проводиться ТО на ходу t2 – t3, вільною бригадою ПТО (р3). По закінченню обмиву та ТО, склад пасажирських вагонів готовий до переставлення у ремонтно-екіпірувальне депо (РЕД). У РЕД проводяться ремонтні роботи t7 – t8 вільною бригадою працівників р9, зарядка акумуляторних батарей t9 – t10, екіпірування вагонів при підготовці до рейсу t11 – t12 вільною бригадою р16. Коли усі операції з вагонами виконано, з резерву вивізних локомотивів р24 подають локомотив t16 до готового до перестановки на колії ПС та відправлення составу вагонів. Після перевірки вагонів комісією склад переставляють до ПС і спрацьовує перехід t 15.

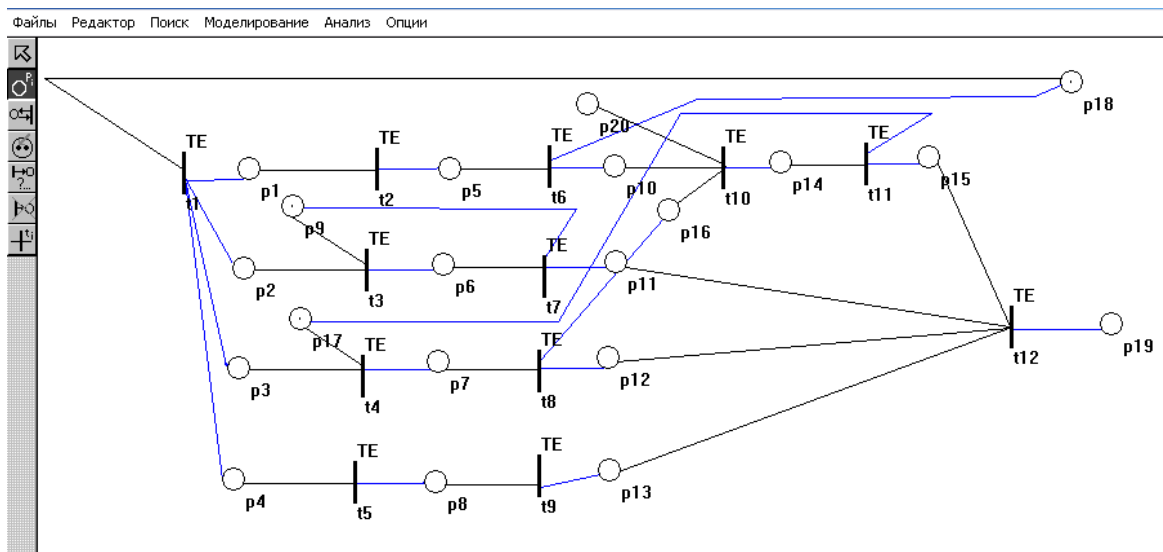


Рисунок 3.4 – Макрорівнева модель технологічної лінії обробки пасажирського поїзда свого формування по відправленню

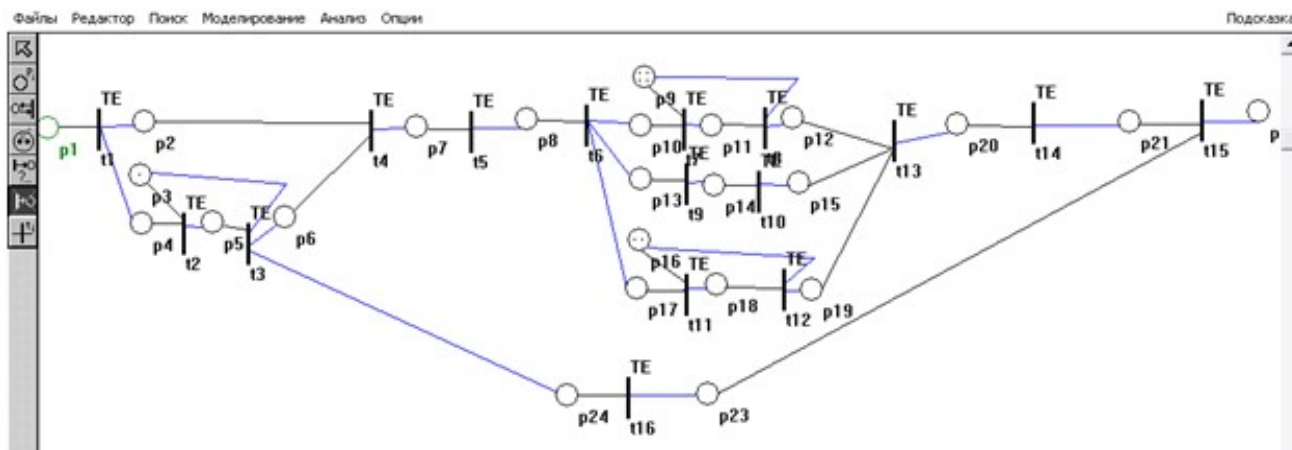


Рисунок 3.5 – Макрорівнева модель організації роботи ПТС

Результати (рисунок Ж.18, Ж.19) показали, що існує можливість визначати потрібну кількість працівників РЕД, затрати часу на окремі операції. При об'єднанні вищенаведених моделей технологічних ліній обробки пасажирських поїздів різних категорій та моделей вхідної та вихідної горловин станції було сформовано універсальну модель роботи ПС при взаємодії з ПТС, що являє собою ПК (рисунок 3.6). Модель дозволяє досліджувати динаміку процесів обробки поїздів, підбирати необхідну кількість бригад ПТО, робітників пошти та багажу та ін. при заданих розмірах руху поїздів. До початку моделювання всі елементи приймаються вільними, потім вноситься відповідне маркування, яке представляє собою вхідні параметри. З метою проведення кількісного аналізу вводять часові параметри, які відповідають тривалості кожної технологічної операції. Оскільки технологічні лінії обробки пасажирських поїздів є лімітуючими ланками часу знаходження поїзду на території станції, що прямопропорційно впливає на час обороту рухомого складу, то після вивчення й аналізу цих процесів можливо скорегувати час знаходження поїздів на станціях з урахуванням графіку руху та плану формування. Аналіз запропонованих моделей у мережі Петрі допомагає одержати важливу інформацію про структуру та динаміку поведінки системи, що моделюється. Проведено моделювання роботи ПК з урахуванням недоліків, що були виявлені у процесі досліджень роботи вхідної та вихідної горловини ПС, технологічних ліній обробки пасажирських поїздів різних категорій та ПТС. Для отримання емпіричних даних щодо тривалості часу обробки пасажирських поїздів різних категорій було проведено експертне дослідження статистичних даних для станцій Південної залізниці. Технологія обумовлює час знаходження пасажирських поїздів різних категорій на станції (рисунок 3.7). У результаті використання моделі ПК встановлено, що тривалість обробки транзитного поїзду зі зміною локомотиву та складу на ПК можна скоротити на 4,34 хв. за рахунок паралельного виконання технологічних операцій при відчепленні та причепленні вагонів (при відчепленні вагона від голови поїзда можливе відчеплення поїзного локомотива разом із групою

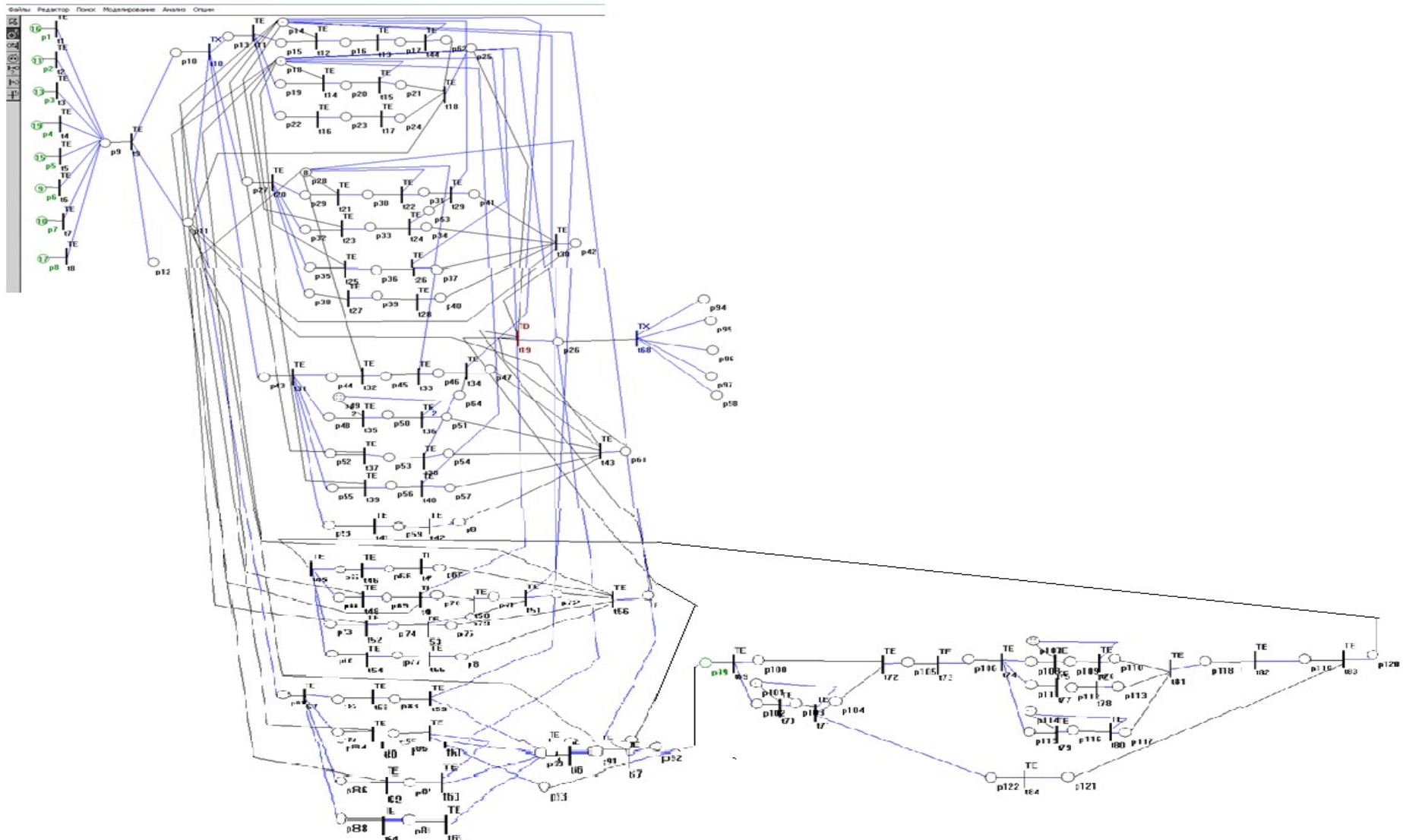


Рисунок 3.6 – Макрорівнева імітаційна модель роботи пасажирського комплексу

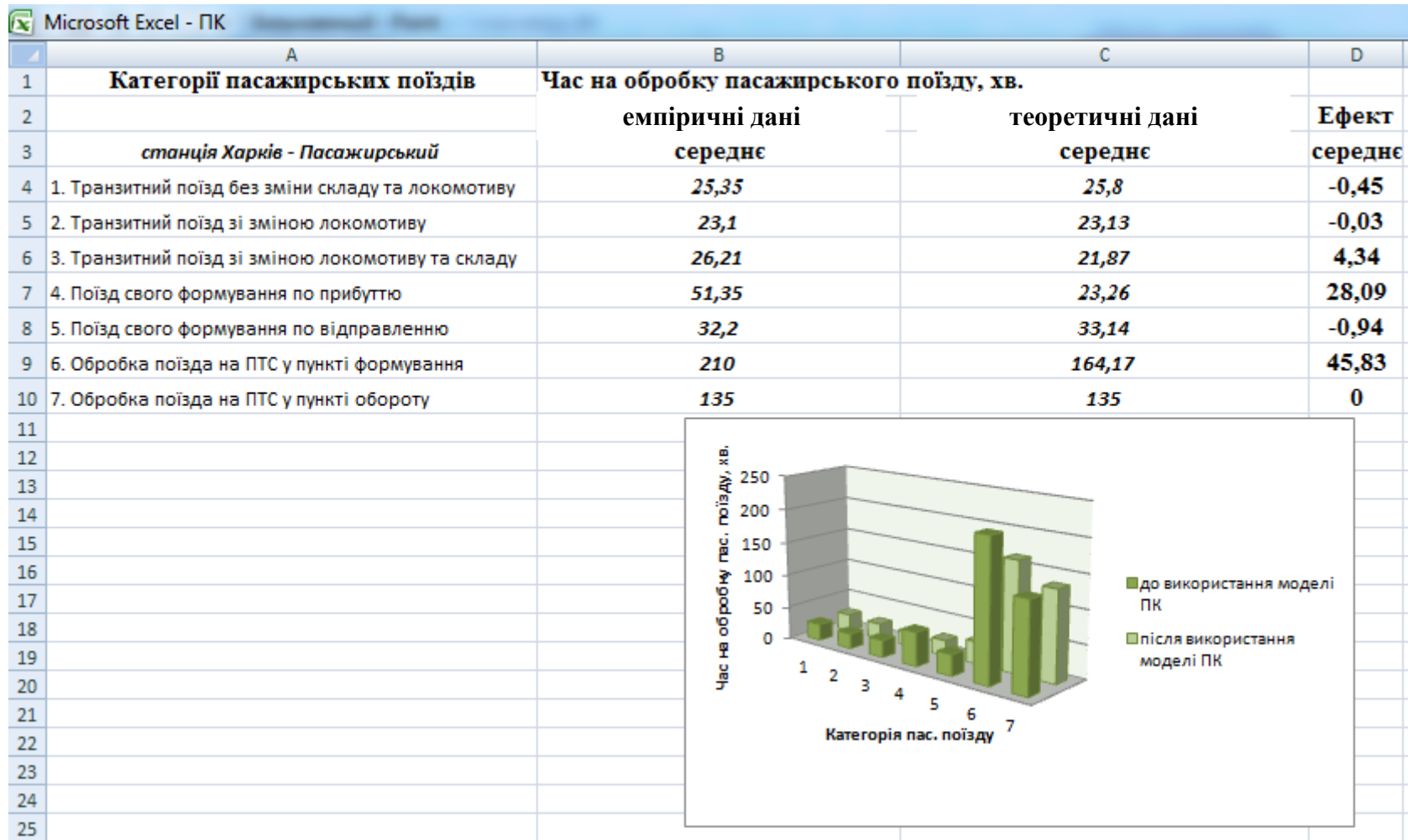


Рисунок 3.7 – Порівняння емпіричних та теоретичних даних щодо тривалості обробки пасажирських поїздів різних категорій на прикладі станції Харків-Пасажирський Південної залізниці

вагонів, призначених для відчеплення від поїзда на даній станції, і, після виїзду поїзного локомотива разом з вагонами з колії прийому, здійснювати їх обробку; так само і при причепленні вагонів в голову – одночасно подавати завчасно підготовлений поїзний локомотив разом з вагонами для причеплення). Тривалість обробки поїзда свого формування по прибуттю скоротилася на 28,09 хв. (за рахунок паралельного початку виконання таких технологічних операцій, як відчеплення поїзного локомотива та поштових і багажних вагонів одночасно), тривалість обробки составу на ПТС – на 45,83 хв. (за рахунок паралельного початку операцій у РЕД, таких як внутрішній ремонт вагонів, зарядка акумуляторних батарей, екіпірування вугіллям та водою) у порівнянні з технологічними графіками станції Харків-Пасажирський Південної залізниці.

У процесі моделювання роботи ПК у будь-який момент можна зафіксувати стан системи, змінити окремі її елементи. Модель є універсальною, бо її можна використовувати для дослідження технології роботи будь-якої станції, задаючи вхідні дані стосовно кількості колій, бригад ПТО, працівників служби пошти та багажу та, відповідно, досліджувати взаємодію станцій на обраному напрямку.

Для дослідження процесу відправлення пасажирського поїзду згідно з ГРПП було поставлено мету побудувати модель, яка зможе імітувати процес відправлення поїзда у певний момент часу за певною датою. Для цього застосовано мережі Петрі, бо саме вони допомагають відобразити паралельність процесу завдання часу початку та закінчення обробки поїзду у вигляді години та хвилини відправлення і дати у вигляді числа, місяця, дня тижня і року.

Таким чином, на рисунку Ж.20 позиціями було позначено основні складові моделі: p_1 – секунди, p_2 – хвилини, p_3 – години, p_4 – день місяця, p_5 – місяць, p_6 – рік, p_7 – день тижня, p_8 – поїзд, готовий до відправлення згідно ГРПП. Шляхом поєднання моделі завдання ГРПП з моделлю роботи ПК на вході і на виході було отримано нову імітаційну модель роботи ПК згідно з ГРПП, тобто модель імітації прибуття-відправлення поїздів у моменти часу згідно з графіком (рисунком 3.8).

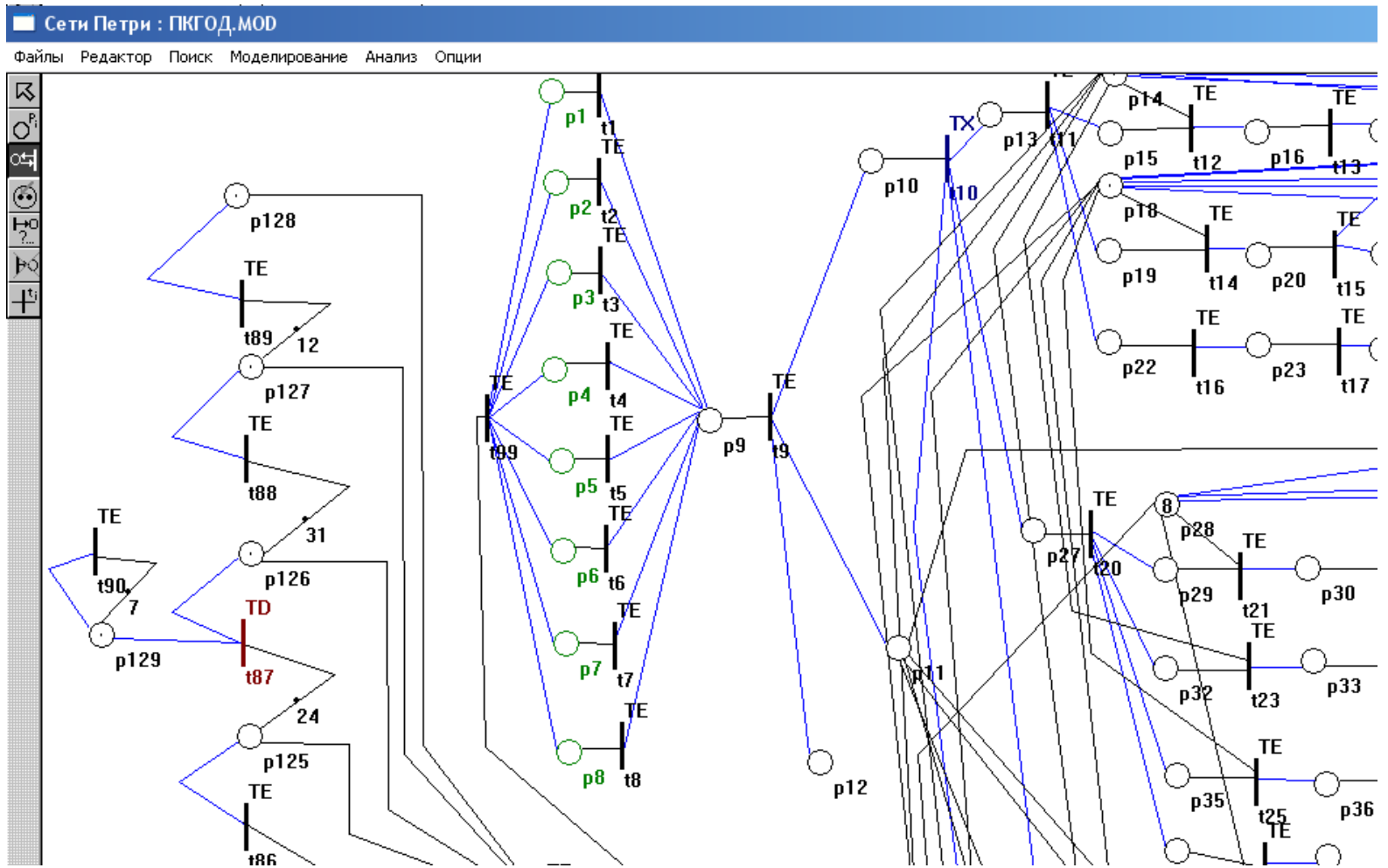


Рисунок 3.8 – Модель роботи ПК згідно ГРПП

Для дослідження взаємодії станцій на обраному напрямку було розроблено загальну модель залізничної мережі України згідно з місцезнаходженням залізничних станцій, на яких здійснюють зупинку пасажирські поїзди місцевого та прямого сполучення згідно з розкладом руху (рисунок Ж.22). Кожний перехід моделі являє собою згорнуту модель роботи ПК згідно з графіком руху, а кожна позиція – станцію, яку прослідував поїзд.

Розроблені моделі дозволяють визначити можливі затримки, що виникають у системі, враховувати різні ймовірнісні фактори, що дозволяє моделювати процеси не по середнім або технологічним нормам часу, а по нормам, що відповідають конкретній ситуації. Це дає можливість проводити дослідження динаміки роботи системи, найбільш повно і точно визначити час на обробку поїздів, ліквідувати «вузькі» місця, і, таким чином, забезпечити підвищення ефективності і якості функціонування ПС.

Далі проведено перевірку на адекватність імітаційної моделі функціонування ПК (рисунки 3.9 – 3.12). Усі отримані показники свідчать про адекватність розробленої імітаційної моделі функціонування ПК.

Особливо актуальним є використання розробленої макрорівневої моделі залізничної мережі при обслуговуванні спеціальних вагонів, що надає можливість визначити потрібний час знаходження на заданій станції і більш раціонально спланувати маршрут. При організації залізничних подорожей у СПВ актуальним є застосування макрорівневої моделі ПК та залізничної мережі, що допомагає скорегувати витрати часу на перевезення і відвідування пунктів призначення, та скласти чіткий розклад руху для СПВ.

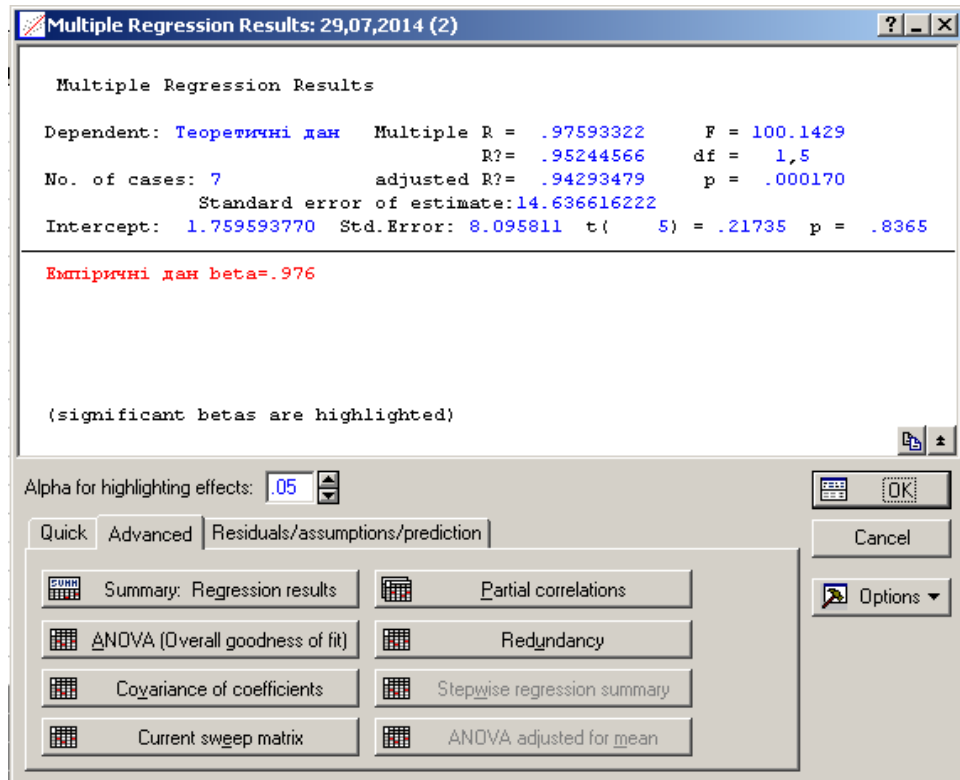


Рисунок 3.9 – Перевірка значущості імітаційної моделі функціонування ПК

Variable: Теоретичні дані, Distribution: Normal (29,07,2014 (2))
 Kolmogorov-Smirnov d = 0.38909, p < 0.20, Lilliefors p < 0.01
 Chi-Square: -----, df = 0, p = ---

Upper Boundary	Observed Frequency	Cumulative Observed	Percent Observed	Cumul. % Observed	Expected Frequency	Cumulative Expected	Percent Expected	Cumul. % Expected	Observed-Expected
<= 10.00000	0	0	0.00000	0.0000	1.421108	1.421108	20.30154	20.3015	-1.42111
20.00000	0	0	0.00000	0.0000	0.344054	1.765161	4.91505	25.2166	-0.34405
30.00000	4	4	57.14286	57.1429	0.383573	2.148734	5.47961	30.6962	3.61643
40.00000	1	5	14.28571	71.4286	0.416415	2.565149	5.94879	36.6450	0.58358
50.00000	0	5	0.00000	71.4286	0.440212	3.005362	6.28875	42.9337	-0.44021
60.00000	0	5	0.00000	71.4286	0.453164	3.458526	6.47377	49.4075	-0.45316
70.00000	0	5	0.00000	71.4286	0.454261	3.912787	6.48945	55.8970	-0.45426
80.00000	0	5	0.00000	71.4286	0.443418	4.356205	6.33455	62.2315	-0.44342
90.00000	0	5	0.00000	71.4286	0.421481	4.777687	6.02116	68.2527	-0.42148
100.00000	0	5	0.00000	71.4286	0.390122	5.167809	5.57317	73.8258	-0.39012
110.00000	0	5	0.00000	71.4286	0.351625	5.519434	5.02321	78.8491	-0.35162
120.00000	0	5	0.00000	71.4286	0.308614	5.828048	4.40878	83.2578	-0.30861
130.00000	0	5	0.00000	71.4286	0.263761	6.091809	3.76801	87.0258	-0.26376
140.00000	1	6	14.28571	85.7143	0.219513	6.311322	3.13590	90.1617	0.78049
150.00000	0	6	0.00000	85.7143	0.177897	6.489219	2.54139	92.7031	-0.17790
160.00000	0	6	0.00000	85.7143	0.140389	6.629608	2.00556	94.7087	-0.14039
170.00000	1	7	14.28571	100.0000	0.107884	6.737492	1.54120	96.2499	0.89212
< Infinity	0	7	0.00000	100.0000	0.262508	7.000000	3.75011	100.0000	-0.26251

Рисунок 3.10 – Перевірка адекватності імітаційної моделі функціонування ПК за критерієм Колмогорова-Смірнова та Пірсона

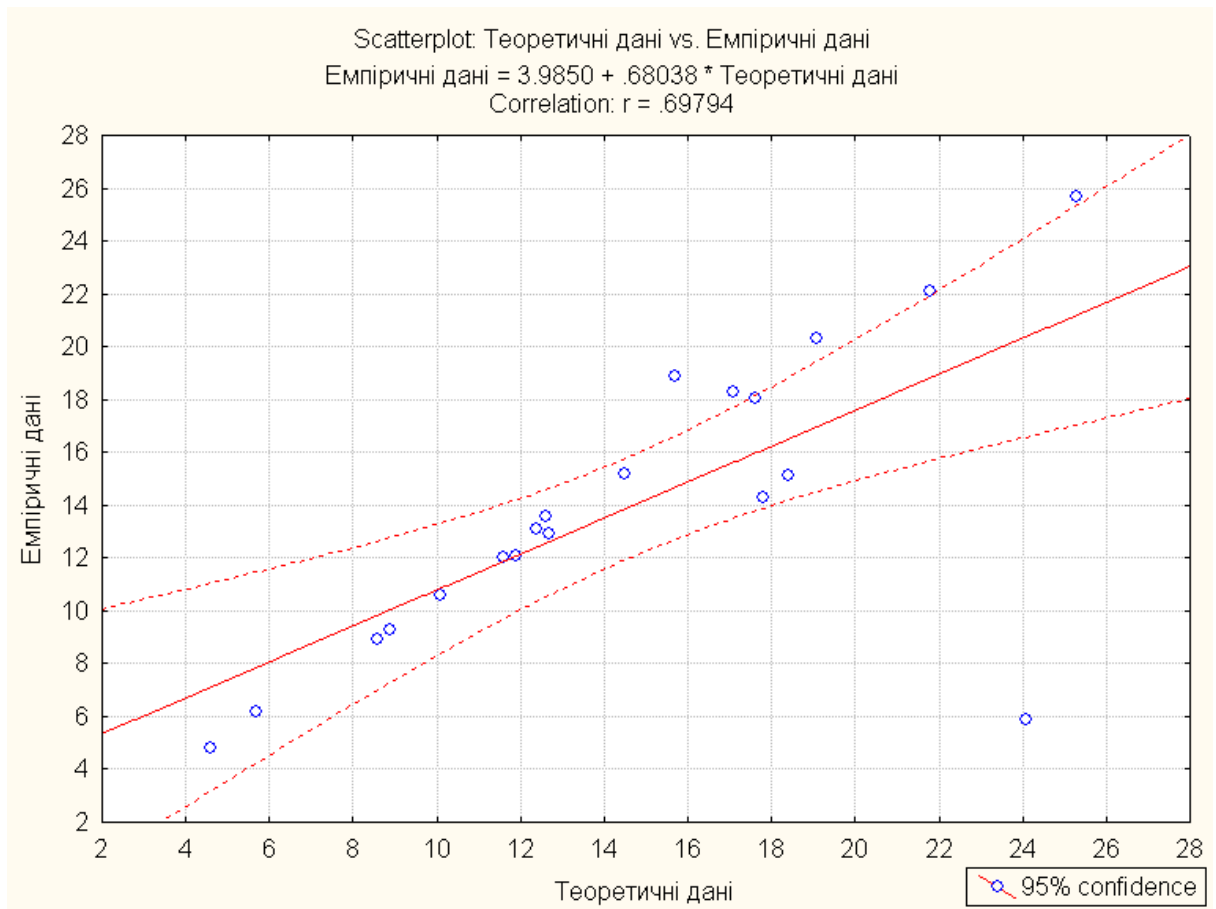
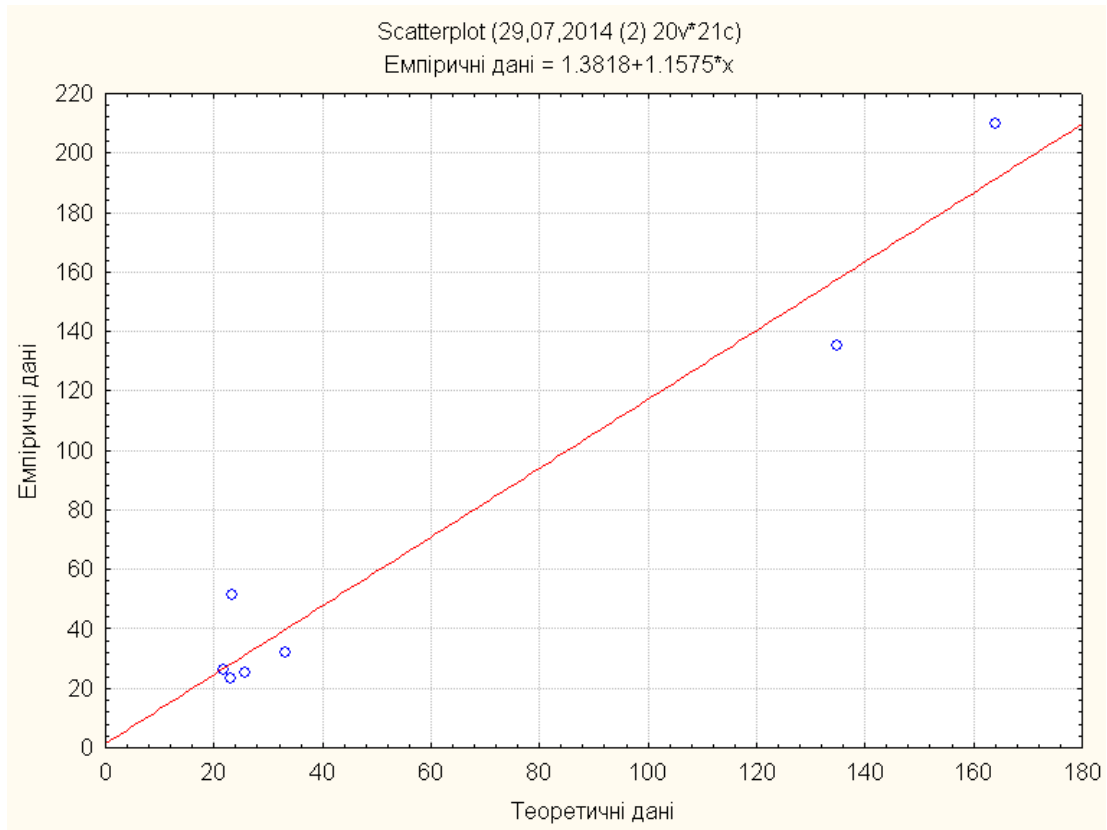


Рисунок 3.11 – Дослідження дисперсійних залишків результатів імітаційного моделювання функціонування ПК

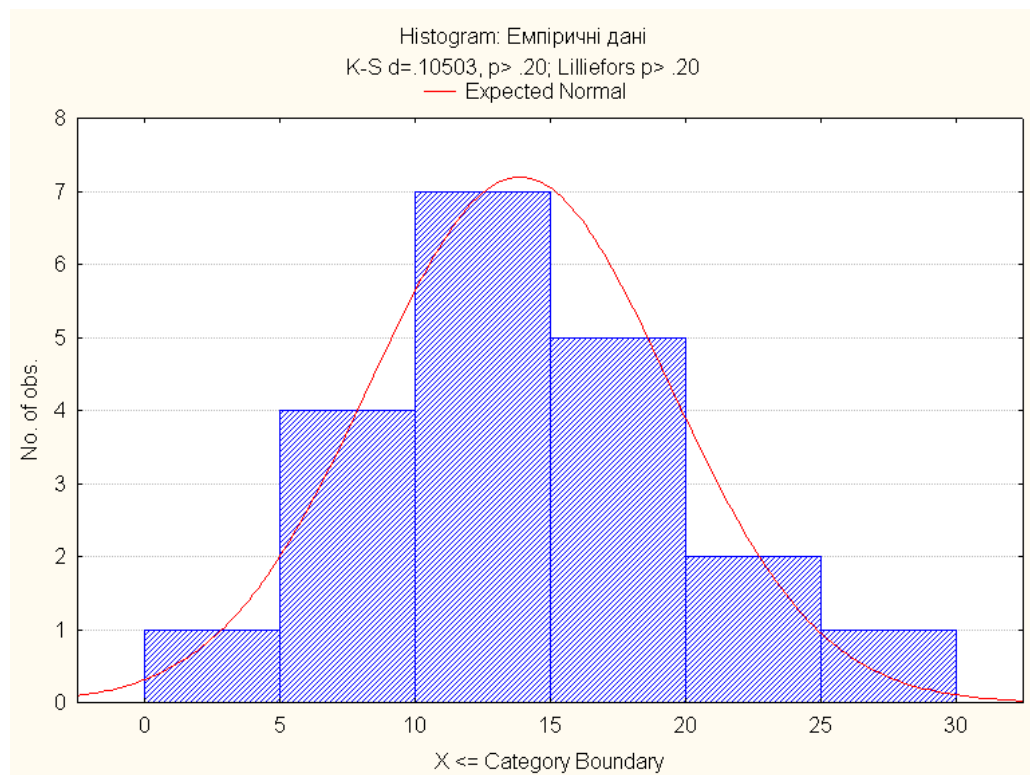
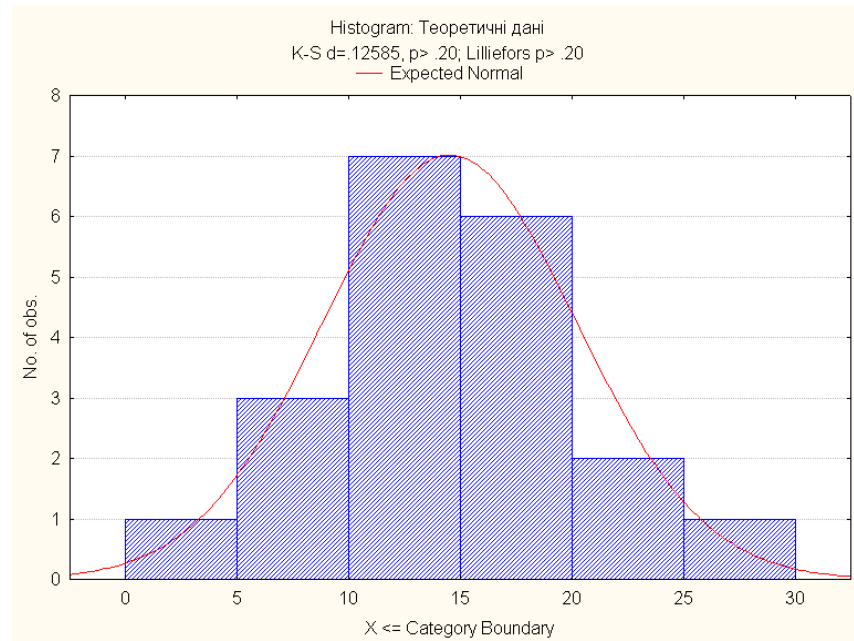


Рисунок 3.12 – Дослідження часових параметрів процесу формування розкладу руху СПВ за допомогою імітаційної моделі функціонування ПК

3.2 Удосконалення процесу визначення вхідних параметрів для розробки розкладу руху пасажирських поїздів за допомогою імітаційного моделювання

Основою складання РРПП на залізничному транспорті є вхідна інформація у вигляді часу прибуття та відправлення з ПС для встановлення оптимального часу знаходження на території станції. Для удосконалення процедури складання РРПП запропоновано розробити автоматизовану систему для визначення вхідних даних, яка являтиме собою додатковий модуль до автоматизованого робочого місця (АРМ) інженера-графіста [10, 121].

Перед складанням РРПП Головне пасажирське управління сумісно з пасажирськими службами залізниць, окремо по кожній нитці пасажирського поїзду, визначає час відправлення-прибуття у новому графіку руху. Як відомо, розробка нових і корегування діючих розкладів здійснюється у три етапи: 1 – аналіз діючого РРПП по будь-якому напрямку по кожній станції; 2 – розробка ескізу графіку руху поїздів для основних напрямків; 3 – докладне прокладання руху пасажирських поїздів на графіку по дільницях. Перший етап є найважливішим, бо саме від нього залежать наступні два етапи і результуючий РРПП. Аналіз діючих розкладів пасажирських поїздів на напрямку і визначення пунктів прибуття і відправлення поїздів, повинен базуватися на визначенні оптимального часу знаходження пасажирського поїзда на вказаній станції, тобто часу його технологічної обробки.

Визначення пунктів прибуття і відправлення поїздів має задовольняти умовам: максимальної зручності для пасажирів під час прибуття і відправлення, а також здійснення пересадки на інші поїзди та транспортні засоби; забезпечення достатнього часу для виконання комплексу технологічних операцій з підготовки состава у рейс; ефективного використання колій відстою пасажирських составів, особливо у пунктах обороту; безперешкодного пропуску приміських поїздів у «години пік».

Автоматизація складання графіку руху поїздів в Україні здійснюється на основі АРМу інженера-графіста з використанням комплексу програм, розроблених

Головним інформаційно-обчислювальним центром Міністерства шляхів сполучення РФ. Для вирішення цієї задачі до АРМ інженера-графіста вводиться блок, який враховує паралельність виконання технологічних операцій на ПС, та забезпечує можливість аналізу часу обробки пасажирських поїздів, що особливо важливо на першому етапі розробки РРПП. Також з'являється можливість аналізу технології обробки пасажирських поїздів за критерієм мінімізації часу простою пасажирських вагонів.

До інформаційної системи АРМ інженера-графіста поступають дані про час прибуття-відправлення пасажирських поїздів по кожній нитці графіку у вигляді відомості пасажирських поїздів, інформацію можна корегувати і знову вводити. Після цього проводиться декілька експериментів по дослідженню роботи ПК з використанням імітаційної моделі (рисунок 3.8). Результатами моделювання є множина t часів знаходження пасажирських поїздів на станції (час стоянки) (рисунок Ж.20, Ж.21), що забезпечує переробку запланованого обсягу вагонів. Тривалість стоянки залежить від тривалості технологічних операцій на станції, більшість яких виконуються паралельно

$$T = f(t_{TO}; t_{noc.}; t_{вис.}; t_{мит.}; t_{пер.візк.}; t_{п.-б.}; t_{зм.лок.}; t_{зм.складу}), \quad (3.6)$$

де t_{TO} – тривалість виконання технічного огляду, хв.;

$t_{noc.}$ – тривалість посадки пасажирів, хв.;

$t_{вис.}$ – тривалість висадки пасажирів, хв.;

$t_{мит.}$ – тривалість митних процедур, хв.;

$t_{пер.візк.}$ – перестановка візків на прикордонних станціях, хв.;

$t_{п.-б.}$ – виконання поштово-багажних операцій, хв.;

$t_{зм.лок.}$ – час на зміну локомотива та випробування гальм, хв.;

$t_{зм.складу}$ – час на відчеплення-причеплення груп вагонів або окремих вагонів.

Загальна тривалість операцій з відправлення пасажирських поїздів на початкових та кінцевих станціях визначається витратами часу на посадку-висадку пасажирів. Мінімальна необхідна тривалість часу на посадку пасажирів у вагон ($t_{noc.}$, хв.) визначається за формулою

$$t_{noc.} = \frac{a_{max} \cdot t_{noc.} + \frac{l_{np.}}{v_{nac.}} + t_{int.n.}}{n \cdot 60}, \quad (3.7)$$

де a_{max} – число місць у вагоні при максимальній місткості, шт.;

$t_{noc.}$ – середній час на посадку одного пасажирів у вагон, сек.;

n – число тамбурів, що відкриваються у вагоні;

$l_{np.}$ – середня відстань проходу пасажирів до вагону, м;

$v_{nac.}$ – швидкість руху пасажирів, м/сек.;

$t_{int.n.}$ – період часу від закінчення посадки до відправлення поїзду, а саме, від моменту звертання провідника до проводжаючих з проханням покинути вагон, сек.

Для визначення витрат часу на висадку пасажирів з вагону ($t_{вис.}$, хв.) скористаємося формулою

$$t_{вис.} = \frac{a_{max} \cdot t_{вис.} + t_{int.в.}}{n \cdot 60}, \quad (3.8)$$

де $t_{вис.}$ – середній час на висадку одного пасажирів з вагону, сек.;

$t_{int.в.}$ – період часу від закінчення висадки до відправлення поїзду, сек.

Після отримання результатів моделювання інженер-графіст має прийняти остаточне рішення щодо вибору часу знаходження поїзду на станції при складанні графіку руху поїздів, з множини варіантів, що була отримана під час імітаційного

моделювання за критерієм мінімуму витрат часу на простій пасажирських вагонів. Рішення приймається виходячи з того, що час обробки поїзда повинен забезпечувати раціональне співвідношення між витратами часу на простій вагонів і раціональним використанням інфраструктури ПС. Для кожного з періодів часу з множини часів знаходження пасажирських вагонів t , що отримані в результаті імітаційного моделювання, можливо обчислити витрати часу на простій вагонів V .

$$V = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} (t_{eji} - t_{sji}), \quad (3.9)$$

де I – множина пасажирських вагонів, що потрапляють на станцію та обробляються (вагони у складі транзитних поїздів без зміни локомотиву та зміни складу поїзда, транзитних поїздів зі зміною складу поїзда та зміною локомотива, пасажирських свого формування по прибуттю, пасажирських свого формування по відправленню, тощо);

J – множина операцій, що виконуються з i -тим вагоном (ТО, навантаження/вивантаження пошти та багажу, посадка-висадка пасажирів, тощо);

t_{sji} – час початку виконання J -ої операції над i -тим вагоном, хв.;

t_{eji} – час закінчення виконання J -ої операції над i -тим вагоном, хв.

При формуванні множини t у процесі імітаційного моделювання існує можливість використати відомі методи перебору можливих варіантів для визначення мінімального часу обробки пасажирського поїзду на станції. Також можливим є корегування параметрів технології обробки поїзду інженером-графістом перед проведенням імітаційного моделювання. Вибір варіантів часу прибуття-відправлення поїзду на ПС із запропонованих імітаційним моделюванням здійснюється виходячи з того, що повинні забезпечуватися мінімальні витрати часу на простій вагонів, з цього слідує, що час знаходження вагонів на станції повинен бути мінімальним. Виходячи з вищенаведеного, інженер-графіст порівнює інформацію про час прибуття-відправлення поїздів на факт можливості скорочення

часу знаходження вагонів відповідного поїзда на станції, у разі наявності такої можливості проводить корегування графіку і подає на розгляд до Головного пасажирського управління для урахування при складанні нового РРПП.

В результаті запропоновано автоматизовану систему, яка формує технологію визначення часу знаходження пасажирських поїздів на ПС. Результати моделювання за допомогою автоматизованої системи технології обробки пасажирських вагонів і рекомендації щодо остаточного вибору варіантів відображаються на екрані АРМу інженера-графіста і можуть бути використані на першому етапі формування нового графіку руху поїздів або для корегування існуючого (рисунок 3.13). Узагальнено розроблену автоматизовану систему відображено на рисунку 3.14 у якості автоматизованої системи визначення вхідної інформації для розробки РРПП за допомогою імітаційного моделювання: 1 – блок для визначення вхідної інформації для розробки РРПП; 2 – блок порівняння отриманої інформації у блоці 1 з інформацією з існуючого РРПП; 3 – блок формування остаточної інформації для розробки нового графіку руху; А – АРМ інженера-графіста; Б – блок імітаційного моделювання роботи ПК; В – блок виведення результатів моделювання; Г – блок прийняття рішення.

Автоматизована система працює наступним чином. До АРМу інженера-графіста (блок А) вводиться інформація про пасажирський поїзд, час прибуття (відправлення) якого перевіряється. Після цього формується множина t (блок В) з варіантів часу обробки відповідного поїзда на ПС, сформована за допомогою використання імітаційної моделі ПК (блок Б). Інженер-графіст отримує інформацію щодо часу прибуття (відправлення) вказаного поїзда на станцію (блок Г). Після прийняття рішення інженер-графіст порівнює отриману інформацію з інформацією у відомості часу прибуття (відправлення) поїздів з попереднього ГРПП (2). Якщо час знаходження вагонів на станції, отриманий у результаті імітаційного моделювання, менше наведеного у діючій відомості, то для формування нової приймаємо результат моделювання і надсилаємо його до Головного пасажирського управління для затвердження, якщо ні, залишаємо без змін (3). У результаті

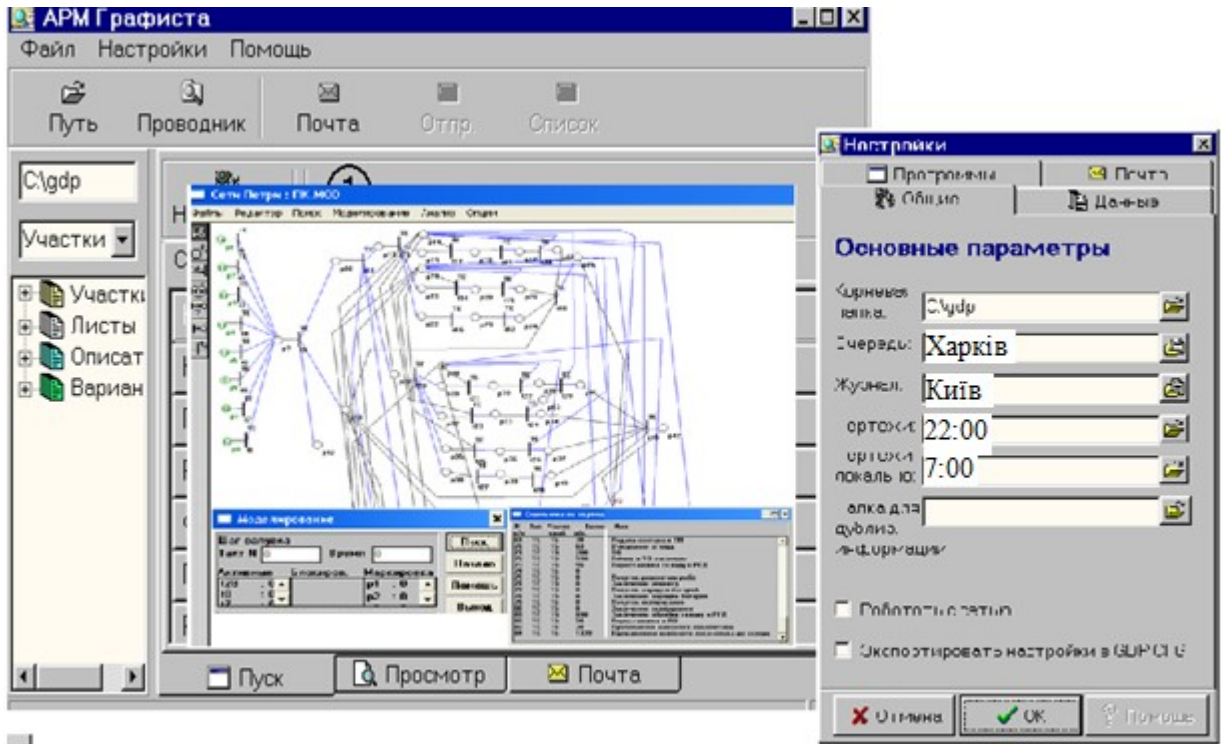


Рисунок 3.13 – Віконний інтерфейс АРМ інженера-графіста з додатковим модулем підтримки прийняття рішень на основі мереж Петрі

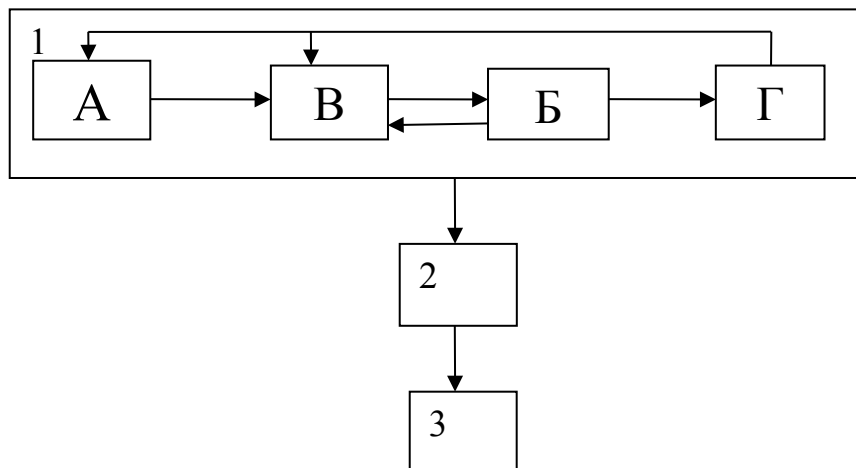


Рисунок 3.14 – Схема роботи автоматизованої системи визначення вхідних параметрів для розробки РРПІ за допомогою імітаційного моделювання

формується попередня відомість часів прибуття-відправлення пасажирських поїздів на-з ПС для нового графіку руху поїздів, яка потрапляє до Головного пасажирського управління. Кожний запит обробляється і надсилається відповідь про можливі способи реалізації запиту. Після проведеного узгодження Головним пасажирським управлінням затверджується остаточний графік руху для туристських вагонів з визначенням вхідної інформації за допомогою запропонованої вище автоматизованої системи.

Технічний результат, який досягається при рішенні поставленої задачі і використанні запропонованої системи, полягає у мінімізації тривалості знаходження поїздів на станції, а економічний – у зменшенні експлуатаційних витрат на перевезення пасажирів залізницями за рахунок скорочення часу знаходження пасажирських вагонів на станціях в очікуванні відправлення (економія вагоно-годин простоїв), що вирішує проблему нестачі пасажирських вагонів, та допомагає організувати рух СПВ.

3.3 Розробка методу визначення оцінки зручності часу відправлення та прибуття спеціальних вагонів на залізничні станції

У роботі [122] автором проводилось визначення комплексної оцінки зручності часу відправлення та прибуття пасажирських поїздів далекого сполучення з метою корегування схем обороту поїздів на основі оцінки зручності часу прибуття та відправлення поїздів на станції для пасажирів, можливості пересадки пасажирів у транспортних вузлах та ліквідації ворожих маршрутів у горловинах залізничних станцій на прикладі РФ. Але не було розглянуто можливість застосування даної методики для українських залізниць та для перевезень у СПВ. Для забезпечення максимального задоволення попиту кластеру потенційних пасажирів СПВ потрібні не лише доступні тарифи та якісне обслуговування під час подорожі, але і зручний час відправлення та прибуття до пунктів призначення.

Згідно з [122] для пасажирів РФ найбільш зручним часом для відправлення поїздів зі станції є друга половина доби, а для прибуття – перша. Для залізничного транспорту України більш прийнятним є переміщення у поїзді у нічні години, тобто відправлення ввечері та прибуття вранці. Враховано і зручність часу прибуття для пересадки на інші види транспорту, наприклад, міський транспорт та ін. Для отримання первинної інформації відносно зручності часу відправлення та прибуття СПВ проведено опитування пасажирів. Опитування являє собою метод збору первинної інформації про об'єктивні або суб'єктивні факти зі слів людини, яку опитують, з послідуочим інтерпретуванням [123]. У дослідженні застосовано вибірккові опитування для дослідження суспільної думки, попиту населення та ін. Результати анкетування потрібні залізничному транспорту для точного визначення інтересів споживачів послуг, на яких зорієнтовано транспортний продукт перевезень у спеціальних вагонах. Для проведення опитування добу (розглянуто період доби з 5 години до 24 годин) було розділено на часові інтервали, тривалість яких дорівнює одній годині. В анкеті респондентам було запропоновано оцінити зручність часу відправлення та прибуття до пункту призначення за 10-бальною шкалою. Приклад анкети наведено у додатку К.

Кількість пасажирів для проведення анкетування розраховано на основі статистичного аналізу

$$k = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q}{e^2}, \quad (3.10)$$

де k – обсяг вибірки;

Z – нормативне відхилення, що визначається в залежності від довірчої ймовірності отриманих результатів;

P – визначений показник варіації;

$q = 100 - p$;

e – допустима помилка.

Згідно із статистичними даними щодо обсягів перевезень пасажирів у межах Південної залізниці обсяг вибірки за формулою (3.10) склав 97 респондентів. Отримані результати опитування сумуємо для кожного часового інтервалу. Результати відповідей поділяються на дві групи: результати оцінки зручності часу відправлення (v); результати оцінки зручності часу прибуття (p). У додатку К наведені узагальнені результати анкетування. Виходячи з того, що кожний інтервал часу оцінюється різною величиною балів, то загальну закономірність зміни оцінки буде відображати середньозважена оцінка для кожного з інтервалів

$$z_j = \frac{10 \cdot \sum N_{10} + 9 \cdot \sum N_9 + 8 \cdot \sum N_8 + 7 \cdot \sum N_7 + 6 \cdot \sum N_6 + 5 \cdot \sum N_5 + 4 \cdot \sum N_4 + 3 \cdot \sum N_3 + 2 \cdot \sum N_2 + 1 \cdot \sum N_1 + 0 \cdot \sum N_0}{N}; \quad (3.11)$$

де j – номер часового інтервалу;

N_{10}, N_9, \dots, N_0 – кількість респондентів, які поставили відповідні бали (10, 9, 8, ..., 0);

N – загальна кількість респондентів.

Визначені середньозважені значення балів по узагальненим даним анкетування, довірчий інтервал, дисперсія та середньоквадратичне відхилення для кожного з інтервалів часу наведені у додатку К. Графіки залежностей зручності для пасажирів часу відправлення та прибуття СПВ від їх оцінки зображено на рисунках 3.15 – 3.18. При анкетуванні оцінка проводилась для інтервалу часу, що дорівнює одній годині, а при розрахунках виникає потреба у менших інтервалах, тому раціонально одразу перейти від інтервалів часу до моментів часу $j \rightarrow t$, де t – середина часового інтервалу j . Як кожному значенню j_α відповідає значення v_j , так кожному значенню t_β відповідає значення v_t , при цьому $v_j = v_t$ при $\alpha = \beta$, де α, β – відповідно порядковий номер j та t .

Після обробки результатів анкетування виникає задача апроксимації значень



Рисунок 3.15 – Діаграма результатів оцінки часу відправлення СПВ з ПС

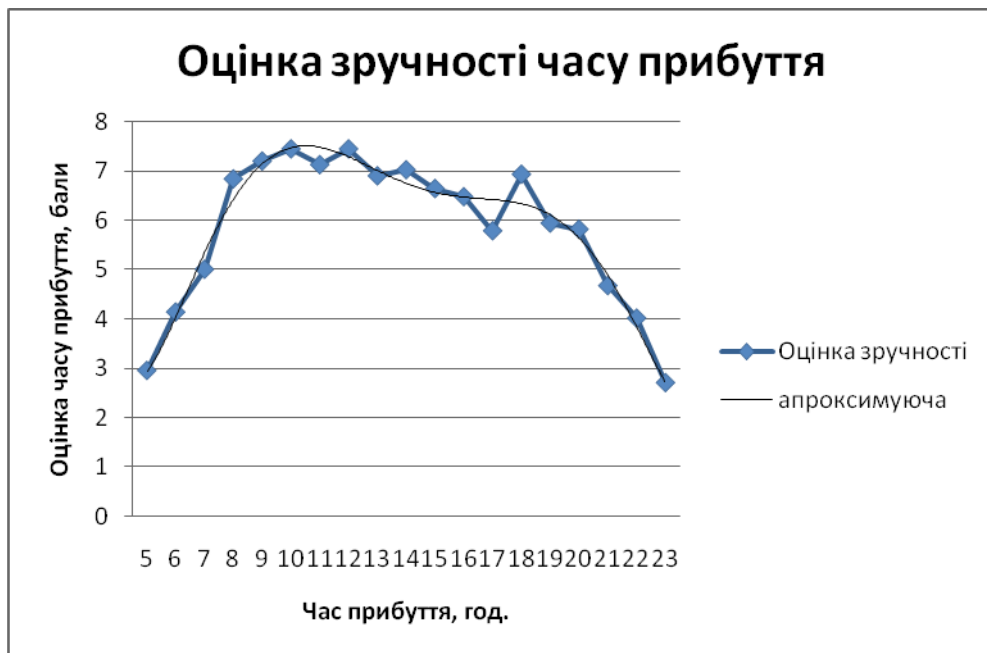


Рисунок 3.16 – Діаграма результатів оцінки часу прибуття СПВ на ПС

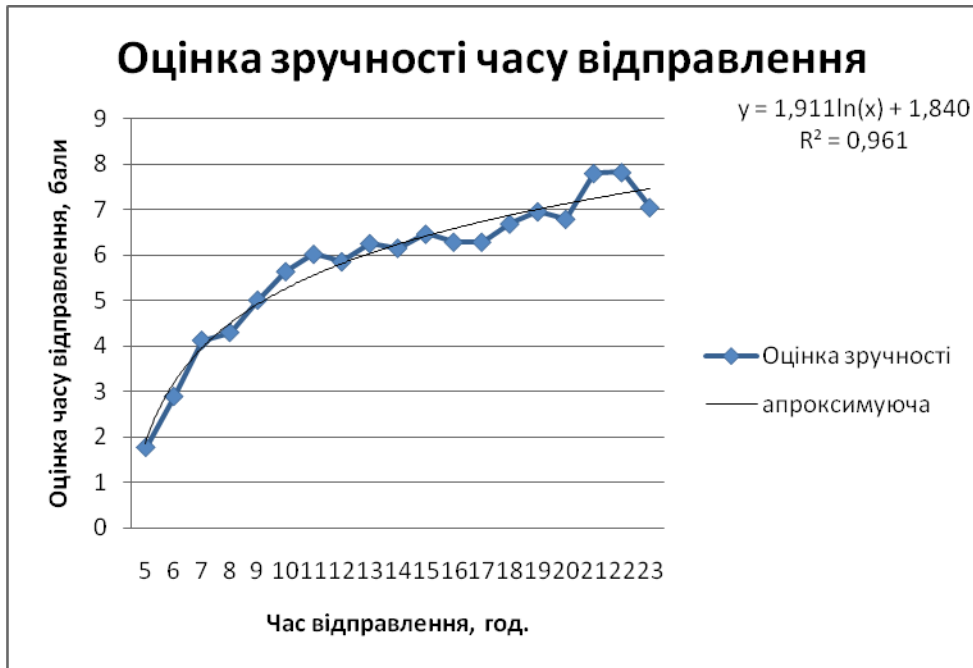


Рисунок 3.17 – Визначення результатів оцінки зручності часу відправлення СПВ зі станції

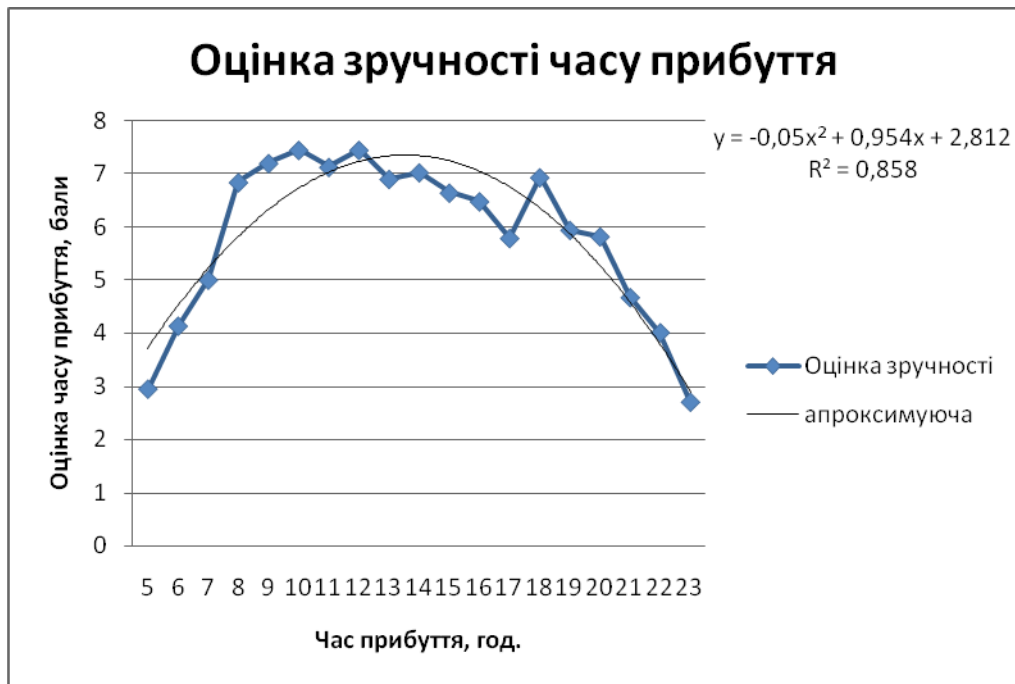


Рисунок 3.18 – Визначення результатів оцінки зручності часу прибуття СПВ на станцію

t , з метою отримання емпіричних формул для аналітичного представлення дослідних даних. Для апроксимації значень t скористаємося методом найменших квадратів. При цьому емпірична функція $\varphi(t)$ вважається найкращим наближення до $f(t)$, якщо для неї сума квадратів неув'язок має найменше значення, тобто

$$\sigma = \sum_{i=1}^{19} (f(t_i) - \varphi(t_i))^2 \rightarrow \min; \quad (3.12)$$

де i – кількість часових інтервалів доби, що аналізувалися (з 5:00 до 24:00 по прибуттю 19 інтервалів, та по відправленню 19 інтервалів).

Метод найменших квадратів формулює аналітичні умови досягнення сумою квадратів відхилень σ свого найменшого значення при використанні методів диференційного числення. Так, якщо функція $\varphi(t)$ визначається своїми параметрами a_1, a_2, \dots, a_n , то ці параметри визначаються при вирішенні системи рівнянь. Таким чином, метою розрахунків є визначення коефіцієнтів ступеневого поліному, візьмемо поліном шостого ступеня, бо зі збільшенням ступеня поліному збільшується точність апроксимації

$$\varphi(t) = a_6 \cdot t^6 + a_5 \cdot t^5 + a_4 \cdot t^4 + a_3 \cdot t^3 + a_2 \cdot t^2 + a_1 \cdot t + a_0 \cdot t^0. \quad (3.13)$$

Неможливо підібрати такі значення коефіцієнтів, при яких усі фактичні точки сформували би криву рівняння функції 3.13, тобто при будь-яких значеннях коефіцієнтів деякі значення v_i будуть відрізнятися від отриманих значень v_j . Тому потрібно знайти такі значення коефіцієнтів, при яких сумарне відхилення v_i від v_j буде мінімальним. Для цього необхідно встановити принцип виміру неузгодженості фактичних v_j та розрахункових даних v_i . Тобто необхідно знайти такі коефіцієнти a_0, a_1, \dots, a_6 при яких сума квадратів відхилень $\sum (v_i - v_j)^2$ буде мінімальною. Тоді

$$f(a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6) = \sum (v_i - a_6 \cdot t^6 - a_5 \cdot t^5 - a_4 \cdot t^4 - a_3 \cdot t^3 - a_2 \cdot t^2 - a_1 \cdot t - a_0 \cdot t^0)^2. \quad (3.14)$$

Для пошуку коефіцієнтів рівняння 3.14, при яких значення функції буде мінімальним потрібно знайти похідні функції, прирівняти їх до нуля і вирішити отриману систему лінійних рівнянь.

$$\left\{ \begin{aligned} f'(a_0) &= -2 \sum (v_i - a_6 \cdot t^6 - a_5 \cdot t^5 - a_4 \cdot t^4 - a_3 \cdot t^3 - a_2 \cdot t^2 - a_1 \cdot t - a_0 \cdot t^0) = 0; \\ f'(a_1) &= -2 \sum (v_i - a_6 \cdot t^6 - a_5 \cdot t^5 - a_4 \cdot t^4 - a_3 \cdot t^3 - a_2 \cdot t^2 - a_1 \cdot t - a_0 \cdot t^0) \cdot t = 0; \\ f'(a_2) &= -2 \sum (v_i - a_6 \cdot t^6 - a_5 \cdot t^5 - a_4 \cdot t^4 - a_3 \cdot t^3 - a_2 \cdot t^2 - a_1 \cdot t - a_0 \cdot t^0) \cdot t^2 = 0; \\ f'(a_3) &= -2 \sum (v_i - a_6 \cdot t^6 - a_5 \cdot t^5 - a_4 \cdot t^4 - a_3 \cdot t^3 - a_2 \cdot t^2 - a_1 \cdot t - a_0 \cdot t^0) \cdot t^3 = 0; \\ f'(a_4) &= -2 \sum (v_i - a_6 \cdot t^6 - a_5 \cdot t^5 - a_4 \cdot t^4 - a_3 \cdot t^3 - a_2 \cdot t^2 - a_1 \cdot t - a_0 \cdot t^0) \cdot t^4 = 0; \\ f'(a_5) &= -2 \sum (v_i - a_6 \cdot t^6 - a_5 \cdot t^5 - a_4 \cdot t^4 - a_3 \cdot t^3 - a_2 \cdot t^2 - a_1 \cdot t - a_0 \cdot t^0) \cdot t^5 = 0; \\ f'(a_6) &= -2 \sum (v_i - a_6 \cdot t^6 - a_5 \cdot t^5 - a_4 \cdot t^4 - a_3 \cdot t^3 - a_2 \cdot t^2 - a_1 \cdot t - a_0 \cdot t^0) \cdot t^6 = 0. \end{aligned} \right. \quad (3.15)$$

У результаті отримаємо систему лінійних рівнянь:

$$\left\{ \begin{aligned} a_6 \cdot \sum t^6 + a_5 \cdot \sum t^5 + a_4 \cdot \sum t^4 + a_3 \cdot \sum t^3 + a_2 \cdot \sum t^2 + a_1 \cdot \sum t + a_0 \cdot n &= \sum v_i; \\ a_6 \cdot \sum t^7 + a_5 \cdot \sum t^6 + a_4 \cdot \sum t^5 + a_3 \cdot \sum t^4 + a_2 \cdot \sum t^3 + a_1 \cdot \sum t^2 + a_0 \cdot \sum t &= \sum v_i \cdot t; \\ a_6 \cdot \sum t^8 + a_5 \cdot \sum t^7 + a_4 \cdot \sum t^6 + a_3 \cdot \sum t^5 + a_2 \cdot \sum t^4 + a_1 \cdot \sum t^3 + a_0 \cdot \sum t^2 &= \sum v_i \cdot t^2; \\ a_6 \cdot \sum t^9 + a_5 \cdot \sum t^8 + a_4 \cdot \sum t^7 + a_3 \cdot \sum t^6 + a_2 \cdot \sum t^5 + a_1 \cdot \sum t^4 + a_0 \cdot \sum t^3 &= \sum v_i \cdot t^3; \\ a_6 \cdot \sum t^{10} + a_5 \cdot \sum t^9 + a_4 \cdot \sum t^8 + a_3 \cdot \sum t^7 + a_2 \cdot \sum t^6 + a_1 \cdot \sum t^5 + a_0 \cdot \sum t^4 &= \sum v_i \cdot t^4; \\ a_6 \cdot \sum t^{11} + a_5 \cdot \sum t^{10} + a_4 \cdot \sum t^9 + a_3 \cdot \sum t^8 + a_2 \cdot \sum t^7 + a_1 \cdot \sum t^6 + a_0 \cdot \sum t^5 &= \sum v_i \cdot t^5; \\ a_6 \cdot \sum t^{12} + a_5 \cdot \sum t^{11} + a_4 \cdot \sum t^{10} + a_3 \cdot \sum t^9 + a_2 \cdot \sum t^8 + a_1 \cdot \sum t^7 + a_0 \cdot \sum t^6 &= \sum v_i \cdot t^6. \end{aligned} \right. \quad (3.16)$$

У системі рівнянь 3.16 невідомими виступають лише коефіцієнти a_0, a_1, \dots, a_6 , бо n – це кількість моментів часу, для яких проводилось анкетування ($n=19$), $\sum t$, $\sum t^2$ та ін. відомі. Систему рівнянь було вирішено з використанням ПП MS Excel.

Зручність часу відправлення і прибуття СПВ можна вирішити аналітично за наступними формулами:

$$v^v_t = -9 \cdot E - 0,6 \cdot t^6 + 0,0005 \cdot t^5 - 0,0102 \cdot t^4 + 0,1058 \cdot t^3 - 0,627 \cdot t^2 + 2,5568 \cdot t - 0,2919; \quad (3.17)$$

$$v^p_t = E - 0,5 \cdot t^6 - 0,0008 \cdot t^5 + 0,0187 \cdot t^4 - 0,2012 \cdot t^3 + 0,8842 \cdot t^2 - 0,3684 \cdot t + 2,6135. \quad (3.18)$$

Ступінь наближення апроксимації значень t обраній функції визначається коефіцієнтом детермінації (R^2)

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{\alpha=\beta=1}^Y (v_t - v_j)^2}{\sum_{j=1}^Y v_j^2 - \frac{1}{Y} \cdot (\sum_{j=1}^Y v_j)^2}, \quad (3.19)$$

де Y – загальна кількість часових інтервалів.

Чим ближче R^2 до 1, тим точніше функція описує зміни v_t . Для оцінки зручності часу відправлення $R^2 = 0,987$, а для оцінки часу прибуття $R^2 = 0,9653$. Тобто, поліноміальна апроксимуюча функція 6-го ступеню найбільш точно описує закономірність зміни v_t по відправленню на 98,7% і по прибуттю на 96,5%. Згідно [124] коефіцієнт детермінації відображає ступінь відповідності динаміки оцінки зручності і запропонованої апроксимуючої кривої і чим він вище, тим більш точним є ступінь відповідності, але чим вище ступінь поліному, за допомогою якого описано динаміку, тим вище ймовірність отримати помилку, якщо говорити термінами нейронних мереж поліноміальна модель буде перенавчена і не зможе видавати адекватні результати. Таким чином, підгонка моделі під статистичні дані

за допомогою збільшення ступеню поліноміальної функції буде мати високий коефіцієнт детермінації, але може не давати правильних результатів. Перевірка показала вірність вищенаведеного. Тому розрахунки було проведено ще раз.

Зручність часу відправлення і прибуття СПВ визначається аналітично за наступними формулами:

- для оцінки зручності часу відправлення логарифмічна функція

$$v_{p_t} = 1,9117 \cdot \ln(t) + 1,8404; \quad (3.20)$$

– для оцінки зручності часу прибуття поліноміальна функція 2-го ступеню

$$v_{p_t} = -0,05 \cdot t^2 + 0,954 \cdot t + 2,8125. \quad (3.21)$$

Для оцінки зручності часу відправлення $R^2 = 0,9615$, а для оцінки часу прибуття $R^2 = 0,8584$, що відповідає високому рівню відповідності обраних функцій. З метою виявлення найбільш зручних інтервалів часу прибуття та відправлення з залізничної станції СПВ було проведено опитування 10 експертів за формулами

$$N = \frac{h^2}{e^2}; \quad (3.22)$$

$$e^2 = \frac{E}{\delta}; \quad (3.23)$$

де N – кількість експертів (спеціалісти Південної залізниці), які беруть участь у експерименті;

h – кількість середньоквадратичних відхилень для ймовірності точності оцінки 95%;

E – абсолютна помилка;

δ – середньоквадратичне відхилення оцінки.

За умов гранично припустимої помилки 0,05 і надійності довірчого інтервалу експертної оцінки 0,95 $N=10$. Форма анкети залишилась незмінною, як і для пасажирів. Для оцінки ступеня узгодженості висновків експертів розраховано коефіцієнт конкордації [40]. Розрахунковий коефіцієнт конкордації дорівнює 0,791, що свідчить про високий рівень узгодженості висновків експертів. Розрахунковий критерій Пірсона дорівнює 154,47, а табличне значення для рівня значущості 5% дорівнює 4,23, тому з вірогідністю 95% можна стверджувати, що узгодженість висновків експертів є не випадковою.

Таким чином, отримано аналітичну залежність між зручністю та часом прибуття та відправлення СПВ для пасажирів, не залежно від маршруту слідування, станції початку та кінця подорожі, що дозволяє проводити розрахунки оцінки розкладу руху СПВ для будь-якого маршруту. Використання розробленого методу дозволить ув'язати можливості залізниці з інтересами пасажирів, що призведе до підвищення доходу та конкурентоспроможності залізничної галузі.

На основі оцінок зручності для пасажирів СПВ за часом відправлення та прибуття необхідно визначити множину варіантів відправлення СПВ у складі пасажирських поїздів для яких значення оцінки нитки графіка буде максимальним. Для цього для кожного поїзду необхідно ув'язати часові інтервали відправлення з інтервалами прибуття.

Для СПВ, що відправляються у певному часовому інтервалі існує певний часовий інтервал прибуття до пункту призначення, відповідно для множини варіантів відправлення зі станції початку подорожі є відповідно множина варіантів прибуття. При розрахунках цієї множини необхідно враховувати, що перепростій вагонів на станції відправлення при очікуванні найкращого часового інтервалу прибуття не повинен визивати порушення розкладу руху СПВ.

Оцінка графікового поїзду на предмет причеплення до нього СПВ повинна враховувати середню зручність часу прибуття і відправлення даного поїзду. Так як спеціальні вагони у якому-небудь часовому інтервалі повинні відправитися зі станції і у якому-небудь часовому інтервалі прибути до станції призначення, то необхідно внести наступне обмеження

$$\sum_v^V \sum_p^P k_{ivp} = 1, \forall i. \quad (3.24)$$

Так як у кожному часовому інтервалі на кожен станцію може прибути, або відправитися з неї не більше одного поїзду, то

$$\sum_i^N \sum_p^P k_{ivp} \leq 1, \forall p, \quad (3.25)$$

$$\sum_i^N \sum_v^V k_{ivp} \leq 1, \forall v. \quad (3.26)$$

Таким чином цільова функція буде мати наступний вигляд

$$E = \sum_i^N \sum_v^V \sum_p^P v_{sep}^i \rightarrow \max. \quad (3.27)$$

Сформований алгоритм визначення оцінки поїзду для причеплення спеціальних вагонів дозволить поетапно описати весь процес для станції формування СПВ та для станції обороту (додаток К). Таким чином, виключається можливість вибору менш зручного поїзду. Обмеження і цільова функція

сформованої вище математичної моделі мають лінійний характер, тому рішення можна отримати методами лінійного програмування.

3.4 Автоматизована система розробки розкладу руху спеціальних пасажирських вагонів на основі імітаційного моделювання

Зниження трудомісткості процесу розробки оптимальних розкладів руху СПВ та підвищення якості планування спеціальних маршрутів залізницею може бути вирішено шляхом створення відповідної автоматизованої системи управління рухом СПВ. Ця система може вирішувати такі основні задачі: планування розкладу руху СПВ; планування організації харчування в ході поїздки; оперативний контроль за проходженням маршруту СПВ; оперативне корегування розкладу руху СПВ при нестандартних ситуаціях, наприклад, затримка прибуття чи відправлення пасажирського поїзду. З метою організації оперативного контролю раціонально всі спеціальні вагони обладнати системою GPS навігації. Поставлена задача вирішується тим, що до АРМів працівників залізничного транспорту тактичного рівня додатково вводиться блок, який за своїм призначенням імітує прибуття пасажирського поїзду відповідно до ГРПП на залізничну станцію.

Критерій оцінки зручності пасажирського поїзду, який характеризується умовою зручності часу відправлення та прибуття СПВ для пасажирів, на предмет причеплення до нього СПВ можна охарактеризувати наступною умовою

$$K = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J f_{ij} (V_{ij}^{відпр.} (t_{відпр.}; C_{ij}); V_{ij}^{пруб.} (t_{пруб.}; C_{ij})) I \rightarrow \max, \quad (3.28)$$

де K – критерій оцінки зручності пасажирського поїзду прямого сполучення, який характеризується умовою зручності часу відправлення та прибуття СПВ для пасажирів;

$V_i^{відпр.}(t_{відпр.}; C_i)$, $V_i^{приб.}(t_{приб.}; C_i)$ – оцінка пасажирського поїзда i , яка враховує зручність часу відправлення та прибуття поїзду відповідно до маршруту слідування $(t_{відпр.}, t_{приб.})$ і композицію складу (C_i) ;

i – номер поїзда;

I – кількість поїздів.

J – залізнична станція, яку прослідуює поїзд i на своєму маршруті;

J – загальна кількість залізничних станцій, які прослідуює поїзд i на своєму маршруті.

На першому етапі оцінюється зручність прибуття та відправлення пасажирського поїзду на (зі) станцію(-ії) згідно РРПП. Створення автоматизованої системи дозволить визначити раціональну технологію обробки пасажирських спеціальних вагонів на ПС та ПТС за рахунок введення додаткового блоку для визначення інформації. Запропонована система додатково дасть можливість проаналізувати завантаження окремих елементів ПС, ПТС, залізничної мережі, щоб визначити «вузькі місця» та провести відповідний аналіз з використанням графічного інтерфейсу користувача системи. В результаті проведених досліджень запропоновано автоматизовану систему, яка формує технологію визначення часу знаходження пасажирських вагонів у русі. Результати моделювання за допомогою автоматизованої системи технології обробки СПВ і рекомендації щодо остаточного вибору варіантів відображаються на екранах АРМів працівників тактичного рівня, і можуть бути використані на першому етапі формування нового залізничного маршруту або для корегування існуючого.

На рис. 3.19 представлена схема автоматизованої системи для розробки розкладу руху СПВ на основі імітаційного моделювання: 1 – блок для визначення можливих варіантів причеплення пасажирських спеціальних вагонів до графікових пасажирських поїздів; 2 – блок аналізу отриманої інформації у блоці 1 за критерієм зручності часу прибуття та відправлення з залізничної станції; 3 – блок формування остаточної інформації для розробки розкладу руху пасажирських спеціальних

вагонів; 4 – блок складання графіку руху пасажирських спеціальних вагонів; А – АРМ квиткового касира; Б – АРМ працівника тактичного рівня; В – АСК ПП УЗ; Г – блок завдання нечітких параметрів відносно бажаного часу руху пасажирських спеціальних вагонів; Д – блок імітаційного моделювання роботи ПК; Е – блок імітаційного моделювання залізничної мережі; Ж – блок імітаційного моделювання РРПШ.

Автоматизована система працює наступним чином. Квитковим касиром (блок А), працівниками тактичного рівня управління (блок Б та В) з відповідних АРМів вводяться дані до блоку завдання нечітких параметрів відносно бажаного часу руху пасажирських спеціальних вагонів (блок Г), наприклад, час відправлення пасажирських вагонів зі станції Х до станції У близько 16 години з умовою прибуття не пізніше 8 години наступної доби.

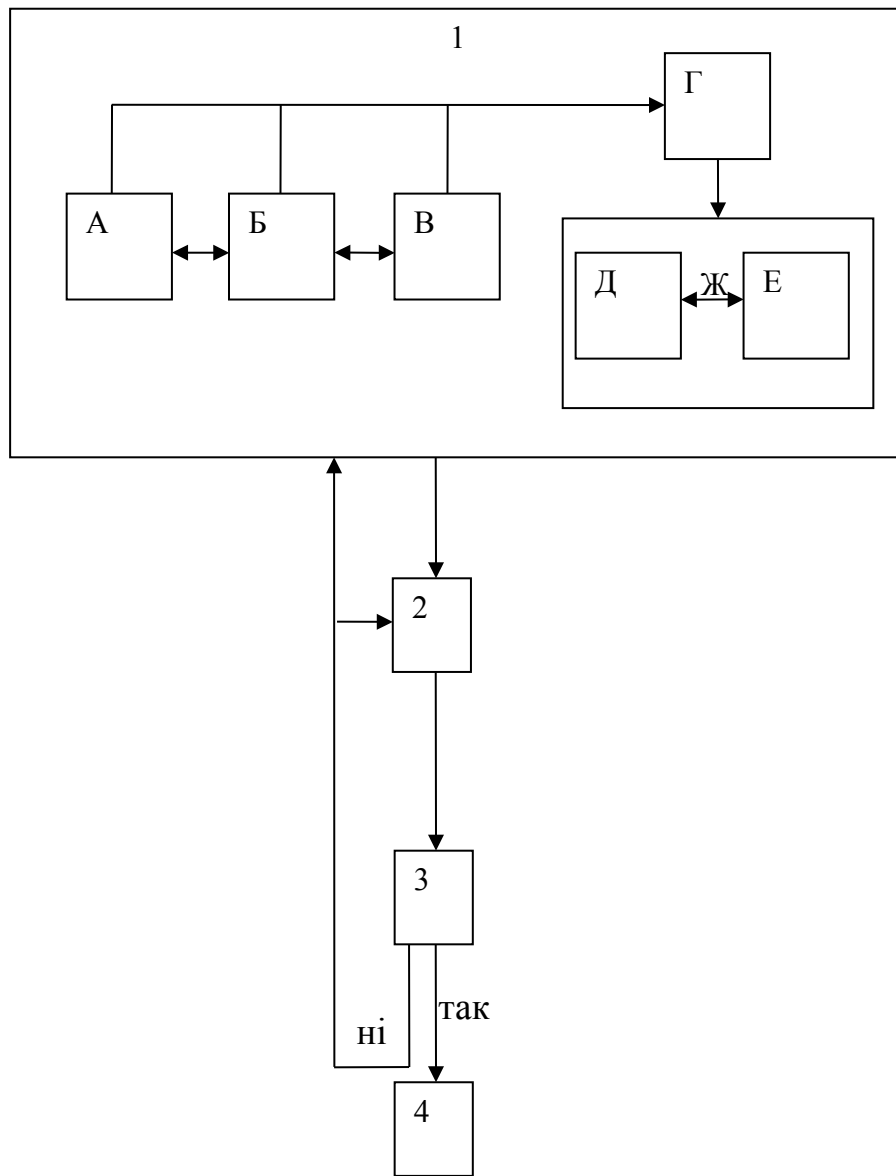


Рисунок 3.19 –Схема роботи автоматизованої системи для розробки розкладу руху спеціальних пасажирських вагонів на основі імітаційного моделювання

Автоматизована система, що представлена блоками Д, Е, Ж імітує процес відправлення пасажирських вагонів у складі усіх можливих пасажирських поїздів місцевого або прямого сполучення за вказаним маршрутом відповідно до існуючого графіку руху. На екран замовника даних виводиться інформація щодо усіх можливих варіантів слідування причіпних пасажирських вагонів у складі графікового пасажирського поїзду (2). Суб'єктивно замовник оцінює варіанти за критерієм зручності і формує остаточну інформацію для розробки розкладу руху спеціальних пасажирських вагонів. На останньому етапі інформація щодо розробки розкладу руху СПВ, кількості вагонів потрапляє до Головного пасажирського управління, де перевіряється можливість виділення певної кількості пасажирських вагонів для поїздки на певний проміжок часу і дозволяється (4) або ні розробка розкладу руху спеціальних вагонів. Якщо розробка розкладу руху не була дозволена, тоді потрібно або знов суб'єктивно оцінити можливі варіанти (2), або завдати інші параметри формування варіантів (1).

На основі отриманих даних складається розклад руху СПВ. Для подальшої взаємодії з клієнтами (пасажирів, туроператорів та ін.), які потребують формування розкладу просування окремих пасажирських вагонів, які планується причіпляти до

пасажирських графікових поїздів подається заявка. Технічний результат, який досягається при рішенні поставленої задачі і використанні запропонованої системи, полягає у мінімізації витрат часу на складання розкладу руху спеціальних вагонів.

3.5 Перевірка моделі дослідження зручності часових інтервалів для кластеру пасажирів спеціальних вагонів на адекватність

Після побудови моделі дослідження зручності часових інтервалів прибуття та відправлення для кластеру пасажирів спеціальних вагонів необхідно упевнитися у її якості [125]. Для цього виконується перевірка адекватності моделі процесу, що досліджується. Дослідження оцінки зручності поїздів за часом відправлення та прибуття за емпіричними (статистичними) та теоретичними (отриманими при розрахунках) даними, що є результатом експерименту виконані за допомогою ПП Statistica. Отримані результати свідчать про підпорядкованість оцінок зручності поїздів за часом відправлення логарифмічному типу регресії, рівняння якого має наступний вигляд:

$$K = c \cdot \ln t + b, \quad (3.29)$$

де c, b – константи, що розраховуються за емпіричними даними.

Таким чином, $K = 1,9117 \cdot \ln t + 1,8404$. Для отримання інформації про адекватність моделі багатовимірної лінійної регресії використовується аналіз регресійних залишків. Аналіз регресійних залишків складається з перевірки наступних гіпотез: 1 – оцінки значимості ознак – перевірка для кожної ознаки чи дає вона результат, чи ні (оцінку результатів виконано за допомогою коефіцієнта детермінації R^2 , так загальна оцінка регресійної моделі (апроксимуючої функції) у програмі Statistica показала, що $R^2 = 0,999870$, і цей результат є статистично значущим, тобто модель пояснює 99% мінливості (рисунок 3.20)); 2 – перевірка на

гомоскедастичність (на постійність дисперсії) та гетероскедастичність (коли дисперсії різні, при цьому помилки у різних спостереженнях є некорельюємими). Перевірка на гомоскедастичність проводиться візуальним аналізом залишків, якщо модель гомоскедастична не можна знайти ознаки непостійності дисперсії і будь-які залежності, що зустрічається дуже рідко.

Залежність між емпіричними та теоретичними даними відображає рисунок 3.21. Із графіку на рисунку 3.21 чітко просліджується додатна залежність емпіричних даних (вісь z) від теоретичних даних (вісь x, y). Тому модель не є гомоскедастичною (тобто величина дисперсії випадкових величин не залежить від номера спостереження).

Аналіз на гетероскедастичність проводиться для пошуку факторів, які впливають на зміну дисперсії. Статистичні методи детекції (тест на

Dependent Variable	Test of SS Whole Model vs. SS Residual (Spreadsheet17)										
	Multiple R	Multiple R ²	Adjusted R ²	SS Model	df Model	MS Model	SS Residual	df Residual	MS Residual	F	p
Оцінка відпр.	0,999870	0,999741	0,999667	20,90095	2	10,45048	0,005421	7	0,000774	13495,30	0,000000

Рисунок 3.20 – Загальна оцінка моделі для часу відправлення поїздів і її залишків

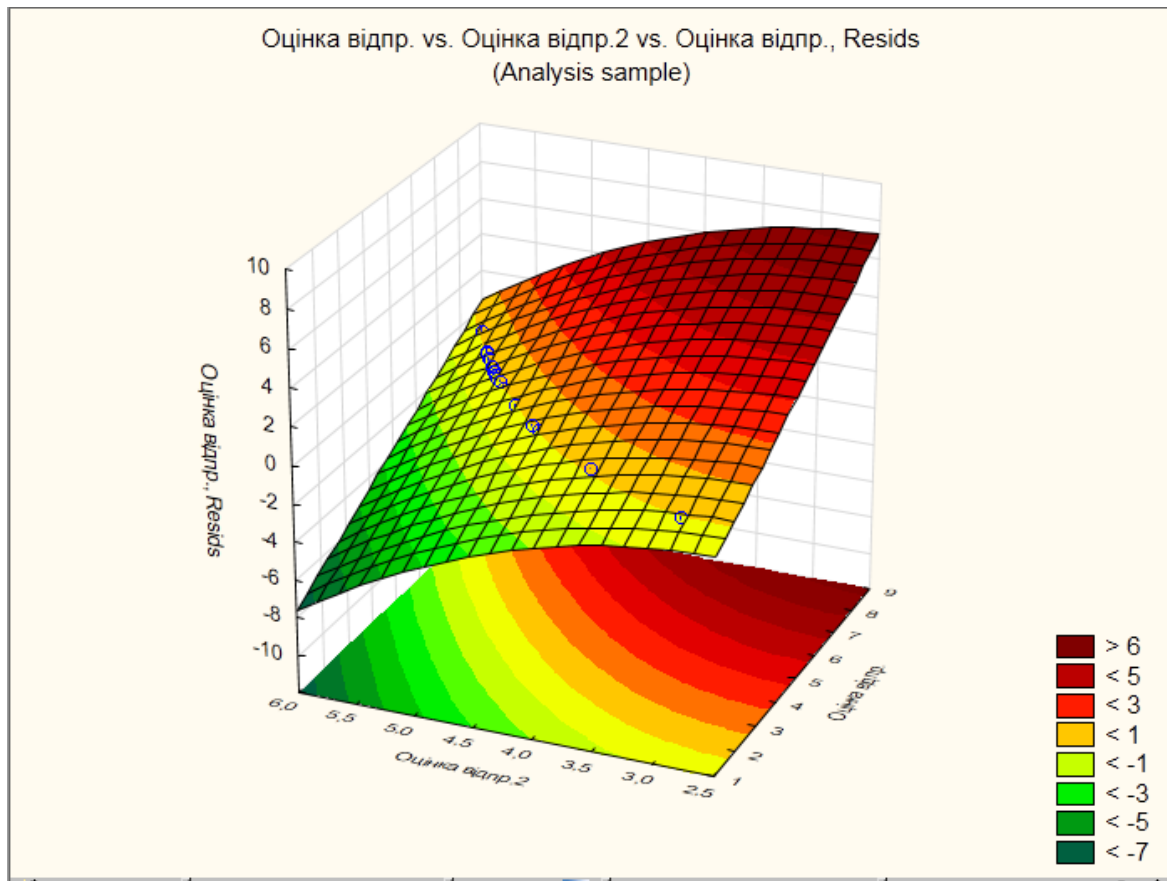


Рисунок 3.21 – Графік залежності емпіричних та теоретичних даних по відправленню

гетероскедастичність) висувають гіпотезу про рівність середньоквадратичних відхилень залишків моделі. Одним із засобів перевірки є тест Уайта. Основна мета якого у тому, що гетероскедастичність моделі пояснюється залежністю дисперсії помилок від ознаки. Спочатку до моделі застосовують метод найменших квадратів і знаходять залишки регресії, потім регресію квадратів залишків і у якості перевірки на відхилення гіпотези приймається критерій узгодженості Пірсона (критерій χ^2). Перевірка узгодженості емпіричного та статистичного розподілу базується на розбіжності між теоретичними та ймовірнісними частотами [126].

У якості міри перевірки гіпотези H (на гетероскедастичність моделі) приймається випадкова величина

$$\chi^2 = \frac{\sum (p_i - p_i^{теор.})^2}{p_i^{теор.}}, \quad (3.30)$$

де p_i – емпіричні частоти;

$p_i^{теор.}$ – теоретичні частоти.

Розподіл χ^2 залежить від R , де R – число ступенів свободи. Тобто незалежних умов.

$$R = P - S - 1, \quad (3.31)$$

де P – число розрядів, на які розбивається загальне число спостережень;

S – кількість незалежних умов, тобто накладених зв'язків.

Якщо гіпотеза H є справедливою, то вірогідність критерію χ^2 повинна розміститися у правосторонній критичній області і дорівнювати значимості α , тобто $\chi^2 > \chi_{кр.}^2(\alpha, R)$. Таким чином правостороння критична область визначається наступним відношенням: $\chi^2 > \chi_{кр.}^2(\alpha, R)$. А для прийняття гіпотези H – $\chi^2 < \chi_{кр.}^2(\alpha, R)$. Перевірка гіпотези H проводиться при заданому рівні значимості на основі розрахунків відхилень між емпіричними даними та теоретичними результатами моделювання. Для оцінки величини відхилення теоретичних даних по відправленню за допомогою ПП Statistica встановлено, що відхилення результатів не перевищує 5%, що є допустимим.

Для отримання інформації про адекватність побудованої регресійної моделі досліджуються регресійні залишки (залишкову суму квадратів відхилення). Якщо

обрана регресійна модель описує істинну залежність, то залишки повинні бути незалежними нормально розподіленими випадковими величинами з нульовими середніми. Аналіз регресійних залишків – це процес перевірки цих умов. Залишки для теоретичних даних мають приблизно нормальний розподіл (рисунок 3.22).

Якість моделі визначається не лише R^2 , а і самим рівнянням, яке повинно видавати адекватну оцінку при підстановці у нього різних інтервалів часу. Тому було побудовано графік, у якому по осі x відкладено емпіричні дані, а по осі y – теоретичні. Результат розрахунків (рисунок 3.23) показав, що точки розташовані поруч із прямою. Що свідчить про адекватність моделі.

Ще одним важливим показником адекватності моделі виступає оцінка помилки, яка показує на скільки відсотків модель помиляється при оцінці часу відправлення поїздів. Помилка склала 0,033426, тобто 3,3426%, що є допустимим.

Проведене дослідження оцінки зручності поїздів за часом свідчить про підпорядкованість оцінок зручності поїздів за часом прибуття поліноміальному типу регресії, рівняння якого має наступний вигляд

$$K = c_0 + c_1 \cdot t + c_2 \cdot t^2 + c_3 \cdot t^3 + \dots + c_i \cdot t^i, \quad (3.32)$$

де $c_0, c_1, c_2, \dots, c_i$ - константи, що розраховуються за емпіричними даними.

Таким чином, $K = -0,05 \cdot t^2 + 0,954 \cdot t + 2,8125$. Для отримання інформації про

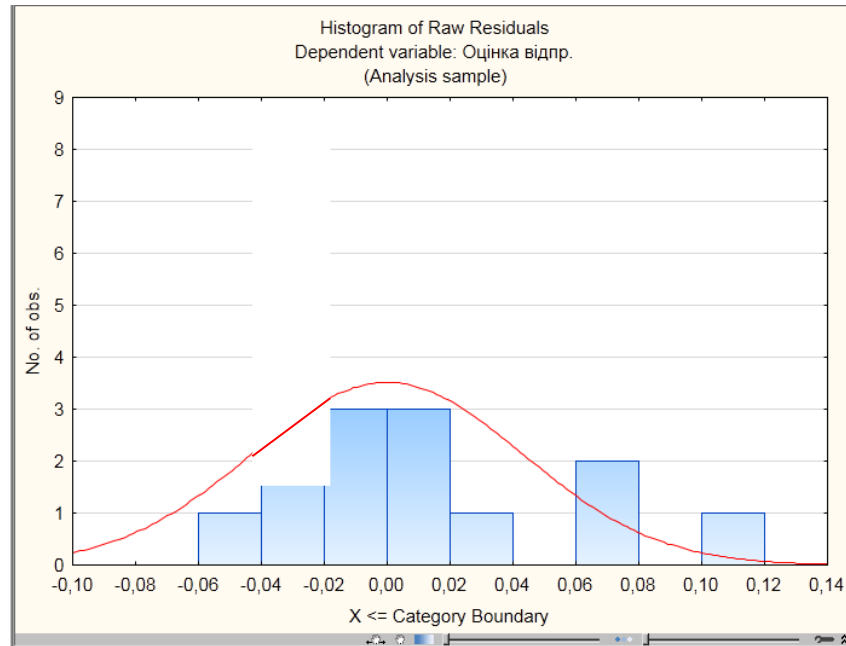


Рисунок 3.22 – Гістограма залишків моделі оцінки часу відправлення поїздів зі станції

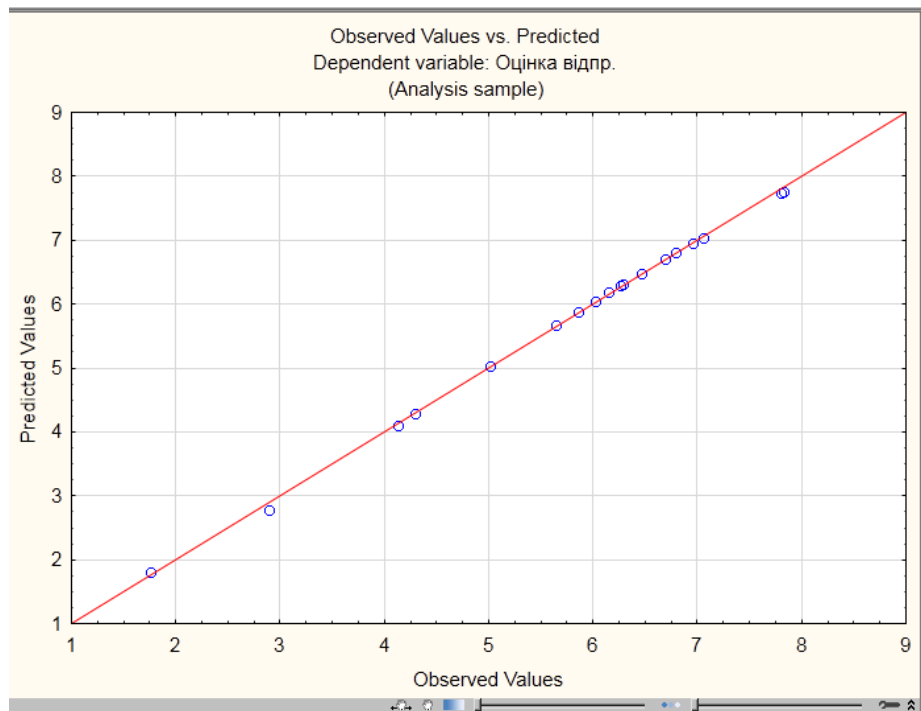


Рисунок 3.23 – Графік емпіричних та теоретичних даних

адекватність моделі багатовимірної лінійної регресії для часу прибуття також використовується аналіз регресійних залишків. Так загальна оцінка регресійної моделі (апроксимуючої функції) у програмі Statistica показала, що $R^2 = 0,693683$, і цей результат є статистично значущим, тобто модель пояснює 69% мінливості (рисунок 3.24). Залежність між емпіричними та теоретичними даними відображає рисунок 3.25. Із графіку на рисунку 3.25 чітко просліджується додатна залежність емпіричних даних (вісь z) від теоретичних даних (вісь x, y). Тому модель не є гомоскедастичною. Перевірка гіпотези H проводиться при заданому рівні значимості на основі розрахунків відхилень між емпіричними даними та теоретичними результатами моделювання. Для оцінки величини відхилення теоретичних даних по відправленню за допомогою ПП Statistica встановлено, що відхилення результатів не перевищує 5%, що є допустимим. Для отримання інформації про адекватність побудованої регресійної моделі досліджуються регресійні залишки (залишкову суму квадратів відхилення). Залишки для теоретичних даних мають приблизно нормальний розподіл (рисунок 3.26). Якість моделі визначається не лише R^2 , а і самим рівнянням, яке повинно видавати адекватну оцінку при підстановці у нього різних інтервалів часу. Тому було побудовано графік, у якому по осі x відкладено емпіричні дані, а по осі y – теоретичні. Результати розрахунків (рисунок 3.27) показав, що точки розташовані поруч із прямою. Що свідчить про адекватність моделі.

Ще одним важливим показником адекватності моделі виступає оцінка помилки, яка показує на скільки відсотків модель помиляється при оцінці часу відправлення поїздів. Помилка склала 0,049976, тобто 4,9976%, що є допустимим.

3.6 Висновки до розділу 3

1. При побудові багаторівневого комплексу моделей функціонування елементів технологічних підсистем ПК кожен підсистему було представлено у вигляді структурно-логічних схем технологічних ліній обробки пасажирських

Test of SS Whole Model vs. SS Residual (Spreadsheet17)											
Dependent Variable	Multiple R	Multiple R ²	Adjusted R ²	SS Model	df Model	MS Model	SS Residual	df Residual	MS Residual	F	p
Оцінка пр.	0,693683	0,481196	0,416346	19,68707	2	9,843535	21,22569	16	1,326605	7,420093	0,005248

Рисунок 3.24 – Загальна оцінка моделі по прибуттю і її залишків

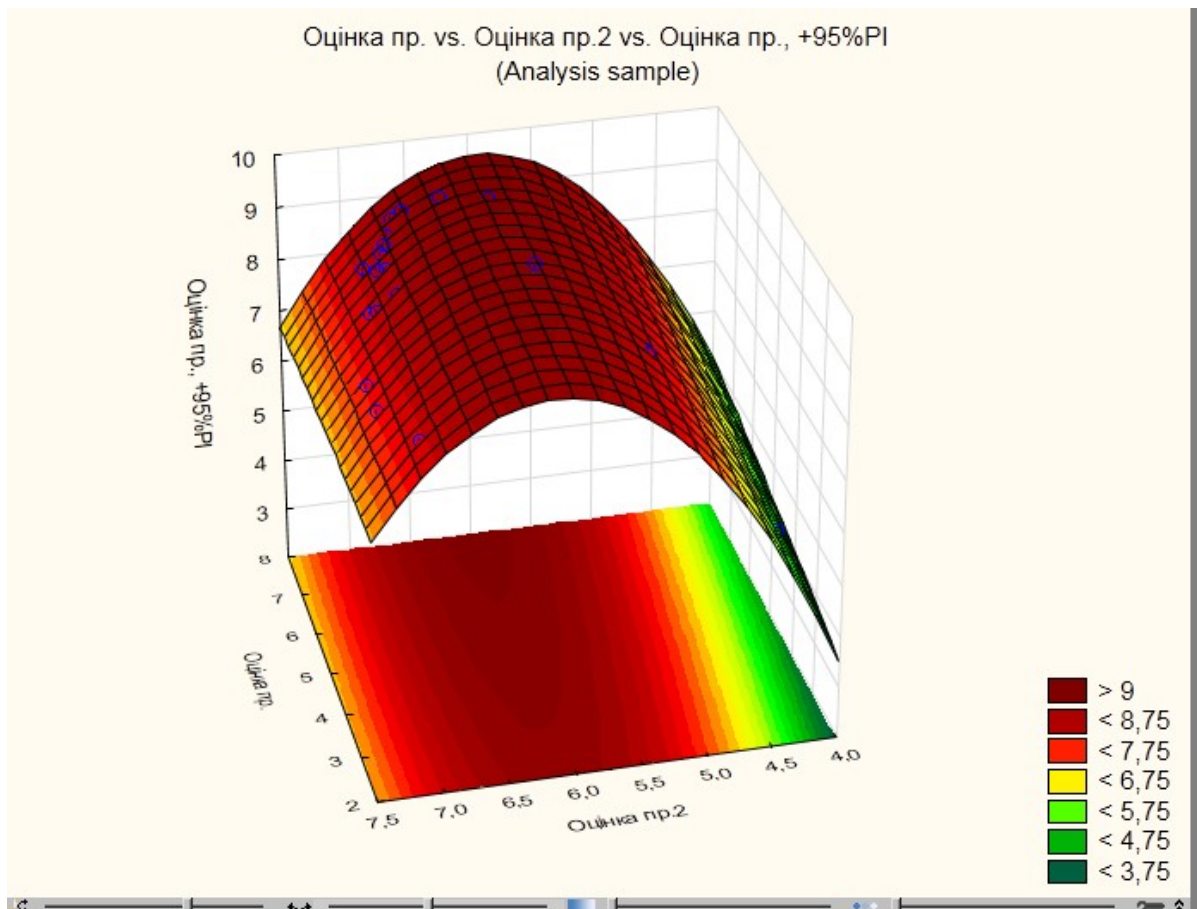


Рисунок 3.25 – Графік залежності емпіричних та теоретичних даних по прибуттю

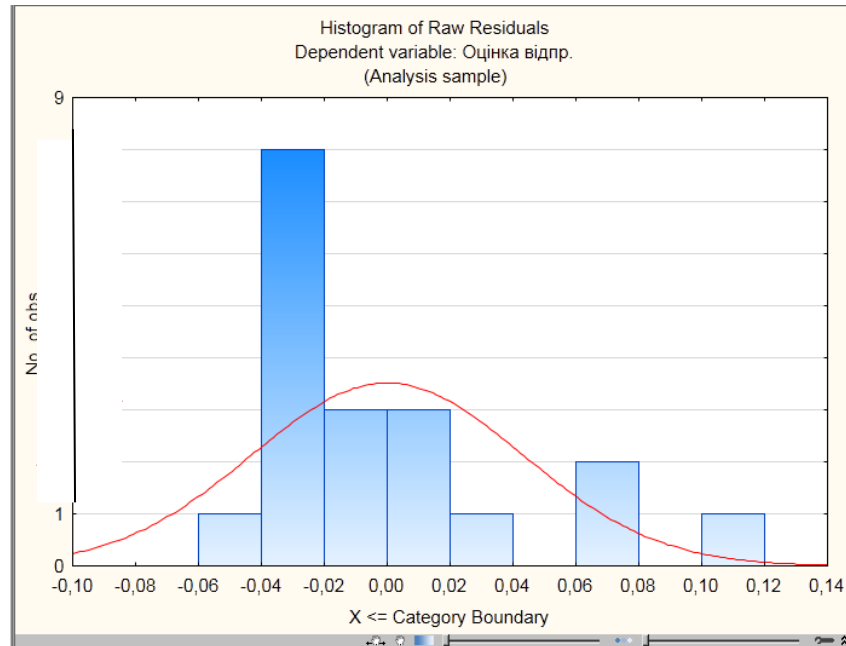


Рисунок 3.26 – Гістограма залишків моделі

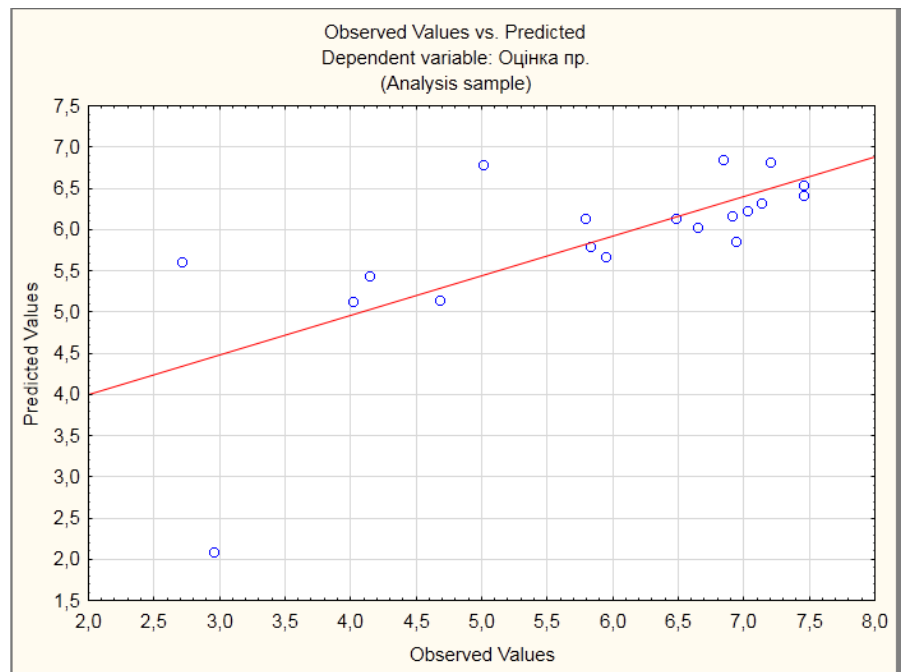


Рисунок 3.27 – Графік емпіричних та теоретичних даних для часу прибуття

поїздів та вагонів. Моделі дозволяють просліджувати динаміку процесів обробки поїздів на кожному етапі, що надає можливість заздалегіть корегувати відносини між залізницею та пасажирями.

2. З метою удосконалення процесу визначення вхідної інформації для розробки ГРПП та РРПП розроблено систему підтримки прийняття рішень, за допомогою якої досягається технічний результат у вигляді мінімізації експлуатаційних витрат на перевезення пасажирів залізницями за рахунок скорочення часу знаходження пасажирських вагонів на станціях в очікуванні відправлення (економія вагоно-годин простоїв), що вирішує проблему нестачі пасажирських вагонів та узгоджує взаємодію залізниці з іншими видами транспорту.

3. Розроблено процес визначення оцінки зручності часу відправлення та прибуття спеціальних вагонів на залізничні станції, встановлено, що для забезпечення максимального задоволення попиту пасажирів потрібні не лише доступні тарифи та якісне обслуговування під час подорожі, але і зручний час відправлення та прибуття вагонів. Отримано аналітичну залежність між зручністю та часом прибуття і відправлення спеціальних вагонів для пасажирів (не залежно від маршруту слідування, станції початку та кінця подорожі), що дозволило проводити розрахунки оцінки розкладу руху спеціальних вагонів для будь-якого маршруту.

4. Розроблено структуру системи підтримки прийняття рішень для розробки розкладу руху спеціальних вагонів, яка дозволяє мінімізувати витрати часу на складання розкладу руху та узгоджує взаємодію залізниці з іншими видами транспорту.

5. Проведено перевірку результатів дослідження на адекватність методом найменших квадратів, яка показала, що помилка розрахунків для оцінки часу відправлення склала 3,3426%, що є допустимим, а для оцінки часу прибуття – 4,9976%, що також є допустимим для моделей даного типу.

РОЗДІЛ 4

ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У БЕЗПЕРЕСАДКОВОМУ СПОЛУЧЕННІ

4.1 Розробка системи підтримки прийняття рішень для організації залізничних маршрутів руху спеціальних пасажирських вагонів

Для дослідження в дисертаційній роботі було обрано кільцевий маршрут: Харків – Київ – Львів – Одеса – Харків (див. додаток Л). Згідно з [127] найбільшим попитом серед залізничних маршрутів безпересадкового сполучення користувався маршрут у західному напрямку. Дослідження проводяться на основі затвердженого ГРПП. Вихідними даними виступають: часові інтервали бажаного часу прибуття до пунктів призначення та відправлення; існуючий ГРПП місцевого та прямого сполучення між станціями кільцевого маршруту, що розглядається (додаток Л).

Дослідження виконуються відповідно до розробленого алгоритму (див. додаток Л). Визначені інтервали часу для відправлення та прибуття по кожній станції призначення, так для відправлення з Харкова до Києва було розраховано інтервал часу з 14,5 години доби до 2,82 години наступної доби, а для прибуття до Києва – з 20,18 години до 8,5 години; для маршруту з Києва до Львова – для відправлення з 14,5 години до 0,61 години наступної доби, а для прибуття у Львів – з 22,39 години до 8,5 години; для маршруту зі Львова до Одеси – для відправлення з 14,5 години до 22,12 години доби, а для прибуття у Одесу – з 0,88 години до 8,5 години; для маршруту з Одеси до Харкова – з 14,5 год. до 2,8 год. та з 20,2 год. до 8,5 год. відповідно (рисунок Л.9). Після цього здійснюється відбір серед усіх поїздів, що прослідують певну станцію, тих, час відправлення та прибуття яких відповідає отриманих інтервалам (рисунок Л.9).

Саме для відібраних поїздів здійснюється перевірка на максимально допустиму вагу та довжину при причепленні спеціальних вагонів, а також перевірка

верхньої межі прибуття до пункту призначення. Лише після цього формується список поїздів, що відповідають усім умовам для причеплення. Для них проводиться оцінка зручності, окремо для часу відправлення та для часу прибуття, потім визначається загальна оцінка зручності поїзду. Розрахунки (рисунок Л.9) показали, що для визначеного маршруту графік руху спеціальних вагонів буде відповідати графікам руху наступних пасажирських поїздів: з Харкова до Києва – поїзду №63, з Києва до Львова – №91, з Львова до Одеси – №228, з Одеси до Харкова – №60.

Таким чином, тривалість маршруту складе 4 доби, а подорож залізницею надасть змоги пасажирам відпочити упродовж нічного часу та відвідати усі пункти маршруту.

4.2 Аналіз економічної ефективності удосконалення технології пасажирських перевезень у безпересадковому сполученні

Сучасні ринкові умови потребують від залізниць оптимального вирішення головної задачі – повного задоволення попиту на перевезення в умовах раціонального використання обмежених ресурсів [128]. До того ж у якості додаткових послуг залізниці можуть запропонувати своїм пасажирам перевозити власні автомобілі для переміщення у пунктах призначення. Для перевезення легкових автомобілів у залізничному сполученні використовується критий вагон-автомобілевоз (вагон типу «сітка») [14], або залізнична платформа. Але для такого способу перевезень автомобілів присутній ряд недоліків: ризик пошкодження при навантаженні-розвантаженні; неможливість доставки автомобіля «від дверей до дверей»; присутня можливість несанкціонованого проникнення сторонніх осіб у вагон; не має захисту від зовнішнього середовища. Замість відомих способів перевезення легкових автомобілів автовозами, критими вагонами-автомобілевозами та платформами в тарі чи без неї, пропонується багатооборотний засіб – вантажний модуль (ВМ), що містить бокові стінки сітчастої структури для візуального нагляду за автомобілями під час транспортування та жорсткі ребра, що дозволяють ставити

ВМ один на одного у декілька ярусів при складуванні. Використання ВМ скоротить час на доставку автомобілів, а у одному ВМ може бути розміщено від 3-х до 6-ти автомобілів, враховуючи можливу взаємодію трьох видів транспорту: морського, залізничного і автомобільного, а також підвищить рівень збереження вантажу від зовнішніх факторів завдяки закритому перевезенні в середині ВМ [5]. На ефективність використання такої системи доставки вказує зменшення часу проведення навантажувально-розвантажувальних робіт та собівартості перевезення при транспортуванні різними видами транспорту, а також зниження витрат на оренду площі складів та майданчиків.

Кожен продукт (послуга) має свій власний ланцюг постачання, причому, іноді дуже довгий і дуже складний. Найпростіший спосіб представити ланцюг постачання послуг – показати як продукт (послуга) переміщується через ряд організацій, кожна з яких додає додаткову вартість. Для прикладу розглянемо чотири окремі підприємства: I – туроператор, II – залізничний транспорт, III – службу таксі, IV – турагенство, які постачають свої послуги (свою продукцію) восьми замовникам (1-8) (рисунок 4.1). У даній ситуації необхідно організувати 32 окремих маршрута постачання своїх послуг, але якщо підприємства працюють через координаційний центр, то загальне число маршрутів скоротиться до 12, тому що структурою координуючого органу закладено взаємодію як з постачальниками послуг, так і з клієнтами (рисунок 4.2). Ланцюг постачання, який являє собою сукупність юридичних та фізичних осіб, через яких проходить постачання послуг, у данному випадку являє собою взаємодію наступної послідовності (рисунок 4.3), спрямовану на задоволення потреб споживача: 1 – планування маршрутів; 2 – домовленість з приймаючою стороною; 3 – підготовка вагонів для перевезення пасажирів; 4 – організація руху СПВ; 5 – розробка схеми причеплення спеціальних вагонів до графікових поїздів; 6 – продаж квитків залізничним транспортом; 7 – реалізація квитків через компанії посередників (наприклад, туристські компанії); 8 – організація доставки пасажирів до поїзда (за бажанням); 9 – можливість проживання у вагонах під час подорожі; 10 – обслуговування пасажирів у процесі поїздки; 11 –

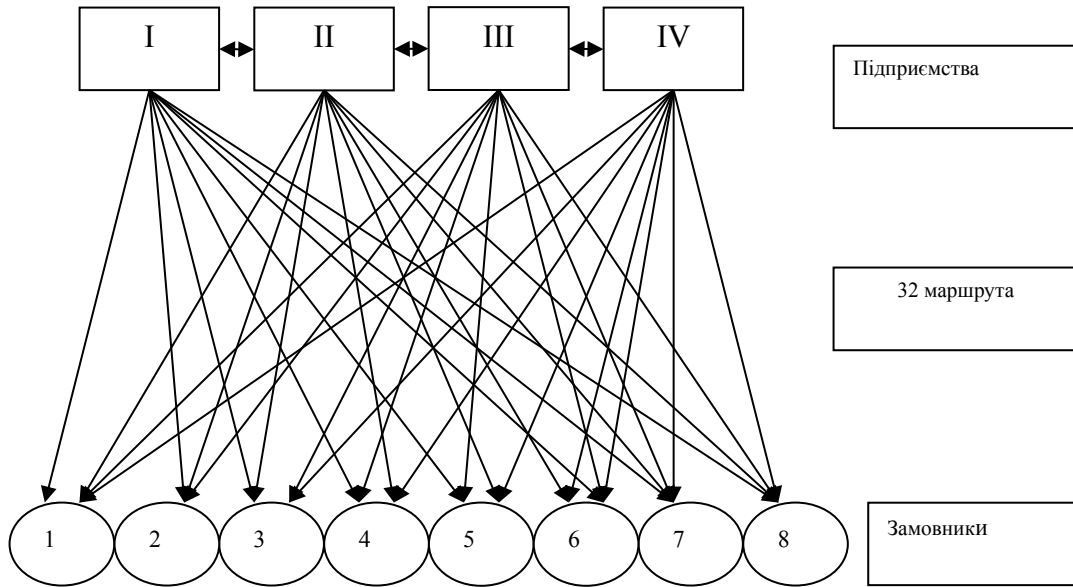


Рисунок 4.1 – Схема постачання послуг

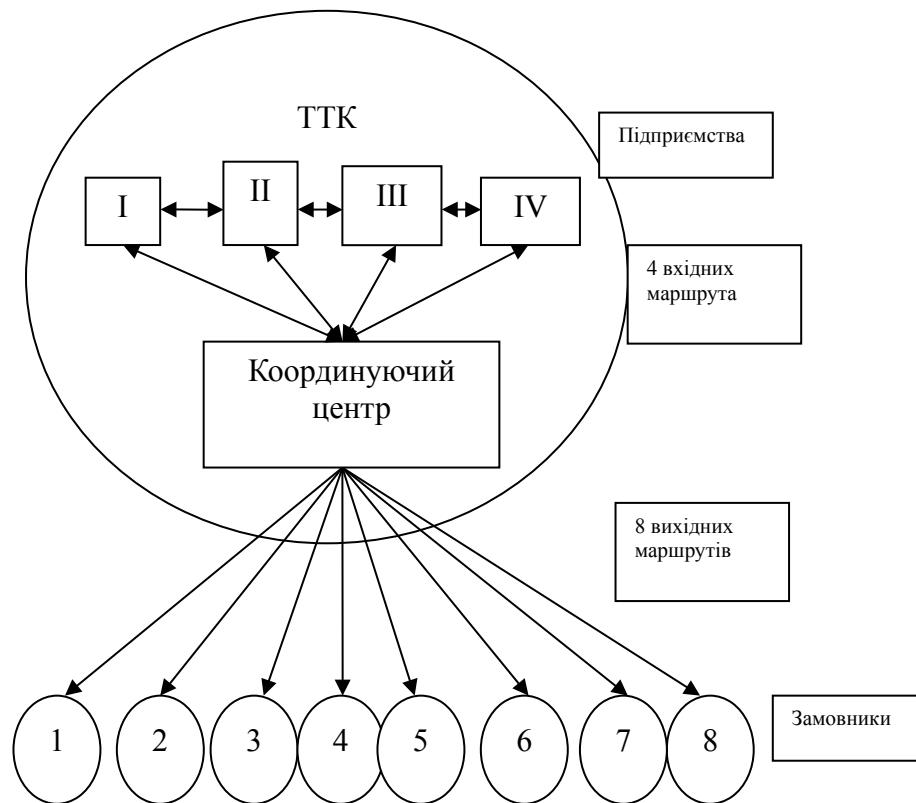


Рисунок 4.2 – Схема постачання послуг в умовах роботи координуючого центру

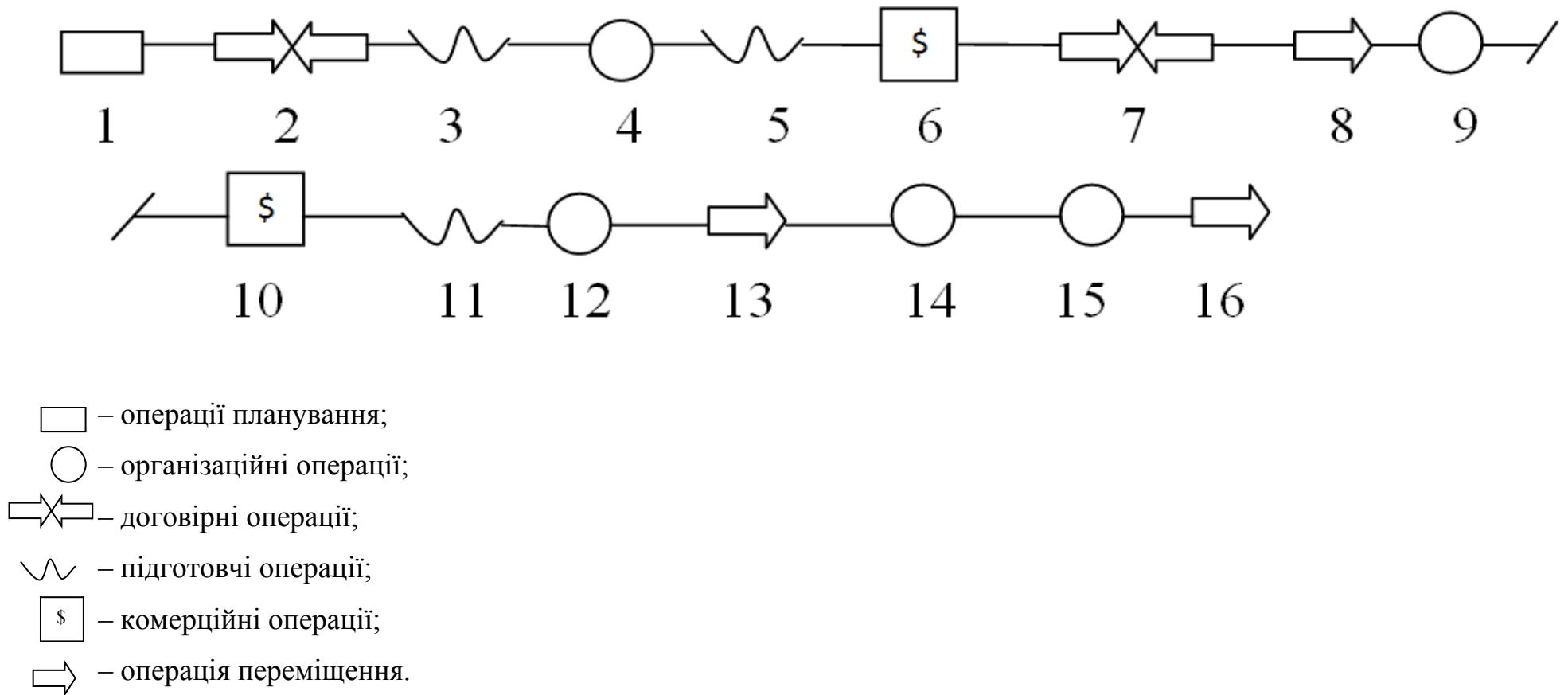


Рис. 4.3 – Структурна схема ланцюга постачання послуг пасажиром СПВ

уточнення часу проведення екскурсій; 12 – висадка пасажирів у пункті призначення; 13 – відвідування пункту призначення; 14 – посадка у вагони для зворотньої подорожі; 15 – висадка у пункті початку подорожі; 16 – доставка додому на таксі (за бажанням).

При перевезеннях пасажирів виконуються основні операції, що забезпечують перевізний процес (початкові операції – забезпечення відправлення та прибуття спеціальних вагонів; операції щодо формування складу – підготовка вагонів до перевезень, маневрова робота локомотивів та «рухові» операції – робота локомотивів щодо переміщення пасажирських поїздів) і допоміжні операції, що створюють умови для організації перевізного процесу (ремонт основних засобів, що задіяні при перевезеннях; господарська робота локомотивів; поточний ремонт та технічне обслуговування рухомого складу; поточне утримання станційних об'єктів).

Економічна оцінка організації перевезень організованих груп пасажирів залізничним транспортом здійснюється співставленням витрат та доходів від транспортної діяльності. Оцінка виконується в декілька етапів: збір та аналіз інформації про витрати залізниці; визначення доходів від організації поїздок у спеціальних вагонах; з ціллю пошуку «критичної» населеності вагонів аналіз беззбитковості населеності спеціальних вагонів; порівняння величин витрат та доходів дозволяє розрахувати розмір прибутку і збитків по кожній поїздки, а також рентабельність залізничних перевезень у безпересадковому сполученні. Ефективність організації залізничних перевезень безпересадкового сполучення може бути суттєво підвищена за рахунок використання стратегії маршрутизації і планування (мається на увазі аналіз інтересів усіх зацікавлених сторін відносно того, яким чином можна досягнути їх сумісної мети) з урахуванням динаміки зміни попиту на послуги залізничного транспорту [128]. Застосування даної стратегії для залізничного транспорту в сфері перевезень у СПВ передбачає обслуговування «об'єднаних» маршрутів поїздів дальнього сполучення. Стратегія «об'єднаних» маршрутів базується на використанні системи двох варіантів обслуговування: коли

маршрут графікового пасажирського поїзду повністю перекриває безпересадковий маршрут (використання причіпних спеціальних вагонів); коли безпересадковий маршрут перекривається двома і більше маршрутами пасажирських поїздів (використання безпересадкових спеціальних вагонів). Застосування стратегії «об'єднаних» маршрутів дозволяє скорегувати розподіл рухомого складу безпересадкового сполучення по маршрутам поїздів місцевого та прямого сполучення шляхом зменшення числа потрібних транспортних засобів для безпересадкових перевезень (у порівнянні з організацією руху цілого комерційного поїзду). Ефективність безпересадкових перевезень для залізничного транспорту підвищується за рахунок збільшення коефіцієнту наповненості вагонів (у порівнянні з поїздом) і зниження постійних та експлуатаційних витрат.

Спрямованість до підвищення провізної спроможності залізничних ліній при мінімальних витратах призвела до зниження комфорту пасажирів за рахунок збільшення числа місць у вагоні – плацкартні вагони. Такий підхід не враховує інтереси пасажирів, для котрих більш зручними виступають купейні та спальні вагони. Для даного випадку використання «об'єданого» маршруту є вигідним для залізниці з точки зору витрат у порівнянні з маршрутом для комерційного поїзду, але у той же час збільшуються витрати на маневрову роботу пов'язану з перечепленням груп вагонів. І, до того ж, для пасажирів більш «зрозумілим» та зручним виступає все ж таки комерційний поїзд. Для оптимального вирішення даної задачі необхідно або максимізувати загальну ефективність, тобто різницю між перевагами пасажирів і витратами залізничного транспорту, яка не покривається тарифами (еластичний попит), або мінімізувати загальні витрати пасажирів та залізниці (постійний попит). Наведений підхід дозволяє здійснити це на практиці, так як у ньому розглядається мультиперіодна модель оптимізації, в якій початковий та кінцевий пункти маршруту, бажаний час відправлення та прибуття, кількість СПВ, а також середній тариф (у випадку еластичного попиту) є змінними вхідними параметрами.

Розглядаються два варіанти організації перевезень пасажирів безпересадкового сполучення: «випадковий», коли причеплення СПВ здійснюється до пасажирського поїзда прямого сполучення на проміжній станції за його маршрутом (випадковість у тому, що завчасно точно не відомо до якого саме поїзду буде здійснено причеплення) (розподіл Пуасону); «узгоджений», коли причеплення СПВ здійснюється до пасажирських поїздів прямого сполучення на станції формування поїзду. Тому частота руху для обох варіантів приймається кратною, а коефіцієнт координації розкладу руху виступає змінним входним параметром. Вирішення задачі оптимізації в рамках мультиперіодної моделі є об'єктивною необхідністю, тому що наявність параметрів, які залежать від періодів доби, року та ін., не дозволяє розбити задачу на моноперіодні підзадачі.

Для визначення маршруту руху для СПВ доцільним виступає оцінка ймовірності «зручності» маршруту i

$$P_i = \prod_{j=1}^n \left(1 - \min \left\{ 1, \max \left\{ \frac{r_i - r_j}{t_j}, 0 \right\} \right\} \right), \quad (4.1)$$

де P_i – ймовірність «зручності» маршруту i ;

r – час у дорозі, хв.;

n – кількість паралельних маршрутів;

i – «зручний» маршрут;

j – паралельний «зручному» маршрут.

Ідея зазначеного підходу базується на послідовному ланцюзі ітерацій порівняння і вибору між маршрутом, що розглядається, і «еквівалентним» маршрутом j , який являє собою «кластер» (групу) раніше обраних маршрутів. Таким чином, один маршрут порівнюється одночасно з групою уже розглянутих

маршрутів. Якщо маршрут відповідає заданим характеристикам, то він приймається «зручним», якщо ні – відхиляється. При використанні методу послідовних наближень для задачі вибору оптимального безпересадкового маршруту виникають наступні критерії: 1 – маршрути аналізуються за часом у русі, починаючи з самого «швидкого»; 2 – маршрут i приймається лише у тому випадку, якщо його тривалість у русі менше, ніж сума часу очікування відправлення і часу у русі для «еквівалентного» маршруту, що включає у себе усі маршрути з менш тривалим часом поїздки, тобто $r_i < r_j + t_j$; 3 – частка ймовірності прийнятих маршрутів скорочується при додаванні нових (коефіцієнт скорочення $1 - p_i$, де p_i – доля доданого маршруту).

Для «еквівалентного» маршруту j час у дорозі дорівнює середній тривалості поїздки:

$$r_j = (1 - p_i) \cdot r'_j + p_i \cdot r'_j, \quad (4.2)$$

де r_j – середній час у дорозі, хв.;

r'_j – час у дорозі для «еквівалентного» маршруту у попередній ітерації, хв.

Процедура скорочення частки прийнятих маршрутів у третьому критерії виступає спрощенням математичної складової моделі. Алгоритм розглянутого методу оцінки ефективності пасажирських залізничних перевезень у безпересадковому сполученні наведено на рисунку 4.4. Задача вирішується для залізничної мережі з заданим розкладом руху пасажирських поїздів, заданими зупиночними пунктами (станціями) за добу, що поділена на періоди тривалістю $t_m, m \in M$, де M – сукупність періодів доби. Для кожного m - 20 періоду доби попит, представлений матрицею кореспонденції i , відповідно, кількість поїздів є змінними параметрами. Умови обслуговування визначають як рівень обслуговування пасажирів, так і попит, який є еластичним у даному випадку, а

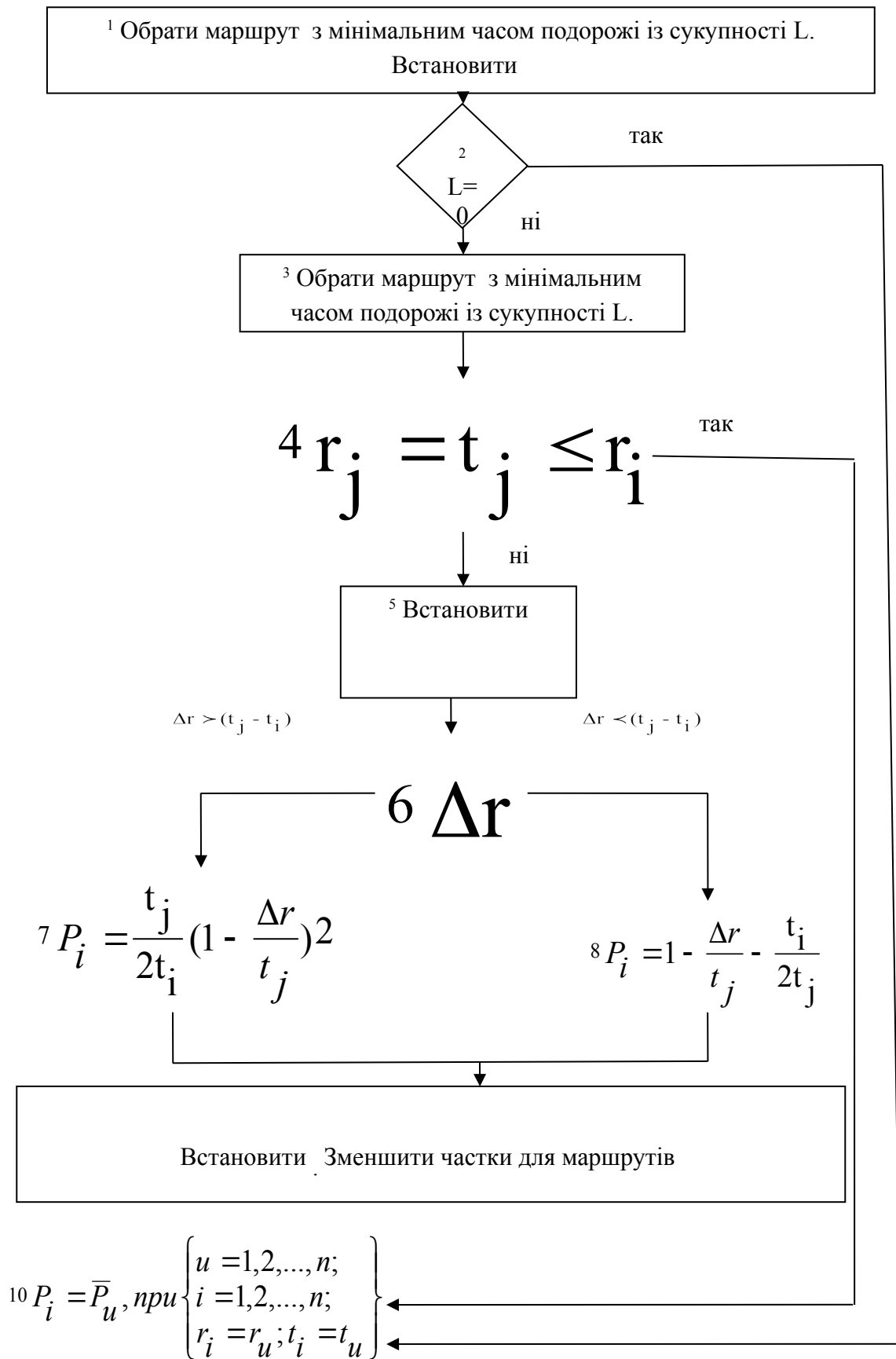


Рисунок 4.4 – Блок-схема алгоритму моделювання процесу вибору безпересадкового маршруту

також рівень витрат залізничного транспорту. Процес моделювання спрямовано на оптимізацію взаємодії потенційних пасажирів і залізничного транспорту на основі зменшення витрат, що накопичуються для обох сторін та збереження якості обслуговування. При моделюванні необхідно враховувати як операційні, так і фінансові обмеження. Описані вище два варіанти організації перевезень пасажирів («випадковий» та «узгоджений») позначимо індексами "v" та "u" відповідно. Розглянемо два варіанти організації «зручного» маршруту: «повний», з індексом h_1 , для якого використовуються причіпні спеціальні вагони; «об'єднаний», з індексом h_2 , для якого використовуються безпересадкові спеціальні вагони.

Середні узагальнені витрати пасажирів $V_{i,OD}, i \in I, OD \in P$, де P – сукупність елементів матриці кореспонденції, яка включає в себе вартісну оцінку таких складових як час очікування відправлення на залізничній станції, час у русі, час перечеплення для безпересадкових спеціальних вагонів, а також вартість проїзду.

$$V^{v_{m,OD}} = c_0 \cdot \frac{1}{f_{1,m}} + c_r \cdot \frac{l_{OD}}{v_{m,d}} + \tau, m \in M, OD \in P, \quad (4.3)$$

$$V^{u_{m,OD}} = c_0 \cdot \frac{1}{f_{2,m}} + c_r \cdot \frac{l_{OD}}{v_{m,d}} + \tau, m \in M, OD \in P, \quad (4.4)$$

де $V^{v_{m,OD}}, V^{u_{m,OD}}$ – середні узагальнені витрати пасажирів за період доби m на організацію «зручного» маршруту, відповідно при «випадковій» та «узагальненій» подачі спеціальних вагонів, грн;

c_0 – вартісна оцінка часу очікування відправлення зі станції, грн/люд.-год.;

$f_{1,m}, f_{2,m}$ – частота руху пасажирських поїздів за «зручним» маршрутом на станції відправлення для періоду доби m для «об'єднаного» та «повного» маршруту відповідно, поїздо-год.;

c_r – вартісна оцінка часу поїздки, грн/люд.-год.;

l_{OD} – довжина «зручного» маршруту, км;

$v_{m,d}$ – середня експлуатаційна швидкість в період доби m на напрямку d ;

\mathcal{T} – вартість проїзду на «зручному» маршруті, грн.

Потоки попиту позначаються відповідно до функцій попиту з постійною еластичністю $e_m, m \in M$, відносно середніх узагальнених витрат

$$D_{m,OD} = D_{m,OD}^0 \left(\frac{V_{m,OD}^{v,u}}{V_{m,OD}^0} \right)^{e_m}, e_m \leq 0, m \in M, OD \in P, \quad (4.5)$$

де $D_{m,OD}$ – рівень попиту в період доби m на «зручний» маршрут;

$D_{m,OD}^0$ – рівень попиту в період доби i на «зручний» маршрут при базових умовах;

$V_{m,OD}^{v,u}$ – рівень середніх узагальнених витрат пасажирів за період доби m при «випадковій» та «узгодженій» подачі спеціальних вагонів, грн;

$V_{m,OD}^0$ – рівень середніх узагальнених витрат пасажирів за період доби m при випадковій та узгодженій подачі спеціальних вагонів при базових умовах, грн;

e_m – еластичний попит в період доби m (при $e_m = 0$ попит є постійним).

У порівнянні з іншими функціями попиту, наприклад, з експоненційною, прийнята функціональна форма дозволяє явно змінювати еластичність і, відповідно, проводити аналіз будь-якої чутливості, що є особливо актуальним в умовах відсутності даних. Витрати залізничного транспорту впливають з наступних показників: 1 – потрібна кількість спеціальних пасажирських вагонів для конкретної

безпересадкової поїздки, $N_{ваг.}$; 2 – сумарний пробіг вагонів за весь період безпересадкової поїздки на маршруті i , $\sum_{i \in I} K_i$, ваг.-км; 3 – час використання вагонів на маршруті i , $\sum_{i \in I} H_i$, ваг.-год.

Також до витрат залізничного транспорту належать наступні елементи: 1 – постійні витрати – витрати на утримання рухомого складу (амортизація та ін.), страхування рухомого складу, податки; 2 – змінні витрати – паливо, обслуговування рухомого складу, запасні частини, ремонт та ін.; 3 – витрати на персонал. Сума 2 та 3 елементів являє собою експлуатаційні витрати. Таким чином, витрати залізничного транспорту дорівнюють

$$C = \sum_{i \in I} (a \cdot N_{ваг.} + b \cdot \sum_{i \in I} K_i + c \cdot \sum_{i \in I} H_i), \quad (4.6)$$

де C – витрати залізничного транспорту за час роботи на маршруті, грн;
 a – постійні витрати на сумарний пробіг одиниці рухомого складу, грн/ваг.-км;
 b – експлуатаційні витрати на одиницю рухомого складу, грн/ваг.;
 c – витрати на персонал на одиницю рухомого складу, грн/год.

Функцією задачі оптимізації залізничних перевезень організованих груп пасажирів виступає загальний (мережевий) ефект, що являє собою зниження середніх узагальнених витрат пасажирів і залізниці. Переваги пасажирів за рахунок зниження середніх узагальнених витрат від V^0 до V і збільшення попиту від D^0 до D , можуть бути виміряні варіацією споживчого надлишку, яку отримано $\int_V^{V^0} D(V) dV$, де dV – функція попиту. Один із критеріїв оцінки ефективності системи для пасажирів визначається так званим «правилом половини». Воно дозволяє

виразити переваги споживачів послуг як $\frac{1}{2}(D^0 - D)(V^0 - V)$, і може розглядатися як апроксимація, що дозволяє отримати достовірні результати при наявності інформації про граничні рівні витрат пасажирів за допомогою варіації споживчого надлишку. Таким чином, вартісна оцінка переваг пасажирів на усьому маршруті визначається за наступною формулою

$$U = \frac{1}{2} \sum_{m \in MOD \in P} \sum (D_{m,OD}^0 - D_{m,OD})(V_{m,OD}^0 - V_{m,OD}). \quad (4.7)$$

Дохід від пасажирських перевезень за один маршрут визначається за наступною формулою

$$F = \sum_{m \in MOD \in P} \sum \tau \cdot D_{m,OD}. \quad (4.8)$$

Звідси слідує, що загальний економічний ефект за весь маршрут являє собою функцію виду

$$B = U + (F - C) \rightarrow \max. \quad (4.9)$$

Розглянуті моменти процесу перевезень організованих груп пасажирів залізничним транспортом, і використання СПВ, потребують обґрунтування доцільності даного виду діяльності. Для цього необхідно розрахувати повну собівартість здійснення залізничної поїздки та визначитися, чи приносить вона прибуток УЗ. Спочатку необхідно визначитися з методикою розрахунку експлуатаційних витрат на здійснення безпересадкових перевезень залізничним транспортом України. Структура та розміри експлуатаційних витрат пов'язаних з діяльністю залізничного транспорту суттєво змінилися за останні роки. Про це

свідчить аналіз фінансово-економічної діяльності залізниць України. Собівартість є вихідною базою формування тарифів на пасажирському залізничному транспорті України, але в сучасних умовах для тарифних цілей не проводять докладні розрахунки, а встановлюють їх по категоріях поїздів і вагонів. Тому собівартість перевезень повинна визначатися за таким же самим принципом. Собівартість пасажирських перевезень майже у 2,5 рази вище ніж вантажних [129]. Цей факт обумовлено наступними причинами: маса пасажирських поїздів є меншою, але більша маса вагону бруто, швидкість руху є більшою, що приводить до збільшення витрат палива та інших енергоресурсів, більші витрати на ремонт, амортизацію, придбання вагонів, необхідність у обслуговуванні пасажирських вагонів під час перевезень та ін.

На залізничному транспорті для розрахунку залежної частини експлуатаційних витрат на здійснення пасажирських перевезень використовується метод одиничних витратних ставок на 1000 пас-км взагалі по кожному напрямку, але у даній дисертаційній роботі цей метод використовується у заданих умовах, для конкретного маршруту, для поїздів, що рухаються по визначених ділянках шляху. Для цього методу проводиться множення одиничних витратних ставок на значення калькуляційного вимірника витрат (таблиця М.1), таким чином отримано витрати, пов'язані з кожним вимірником, а їх сума позначає величину залежної частини експлуатаційних витрат. Для визначення експлуатаційних витрат при перевезенні пасажирів у безпересадкових вагонах необхідно враховувати час на додаткові маневрові операції, що пов'язані з перечепленням вагонів. Витрати по вагонах безпересадкового сполучення розподіляються між поїздами відповідно часу та відстані слідування у складі певного поїзда, однак витрати, пов'язані з очікуванням наступного поїзда або у пункті формування чи обороту відносяться лише до безпересадкового вагону.

У дисертаційній роботі проведено розрахунки собівартості перевезень у спеціальному вагоні на визначеному маршруті [130]. Розрахунки експлуатаційних

залежних витрат виконані на базі методу одиничних витратних ставок, розраховано величину загальних витрат на організацію безпересадкових перевезень, що включають в себе і долю незалежних – витрати на постійне обслуговування і ремонт станційних колій та пристроїв, вагонних депо та інших пристроїв. Для точності визначення собівартості перевезень на маршруті напрямок розбито на окремі ділянки, з урахуванням часу простоїв по кожній із них. Послідовність розрахунків наведено у додатку М. Таким чином, загальна сума витрат на здійснення залізничної безпересадкової поїздки у спеціальному вагоні на визначеному маршруті складає 26959,64 грн (таблиці М.2-М.15), населеність спального вагону – 18 чоловік, тому собівартість витрат на перевезення одного пасажирів складають 1497,76 грн.

Перевезення організованих груп пасажирів не є соціальним продуктом, як звичайні пасажирські перевезення, тому вартість такої подорожі повинна включати у себе не лише повну її собівартість, а і норму прибутку у якості доданої частки до собівартості поїздки. Для визначення вартості подорожі розглянемо структуру ціни на транспортний продукт перевезень у спеціальних вагонах. Ціна на перевезення у СПВ буде враховувати його собівартість, податки, прибуток залізниці. Ціну на перевезення можна визначити методом нормативної калькуляції за наступною формулою:

$$Q = \frac{S_1 + S_2 + P + G + R}{N \cdot L}, \quad (4.10)$$

де Q – вартість перевезення у СПВ для одного пасажирів, грн/пас.;

S_1 – собівартість основних послуг, грн;

S_2 – собівартість додаткових послуг (наприклад, харчування за бажанням), грн;

P – рівень рентабельності до повної собівартості залізничної поїздки (згідно з наказом УЗ №53-Ц від 30.01.01 до 30%), грн;

G – податки (ПДВ у 2014 році 20% від загальної вартості продукту);

R – страховий збір (складає 2% від собівартості перевезень);

N – кількість туристів у групі, пас.;

L – довжина маршруту руху, км.

Собівартість залізничної поїздки у спеціальному вагоні включатиме у себе: витрати на перевезення пасажирів у спеціальному вагоні за обраним маршрутом; витрати на харчування – сума витрат на харчування не включається до собівартості поїздки, тому що пасажирів можуть скористатися послугами вагонів-ресторанів тих поїздів, у складі яких слідує вагон (сніданок та вечеря), або послугами кафе на вокзалах та у місті призначення. При визначенні ціни поїздки, однією із складових стає страховий збір у розмірі 2% від собівартості подорожі (від експлуатаційних витрат при переміщенні у складі пасажирських поїздів місцевого та прямого сполучення) та ще однією із складових стає план отримання прибутку залізницею у розмірі 10-30% з кожної путівки.

Таким чином, ціна поїздки у СПВ на 1 пас.-км буде наступною:

$$Q_{P=30\%} = \frac{26959,64 + 539,19 + 5391,9 + 8087,89}{18 \cdot 2566} = \frac{40978,62}{46188} = 0,887 \text{ грн/пас. - км}$$

$$Q_{P=20\%} = \frac{26959,64 + 539,19 + 5391,9 + 5391,93}{18 \cdot 2566} = \frac{38282,66}{46188} = 0,829 \text{ грн/пас. - км}$$

$$Q_{P=10\%} = \frac{26959,64 + 539,19 + 5391,9 + 2695,96}{18 \cdot 2566} = \frac{35586,69}{46188} = 0,77 \text{ грн/пас. - км}$$

Таким чином, вартість поїздки для одного пасажирів на кільцевому маршруті Харків – Київ – Львів – Одеса – Харків при максимальному рівні рентабельності залізничного туру складатиме 1977 грн/пас. Для оцінки економічної ефективності для залізничного транспорту від впровадження спеціальних вагонів необхідно розрахувати грошовий ефект, який буде виникати за рахунок раціонального використання складу поїздів та рівня комфортабельності при перевезенні пасажирів. Економічний ефект від здійснення перевезень у безпересадковому спеціальному вагоні за розрахунковий період визначається як сума річних економічних ефектів за розрахунковий період з обов'язковим

урахуванням фактору часу (дисконтуванням або компаундуванням грошових потоків) за наступною формулою

$$E_t = P_t - B_t = \sum_{i=1}^n E_i \cdot \alpha_i = \sum_{i=1}^n (P_i - B_i) \cdot \alpha_i, \quad (4.11)$$

де E_t – економічний ефект від реалізації проекту за розрахунковий період, грн;

P_t – вартісна оцінка результатів від реалізації проекту за розрахунковий період, грн;

B_t – вартісна оцінка витрат від здійснення проекту за розрахунковий період, грн;

α_i – коефіцієнт приведення результатів і витрат до розрахункового року.

Визначення економічного ефекту проводиться при умові обов'язкового приведення вартісних оцінок результатів і витрат різних років до єдиного для всіх варіантів реалізації проекту моменту часу – розрахункового року t_p . Приведення результатів і витрат різних років періоду реалізації проекту до розрахункового року здійснюється множенням їх вартісної оцінки за кожний рік на коефіцієнт приведення α_i , що відповідає даному року.

Якщо результати і витрати різних років приводяться до першого року життєвого циклу проекту [131], тобто визначаються в теперішній вартості грошей (дисконтування), то коефіцієнт приведення α_i визначається за формулою

$$\alpha_i = \frac{1}{[(1 + E_n)(1 + I)]^{t - t_p}}, \quad (4.12)$$

де E_n – норматив приведення різночасних витрат і результатів, чисельно дорівнює коефіцієнту ефективності капітальних вкладень (річна ставка банків за депозитними внесками, для 2014 року $E_n = 24\%$);

t_D – порядковий номер останнього року розрахункового періоду (проведемо розрахунки на найближчі 5 років);

t – порядковий номер року здійснення заходу, що приводиться до розрахункового (першого) року;

I – очікуваний середньорічний темп інфляції протягом життєвого циклу проекту, % (очікуваний середньорічний процент інфляції в період 2013-2021рр. – 5%).

$$\alpha_{t_{2015}} = \frac{1}{[(1 + 0,24)(1 + 0,05)]^{1-1}} = 1; \alpha_{t_{2016}} = \frac{1}{[(1 + 0,24)(1 + 0,05)]^{2-1}} = 0,79;$$

$$\alpha_{t_{2017}} = \frac{1}{[(1 + 0,24)(1 + 0,05)]^{3-1}} = 0,63; \alpha_{t_{2018}} = \frac{1}{[(1 + 0,24)(1 + 0,05)]^{4-1}} = 0,5;$$

$$\alpha_{t_{2019}} = \frac{1}{[(1 + 0,24)(1 + 0,05)]^{5-1}} = 0,4.$$

Сумарні витрати на реалізацію заходу за рік, за умови організації поїздки один раз на місяць, включають

$$B_t = (S_1 + S_2 + P + G + R) \cdot 12, \quad (4.13)$$

де S_1 – собівартість основних послуг, грн. ($S_1 = 26959,64 \text{ грн}$);

S_2 – собівартість додаткових послуг (екскурсійне обслуговування), грн. (приймаємо $S_2 = 0 \text{ грн}$).

Таким чином, загальні річні витрати на здійснення залізничної поїздки у спеціальному вагоні складуть

$$B_t = (26959,64 + 5931,09) \cdot 12 = 394688,76 \text{ грн.}$$

Доходи від призначення спеціального вагону можливо отримати за рахунок перевезення пасажирів та надання комплексу послуг типу «готель на колесах». Таким чином, доходи складуть

$$P_i = 12 \cdot Q \cdot N, \quad (4.14)$$

де Q – вартість поїздки для одного пасажирів, грн ($Q = 1977 \text{ грн} / \text{пас.}$);

N – кількість пасажирів у групі ($N = 18 \text{ чол.}$).

$$P_i = 12 \cdot 1977 \cdot 18 = 427032 \text{ грн.}$$

Розрахунок сукупного приросту економічного ефекту від впровадження спеціального вагону наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Розрахунок сукупного приросту економічного ефекту від впровадження спеціального вагону на маршруті Харків – Київ – Львів – Одеса – Харків

Найменування витрат	Рік				
	2015	2016	2017	2018	2019
1	2	3	4	5	6
Витрати, тис. грн	394,69	394,69	394,69	394,69	394,69
Доходи від призначення спеціального вагону, тис. грн	427,03	427,03	427,03	427,03	427,03
Економічний ефект, тис. грн	32,34	32,34	32,34	32,34	32,34
Коефіцієнт приведення до розрахункового року	1	0,79	0,63	0,5	0,4
Економічний ефект з урахуванням коефіцієнту приведення, тис. грн	32,34	25,55	20,37	16,17	12,94

Найменування витрат	Рік				
	2015	2016	2017	2018	2019
1	2	3	4	5	6
Економічний ефект наростаючим підсумком, тис. грн	32,34	57,89	78,26	94,43	107,37

Таким чином, в результаті впровадження спеціального вагону у безпересадковому сполученні на визначеному маршруті вдалося отримати ефект у розмірі 32,34 тис. грн/рік. Якщо кластер потенційних пасажирів СПВ склав 0,00457% від загального пасажиропотоку залізничного транспорту і відповідає 22 тис. пас. на рік, то за рік необхідно організувати рух 1223 спальних вагонів з номінальною кількістю місць у вагоні 18, тобто 102 вагона щомісяця, і відповідно – 3-4 спеціальних вагонів на день. Так, економічний ефект навіть за песимістичними прогнозами при організації руху 3-х СПВ на день складе $1080 \text{ ваг./рік} \times 32,34 \text{ тис. грн.} = 34937,2 \text{ тис. грн/рік} = 34,94 \text{ млн грн/рік}$.

4.3 Висновки до розділу 4

1. Запропонована структурна схема ланцюга постачання послуг пасажиром за умови перевезень у спеціальних вагонах. Розроблено систему підтримки прийняття рішень для організації перевезень залізничним транспортом у безпересадковому сполученні. Для розрахунків було обрано залізничний кільцевий маршрут у спеціальних пасажирських вагонах: Харків – Київ – Львів – Одеса – Харків. В результаті тривалість маршруту склала 4 доби, а перевезення організованих груп пасажирів залізницею у безпересадковому сполученні надає змогу пасажирам відпочити упродовж нічного часу та відвідати усі пункти призначення у денні години.

2. Оцінка економічного ефекту впровадження удосконаленої технології організації пасажирських перевезень у спеціальних вагонах показала, що загальна сума експлуатаційних витрат на організацію лише одного спеціального вагону на визначеному маршруті склала 26959,64 грн, а вартість подорожі для одного

пасажирів на кільцевому маршруті Харків – Київ – Львів – Одеса – Харків склала 1977 грн (або 0,77 грн/пас.-км), економічний ефект на одному маршруті за умови обслуговування кластеру потенційних пасажирів СПВ складає 34,94 млн грн/рік.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертаційному дослідженні вирішено науково-прикладне завдання удосконалення технології пасажирських залізничних перевезень у безпересадковому сполученні в СПВ за рахунок раціоналізації часу використання пасажирського рухомого складу, а саме:

1. На підставі проведеного аналізу стану системи пасажирських перевезень місцевого та прямого сполучень в Україні доведено, що розміри перевезень пасажирів залізничним транспортом поступово збільшуються, і має місце тенденція зниження частки перевезень у 1990-х роках, що пов'язано зі зниженням життєвого рівня населення. Зазначений фактор є причиною уповільнення зростання кількісних показників перевезень. На підставі проведеного аналізу доведена актуальність перевезень організованих груп пасажирів у СПВ. Це дозволить підвищити фінансовий стан залізничного транспорту. Аналіз пасажиропотоків дозволив на основі теорії кластеризації виявити кластер потенційних пасажирів спеціальних вагонів, розмір якого склав 0,004547% від загального пасажиропотоку залізничного транспорту, що відповідає 22 тисячам пасажирів на рік.

2. Для організації перевезень організованих груп пасажирів у якості альтернативного варіанту запропоновано не організацію цілих комерційних поїздів, враховуючи дефіцит пасажирського рухомого складу та обмежену кількість пасажирів на деяких напрямках в Україні, а перевезення у спеціальних комфортних вагонах, які будуть причіплятися до пасажирських поїздів. Основною задачею при перевезеннях таких груп є організація руху вагонів у складі пасажирських поїздів за умови зручності взаємодії з іншими видами транспорту. Виходячи з цього розроблено математичну модель визначення раціональних ниток відправлення СПВ

з ПС, та запропоновано процедуру визначення раціонального маршруту руху СПВ у складі пасажирських поїздів на мережі залізниць України. Для вирішення поставленої задачі використано метод еволюційного моделювання (генетичні алгоритми). Розглянуто основні технологічні операції та послідовність їх виконання зі спеціальними вагонами на станції формування і обороту пасажирського поїзду на прикладі залізничної станції Харків-Пасажирський Південної залізниці. Запропоновані підходи дозволяють вирішувати задачі календарного планування та управління ресурсами на залізничному транспорті України.

3. Розроблено багаторівневий комплекс моделей функціонування елементів технологічних підсистем ПК залізничного транспорту, що, на відміну від існуючих імітаційних моделей, дозволяє кожну підсистему представити у вигляді структурно-логічних схем технологічних ліній обробки пасажирських поїздів та вагонів. Модель дозволяє досліджувати динаміку процесів обробки поїздів на кожному етапі та визначати основні параметри технології пасажирських перевезень у спеціальних вагонах.

4. Сформовано процедуру оцінювання зручності часу прибуття та відправлення кожного поїзду з метою дослідження можливості причеплення спеціальних вагонів, що дозволяє забезпечити максимальне задоволення попиту пасажирів у перевезеннях, визначити зручний час відправлення та прибуття спеціальних вагонів до пунктів призначення. Отримано аналітичну залежність між зручністю та часом прибуття й відправлення вагонів для пасажирів, що дозволило проводити розрахунки оцінки зручності розкладу руху спеціальних вагонів для будь-якого маршруту. Застосування даної процедури дозволяє поетапно описувати весь процес організації робіт для станції формування вагонів та для станції обороту. Дану процедуру покладено в основу системи підтримки прийняття рішень для формування розкладу руху спеціальних вагонів, яка дозволяє корегувати розклад руху СПВ у випадках запізнення пасажирських поїздів або виникнення нестандартних ситуацій.

5. Удосконалено структуру та комплекс задач інформаційно-керуючої системи АСК ПП УЗ при організації пасажирських перевезень у спеціальних вагонах за рахунок сформованих автоматизованих систем тактичного рівня на основі теорії розкладу та оперативного рівня з використанням математичного апарату мереж Петрі.

6. Методом одиничних витратних ставок виконано оцінку економічної доцільності впровадження удосконаленої технології пасажирських залізничних перевезень у безпересадковому сполученні в спеціальних вагонах, яка показала, що економічний ефект від обслуговування виявленого кластеру пасажирів спеціальних вагонів на запропонованому маршруті склав 34,94 млн грн/рік.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сіваконева, Г.О. Побудова математичних моделей технологічних ліній обробки пасажирських поїздів на залізничних станціях [Текст] / Г.О. Сіваконева // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Х.: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 131. – С. 61-67.

2. Альошинський, Є.С. Аналіз транспортної мобільності населення під час проведення Євро-2012 та перспективи розвитку залізничного туризму в Україні [Текст] / Є.С. Альошинський, Г.О. Сіваконева, О.О. Іванько // Международный информационный научно-технический журнал «Вагонный парк». – Х.: Издательство «Подвижной состав», 2011. – №4. – С.15-18.

3. Альошинський, Є.С. Концепція диверсифікації діяльності залізничного транспорту України на основі створення регіональних транспортно-логістичних кластерів [Текст] / Є.С. Альошинський, Є.І. Балака, Ю.В. Шульдінер, С.О. Світлична, Г.О. Сіваконева // Журнал «Залізничний транспорт України». – К., 2012. – №6 (97). – С. 24-28.

4. Альошинський, Є.С. Аналіз можливості організації перевезень пасажирів залізницею в умовах надання туристичних послуг до і після «Євро-2012» [Текст] / Є.С. Альошинський, Г.О. Сіваконева // Науково-технічний збірник «Комунальне господарство міст». – Х.: ХНАМГ, 2012. – №105. – С. 407-412.

5. Альошинський, Є.С. Система процесу доставки легкових автомобілів у вантажних модулях при змішаних перевезеннях [Текст] / Є.С. Альошинський, О.П. Процик, С.О. Світлична, О.С. Пестременко-Скрипка, Г.О. Сіваконева // Международный информационный научно-технический журнал «Вагонный парк». – Х.: Издательство «Подвижной состав», 2013. – №8(77). – С. 22-27.

6. Шульдінер, Ю.В. Удосконалення електронного документообігу на залізничному транспорті в межах логістичного кластера Харківського регіону [Текст] / Ю.В. Шульдінер, Г.О. Сіваконева, Д.В. Бадіков // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Х.: УкрДАЗТ, 2013. – Вип. 135. – С. 25-31.

7. Сіваконева, Г.О. Формалізація процесу функціонування автоматизованої технології формування розкладу руху спеціальних пасажирських вагонів [Текст] / Г.О. Сіваконева // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Х.: УкрДАЗТ, 2014. – Вип. 150. – С. 73-78.

8. Альошинський, Є.С. Аналіз можливості організації місцевої роботи на залізничних станціях в умовах впровадження швидкісного пасажирського руху [Текст] / Є.С. Альошинський, О.С. Губачова, С.О. Світлична, Г.О. Сіваконева, Т.О. Ланчак // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Х., 2012. – Том 2. – №3(56). – С.42-46.

9. Альошинський, Є.С. Організація вантажного руху на станції Лозова Південної залізниці в умовах впровадження швидкісного руху [Текст] / Є.С. Альошинський, О.С. Губачова, С.О. Світлична, Г.О. Сіваконева // Журнал «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті». – Х.: УкрДАЗТ, 2013. – №3(100). – С. 54-59.

10. Пат. 76548 Україна, МПК⁵¹ B61L 27/00. Автоматизована система для визначення вхідної інформації для розробки графіку руху поїздів за допомогою імітаційного моделювання [Текст] / Альошинський Є.С., Сіваконева Г.О.; заявник та патентовласник Українська державна академія залізничного транспорту; заявл. 06.06.12; опубл. 10.01.13, Бюл. №1/2013.

11. Балака, Є.І. Організаційний аспект відродження та розвитку залізничного туризму на основі кластеризації [Текст] / Є.І. Балака, Г.О. Сіваконева // Журнал «Технологічний аудит та резерви виробництва». – Х., 2014. – Том 1. – №2(15). – С. 41-44.

12. Пат. 93842 Україна, МПК⁵¹ G06F 7/76, G06F 9/44, B61L 25/02. Автоматизована система для розробки графіку руху причіпних пасажирських

вагонів туристичного призначення за допомогою імітаційного моделювання [Текст] / Альошинський Є.С., Сиваконева Г.О., Світлична С.О.; заявник та патентовласник Українська державна академія залізничного транспорту; заявл. 04.06.13; опубл. 27.10.14, Бюл. №20/2014.

13. Сиваконева, А.А. Организация транспортно-туристской деятельности железнодорожного транспорта на основе кластеризации [Текст] / А.А. Сиваконева // Коллективная монография «Логистическое управление грузо- и вагонопотоками». – Saarbrucken (Germany): Lambert Academic Publishing, 2014. – С. 55-64.

14. Спосіб перевезення легкових автомобілів у вантажному модулі (ВМ) [Текст]: свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір 58057 Україна / Альошинський Є.С., Процик О.П., Світлична С.О., Дудник О.С., Кабанець С.В., Пестременко-Скрипка О.С., Сиваконева Г.О.; заявники. – №58948; заявл. 15.12.2014.

15. Система процесу доставки легкових автомобілів при змішаних перевезеннях за допомогою вантажного модуля (ВМ) [Текст]: свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір 58058 Україна / Альошинський Є.С., Процик О.П., Світлична С.О., Дудник О.С., Кабанець С.В., Пестременко-Скрипка О.С., Сиваконева Г.О.; заявники. – №58949; заявл. 15.12.2014.

16. Альошинський, Є.С. Логістичні дослідження перспективи розвитку залізничного туризму в Україні в умовах підготовки до Євро-2012 [Текст] / Є.С. Альошинський, Г.О. Сиваконева // Матеріали II-ї Міжнародної НПК «Маркетинг і логістика в системі менеджменту пасажирських перевезень на залізничному транспорті», 20-22 вересня 2011 р., м. Донецьк: тези доповідей. – К., 2011. – С. 46-48.

17. Сиваконева, Г.О. Технологія підвищення ефективності пасажирських перевезень залізничним транспортом на основі логістичних досліджень організації транспортних подорожей [Текст] / Г.О. Сиваконева // Тези III-ї Міжнародної НПК «Інтеграція України в міжнародну транспортну систему», 17-18 листопада 2011 р., м. Дніпропетровськ: тези доповідей. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2011. – С. 65-66.

18. Сіваконева, Г.О. Удосконалення технології та умов перевезення пасажирів залізничним транспортом України [Текст] / Г.О. Сіваконева // Зб. наук. праць Sworld. Матеріали Міжнародної НПК «Сучасні проблеми та шляхи їх вирішення в науці, транспорті, виробництві та освіті 2011», 21-28 грудня 2011 р., м. Одеса: тези доповідей. – Одеса: Чорномор'є, 2011. – Том 3. – №4. – С. 58-59.

19. Сіваконева, Г.О. Логістичні основи взаємодії під'їзних колій промислових підприємств зі станцією примикання у Лозовському вузлі [Текст] / Г.О. Сіваконева, С.О. Світлична, О.С. Губачова // Зб. наук. праць за матеріалами IV-ої Міжнародної НПК «Логістика промислових регіонів», 23-25 квітня 2012 р., м. Донецьк – м. Святогірськ: тези доповідей. – Донецьк: ЛАНДОН XXI, 2012. – С. 77-78.

20. Сіваконева, Г.О. Розробка графіку руху туристичних пасажирських поїздів в Україні [Текст] / Г.О. Сіваконева // Зб. наук. праць Sworld. Матеріали міжнародної НПК «Перспективні інновації в науці, освіті, виробництві та транспорті'2012», 21 червня – 3 липня 2012 р.: тези доповідей. – Одеса: КУПРИЄНКО, 2012. – Том 2. – №2. – С. 8-9.

21. Балака, Є.І. Транспортно-логістичні кластери як передумова диверсифікації залізничного транспорту України [Текст] / Є.І. Балака, С.О. Світлична, Г.О. Сіваконева // Матеріали VII-ї Міжнародної НПК «Проблеми економіки та управління на залізничному транспорті», 11-13 жовтня 2012 р., м. Судак: тези доповідей. – К.: ДЕДУТ, 2012. – С. 226-227.

22. Сіваконева, Г.О. Здійснення пасажирських перевезень в умовах надання транспортних туристичних послуг [Текст] / Г.О. Сіваконева // Журнал «Технологічний аудит і резерви виробництва». Матеріали міжнародної наукової конференції «Наукова періодика слов'янських країн в умовах глобалізації», 10-12 жовтня 2012 р., м. Київ: тези доповідей. – К., 2012. – Том 1. – №5/1(7). – С. 41-42.

23. Сіваконева, Г.О. Обґрунтування потреби моделювання процесу організації пасажирських залізничних перевезень при взаємодії з туристичними організаціями [Текст] / Г.О. Сіваконева // Матеріали дев'ятої Міжнародної НПК «Сучасна наука в

мережі Інтернет», 25-27 лютого 2013 р., м. Київ: тези доповідей. – К., 2013. – С. 74-76.

24. Сіваконева, Г.О. Взаємодія залізничного транспорту з туристичними компаніями – шлях до підвищення попиту на послуги залізниці [Текст] / Г.О. Сіваконева // Зб. наук. праць Sworld. Матеріали міжнародної НПК «Сучасні напрямки теоретичних і прикладних досліджень '2013», 19-30 березня 2013 р., м. Одеса: тези доповідей. – Одеса: КУПРИЄНКО, 2013. – Том 1. – №1. – С. 72-74.

25. Сіваконева, Г.О. Аналіз основних етапів розробки туристичного маршруту в умовах організації перевезень залізницею [Текст] / Г.О. Сіваконева // Матеріали II-ї Всеукраїнської НПК студентів та молодих вчених «Проблеми і перспективи розвитку транспорту: технологія, управління, економіка, логістика, право», 19 квітня 2013 р., м. Одеса: тези доповідей. – Одеса, 2013. – С. 96-99.

26. Сіваконева, Г.О. Удосконалення процесу взаємодії залізничного транспорту і туристичних компаній з метою підвищення попиту на пасажирські перевезення [Текст] / Г.О. Сіваконева // Матеріали 75-ої Міжнародної НТК «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті». Зб. наук. праць УкрДАЗТ, 24-25 квітня 2013 р., м. Харків: тези доповідей. – Х.: УкрДАЗТ, 2013. – Вип. 136. – С. 409.

27. Сиваконева, А.А. Технология определения времени нахождения пассажирских вагонов в движении для планирования арендных отношений с туристическими компаниями [Текст] / А.А. Сиваконева // Труды международной НПК «Транспорт – 2013», 24-26 апреля 2013 г., г. Ростов-на-Дону: тезисы докладов. – Ростов-на-Дону, 2013. – Часть 1. – С. 204-206.

28. Сіваконева, Г.О. Використання автоматизованих систем для визначення тривалості залізничних турів [Текст] / Г.О. Сіваконева // Матеріали 73-ої Міжнародної НПК «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту», 23-24 травня 2013 р., м. Дніпропетровськ: тези доповідей. – Дніпропетровськ, 2013. – С. 167-168.

29. Сіваконева, Г.О. Удосконалення взаємодії Укрзалізниці з туристичними компаніями [Текст] / Г.О. Сіваконева // Матеріали дев'ятої міжнародної НПК «Проблеми міжнародних транспортних коридорів та єдиної транспортної системи України». Вісник економіки транспорту і промисловості, 5-7 червня 2013 р., м. Харків: тези доповідей. – Х.: УкрДАЗТ, 2013. – Вип. 42. – С. 99-100.

30. Сіваконева, Г.О. Розробка методу визначення оцінки зручності часу відправлення та прибуття туристських вагонів на залізничні станції [Текст] / Г.О. Сіваконева // Зб. наук. праць Sworld. Матеріали міжнародної НПК «Перспективні інновації в науці, освіті, виробництві та транспорті '2013», 20-30 грудня 2013 р.: тези доповідей. – Іваново: МАРКОВА АД, 2013. – Том 2. – №4. – С. 17-19.

31. Сіваконева, Г.О. Метод розробки графіку руху причіпних туристських вагонів [Текст] / Г.О. Сіваконева // Журнал «Технологічний аудит та резерви виробництва». Матеріали НПК «Наукові підсумки 2013 р.». – Х., 2013. – Том 6. – №6(14). – С. 8-10.

32. Сіваконева, Г.О. Удосконалення організації транспортно-туристської діяльності залізниць України на основі кластеризації [Текст] / Г.О. Сіваконева // Тези доповідей 76-ої Міжнародної НТК «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті». Зб. наук. праць УкрДАЗТ, 15-17 квітня 2014 р., м. Харків: тези доповідей. – Х.: УкрДАЗТ, 2014. – Вип. 143. – С. 309-310.

33. Сіваконева, Г.О. Дослідження пасажирських залізничних перевезень методами кластерного аналізу [Текст] / Г.О. Сіваконева // Матеріали десятої міжнародної НПК «Проблеми міжнародних транспортних коридорів та корпоративної логістики». Вісник економіки транспорту і промисловості, 5-7 червня 2014 р., м. Харків: тези доповідей. – Х.: УкрДАЗТ, 2014. – Вип. 46. – С. 33.

34. Сіваконева, Г.О. Комплексна оцінка стану системи пасажирських залізничних перевезень місцевого та прямого сполучень в Україні [Текст] / Г.О. Сіваконева // Тези НПК «Розвиток теорії та практики функціонування залізничних станцій та вузлів». Зб. наук. праць ДНУЗТ ім. академіка В. Лазаряна

«Транспортні системи та технології перевезень», 11-12 грудня 2014 р., м. Дніпропетровськ: тези доповідей. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2014. – С. 75-77.

35. Акуленко, А.А. Прогноз обсягів вантажних і пасажирських перевезень на перспективу до 2012 [Текст] / А.А. Акуленко, П.О. Яновський // Журнал «Залізничний транспорт України». – К., 2009. – №6. – С. 41-44.

36. Про схвалення Транспортної стратегії України на період до 2020 року [Електронний ресурс]: Кабінет Міністрів України. Розпорядження від 20 жовтня 2010 р. №2174. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/2174-2010-%D1%80>. – Назва з екрану.

37. Укрстат [Електронний ресурс]. – Режим доступу: ukrstat.gov.ua.

38. In brief: China [Text] // International Railway Journal. – 2011. – №11. – Р. 5-7.

39. Гузенко, Н. Железнодорожающая. Украинцы скоро могут забыть о дешевых билетах на поезд [Текст] / Н. Гузенко // Журнал «Фокус». – 2011. – №46. – С. 20-22.

40. Дергоусова, А.О. Формування стратегії розвитку залізничного туризму [Текст] / А.О. Дергоусова / дис. к.е.н.: спец. 08.00.04. – економіка та управління підприємствами (за видами економічної діяльності). – Х.: УкрДАЗТ, 2012. – 216 с.

41. Баранова, Г.М. Развитие железнодорожного туризма как один из путей повышения уровня обслуживания пассажиров [Текст] / Г.М. Баранова // Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Маркетинг і логістика в системі менеджменту пасажирських перевезень на залізничному транспорті». – К., 2011. – С. 6-8.

42. Киреев, А. У «Укрзалізничці» закончились предновогодние билеты [Электронный ресурс] / А. Киреев // Газета «Дело». – 2011. – 16 ноября. Режим доступа: <http://delo.ua/business/u-ukrzaliznyci-zakonchilis-prednovogodnie-bilety-168017/>. – Название с экрана.

43. Губанова, А.А. На пути к открытым инновациям, или повышение конкурентоспособности предприятий транспортной отрасли посредством предложения новых видов услуг [Текст] / А.А. Губанова // Матеріали II Міжнародної

науково-практичної конференції «Маркетинг і логістика в системі менеджменту пасажирських перевезень на залізничному транспорті». – К., 2011. – С. 9-11.

44. Іванько, О.О. Реформування залізничної галузі. Підготовка до Євро 2012 [Текст] / О.О. Іванько / Магістерська кваліфікаційна робота. – Х.: УкрДАЗТ, 2011. – 68 с.

45. Про внесення змін до закону України «Про залізничний транспорт» [Електронний ресурс]: Верховна Рада України, закон від 23.02.2012 р. №4443-VI. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/4443-17>. – Назва з екрану.

46. Альошинський, Є.С. Впровадження швидкісного руху пасажирських поїздів на дільниці Гребінка – Полтава – Красноград – Харків – Лозова. Станція стикування постійного 3,3кВ та змінного 27,5кВ видів тягового струму по ст. Лозова. Розробка технології обслуговування під'їзних і тракційних колій залізничних та промислових підприємств Лозовського вузла [Текст] / Є.С. Альошинський, О.М. Огар, М.Ю. Куценко, Г.О. Сіваконева, О.С. Губачова, С.О. Світлична // Звіт про НДР ДР 0112U000423. – Х.: УкрДАЗТ, 2012. – 362 с.

47. Чередниченко, О.Ю. Взаємозв'язок між туристичним сектором економіки та залізничним транспортом України [Текст] / О.Ю. Чередниченко, А.О. Чередниченко // Вісник економіки транспорту і промисловості. Зб. наук. праць. – Х.: УкрДАЗТ, 2008. – № 21. – С. 141-144.

48. Супонева, В.П. Розвиток залізничного туризму України та утворення нового підрозділу з управління залізничним туризмом [Текст] / В.П. Супонева // Вісник економіки транспорту і промисловості. Зб. наук. праць. – Х.: УкрДАЗТ, 2009. – №25. – С. 137-140.

49. Сиволовська, О.В. Розробка туристичних маршрутів як напрямку диференціації діяльності на залізничному транспорті [Текст] / О.В. Сиволовська, О.Г. Шаля // Вісник економіки транспорту і промисловості. Зб. наук. праць. – Х.: УкрДАЗТ, 2009. – №28. – С. 66-70.

50. Дергаусова, А.О. До питання визначення факторів розвитку залізничного туризму в Україні [Текст] / А.О. Дергаусова // Международный информационный

научно-технический журнал «Вагонный парк». – Х.: Издательство «Подвижной состав», 2011. – № 2. – С. 16-18.

51. Зоріна, О.І. Перспективи розвитку міжнародного залізничного туризму в Україні [Текст] / О.І. Зоріна // Международный информационный научно-технический журнал «Вагонный парк». – Х.: Издательство «Подвижной состав», 2011. – №3. – С. 4-6.

52. Мельник, Т.С. Позичіонування залізничного транспорту на ринку туристичних послуг [Текст] / Т.С. Мельник // Международный информационный научно-технический журнал «Вагонный парк». – Х.: Издательство «Подвижной состав», 2011. – №8. – С. 57-60.

53. Правила перевезень пасажирів, багажу, вантажобагажу та пошти залізничним транспортом України z0310-07 від 27.12.2006 р. №1196 зі змінами від 24.12.2013 р. (підстава z2044-13) [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0310-07>.

54. Кочнев, Ф.П. Пассажирские перевозки на железных дорогах [Текст] / Ф.П. Кочнев // Учебн. пособие для ин-тов инженерного ж.-д. транспорта. Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Трансжелдориздат, 1959. – 351 с.

55. Кочнев, Ф.П. Управление эксплуатационной работой железных дорог [Текст] / Ф.П. Кочнев, И.Б. Сотников // Учеб. пособие для вузов. – М.: Транспорт, 1990. – 424 с.

56. Кочнев, Ф.П. Пассажирские станции и вокзалы [Текст] / Ф.П. Кочнев. – М.: Трансжелдориздат, 1950. – 360 с.

57. Кочнев, Ф.П. Основы рациональной организации и резервы пассажирского движения [Текст] / Ф.П. Кочнев. – М.: Трансжелдориздат, 1955. – 132 с.

58. Плахов, Г.Н. Прогнозирование и планирование пассажирских перевозок [Текст] / Г.Н. Плахов // Журнал «Железнодорожный транспорт». – М., 1972. – №7. – С. 23-25.

59. Марчук, Б.Е. Типовая АСУ «Экспресс-2» [Текст] / Б.Е. Марчук // Журнал «Железнодорожный транспорт». – М., 1976. – №11. – С. 59-62.

60. Грунтов, П.С. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок [Текст] / П.С. Грунтов. – М.: Транспорт, 1994. – 544 с.
61. Шубко, В.Г. Разработка оптимальной схемы обращения пассажирских поездов на заданном полигоне сети железных дорог [Текст] / В.Г. Шубко, Ф.С. Гоманков // Тр. МИИТ. – М.: МИИТ, 1973. – Вып. 40. – С. 117-129.
62. Пазойский, Ю.О. Организация пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте (в примерах и задачах) [Текст] / Ю.О. Пазойский, Л.С. Рябуха, В.Г. Шубко. – М.: Транспорт, 1991. – 240 с.
63. Шубко, В.Г. Расчет плана формирования пассажирских поездов при случайном характере пассажиропотоков [Текст] / В.Г. Шубко. – М.: МИИТ, 1985. – Вып. 770. – С. 12-16.
64. Lingling, W.U. **Analysis of Tourism Generation Incorporating the Influence of Constraints Based on a Scobit Model** [Text] / W.U. Lingling, J. Zhang, A. Fujiwara, M. Chikaraishi // Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, March 19, 2012. – P. 345-365.
65. Evangelia Pyrga The Railway Traveling Salesman Problem Frank Geraets, Leo G. Kroon, Anita Schöbel, Dorothea Wagner, Christos D. Zaroliagis (Eds.): Algorithmic Methods for Railway Optimization, International Dagstuhl Workshop, Dagstuhl Castle, Germany, June 20-25, 2004, 4th International Workshop, ATMOS 2004, Bergen, Norway, September 16-17, 2004, Revised Selected Papers. Springer 2007, ISBN 978-3-540-74245-6. LNCS4359.
66. Frank Schulz Efficient Models for Timetable Information Frank Geraets, Leo G. Kroon, Anita Schöbel, Dorothea Wagner, Christos D. Zaroliagis (Eds.): Algorithmic Methods for Railway Optimization, International Dagstuhl Workshop, Dagstuhl Castle, Germany, June 20-25, 2004, 4th International Workshop, ATMOS 2004, Bergen, Norway, September 16-17, 2004, Revised Selected Papers. Springer 2007, ISBN 978-3-540-74245-6. LNCS4359. http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:6Hq8JYAHwdoJ:scholar.google.com/&hl=ru&as_sdt=0 p. 8.

67. Daamen, W. A quantitative assessment on the desing of a railway station [Text] / In Allen, J, RJ Hill, CA Brebbia, G Sciutto, S Sone (Eds.) // Computers in railways VIII (Congress Proceedings of CompRail 2002), Lemnos, Greece, June 2002. – P. 191-200.
68. Rob, M.P. Transfer Stations and Synchronization [Text] / M.P. Rob // Top Tech Study Rail Systems Engineering, Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Geo Sciences, Transportation Planning and Traffic Engineering Section. – 1998. – 10 p.
69. Гудков, О.М. Організаційно-економічний розвиток пасажирського комплексу залізничного транспорту України на основі системного підходу [Текст] / О.М. Гудков // Дисертація на здобуття ступеню к.е.н. – К.: Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України, 2009. – 300 с.
70. Арест, Я.И. Путешествие на туристическом поезде по стране [Текст] / Я.И. Арест, Е.Я. Архипец. – М.: Профиздат, 1965. – 57 с.
71. Фастовець, О.О. Організація транспортних подорожей і перевезень туристів [Текст] / О.О. Фастовець // Навчальний посібник. – К.: Музична Україна, 2003. – 354 с.
72. Ильина, Е.Н. Организаци железнодорожных путешествий [Текст] / Е.Н. Ильина // Учебно-методическое пособие. – М.: Советский спорт, 2003. – 298 с.
73. Аксенов, И.М. Эффективность пассажирских железнодорожных перевозок [Текст] / И.М. Аксенов // Монография. – К.: Транспорт Украины, 2004. – 546 с.
74. Аксьонов, І.М. Довідник залізничника. У восьми книгах. Книга друга: Перевезення пасажирів [Текст] / І.М. Аксьонов, С.С. Довганюк, Д.В. Зеркалов / За ред. Д.В. Зеркалова. – К.: Основа, 2004. – 436 с.
75. Туризм и гостиничное хазяйство [Электронный ресурс]. – Учебное пособие. – Режим доступа: <http://www.oturbiznese.ru/sitemap.html>.
76. Шикин, Е.В. Математические методы и модели в управлении [Текст] / Е.В.Шикин, А.Г. Чхартишвили // Учеб. пособие, 2-е изд., испр. – М.: Дело, 2002. – 440 с.

77. Покацкая, Е.В. Пассажирский железнодорожный комплекс. Пассажирские станции: учеб. пособие для студентов вузов ж. д. транспорта [Текст] / Е.В. Покацкая, А.С. Левченко. – Самара: СамГАПС, 2007. – 72 с.

78. Гэри, М. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи [Текст] / М. Гэри, Д. Джонсон // Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – 416 с.

79. Коробйова, Р.Г. Розвиток сервісу в пасажирських залізничних перевезеннях [Текст] / Р.Г. Коробйова, А.Д. Чугай, Н.В. Руденко // Проблеми и перспективы развития железнодорожного транспорта: Тезисы 73 Международной научно-практической конференции (Днепропетровск, 23-24 мая 2013 г.) – Днепропетровск: ДИИТ, 2013. – С. 153-154.

80. Кветний, Р.Н. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 1. [Електронний ресурс] / Р.Н. Кветний, І.В. Богач, О.Р. Бойко, О.Ю. Софіна, О.М. Шушура. – Режим доступа: posibnyku.vntu.edu.ua/k_m/t1/11.htm.

81. Катренко, А.В. Системний аналіз [Текст] / А.В. Катренко. – К.: Видавництво «Новий світ – 2000», 2011. – 396 с.

82. Лістровий, С.В. Теорія графів у задачах розподілу ресурсів, у 2 кн. Кн. 2. Диференціально-ігровий підхід до моделювання систем: Підручник [Текст] / С.В. Лістровий, М.І. Луханін, О.П. Мартинова, Р.В. Семчук. – Х.: ПП Видавництво «Нове слово», 2007. – 144 с.

83. Дрю, Д. Теория транспортных потоков и управление ими [Текст] / Д. Дрю // Перевод с англ. Е.Г. Коваленко, Г.Д. Шерман. – М.: Транспорт, 1972. – 424 с.

84. Демченко, Ф.О. Теорія графів у задачах розподілу ресурсів. Книга 1. Алгоритми та методи обчислень: Підручник [Текст] / Ф.О. Демченко, С.В. Лістровий, М.І. Луханін, Р.В. Семчук. – Х.: ПП Видавництво «Нове слово», 2008. – 120 с.

85. Акулиничев, В.М. Организация вагонопотоков [Текст] / В.М. Акулиничев. – М.: Транспорт, 1979. – 223 с.

86. Левит, Б.Ю. Нелинейные сетевые транспортные задачи [Текст] / Б.Ю. Левит, В.Н. Лившиц. – М.: Транспорт, 1972. – 103 с.
87. Акулиничев, В.М. Математические методы в эксплуатации железных дорог: учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. [Текст] / В.М. Акулиничев, В.А. Кудрявцев, А.Н. Корешков. – М.: Транспорт, 1981. – 223 с.
88. Грунтов, П.С. Эксплуатационная надежность станций [Текст] / П.С. Грунтов. – М.: Транспорт, 1986. – 247 с.
89. Кочнев, Ф.П. Пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте [Текст] / Ф.П. Кочнев // Учебник для вузов ж.-д. транспорта, 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1980. – 496 с.
90. Хемди, А.Т. Введение в исследование операций, 7-е издание [Текст] / А.Т. Хемди // Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 912 с.
91. Блауберг, И.В. Системный подход в современной науке – В кн.: Проблемы методологии системных исследований [Текст] / И.В. Блауберг, В.Н. Садовский, Э.Г. Юдин. – М.: Мысль, 1970. – С. 7-48.
92. Кузнецов, О.П. Дискретная математика для инженера [Текст] / О.П. Кузнецов, Г.М. Адельсон-Вельский. – М.: Энергия, 1980. – 344 с.
93. Хут, Т. Целочисленное программирование и потоки в сетях [Текст] / Т. Хут // Пер. с англ. – М.: Мир, 1974. – 519 с.
94. Малашенко, Ю.Е. О решении многопродуктовой задачи целочисленными потоками [Текст] / Ю.Е. Малашенко, А.-И.А.Станевичюс. – М.: Журн. вычисл. математики и мат. физики, 1982. – Т. 22. – №3. – С. 732-735.
95. Кластерний аналіз [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ru.convdocs.org/docs/index-110739.html>.
96. Айвазян, С.А. Классификация многомерных наблюдений [Текст] / С.А. Айвазян, З.И. Бежаева, О.В. Староверов. – М.: Изд-во «Статистика», 1974. – 238с.
97. Елисеева, И.И. Общая теория статистики [Текст] / И.И. Елисеева, М.М. Юзбашева. – М., 1995. – 453 с.

98. Мандель, И.Д. Кластерный анализ [Текст] / И.Д. Мандель. – М.: «Финансы и статистика», 1988. – 257 с.
99. Юзбашев, М.М. Основы кластерного анализа [Текст] / М.М. Юзбашев, Н.Н. Соколова // Лекция приморского с/х института. – Уссурийск, 1990. – 23 с.
100. Лазарев, А.А. Теория расписаний. Задачи и алгоритмы [Текст] / А.А. Лазарев, Е.Р. Гафаров. – М.: МГУ, 2011 – 222 с.
101. Севастьянов, С.В. Геометрические методы и эффективные алгоритмы в теории расписаний [Текст] / С.В. Севастьянов / дис. док. физ. – мат. наук. – Новосибирск, 2000. – 280 с.
102. Brucker P. Scheduling Algorithms. Springer – Verlag, 2001. – 365 p.
103. Журба, О.О. Організація пасажирських перевезень в умовах залізничних пересадочних комплексів [Текст] / О.О. Журба: дис. на здобут. наук. ступ. к.т.н.: 05.22.01 – транспортні системи. – Х.: УкрДАЗТ, 2011. – 189 с.
104. Методы принятия организационно-управленческих решений при выбросах АХОВ с использованием сетей Петри [Электронный ресурс] / Учебное пособие. Глава 6. – Режим доступа: <http://www.jep-tempus.ru/resources/07052009>.
105. Котов, В.Е. Сети Петри [Текст] / В.Е. Котов. – М.: Наука «Главная редакция физико-математической литературы», 1984. – 160 с.
106. Питерсон, Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем [Текст] / Дж. Питерсон // Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 264 с.
107. Пегат, А. Нечеткое моделирование и управление [Текст] / А. Пегат // Пер. с англ. – М.: Бином. лаборатория знаний, 2009. – 798 с.
108. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы [Текст] / Д. Рутковская, М. Пилинский, Л. Рутковский // Пер. с польск. И.Д. Рудинского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 452 с.
109. Дилигенский, Н.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология [Текст] / Н.В. Дилигенский. Л.Г. Дымова, П.В. Севастьянов. – М.: Издательство «Машиностроение – 1», 2004. – 397 с.

110. Тищенко, А.Н. Формирование конкурентоспособных кластеров в Харьковском регионе [Текст] / А.Н. Тищенко, Н.Б. Петрова / Журнал «Коммунальное хозяйство городов». – Х.: Научно-технический сборник, 2010. – №94. – С. 54-61.
111. Войнаренко, М.П. Концепція кластерів – шлях до відродження виробництва на регіональному рівні [Текст] / М.П. Войнаренко // Економіст. – 2000. – №1. – С. 29-33.
112. Du J. Minimizing total tardiness on one processor is NP-hard // J. Du, J. Y.-T. Leung / Math. Operation Research. 1990. V. 15. – P. 483-495.
113. Herrera F., Lozano M., Verdegay J.L. Tackling real-coded Genetic algorithms: operators and tools for the behaviour analysis // Artificial Intelligence Review, Vol. 12, №4, 1998. – P. 265-319.
114. Herrera F., Lozano M., Sanchez A.M. Hybrid Crossover Operators for Real-Coded Genetic Algorithms: An Experimental Study // Soft Comput. 9(4): 280-298 (2005).
115. Wright A. Genetic algorithms for real parameter optimization // Foundations of Genetic Algorithms, V. 1. – 1991. – P. 205-218.
116. Deb, K. and Kumar, A. (1995). Realcoded genetic algorithms with simulated binary crossover: Studies on multimodal and multiobjective problems. Complex Systems, 9(6), 431-454.
117. Применение сетевого планирования и управления на предприятиях нефтяной и газовой промышленности [Электронный ресурс] / Учебное пособие. – Режим доступа: <http://diplomcat.ru/info/free/planneft14.html>.
118. Костянко, Н.Ф. Применение системы программирования Visual Basic for Application при проектировании информационных технологий на железнодорожном транспорте в приложении Excel [Текст] / Н.Ф. Костянко, Н.В. Байдина // Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта. – М.: Маршрут, 2006. – 124 с.
119. Додж, М. Эффективная работа с Microsoft Excel 2000 [Текст] / М. Додж, К. Стинсон. – СПб.: Питер, 2001. – 1056 с.

120. Технологічний процес роботи пасажирської станції Харків-Пасажирський Південної залізниці [Текст]. – Рукопис ДН, 2005. – 60 с.

121. Нестеренко, Б.Б. Моделювання паралельних процесів: від мереж Петрі до нейронних мереж [Текст] / Б.Б. Нестеренко, М.А. Новотарський. – К., 2004. – 66 с.

122. Шмаль, В.Н. Расчет оптимальной схемы обращения пассажирских поездов на полигоне железных дорог [Текст] / В.Н. Шмаль: Дис. канд. техн. наук: 05.22.08. – М.: МИИТ, 2010. – 236 с.

123. Общий толковый словарь русского языка [Электронный ресурс] / Учебное пособие. – Режим доступа: <http://tolkslovar.ru/05139.html>.

124. Жданов, И. Виды трендов. Прогнозирование в Excel индекса РТС с помощью различных кривых роста [Электронный ресурс] / Учебное пособие. – Режим доступа: <http://beintrend.ru/prognoz-v-excel-krivie-rosta>.

125. Понятие адекватности модели, ее проверка [Электронный ресурс] / Учебное пособие. – Режим доступа: vvy.me/gosi/toau/17.html.

126. Акулиничев, В.М. Применение математических методов и вычислительной техники в эксплуатации железных дорог [Текст] / В.М. Акулиничев, В.А. Кудрявцев, П.А. Шульженко. – М.: Транспорт, 1973. – 208 с.

127. Волков, В.С. Туристические маршруты [Текст] / В.С. Волков, К.Е. Шапакина. – М.: Профиздат, 1985. – 144 с.

128. Гордиенко, О.А. Экономическая оценка эффективности пассажирских перевозок дальнего следования [Текст] / О.А. Гордиенко // Дисс. на соиск. уч. ст. к.э.н. – М.: МИИТ, 2003. – 155 с.

129. Миротин, Л.Б. Логистика: общественный пассажирский транспорт: Учебник для студентов экономических вузов [Текст] / Л.Б. Миротина. – Издательство «Экзамен», 2003. – 224 с.

130. Пасічник, В.І. Управління економікою експлуатаційної роботи залізниць України: навч. посіб. [Текст] / В.І. Пасічник. – К.: Основа, 2005. – 376 с.

131. Балака, Є.І. Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті: Навчальний посібник [Текст] / Є.І. Балака, О.І. Зоріна, Н.М. Колесникова, І.М. Писаревський. – Х: УкрДАЗТ, 2005. – 210 с.

Додаток А

Аналіз параметрів пасажиропотоків та поїздопотоків у місцевому та прямому сполученнях

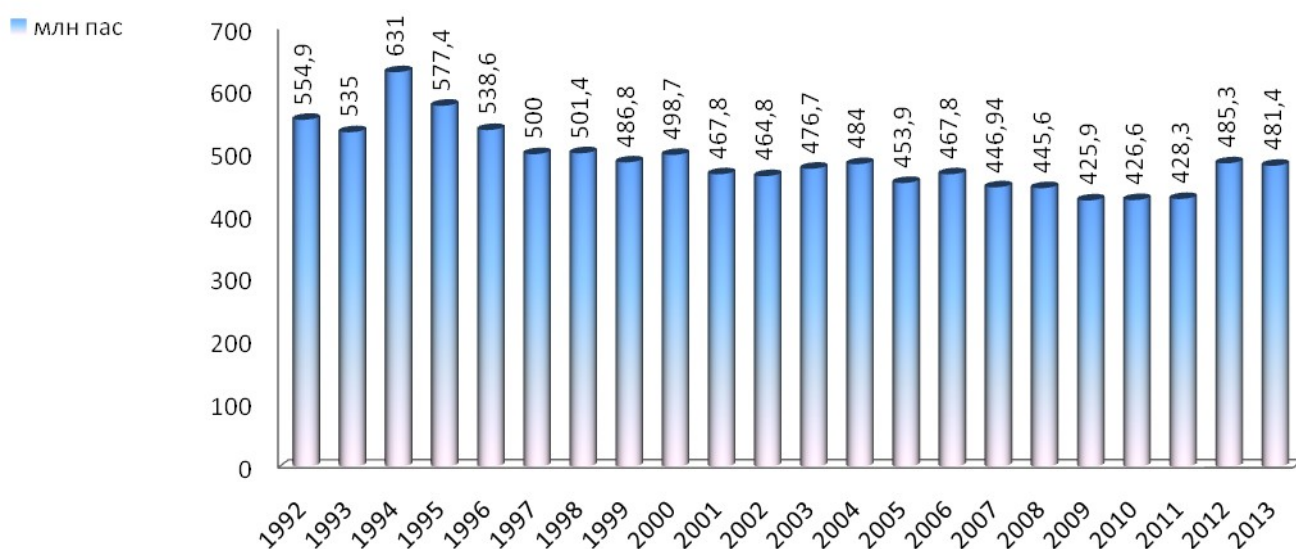


Рисунок А.1 – Діаграма динаміки обсягів перевезених пасажирів залізничним транспортом у прямому та дальньому сполученнях за період 1992-2013 рр.

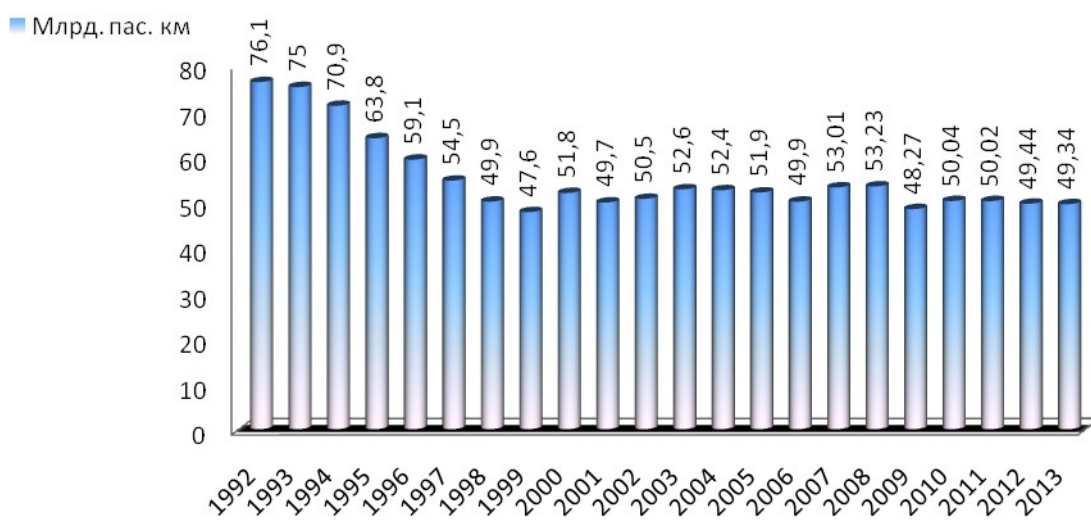


Рисунок А.2 – Діаграма динаміки пасажирообігу на залізничному транспорті у прямому та дальньому сполученнях за період 1992 – 2013 рр.



Рисунок А.3 – Діаграма динаміки реального наявного доходу населення України за 2002-2011 рр.

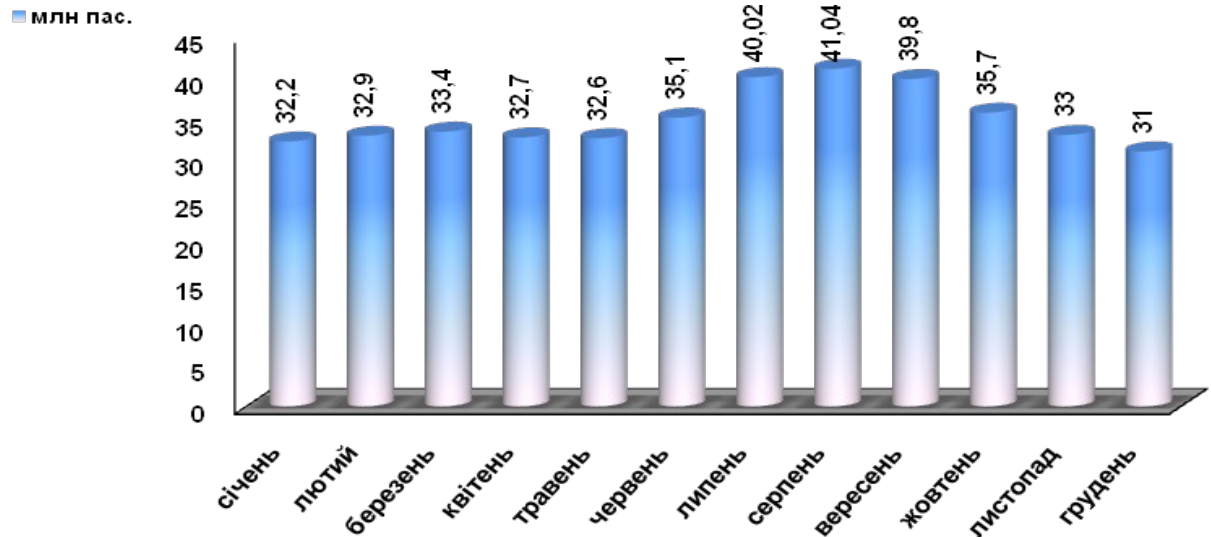


Рисунок А.4 – Діаграма розподілу кількості перевезених пасажирів по місяцям за 2013 рік по УЗ

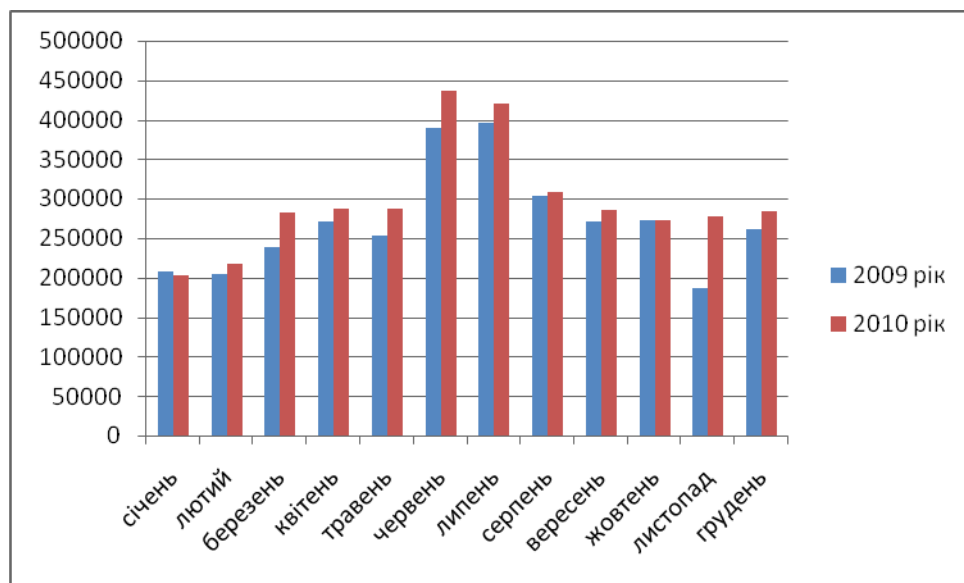


Рисунок А.5 – Діаграма розподілу кількості перевезених пасажирів по станції Харків –Пас. Південної залізниці по місяцям за період 2009-2010 рр.

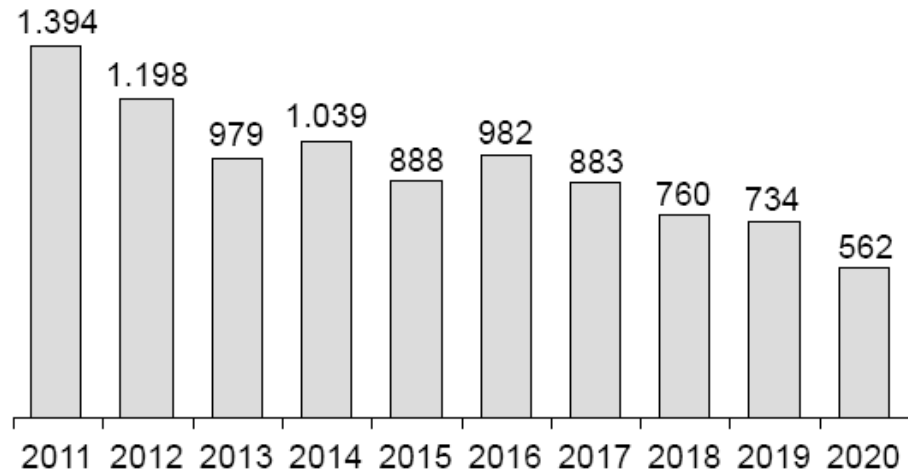


Рисунок А.6 – Діаграма прогнозу обсягів планового капітального ремонту парку пасажирських вагонів на період 2011-2020 рр.

Додаток Б

Дослідження розподілу потоків пасажирів по напрямкам руху

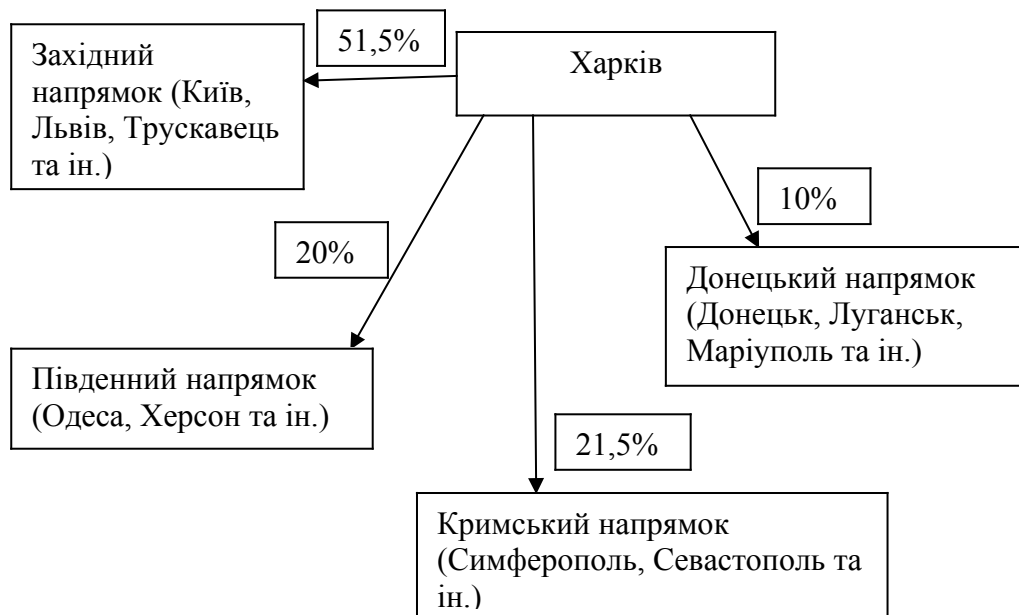


Рисунок Б.1 – Схема розподілу пасажирів за напрямками руху по Україні з Харкова за 2013 рік

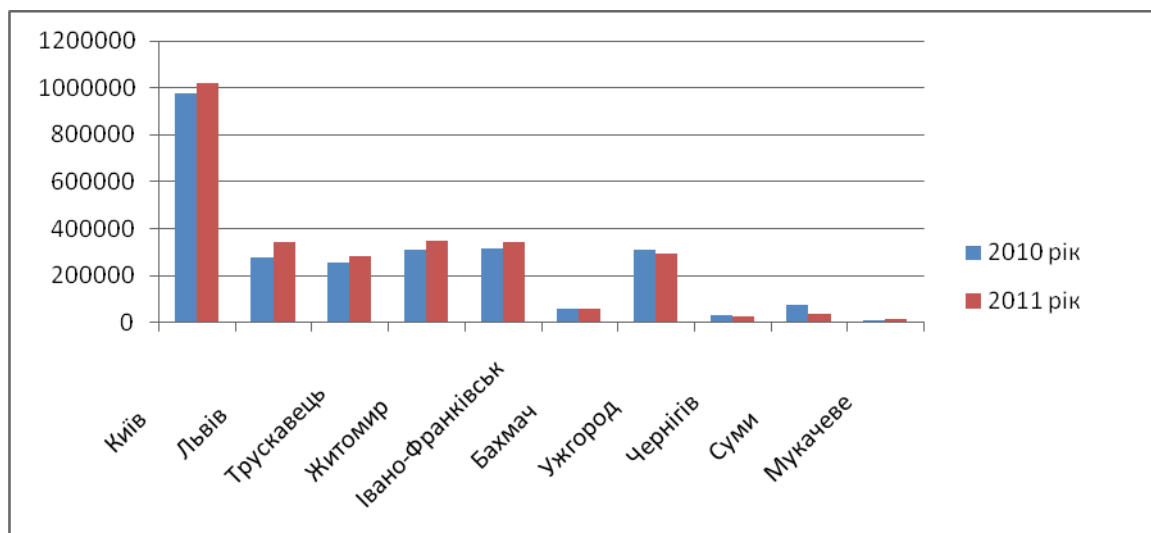


Рисунок Б.2 – Діаграма розподілу кількості пасажирів з Харкова у західному напрямку за січень – липень 2010 – 2011 рр.

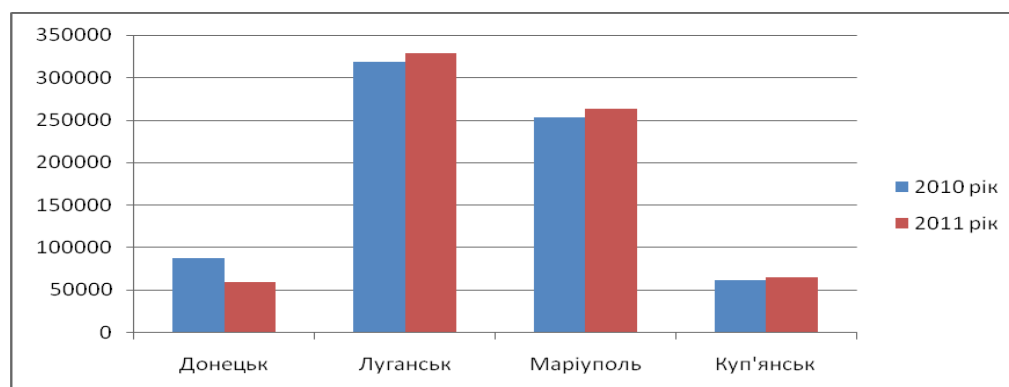


Рисунок Б.3 – Діаграма розподілу кількості пасажирів з Харкова у донецькому напрямку за січень – липень 2010 – 2011 рр.

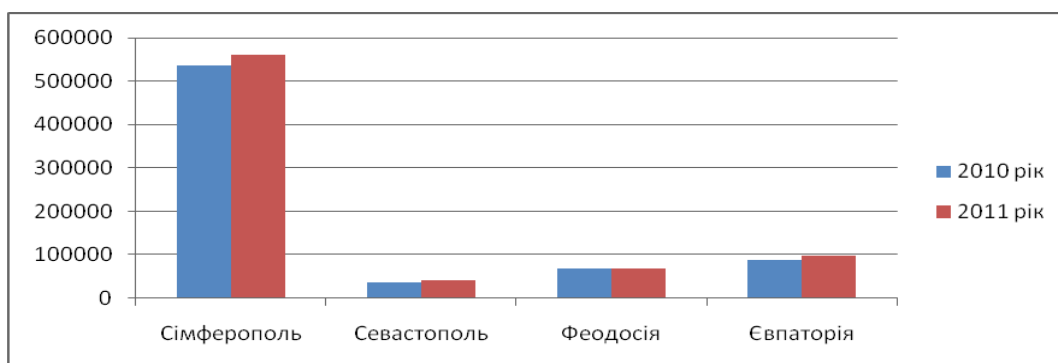


Рисунок Б.4 – Діаграма розподілу кількості пасажирів з Харквa у кримському напрямку за січень – липень 2010 – 2011 рр.

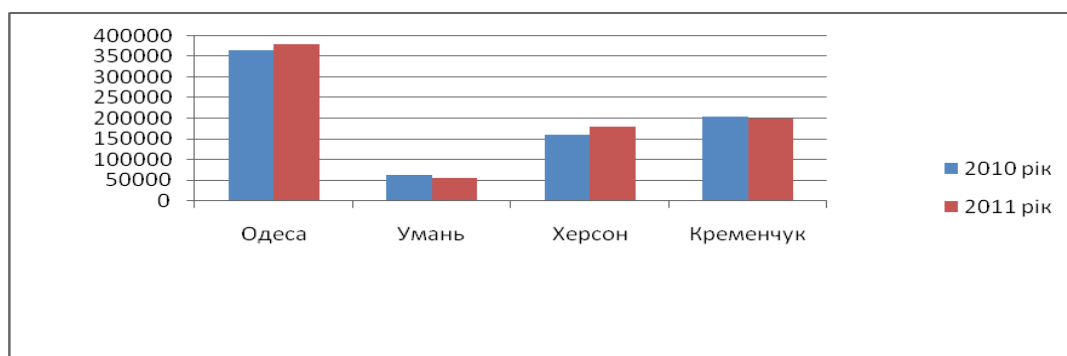


Рисунок Б.5 – Діаграма розподілу кількості пасажирів з Харкова у південному напрямку за січень – липень 2010 – 2011 рр.

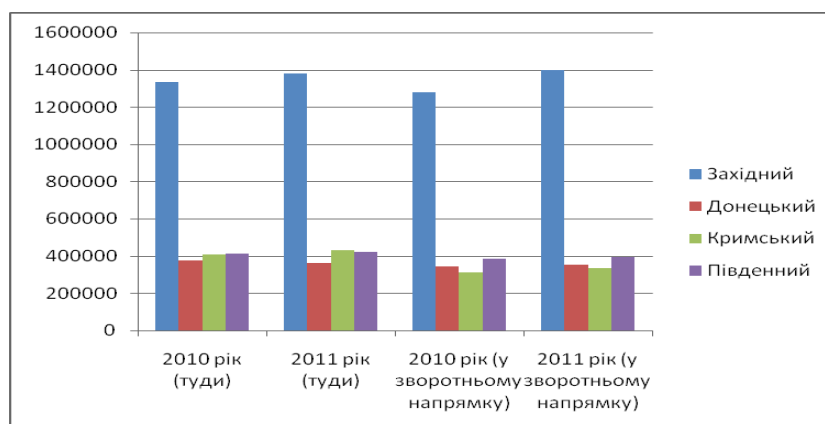


Рисунок Б.6 – Діаграма розподілу кількості пасажирів з Харкова за напрямками за січень – липень 2010 – 2011 рр.

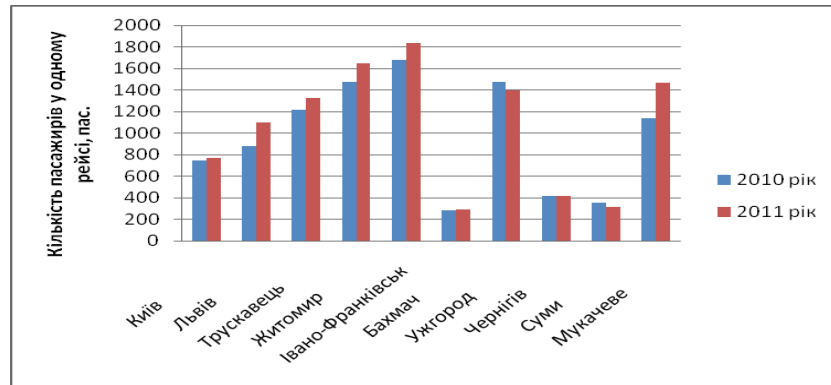


Рисунок Б.7 – Діаграма розподілу кількості перевезених пасажирів у одному рейсі зі станції Харків-Пас. у західному напрямку за січень – липень 2010 – 2011 рр.

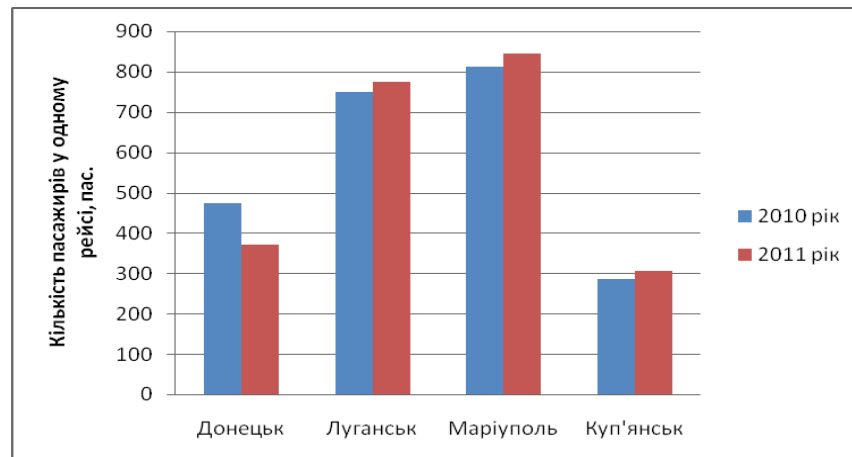


Рисунок Б.8 – Діаграма розподілу кількості перевезених пасажирів у одному рейсі зі станції Харків-Пас. у донецькому напрямку за січень – липень 2010 – 2011 рр.

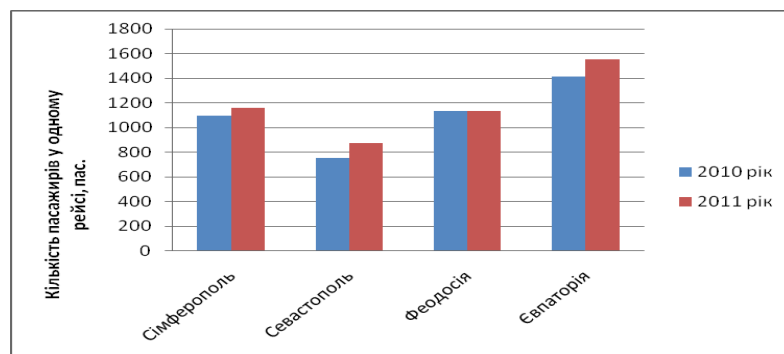


Рисунок Б.9 – Діаграма розподілу кількості перевезених пасажирів у одному рейсі зі станції Харків-Пас. у кримському напрямку за січень – липень 2010 – 2011 рр.

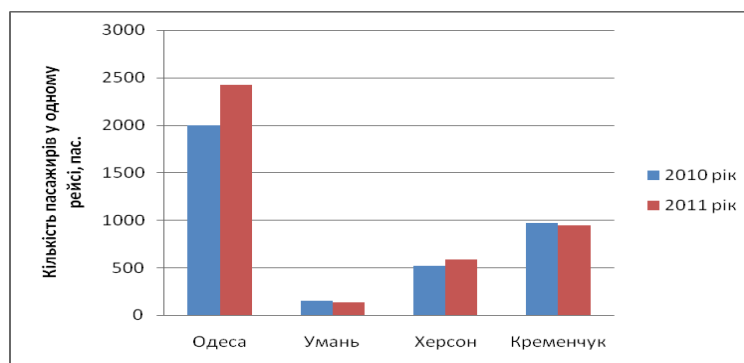


Рисунок Б.10 – Діаграма розподілу кількості перевезених пасажирів у одному рейсі зі станції Харків-Пас. у південному напрямку за січень – липень 2010 – 2011 рр.

Таблиця Б.1 – Оцінка гіпотези про підпорядкованість числа пасажирів у маршруті за графіком нормальному закону розподілу за критерієм узгодженості хі-квадрат Пірсона

Інтервали по кількості пасажирів в одному рейсі	Частота	Статистичні частоти	Інтегральні частоти	Теоретичний нормальний розподіл	Теоретичні частоти нормального розподілу
1	2	3	4	5	6
100	0	0	0	0,000216218	0,009513613
300	5	0,113636	0,113636	0,000360645	0,015868386
500	7	0,159091	0,272727	0,000524523	0,023079022
700	2	0,045455	0,318182	0,000665191	0,029268426
900	9	0,204545	0,522727	0,000735573	0,032365229
1100	4	0,090909	0,613636	0,000709255	0,031207239

Продовження табл. Б.1

1	2	3	4	5	6
1300	5	0,113636	0,727273	0,000596316	0,564601007
1500	6	0,136364	0,863636	0,000437168	0,236212019
1700	3	0,068182	0,931818	0,000279458	0,012296157
1900	1	0,022727	0,954545	0,00015577	0,006853863
2100	1	0,022727	0,977273	7,57088E-05	0,003331185
2300	0	0	0,977273	3,20854E-05	0,001411756
2500	1	0,022727	1	1,18567E-05	0,000521696
Загальна кількість спостережень	44				
Середнє значення =	946,8147				
Стандартне	540,3236			Хи-2 тест=	0

відхилення=					
-------------	--	--	--	--	--

Таблиця Б.2 – Оцінка гіпотези про підпорядкованість числа пасажирів у маршруті за графіком поліноміальному закону розподілу за критерієм узгодженості хі-квадрат Пірсона

Інтервали по кількості пасажирів в одному рейсі	Частота	Статистичні частоти	Інтегральні частоти	Теоретичний поліноміальний розподіл	Теоретичні частоти поліноміального розподілу
100	0	0	0	0,000001	0,000044
300	5	0,113636	0,113636	0,111545	4,90798
500	7	0,159091	0,272727	0,113678	5,001832
700	2	0,045455	0,318182	0,037896	1,667424
900	9	0,204545	0,522727	0,196743	8,656692
1100	4	0,090909	0,613636	0,087654	3,856776
1300	5	0,113636	0,727273	0,112678	4,957832
1500	6	0,136364	0,863636	0,125789	5,534716
1700	3	0,068182	0,931818	0,059436	2,615184
1900	1	0,022727	0,954545	0,021456	0,944064
2100	1	0,022727	0,977273	0,019546	0,860024
2300	0	0	0,977273	0,000432	0,019008
2500	1	0,022727	1	0,019546	0,860024
Загальна кількість спостережень	44				
Середнє значення =	946,8147				
Стандартне відхилення=	540,3236			Хи-2 тест=	0,989531786

Таблиця Б.3 – Оцінка впливу напрямку руху на число пасажирів у маршруті за графіком за допомогою двофакторного дисперсійного аналізу

Двофакторний дисперсійний аналіз				
Підсумки	Рахунок	Сума	Середнє	Дисперсія
Київ	2	1508,923	754,461613	331,7754001
Львів	2	1974,189	987,094376	24428,0539
Трускавець	2	2539,778	1269,88915	6429,886982
Житомир	2	3125,519	1562,75943	15154,41954
Івано-Франківськ	2	3516,118	1758,05882	12071,42235
Бахмач	2	571,4906	285,745283	86,10186009
Ужгород	2	2870,948	1435,47406	3082,976693
Чернігів	2	830,7699	415,384947	7,211158864
Суми	2	671,0767	335,538369	716,5847437
Мукачеве	2	2600,567	1300,28333	52888,36056

Донецьк	2	845,4332	422,716578	5267,828332		
Луганськ	2	1525,215	762,607311	322,6638734		
Маріуполь	2	1656,765	828,382333	524,4414001		
Куп'янськ	2	590,5755	295,287736	196,0573603		
Сімферополь	2	2256,269	1128,13425	2324,167875		
Севастополь	2	1630,152	815,076087	7577,875473		
Феодосія	2	2268,448	1134,22414	5,142092747		
Євпаторія	2	2964,74	1482,36978	9665,315248		
Одеса	2	4421,171	2210,58536	88168,42718		
Умань	2	281,8774	140,938679	160,3063368		
Херсон	2	1099,091	549,54566	2041,132323		
Кременчук	2	1910,731	955,365566	249,0027701		
Столбец 1	22	19999,96	909,089242	250263,6145		
Столбец 2	22	21659,88	984,540109	344556,0804		
Дисперсійний аналіз						
<i>Джерело варіації</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значення</i>	<i>F-критичне</i>
Маршрути	1E+07	21	586768,362	72,87841446	3,85071E-15	2,084188623
Кількість пасажирів у рейсі	62621	1	62621,1665	7,777739264	0,011000863	4,324793711
Похибка	169078	21	8051,33271			
Итого	1E+07	43				

Додаток В

Результати кластерного аналізу пасажиропотоків залізничного транспорту

Стандартизовані вихідні дані щодо величини пасажиропотоків на різних маршрутах руху залізничним транспортом згрупованими за відстанню наведені у таблиці В.1.

Таблиця В.1 – Вихідні дані щодо кількості перевезених пасажирів залізничним транспортом України за роки незалежності

№п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
x_1	1508.92	754.46	1974.19	987.09	2539.78	1269.89	3125.52	1562.76	3516.12	1758.06	2870.95	1435.47	671.08	335.54	845.43	422.72	1656.77	828.38	2256.27	1128.13
x_2	1099.09	549.55	1910.73	955.37	19999.96	909.09	21659.88	984.54	571.49	285.75	830.77	415.38	2600.57	1300.28	1525.22	762.61	590.58	295.29	1630.15	815.08

1. Використано агломеративний ієрархічний алгоритм класифікації. У якості відстані між елементами прийнято евклідову відстань. Тоді згідно формулам:

2. Отримані результати зведені у таблицю В.2 (матриця відстаней).

Таблиця В.2 – Матриця відстаней

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	0	933.39	935.54	541.26	18928	305.35	20624	126.57	2075.3	850.65	1388.2	687.64	1719.4	1190.5	788.54	1137.1	529.57	1053.2	916.82	475.04
2	933.39	0	1827.7	467.77	19532	628.44	21243	917.91	2761.7	1037.6	2135.0	694.1	2052.7	859.71	979.9	394.27	903.24	264.79	1850.1	458.41
3	935.54	1827.7	0	1373.7	18098	1224.4	19782	1013.4	2042.3	1639.3	1403.7	1589.4	1474.4	1748.6	1192.7	1930.0	1357.7	1980.5	397.86	1384.2
4	541.26	467.77	1373.7	0	19107	286.56	20814	576.4	2557.9	1021.1	1887.9	701.87	1675.2	737.22	587.19	596.39	762.58	678.89	1437.4	198.93
5	18928	19532	18098	19107	0	19133	1760.2	19040.	19452	19729	19172	19615	17499	18829	18552	19353	19429	19778	18372	19236
6	305.35	628.44	1224.4	286.56	19133	0	20833	302.43	2271.4	791.75	1602.9	520.73	1794.3	1012.9	748.18	859.74	501.12	756.1	1221.8	170.1
7	20624	21243	19782	20814	1760.2	20833	0	20734	21092	21417	20830	21311	19216	20549	20263	21071	21120	21487	20048	20940

Продовження таблиці В.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
8	126.57	917.91	1013.4	576.4	19040.	302.43	20734	0	1996.5	725.57	1317.1	583.21	1845.7	1267.1	898.27	1161.4	405.02	1007.1	947.51	466.49
9	2075.3	2761.7	2042.3	2557.9	19452	2271.4	21092	1996.5	0	1781.1	695.32	2086.4	3494.4	3263.0	2835.8	3099.3	1859.4	2701.8	1645.6	2400.3
10	850.65	1037.6	1639.3	1021.1	19729	791.75	21417	725.57	1781.1	0	1239.1	347.66	2557.3	1747.2	1539.2	1417.9	321.22	929.73	1433.7	822.8
11	1388.2	2135.0	1403.7	1887.9	19172	1602.9	20830	1317.1	695.32	1239.1	0	1494.3	2823.4	2578.5	2141.2	2449.1	1237.7	2111.5	1008.3	1742.8
12	687.64	694.1	1589.4	701.87	19615	520.73	21311	583.21	2086.4	347.66	1494.3	0	2315.0	1411.7	1256.9	1070.6	282.24	618.86	1466.1	504.19
13	1719.4	2052.7	1474.4	1675.2	17499	1794.3	19216	1845.7	3494.4	2557.3	2823.4	2315	0	1342.8	1089.4	1854.6	2238.6	2310.6	1858.6	1843.1
14	1190.5	859.71	1748.6	737.22	18829	1012.9	20549	1267.1	3263.1	1747.2	2578.5	1411.7	1342.8	0	557.3	544.7	1499.7	1119.3	1948.8	929.32

Продовження табл. В.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
15	788.54	979.9	1192.7	587.19	18552.	748.18	20263	898.27	2835.8	1539.2	2141.2	1256.9	1089.4	557.3	0	871.93	1237.6	1230.1	1414.7	764.34
16	1137.1	394.27	1930.1	596.39	19353	859.74	21071	1161.4	3099.3	1417.9	2449.1	1070.6	1854.6	544.7	871.93	0	1245.9	618.83	2028.4	707.37
17	529.57	903.24	1357.7	762.58	19429	501.12	21120	405.02	1859.4	321.22	1237.7	282.24	2238.6	1499.7	1237.6	1245.9	0	879.44	1200.0	574.33
18	1053.2	264.79	1980.5	678.89	19778	756.1	21487	1007.1	2701.8	929.73	2111.5	618.86	2310.6	1119.3	1230.0	618.83	879.44	0	1954.6	600.03
19	916.82	1850.1	397.86	1437.4	18372	1221.8	20048	947.51	1645.6	1433.7	1008.3	1466.1	1858.6	1948.8	1414.7	2028.4	1200.0	1954.6	0	1391.7
20	475.04	458.41	1384.2	198.93	19236	170.1	20940	466.49	2400.3	822.8	1742.8	504.19	1843.0	929.32	764.34	707.37	574.33	600.03	1391.7	0

3. Пошук найменшої відстані. Із матриці відстаней слідує, що елементи 1 та 8 найбільш близькі один до одного. Відстань $P_{1,8}=126,57$ і тому об'єднані у один кластер (табл. В.2). При формуванні нової матриці відстаней, обрано найменше значення зі значень №1 та №8.

У результаті отримано 19 кластерів: $S_{(1,8)}$, $S_{(2)}$, $S_{(3)}$, $S_{(4)}$, $S_{(5)}$, $S_{(6)}$, $S_{(7)}$, $S_{(9)}$, $S_{(10)}$, $S_{(11)}$, $S_{(12)}$, $S_{(13)}$, $S_{(14)}$, $S_{(15)}$, $S_{(16)}$, $S_{(17)}$, $S_{(18)}$, $S_{(19)}$, $S_{(20)}$. Із матриці відстаней слідує, що елементи 6 та 20 найбільш близькі $P_{6,20} = 170,1$, тому об'єднані у один кластер.

Далі проводяться розрахунки за таким самим алгоритмом з використанням ЕОМ. Отримані результати зведені до таблиці В.2.

Таблиця В.3 – Кінцева матриця відстаней

№ п/п	1,8,4,6,20,10,12,17,2,18,16,14, 15,3,19,9,11,13	5,7
1,8,4,6,20,10,12,17,2,18, 16,14,15,3,19,9,11,13	0	17499.45
5,7	17499.45	0

Додаток Г

Розробка математичної моделі формування розкладу руху спеціальних
пасажирських вагонів

Усі варіанти пасажирських поїздів, до яких можливо здійснити причеплення СПВ у визначених інтервалах по прибуттю та відправленню, враховуючи розрахункові значення нижніх та верхніх значень інтервалів по прибуттю та відправленню, представляються у вигляді переліка з дійсною нумерацією (від 1 і до, наприклад, 20, якщо розглядається 20 ниток ГРПП). Таким чином, у якості вхідних даних виступає матриця усіх можливих варіантів для причеплення вагонів окремо по прибуттю та окремо по відправленню. Кількість вагонів для причеплення визначається за допомогою прогнозування кількості пасажирів для перевезення на заданому маршруті, для чого на початку моделювання вбудовано блок прогнозування кількості вагонів для причеплення і перевірка на максимальну вагу та довжину пасажирських поїздів. Таким чином завчасно відраховуються ті варіанти поїздів, які будуть мати недопустиму вагу та довжину.

Опис кроків алгоритму програми: ініціалізація даних (визначення кількості і типу змінних задачі, які необхідно закодувати у хромосомі); прогнозування пасажиропотоків для перевезень у СПВ; перевірка можливості причеплення вагонів до пасажирських поїздів за довжиною та вагою поїздів; завдання критерію оцінки поїзда шляхом завдання функції пристосування (цільової функції); вибір початкової розстановки варіантів ниток ГРПП та присвоєння кожній нитці номеру; визначення функції штрафу; збереження поточної інформації; вибір способу кодування і його параметрів, розміру популяції, типу селекції, генетичних операторів; отримання результатів.

Змінні і масиви, що використовуються у програмі: $int\ n$ – кількість ітерацій; $int\ []\ t_k$ – тривалість обслуговування вимог; $int\ []\ T_k$ – директивний термін; $int\ []\ U$ – пріоритет виконання; $int\ []\ sigma$ – підготовка вагону до обслуговування; $int\ []\ tek$ –

поточний розклад; `int [] order` – порядок обробки завдань; `int [] best` – оптимальний розклад; `int f` – значення функції штрафу; `int perest []` – масив перестановок.

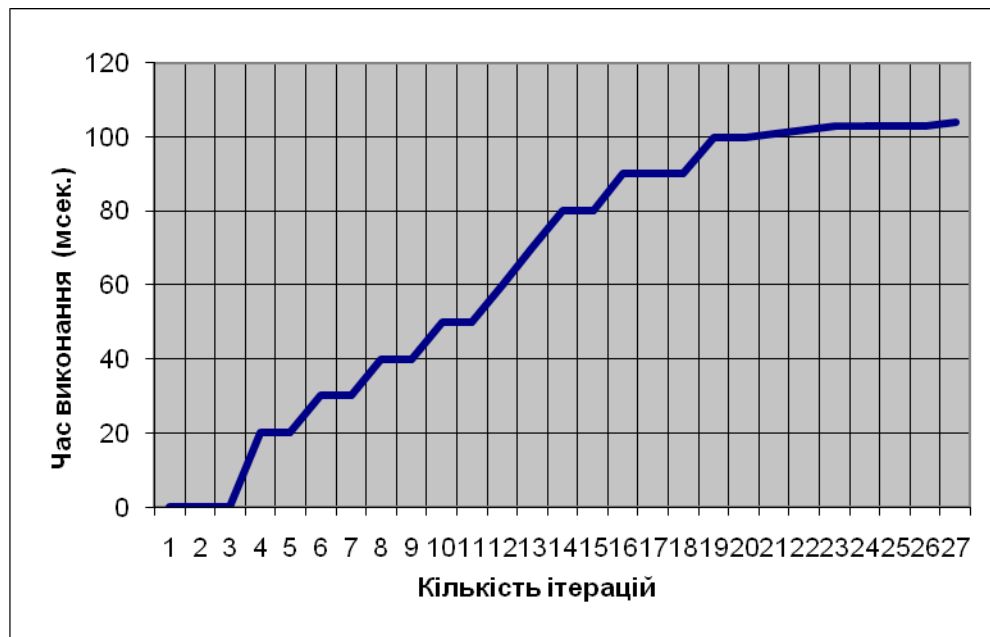


Рисунок Г. 1 – Залежність часу виконання алгоритму від кількості ітерацій

З графіка (рисунок Г.1) видно, що час виконання програми прямо пропорційно залежить від числа вимог. При збільшенні числа вимог витрачений час зростає у лінійної залежності. Розроблена програма дозволяє вирішити завдання планування роботи, коли вимоги необхідно реалізувати на ЕОМ, в умовах надходження на виконання завдання з n вимог. Програма була написана на мові програмування високого рівня Java в середовищі BlueJ.

Фрагмент програми прогнозування пасажиропотоку та формування розкладу руху СПВ:

```
import java.util.*;
public class Perebor
{private int[][] perest;
private int[] m;
private int n;
private int k;
public Perebor(int[] s)
{n = s.length;
perest = new int[factorial(n)][n];
p = Arrays.copyOf(s, n);
k = 0;
```



```

permut(n-1);}
public int[][] getPerms()
{return perest;}
public void permut(int m)
{if(m == 0)
{ perest[k++] = Arrays.copyOf(k, n);} else
{for(int n= 0; n <= m; n++)
{permut(m-1);
if(i < m)
{(n, m);
inv(m-1);}}}
public void vector(int k, int k+1)
{int t = p[k];
p[k] = p[k+1];
p[k+1] = t;}
public void inv(int m)
{int i = 0;
int j = m;
while(i < j)
{(n, k);
n++;
k--;}}}
public static int factorial(int n)
{int res = 1;
for(int n = 1; k <= n; n++)
{res *= n;}
return res;}}
import java.util.*;
import java.io.*;
import java.util.Date;
public class Main
{public static void main(String [] args)
{try { //
Scanner input = new Scanner(System.in);
int n;
System.out.println;
k = input.nextInt();
if (k == 0) {
System.out.println;
return;}
.....

```


Додаток Д

Розрахунки показників мережевих графіків обробки пасажирських составів на території пасажирського комплексу

Таблиця Д.1 – Перелік операцій, що передумовлені мережевим графіком технологічного процесу обробки пасажирських составів на ПС та ПТС у пункті формування з причепленням спеціальних вагонів

Номер роботи (позначення початковою та кінцевою подією)	Найменування робіт
1	2
0-1	Огляд поїзду, що прибуває, сходу
1-2	Відчеплення поїзного локомотива
1-3	Висадка пасажирів
3-4	Причеплення маневрового локомотива
4-5	Подача составу у парк прибуття ПТС
5-6	Огляд ходових частин, рами, кузова, гальмового обладнання, ударно-тягових пристроїв і перехідних площадок
5-7	Огляд внутрішнього обладнання, електрообладнання, вентиляції, радіообладнання
5-8	Огляд пристроїв кондиціонування повітря і холодильного обладнання вагонів-ресторанів
5-9	Огляд систем опалення і водопостачання
5-10	Огляд приводу підвагонного генератора

Продовження таблиці Д. 1

1	2
8-12	Подача составу на вагономийний комплекс
12-13	Зовнішнє очищення і обмивання на вагономийному комплексі
13-14	Санітарний огляд і безвідчіпна санітарна обробка вагонів (за необхідністю)
14-15	Переформування составу
15-16	Відчеплення поштових і багажних вагонів та подача на колії їх обробки
15-17	Подача складу на позицію поточного ремонту, у ремонтно-екіпірувальне депо (РЕД)
15-18	Прибирання вагонів для деповського ремонту, на єдину технічну ревізію і санобробку
15-19	Відчеплення вагонів-ресторанів і подавання їх на колії обробки
17-20	Технічний огляд і ремонт ходових частин, рами, кузова, гальмівного обладнання, ударно-тягових пристроїв і перехідних площадок
17-21	Технічний огляд і ремонт внутрішнього обладнання, систем опалення і водопостачання
17-22	Технічний огляд і ремонт приводу під вагонного генератору, автогальм
17-23	Технічний огляд і ремонт електрообладнання і акумуляторів
17-24	Технічний огляд і ремонт холодильного обладнання, радіообладнання
22-25	Прибирання складу з колій ремонту
25-26	Подавання на колії екіпірування

Продовження таблиці Д. 1

1	2
2628	Внутрішнє прибирання приміщень вагонів
26-29	Екіпірування інвентарем, продуктами чайної торгівлі
28-30	Прийом вагонів провідниками
16-34	Обробка та екіпірування поштових та багажних вагонів
19-30	Обробка та екіпірування вагонів ресторанів
18-31	Подача до складу резервних вагонів
30-31	Подача до складу вагонів ресторанів
31-32	Закінчення формування схеми складу
32-33	Прийом складу комісією і подача його на колію відправлення
33-35	Відчеплення вивізного локомотива
16-34	Обробка та екіпірування поштових і багажних вагонів
34-35	Причеплення поштових та багажних вагонів
35-37	Відчеплення маневрового локомотива, виїзд
36-37	Причеплення завчасно підготовлених і виставлених на суміжну колію спеціальних вагонів
37-39	Відчеплення маневрового локомотива, виїзд
33-38	Технічний огляд складу
33-40	Посадка пасажирів у вагони графікового поїзда
37-41	Посадка пасажирів у спеціальні вагони
39-42	Заїзд поїзного локомотива, зміна кабіни, причеплення локомотива до поїзда
42-43	Випробування гальм
43-44	Підготовка маршруту відправлення, приведення поїзду у рух і звільнення горловини станції

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	№ операції Подія i-j		t_{ij}	t_{ij}^{3n}	t_{ij}^{3p}	t_{ij}^{c3}	t_{ij}^{cn}	R_{ij}	r_{ij}	№ операції Подія i-j		t_{ij}	t_{ij}^{3n}	t_{ij}^{3p}	t_{ij}^{c3}	t_{ij}^{cn}	R_{ij}	r_{ij}
2	1	"0-1"	0	0	0	0	0	0	0	"22-25"	5	240	245	245	240	0	0	-5
3	2	"1-2"	5	0	5	10	5	5	-5	"23-25"	5	240	245	245	240	0	0	-5
4	3	"1-3"	15	0	15	15	0	0	-15	"24-25"	5	240	245	245	240	0	0	-5
5	4	"2-4"	5	5	10	15	10	5	-5	26 "25-26"	3	245	248	248	245	0	0	-3
6		"3-4"	0	15	15	15	15	0	0	27 "26-27"	30	248	278	338	308	60	0	-30
7	5	"4-5"	5	15	20	20	15	0	-5	28 "26-28"	90	248	338	338	248	0	0	-90
8	6	"5-6"	30	20	50	50	20	0	-30	29 "26-29"	30	248	278	338	308	60	0	-30
9	7	"5-7"	30	20	50	50	20	0	-30	30 "19-30"	120	150	270	328	208	58	0	-120
10	8	"5-8"	30	20	50	50	20	0	-30	31 "27-31"	0	278	278	338	338	60	0	0
11	9	"5-9"	15	20	35	50	35	15	-15	"28-31"	0	338	338	338	338	0	0	0
12	10	"5-10"	30	20	50	50	20	0	-30	"18-31"	10	150	160	338	328	178	0	-10
13	11	"5-11"	30	20	50	50	20	0	-30	"29-31"	0	278	278	338	338	60	0	0
14	12	"6-12"	5	50	55	55	50	0	-5	"30-31"	10	270	280	338	328	58	0	-10
15		"7-12"	5	50	55	55	50	0	-5	32 "31-32"	60	338	398	398	338	0	0	-60
16		"8-12"	5	50	55	55	50	0	-5	33 "32-33"	5	398	403	346,2	341,2	-56,8	0	-5
17		"9-12"	5	35	40	55	50	15	-5	34 "16-34"	10	153	163	351,2	341,2	188,2	0	-10
18		"10-12"	5	50	55	55	50	0	-5	35 "33-35"	1,5	403	404,5	366,7	365,2	-37,8	0	-1,5
19		"11-12"	5	50	55	55	50	0	-5	"34-35"	7	163	170	361,2	354,2	191,2	0	-7
20	13	"12-13"	40	55	95	95	55	0	-40	36 "35-37"	1,5	404,5	406	373,7	372,2	-32,3	0	-1,5
21	14	"13-14"	30	95	125	125	95	0	-30	"36-37"	7	0	7	368,2	361,2	361,2	0	-7
22	15	"14-15"	20	125	145	145	125	0	-20	37 "37-39"	1,5	406	407,5	375,2	373,7	-32,3	0	-1,5
23	16	"15-16"	8	145	153	278	270	125	-8	38 "33-38"	13	403	416	376,7	363,7	-39,3	0	-13
24	17	"15-17"	5	145	150	150	145	0	-5	39 "33-40"	14	403	417	389,7	375,7	-27,3	0	-14
25	18	"15-18"	5	145	150	328	323	178	-5	40 "37-41"	14	406	420	403,7	389,7	-16,3	0	-14
26	19	"15-19"	5	145	150	208	203	58	-5	42 "39-42"	2,3	407,5	409,8	417,7	415,4	7,9	0	-2,3
27	20	"17-20"	90	150	240	240	150	0	-90	41 "38-39"	0	416	416	420	420	4	0	0
28	21	"17-21"	90	150	240	240	150	0	-90	42 "40-42"	0	417	417	420	420	3	0	0
29	22	"17-22"	90	150	240	240	150	0	-90	"41-42"	0	420	420	420	420	0	0	0
30	23	"17-23"	90	150	240	240	150	0	-90	43 "42-43"	18	420	438	420	402	-18	0	-18
31	24	"17-24"	90	150	240	240	150	0	-90	44 "43-44"	20,25	438	458,25	438	417,75	-20,25	0	-20,25
32	25	"20-25"	5	240	245	245	240	0	-5									
33		"21-25"	5	240	245	245	240	0	-5									

Рисунок Д.1. – Фрагмент програми розрахунків показників мережевого графіку обробки пасажирських составів на ПС та ПТС у пункті формування з причепленням спеціальних вагонів

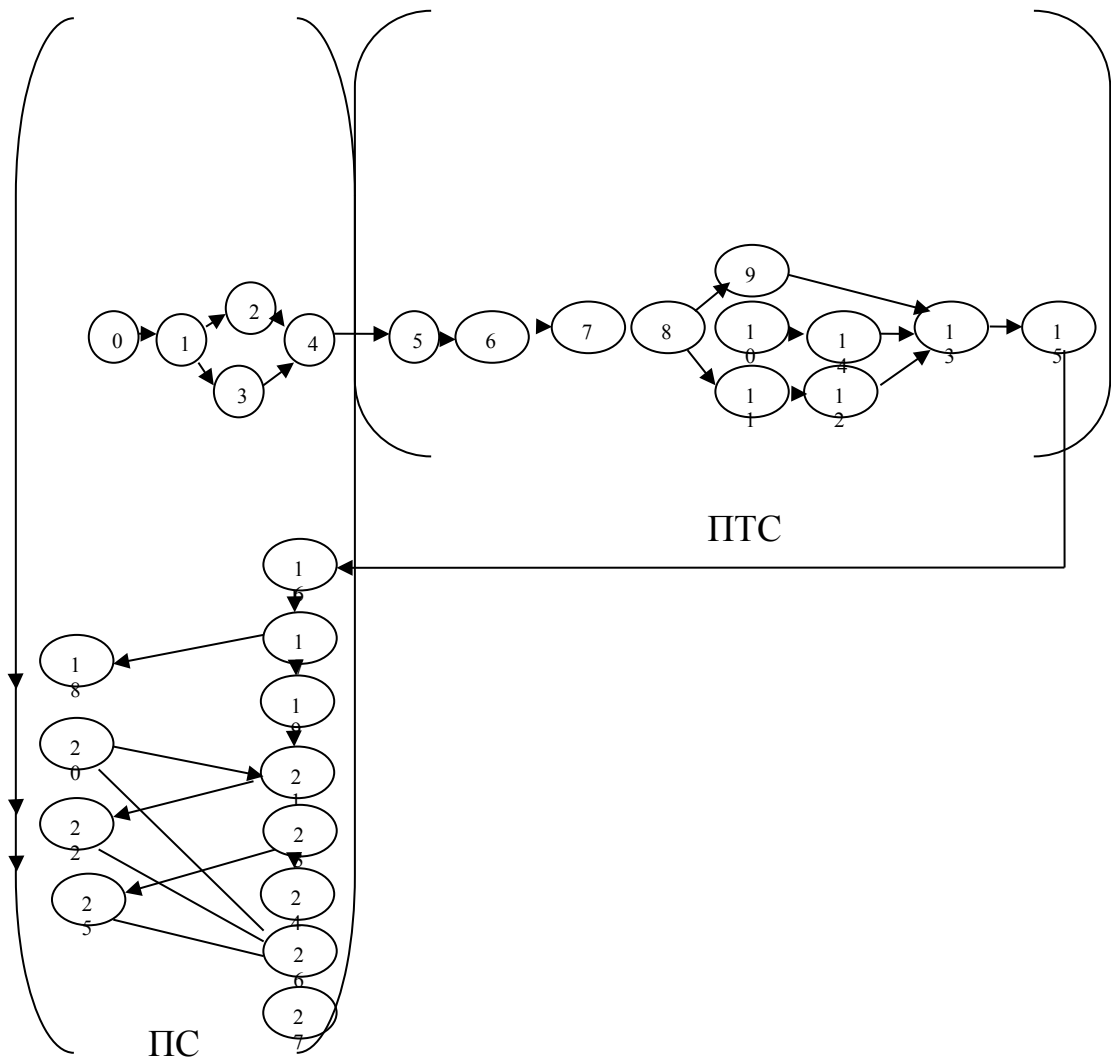


Рисунок Д.2 – Мережевий графік обробки пасажирських составів на ПС та ПТС у пункті обороту з причепленням спеціальних вагонів

Таблиця Д.2 – Перелік усіх технологічних операцій пов'язаних з обробкою пасажирських составів на ПС та ПТС у пункті обороту з причепленням спеціальних вагонів

Номер роботи (позначення початковою та кінцевою подією)	Найменування робіт
1	2
0-1	Огляд поїзду, що прибуває, сходу
1-2	Відчеплення поїзного локомотива
1-3	Висадка пасажирів
3-4	Причеплення маневрового локомотива
4-5	Подача составу на колії ПТС або технічного парку
5-6	Огляд і ремонт окремих систем і вузлів вагонів
6-7	Зовнішня обмивка составу на вагономийному комплексі
7-8	Переформування составу
8-9	Відчеплення вагонів, які потребують спеціального обслуговування («хворих» вагонів)
8-10	Відчеплення поштових і багажних вагонів та подача на колії їх обробки
8-11	Подача складу на позицію поточного ремонту у РЕД
11-12	Технічний огляд і ремонт вагона
12-13	Внутрішнє прибирання, екіпірування составу паливом та водою
10-14	Обробка та екіпірування поштових вагонів

Продовження таблиці Д. 2

1	2
9-13	Постановка відремонтованих «хворих» вагонів або резервних вагонів у состав
13-15	Формування схеми состава
15-16	Подача составу до перону під посадку пасажирів
16-17	Причеплення поштових та багажних вагонів
17-18	Посадка пасажирів у вагони
17-19	Відчеплення маневрового локомотива, виїзд
20-21	Причеплення завчасно підготовлених і виставлених на суміжну колію спеціальних вагонів
21-22	Посадка пасажирів у спеціальні вагони
21-23	Відчеплення маневрового локомотива, виїзд
23-24	Технічний огляд составу
23-25	Заїзд поїзного локомотива, зміна кабіни, причеплення локомотива до поїзда
25-26	Випробування гальм
26-27	Підготовка маршруту відправлення, приведення поїзду у рух і звільнення горловини станції

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	№ операції	Подія i-j	t_{ij}	$t_{ij}^{зн}$	$t_{ij}^{зз}$	$t_{ij}^{сз}$	$t_{ij}^{сн}$	R_{ij}	r_{ij}
2	1	"0-1"	0	0	0	0	0	0	0
3	2	"1-2"	5	0	5	-215	-220	-220	-5
4	3	"1-3"	15	0	15	-225	-240	-240	-15
5	4	"3-4"	2	15	17	-210	-212	-227	-2
6	5	"4-5"	5	17	22	-208	-213	-230	-5
7	6	"5-6"	30	22	52	-203	-233	-255	-30
8	7	"6-7"	30	52	82	-173	-203	-255	-30
9	8	"7-8"	30	82	112	-143	-173	-255	-30
10	9	"8-9"	15	112	127	-113	-128	-240	-15
11	10	"8-10"	15	112	127	-113	-128	-240	-15
12	11	"8-11"	5	112	117	-103	-108	-220	-5
13	12	"11-12"	95	127	222	-98	-193	-320	-95
14	13	"12-13"	95	222	317	-3	-98	-320	-95
15	14	"10-14"	30	317	347	92	62	-255	-30
16	15	"9-13"	10	127	137	122	112	-15	-10
17	16	"13-15"	30	137	167	132	102	-35	-30
18	17	"15-16"	5	167	172	162	157	-10	-5
19	18	"16-17"	7	172	179	167	160	-12	-7
20	19	"17-18"	30	179	209	174	144	-35	-30
21	20	"17-19"	5	179	184	204	199	20	-5
22	21	"20-21"	5	209	214	209	204	-5	-5
23	22	"21-22"	25	214	239	214	189	-25	-25
24	23	"21-23"	5	239	244	239	234	-5	-5
25	24	"23-24"	15	244	259	244	229	-15	-15
26	25	"23-25"	5	259	264	259	254	-5	-5
27	26	"25-26"	18	264	282	264	246	-18	-18
28	27	"26-27"	20,25	282	302,25	282	261,75	-20,25	-20,25

Рисунок Д.3 – Фрагмент програми розрахунків показників мережевого графіку обробки пасажирських составів на ПС та ПТС у пункті обороту з причепленням спеціальних вагонів

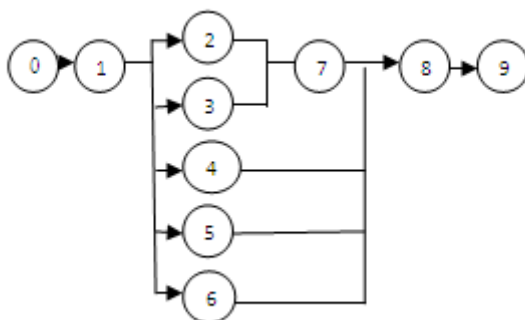


Рисунок Д.4 – Мережевий графік обробки пасажирських составів на ПС для транзитних пасажирських поїздів з причепленням спеціальних вагонів

Таблиця Д.3 – Перелік усіх технологічних операцій пов'язаних з обробкою пасажирських составів на ПС для транзитних поїздів з причепленням спеціальних вагонів

Номер роботи	Найменування робіт
0-1	Огляд поїзду, що прибуває, сходу
1-2	Причеплення завчасно підготовлених спеціальних вагонів у хвіст поїзда
1-3	Зміна локомотива
1-4	Технічний огляд, екіпірування
1-5	Висадка, посадка пасажирів
1-6	Вивантаження, завантаження пошти і багажу
3-7	Випробування гальм
7-8	Підготовка маршруту, відкриття вихідного світлофору
8-9	Сприйняття сигналу вихідного світлофору, перевірка правильності дозволу на заняття перегону, приведення поїзду у рух та звільнення горловини станції

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	№ опера	Поля i-j	t_{ij}	t_{ij}^{zn}	t_{ij}^{ss}	t_{ij}^{cs}	t_{ij}^{cn}	R_{ij}	r_{ij}
2	1	"0-1"	0	0	0	0	0	0	0
3	2	"1-2"	5	0	5	0	-5	-5	-5
4	3	"1-3"	7	5	12	5	-2	-7	-7
5	4	"1-4"	15	12	27	12	-3	-15	-15
6	5	"1-5"	10	27	37	27	17	-10	-10
7	6	"1-6"	10	37	47	37	27	-10	-10
8	7	"4-7"	15	47	62	47	32	-15	-15
9	8	"7-8"	2	62	64	62	60	-2	-2
10	9	"8-9"	20	64	84	64	44	-20	-20

Рисунок Д.5 – Фрагмент програми розрахунків показників мережевого графіку обробки пасажирських составів на ПС для транзитного поїзда з причепленням спеціальних вагонів

Додаток Ж

Моделювання технології роботи пасажирського комплексу в умовах організації
безпересадкових перевезень у спеціальних вагонах

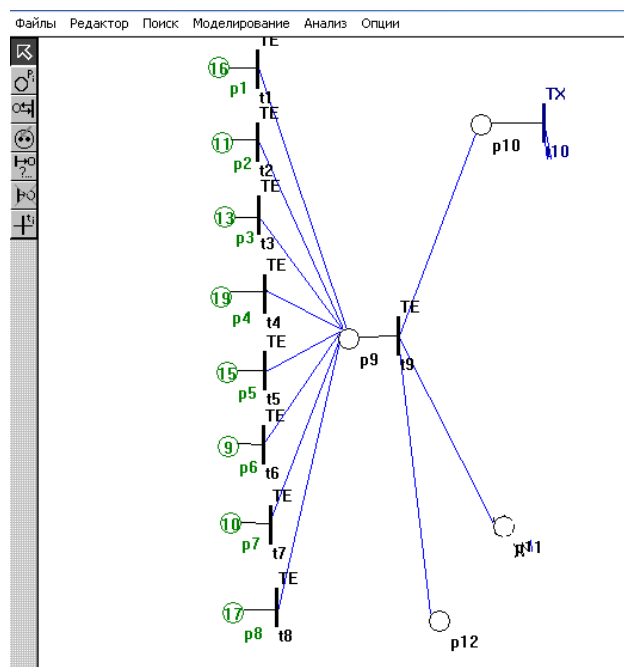


Рисунок Ж.1 – Макрорівнева модель вхідної горловини ПС

■ Статистика по переходам					
N	Тип	Число	Время акт.	Время блок.	Имя
п/п		сраб.	абс.	абс.	
1	TE	16	110	0	Зайнятість перегону
2	TE	11	75	0	Зайнятість перегону
3	TE	13	142	0	Зайнятість перегону
4	TE	19	203	0	Зайнятість перегону
5	TE	15	225	0	Зайнятість перегону
6	TE	9	96	0	Зайнятість перегону
7	TE	10	200	0	Зайнятість перегону
8	TE	17	170	0	Зайнятість перегону
9	TE	110	279	2535	Зайнятість горловини ПП
10	TX	110	110	0	Визначення категорії поїздів

Рисунок Ж.2 – Статистика по переходам для моделі вхідної горловини ПС

З рисунка Ж.2 видно, що через вхідну горловину до приймально-відправного парку заданої ПС прослідувало 110 поїздів, з яких з першого перегону (див. статистику по переходу t1) прийнято 16 поїздів, з другого (перехід t2) – 11 поїздів, з третього (перехід t3) – 13 поїздів, з четвертого (перехід t4) – 19 поїздів, з п'ятого

(перехід t5) – 15 поїздів, з шостого (перехід t6) – 9 поїздів, з сьомого (перехід t7) – 10 поїздів і з восьмого (перехід t8) – 17 поїздів. Зайнятість горловини склала 279 хв. (див. статистику по 9-му переходу), 2535 хв. перехід t9 було блоковано із-за неможливості приймання до приймально-відправного парку більше заданої кількості поїздів (для даного прикладу не більше 8-ми поїздів, див. четверта «колонка» перехід t11).

Статистика по позиціям								Имя
N	Маркировка			Время маркера				
п/п	Так.	МАХ.	Огран.	Акт.	Блок.	Общее		
1	0	0	32000	95	0	95	Підхід до станції (перегін)	
2	0	0	32000	68	0	68	Підхід до станції (перегін)	
3	0	0	32000	132	0	132	Підхід до станції (перегін)	
4	0	0	32000	193	0	193	Підхід до станції (перегін)	
5	0	0	32000	210	0	210	Підхід до станції (перегін)	
6	0	0	32000	84	0	84	Підхід до станції (перегін)	
7	0	0	32000	180	0	180	Підхід до станції (перегін)	
8	0	0	32000	160	0	160	Підхід до станції (перегін)	
9	0	94	32000	272	2512	2933	Зайнятість блок-дільниць біля вхідного світлофору	
10	0	1	32000	0	0	150	Числа прибувщих в ПП поїздів	
11	0	8	8	2413	0	3178	Зайнятість колій ПП	
12	110	110	32000	0	0	3651	Лічильник прибувщих поїздів	

Рисунок Ж.3 – Статистика по позиціям для вхідної горловини ПС

На рис. Ж.3 відображено стан системи на даний момент моделювання (друга «колонка»), а також показники обмежень по граничній місткості позицій (четверта «колонка») і максимального числа фішок, які можуть знаходитися у кожній із позицій за період моделювання (третья «колонка»). У п'ятій «колонці» показано час активності кожної із позицій, у шостій – час блокування, у сьомій – сумарний час зайнятості кожної позиції моделі. Наприклад, сумарний час зайнятості блок-дільниці біля вхідного світлофору складає 95 хв. При цьому усі 110 поїздів вже прийнято на станцію.

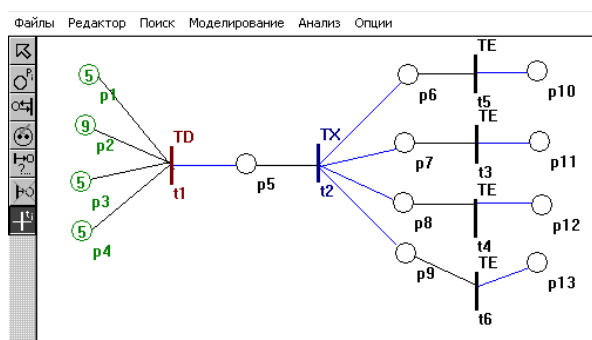


Рисунок Ж.4 – Макрорівнева модель вихідної горловини ПС

■ Статистика по переходам								
N п/п	Тип	Число		Время акт.		Время блок.		Имя
		сраб.	абс.	[%]	абс.	[%]		
1	TD	0	0	0.00%	0	0.00%	Перестановка поїзда до парку відправлення	
2	TX	0	0	0.00%	0	0.00%	Відправлення поїзда на перегін	
3	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Слідування поїзда до сусідньої станції	
4	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Слідування поїзда до сусідньої станції	
5	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Слідування поїзда до сусідньої станції	
6	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Слідування поїзда до сусідньої станції	

Рисунок Ж.5 – Статистика по переходам для вихідної горловини ПС

■ Статистика по позиціям							
N п/п	Маркировка			Время маркероv			Имя
	Тек.	МАХ.	Огран.	Акт.	Блок.	Общее	
1	5	0	32000	0	0	0	Технологічна лінія обробки поїзда
2	9	0	32000	0	0	0	Технологічна лінія обробки поїзда
3	5	0	32000	0	0	0	Технологічна лінія обробки поїзда
4	5	0	32000	0	0	0	Технологічна лінія обробки поїзда
5	0	0	32000	0	0	0	Поїзд, готовий до відправлення
6	0	0	32000	0	0	0	Поїзд відправляється на перегін
7	0	0	32000	0	0	0	Поїзд відправляється на перегін
8	0	0	32000	0	0	0	Поїзд відправляється на перегін
9	0	0	32000	0	0	0	Поїзд відправляється на перегін
10	0	0	32000	0	0	0	Сусідня станція
11	0	0	32000	0	0	0	Сусідня станція
12	0	0	32000	0	0	0	Сусідня станція
13	0	0	32000	0	0	0	Сусідня станція

Рисунок Ж.6 – Статистика по позиціям для вихідної горловини ПС

З рисунка Ж.6 видно, що на ПС, робота якої моделюється з різних технологічних ліній є готові до відправлення зі станції поїзда, позиція р1 – 5 поїздів, р2 – 9, р3 – 5 і р4 – 5. Переходом t1 визначається послідовність відправлення поїздів з ПС на відповідний перегін, а переходами t3 – t6 – час слідування до наступної станції згідно з маршрутом і графіком руху поїздів.

■ Статистика по переходам								
N п/п	Тип	Число		Время акт.		Время блок.		Имя
		сраб.	абс.	[%]	абс.	[%]		
1	TE	1	1	0.00%	0	0.00%	Приймання Тр поїзда зі зміною локомотиву та складу	
2	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Очікування зміни поїздного локомотиву	
3	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Очікування зміни складу	
4	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Очікування ТО та екіпірування	
5	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Очікування вивантаження/завантаження пошти та багажу	
6	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Простій під зміною поїздного локомотиву	
7	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Зміна складу	
8	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	ТО та екіпірування	
9	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Вивантаження/завантаження пошти та багажу	
10	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Загальний простій Тр поїзда зі зміною локомотива і складу п	
11	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Очікування випробування гальм	
12	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Випробування гальм	
13	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Очікування початку посадки/висадки пасажирів	
14	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Посадка/висадка пасажирів	

Рисунок Ж.7 – Статистика по переходам для транзитного поїзду зі зміною локомотиву та складу

■ Статистика по позиціям							
N п/п	Маркировка			Время маркеров			Имя
	Тек.	МАХ.	Огран.	Акт.	Блок.	Общее	
1	3	0	32000	1	0	1	Наявність Тр поїзду зі зміною лок. та складу
2	1	1	32000	0	0	0	Наявність поїзду готового до зміни поїздного локомотива
3	1	1	32000	0	0	0	Наявність поїзду готового до зміни складу
4	1	1	32000	0	0	0	Наявність поїзду готового до ТО та екіпірування
5	1	1	32000	0	0	0	Наявність поїзду готового до вивантаження/завантаження пошт
6	0	0	32000	0	0	0	Робота локомотивних бригад
7	0	0	32000	0	0	0	Робота складської бригади
8	0	0	32000	0	0	0	Робота бригади ПТО
9	0	0	32000	0	0	0	Робота працівників пошти та багажу
10	1	0	32000	0	0	1	Локомотивне господарство
11	1	0	32000	0	0	1	ПТС
12	0	0	32000	0	0	0	Зміну локомотива закінчено
13	0	0	32000	0	0	0	Зміну складу закінчено
14	0	0	32000	0	0	0	ТО та екіпірування закінчено
15	0	0	32000	0	0	0	Вивантаження/завантаження пошти та багажу закінчено
16	0	0	32000	0	0	0	Готовий до відправлення Тр поїзд після зміни локомотиву та
17	0	0	32000	0	0	0	Робота лок. бригади і працівників ПТО (випроб. гальм)
18	0	0	32000	0	0	0	Випробування гальм закінчено
19	0	0	32000	0	0	0	Випробування гальм, бригада ПТО приймає участь
20	1	0	32000	0	0	1	Число вільних бригад ПТО
21	1	0	32000	0	0	1	Число вільних бригад працівників пошти та багажу
22	1	1	32000	0	0	0	Наявність поїзду готового до посадки/висадки пасажирів
23	0	0	32000	0	0	0	Посадка/висадка пасажирів
24	0	0	32000	0	0	0	Посадку/висадку пасажирів закінчено

Рисунок Ж.8 – Статистика по позиціям для транзитного поїзду зі зміною локомотиву та складу

З рис. Ж.8 видно, що на підході до станції три поїзда, які є транзитними і згідно технологічного процесу потребують на даній ПС зміни поїздного локомотиву і зміни складу (відчеплення групи вагонів і причеплення інших вагонів). Прийнято один поїзд даної категорії (див. рис. Ж.7 статистика по першому переходу) з яким планується виконання відповідних технологічних операцій (рис. Ж.7 переходи t2 – t14).

■ Статистика по переходам								
N п/п	Тип	Число		Время акт.		Время блок.		Имя
		сраб.	абс.	[%]	абс.	[%]		
1	TE	1	1	0.00%	0	0.00%	0	Приймання Тр поїзду зі зміною локомотиву
2	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	0	Очікування зміни поїздного локомотиву
3	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	0	Очікування ТО та екіпірування
4	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	0	Очікування вивантаження/завантаження пошти та багажу
5	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	0	Простій під зміною поїздного локомотиву
6	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	0	ТО та екіпірування
7	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	0	Вивантаження/завантаження пошти та багажу
8	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	0	Загальний простій Тр поїзду зі зміною локомотива під обробк
9	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	0	Очікування випробування гальм
10	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	0	Випробування гальм
11	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	0	Очікування початку посадки/висадки пасажирів
12	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	0	Посадка/висадка пасажирів

Рисунок Ж.9 – Статистика по переходам для моделі технологічної лінії обробки транзитного пасажирського поїзда зі зміною поїздного локомотиву на ПС

Статистика по позиціям							Имя
N	Маркировка		Время маркеров				
p/n	Тек.	МАХ.	Огран.	Акт.	Блок.	Общее	
1	3	0	32000	1	0	1	Наявність Тр поїзду зі зміною лок.
2	1	1	32000	0	0	0	Наявність поїзду готового до зміни поїздного локомотива
3	1	1	32000	0	0	0	Наявність поїзду готового до ТО та екіпування
4	1	1	32000	0	0	0	Наявність поїзду готового до вивантаження/завантаження пошт
5	0	0	32000	0	0	0	Робота локомотивних бригад
6	0	0	32000	0	0	0	Робота бригади ПТО
7	0	0	32000	0	0	0	Робота працівників пошти та багажу
8	1	0	32000	0	0	1	Локомотивне господарство
9	0	0	32000	0	0	0	Зміну локомотива закінчено
10	0	0	32000	0	0	0	ТО та екіпування закінчено
11	0	0	32000	0	0	0	Вивантаження/завантаження пошти та багажу закінчено
12	0	0	32000	0	0	0	Готовий до відправлення Тр поїзд після зміни локомотиву
13	0	0	32000	0	0	0	Робота лок. бригади і працівників ПТО (випроб. гальм)
14	0	0	32000	0	0	0	Випробування гальм закінчено
15	0	0	32000	0	0	0	Випробування гальм, бригада ПТО приймає участь
16	1	0	32000	0	0	1	Число вільних бригад ПТО
17	1	0	32000	0	0	1	Число вільних бригад працівників пошти та багажу
18	1	1	32000	0	0	0	Наявність поїзду готового до посадки/висадки пасажирів
19	0	0	32000	0	0	0	Посадка/висадка пасажирів
20	0	0	32000	0	0	0	Посадку/висадку пасажирів закінчено

Рисунок Ж.10 – Статистика по позиціям для моделі технологічної лінії обробки транзитного пасажирського поїзда зі зміною поїздного локомотиву на ПС

Згідно з рис. Ж.10 на ПС, що моделюється, прийнято 1 транзитний поїзд зі зміною локомотиву (див. статистику по переходу t1 рис. Ж.9), на підході до станції ще три поїзда даної категорії (див. статистику по позиції p1). До технологічної обробки по прибуттю на ПС готовий лише один поїзд (статистика по позиціям p2, p3, p4). В наявності одна вільна бригада пункту ТО та одна бригада працівників пошти та багажу (статистика по позиції p16 та p17).

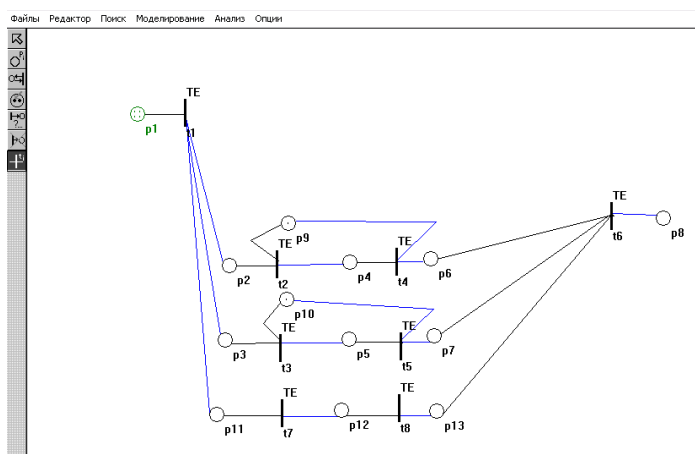


Рисунок Ж.11 – Макрорівнева модель технологічної лінії обробки транзитного пасажирського поїзда без зміни поїздного локомотиву та складу на ПС

Після прибуття пасажирського транзитного поїзду без зміни локомотиву та складу на ПС (спрацювання переходу t1) паралельно виконуються три наступні операції: ТО та екіпірування t2 – t4 вільною бригадою ПТО (при наявності не менше однієї фішки у позиції p9); навантаження та вивантаження пошти та багажу t3 – t5 вільною бригадою працівників пошти та багажу (лише при наявності фішки у позиції p10); посадка/висадка пасажирів t7 – t8. По закінченню усіх операцій спрацьовує перехід t6 і при потраплянні фішки до позиції p8 поїзд готовий до відправлення.

■ Статистика по переходам							
N	Тип	Число	Время акт.	Время блок.	Имя		
п/п		сраб.	абс.	[%]	абс.	[%]	
1	TE	1	1	0.00%	0	0.00%	Приймання Тр поїзду зі зміною локомотиву
2	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Очікування ТО та екіпірування
3	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Очікування вивантаження/завантаження пошти та багажу
4	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	ТО та екіпірування
5	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Вивантаження/завантаження пошти та багажу
6	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Загальний простій Тр поїзду зі зміною локомотива під обробк
7	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Очікування початку посадки/висадки пасажирів
8	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Посадка/висадка пасажирів

Рисунок Ж.12 – Статистика по переходам для моделі технологічної лінії обробки транзитного пасажирського поїзда без зміни поїзного локомотиву та складу на ПС

■ Статистика по позиціям							
N	Маркировка	Время маркеров			Имя		
п/п	Тек.	МАХ.	Огран.	Акт.	Блок.	Общее	
1	3	0	32000	1	0	1	Наявність Тр поїзду зі зміною лок.
2	1	1	32000	0	0	0	Наявність поїзду готового до ТО та екіпірування
3	1	1	32000	0	0	0	Наявність поїзду готового до вивантаження/завантаження пошт
4	0	0	32000	0	0	0	Робота бригади ПТО
5	0	0	32000	0	0	0	Робота працівників пошти та багажу
6	0	0	32000	0	0	0	ТО та екіпірування закінчено
7	0	0	32000	0	0	0	Вивантаження/завантаження пошти та багажу закінчено
8	0	0	32000	0	0	0	Готовий до відправлення Тр поїзд після зміни локомотиву
9	1	0	32000	0	0	1	Число вільних бригад ПТО
10	1	0	32000	0	0	1	Число вільних бригад працівників пошти та багажу
11	1	1	32000	0	0	0	Наявність поїзду готового до посадки/висадки пасажирів
12	0	0	32000	0	0	0	Посадка/висадка пасажирів
13	0	0	32000	0	0	0	Посадку/висадку пасажирів закінчено

Рисунок Ж.13 – Статистика по позиціям для моделі технологічної лінії обробки транзитного пасажирського поїзда без зміни поїзного локомотиву та складу на ПС

Згідно з рисунком Ж.12 до ПС прийнято один транзитний поїзд без зміни поїзного локомотиву та складу (див. статистику по переходу t1), а на підході ще три поїзда даної категорії (див. статистику по позиції p1). Відповідно до рис. Ж.13,

прийнятий поїзд готовий до ТО та екіпірування (див. статистику по позиції р2), до вивантаження навантаження пошти та багажу (див. статистику по позиції р3), до посадки-висадки пасажирів (див. статистику по позиції р11). На даний момент часу в наявності на ПС одна вільна бригада пункту ТО та одна бригада працівників пошти та багажу (див. статистику по позиціям р9 та р10 відповідно).

■ Статистика по переходам							
N п/п	Тип	Число		Время акт.	Время блок.		Имя
		сраб.	абс.	[%]	абс.	[%]	
1	TE	1	2	0.00%	0	0.00%	Приймання поїзду свого формування по прибуттю
2	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Очікування відчеплення поїздного локомотива
3	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Очікування вивантаження пошти та багажу
4	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Очікування ТО
5	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Очікування початку висадки пасажирів
6	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Відчеплення поїздного локомотиву і прибирання його до ЛГ
7	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Вивантаження пошти та багажу
8	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	ТО
9	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Висадка пасажирів
10	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Переставлення составу до ПТС
11	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Очікування випробування гальм
12	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Випробування гальм

Рисунок Ж.14 – Статистика по переходам для моделі технологічної лінії обробки пасажирського поїзду свого формування по прибуттю

■ Статистика по позиціям							
N п/п	Маркировка			Время маркеров			Имя
	Тек.	МАХ.	Огран.	Акт.	Блок.	Общее	
1	3	0	32000	2	0	2	Поїзд свого формування по прибуттю
2	1	1	32000	0	0	0	Наявність поїзду для відчеплення поїздного локомотиву
3	1	1	32000	0	0	0	Наявність поїзду для вивантаження пошти та баг
4	1	1	32000	0	0	0	Наявність поїзду для ТО
5	1	1	32000	0	0	0	Поїзд готовий до висадки пасажирів
6	0	0	32000	0	0	0	Робота складських бригад
7	0	0	32000	0	0	0	Вивантаження пошти та багажу
8	0	0	32000	0	0	0	Робота бригад ПТО
9	0	0	32000	0	0	0	Висадка пасажирів
10	1	0	32000	0	0	2	Число вільних бригад працівників служби пошти та багажу
11	0	0	32000	0	0	0	Поїздний локомотив відчеплено
12	0	0	32000	0	0	0	Вивантаження пошти та багажу закінчено
13	0	0	32000	0	0	0	ТО закінчено
14	0	0	32000	0	0	0	Висадку пасажирів закінчено
15	0	0	32000	0	0	0	Робота складської бригади та працівників ПТО (випробування)
16	0	0	32000	0	0	0	Випробування гальм закінчено
17	0	0	32000	0	0	0	Наявність вільної бригади ПТО для випробування гальм
18	1	0	32000	0	0	2	Число вільних бригад ПТО
19	1	0	32000	0	0	2	ПТС
20	0	0	32000	0	0	0	Локомотивне господарство

Рисунок Ж.15 – Статистика по позиціям для моделі технологічної лінії обробки пасажирського поїзда свого формування по прибуттю

Згідно з рис. Ж.14 на ПС прибув один поїзд свого формування, час приймання на колії станції зайняв 2 хв. (див. статистику по переходу t1). На підході до станції

ще два поїзда свого формування (див. рис. Ж.15 статистика по позиції р1). Поїзд, що прибув, готовий до усіх технологічних операцій (див. статистику по р2 – р5), вільні бригади працівників ПТО та служби пошти та багажу є у наявності (див. статистику по р18, р10), у наявності вільний вивізний локомотив на ПТС (див. статистику по р19).

■ Статистика по переходам							
N п/п	Тип	Число		Время акт.	Время блок.		Имя
		сраб.	абс.	[%]	абс.	[%]	
1	TE	1	2	0.00%	0	0.00%	Приймання поїзду свого формування по відправленню
2	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Очікування відчеплення маневрового локомотива
3	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Очікування навантаження пошти та багажу
4	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Очікування ТО та екіпірування
5	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Очікування початку посадки пасажирів
6	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Відчеплення маневрового локомотиву і прибирання його до ПТС
7	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Навантаження пошти та багажу
8	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	ТО та екіпірування
9	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Посадка пасажирів
10	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Очікування причеплення поїздного локомотива та випробування
11	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Випробування гальм
12	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Відправлення поїзда свого формування

Рисунок Ж.16 – Статистика по переходам для моделі технологічної лінії обробки пасажирського поїзду свого формування по відправленню

■ Статистика по позиціям							
N п/п	Маркировка			Время маркеров			Имя
	Тек.	МАХ.	Огран.	Акт.	Блок.	Общее	
1	1	1	32000	0	0	0	Наявність поїзду на колії станції
2	1	1	32000	0	0	0	Наявність поїзду для навантаження пошти та баг
3	1	1	32000	0	0	0	Наявність поїзду для ТО та екіпірування
4	1	1	32000	0	0	0	Поїзд готовий до посадки пасажирів
5	0	0	32000	0	0	0	Робота складських бригад
6	0	0	32000	0	0	0	Навантаження пошти та багажу
7	0	0	32000	0	0	0	Робота бригад ПТО
8	0	0	32000	0	0	0	Посадка пасажирів
9	1	0	32000	0	0	2	Число вільних бригад працівників служби пошти та багажу
10	0	0	32000	0	0	0	Маневровий локомотив відчеплено
11	0	0	32000	0	0	0	Навантаження пошти та багажу закінчено
12	0	0	32000	0	0	0	ТО та екіпірування закінчено
13	0	0	32000	0	0	0	Посадку пасажирів закінчено
14	0	0	32000	0	0	0	Робота складської бригади та працівників ПТО (випробування
15	0	0	32000	0	0	0	Випробування гальм закінчено
16	0	0	32000	0	0	0	Наявність вільної бригади ПТО для випробування гальм
17	1	0	32000	0	0	2	Число вільних бригад ПТО
18	0	0	32000	0	0	0	ПТС
19	0	0	32000	0	0	0	Поїзд свого формування готовий до відправлення
20	0	0	32000	0	0	0	ЛГ

Рисунок Ж.17 – Статистика по позиціям для моделі технологічної лінії обробки пасажирського поїзда свого формування по відправленню

З рис. Ж.16 видно, що на колії приймально-відправного парку ПС прибув один поїзд свого формування по відправленню (див. статистику по t1), готовий до

навантаження пошти та багажу, до ТО та екіпірування, до посадки пасажирів (див. статистику по позиціям р2 – р4). В наявності є одна вільна бригада ПТО (див. статистику по позиції р17) та одна бригада працівників служби пошти та багажу (див. статистику по позиції р9).

■ Статистика по переходам							
N	Тип	Число	Время акт.	Время блок.	Имя		
п/п		сраб.	абс. [%]	абс. [%]			
1	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Подача составу до ПТС
2	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Очікування ТО
3	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	ТО
4	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Обмивання вагонів на вагономийній машині
5	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Перестановка складу до РЕД
6	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Очікування початку ремонтних робіт
7	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Початок ремонтних робіт
8	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Ремонтні роботи
9	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Очікування зарядки акумуляторних батарей
10	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Зарядка акумуляторних батарей
11	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Очікування початку екіпірування вагонів
12	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Екіпірування вагонів
13	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Закінчення обробки состава в РЕД
14	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Перестановка складу на колії відправлення
15	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Причеплення вивізного локомотиву
16	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Відправлення вивізного локомотива до составу

Рисунок Ж.18 – Статистика по переходам для моделі організації роботи ПТС

■ Статистика по позиціям							
N	Маркировка			Время маркеров		Имя	
п/п	Тек.	МАХ.	Огран.	Акт.	Блок.		Общее
1	0	0	32000	0	0	0	Колії приймання ПТС
2	0	0	32000	0	0	0	Обмивання вагонів на вагономийній машині
3	1	0	32000	0	0	0	Кількість вільних бригад ПТО
4	0	0	32000	0	0	0	Огляд прибувшого складу і відчеплення вивізного локомотиву
5	0	0	32000	0	0	0	Робота бригад ПТО
6	0	0	32000	0	0	0	ТО закінчено
7	0	0	32000	0	0	0	Склад готовий до переставлення до РЕД
8	0	0	32000	0	0	0	РЕД
9	4	0	32000	0	0	0	Число вільних ремонтних бригад
10	0	0	32000	0	0	0	Ремонтні роботи
11	0	0	32000	0	0	0	Робота ремонтних бригад
12	0	0	32000	0	0	0	Ремонтні роботи закінчено
13	0	0	32000	0	0	0	Зарядка акумуляторних батарей
14	0	0	32000	0	0	0	Робота батарей
15	0	0	32000	0	0	0	Акумуляторні батареї заряджено
16	2	0	32000	0	0	0	Число вільних бригад екіпірувальників
17	0	0	32000	0	0	0	Вагони готові до екіпірування водою та паливом (вуглем)
18	0	0	32000	0	0	0	Робота бригад екіпірувальників
19	0	0	32000	0	0	0	Екіпірування виконано
20	0	0	32000	0	0	0	Склад готовий до відправлення
21	0	0	32000	0	0	0	Очікування подачі на ПС
22	0	0	32000	0	0	0	Причеплення вивізного локомотива
23	0	0	32000	0	0	0	Подача вивізного локомотива к составу
24	0	0	32000	0	0	0	Резерв вивізних локомотивів

Рисунок Ж.19 – Статистика по позиціям для моделі організації роботи ПТС

Згідно з рисунком Ж.19 на ПТС, що моделюється, в наявності є одна бригада ПТО (див. статистику по позиції р3), чотири вільних ремонтних бригад (див. статистику по р9), дві вільні бригади екіпірувальників (див. статистику по р16).

фішок (7 днів тижня) спрацьовує перехід t6 і починається наступний тиждень. Позиція p4 відображає день місяця, встановлено обмеження на максимальну кількість днів у місяці 31, таким чином при накопиченні 31 фішки у позиції p4 спрацьовує перехід t4 і наступає другий місяць моделювання, і так до 12 фішок у позиції p5 (12 місяців у році). Після чого спрацює перехід t6 і почнеться другий рік моделювання. Для завдання у якості вхідних даних часу та певної дати відправлення поїзду зі станції, наприклад, 1 години 30 хвилин 1 січня 2015 року, необхідно задати умови спрацювання переходу t7: у позиції p2 – 30 фішок, при цьому у p3 – 1 фішка, у p4 – 1 фішка, у p5 – 1 фішка, у p6 – 1 фішка (приклад враховує, що 2015 рік – перший рік моделювання).

■ Статистика по переходам								□ x
N п/п	Тип	Число		Время акт.	Время блок.		Имя	
		сраб.	абс.	[%]	абс.	[%]		
1	TE	91	90	0.00%	0	0.00%	Накопичення хвилин	
2	TE	1	0	0.00%	0	0.00%	Накопичення годин	
3	TD	0	0	0.00%	0	0.00%	Накопичення діб	
4	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Накопичення місяців	
5	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Накопичення років	
6	TE	0	0	0.00%	0	0.00%	Накопичення днів тижня	
7	TE	1	0	0.00%	0	0.00%	Наявність пас. поїзду відповідно до ГРПП	

■ Статистика по позиціям								□ x
N п/п	Маркировка Тек.	Маркировка			Время маркеров			Имя
		MAX.	Огран.	Акт.	Блок.	Общее		
1	0	1	1	0	0	0	Секунди	
2	0	60	60	0	0	88	Хвилини	
3	0	1	24	0	0	30	Години	
4	0	0	31	0	0	90	Дата	
5	0	0	12	0	0	90	Місяць	
6	0	0	32000	0	0	90	Рік	
7	1	0	7	0	0	90	День тижня	
8	1	1	32000	0	0	0	Пас. поїзд згідно ГРПП	

Рисунок Ж.21 – Статистика по переходам та позиціям для моделі завдання ГРПП

На рисунку Ж.22 побудовано модель залізничної мережі, на якій позіями p показані основні залізничні станції, через які прослідують і роблять зупинку пасажирські поїзда далекого сполучення: p1 – Ужгород, p2 – Самбір, p3 – Дрогобич, p4 – Трускавець, p5 – Стрий, p6 - Івано-Франківськ, p7 – Коломия, p8 – Завалля, p9 – Чернівці, p10 – Львів, p11 – Сапіжанка, p12 – Луцьк, p13 – Ківерці, p14 – Рівне, p15 –

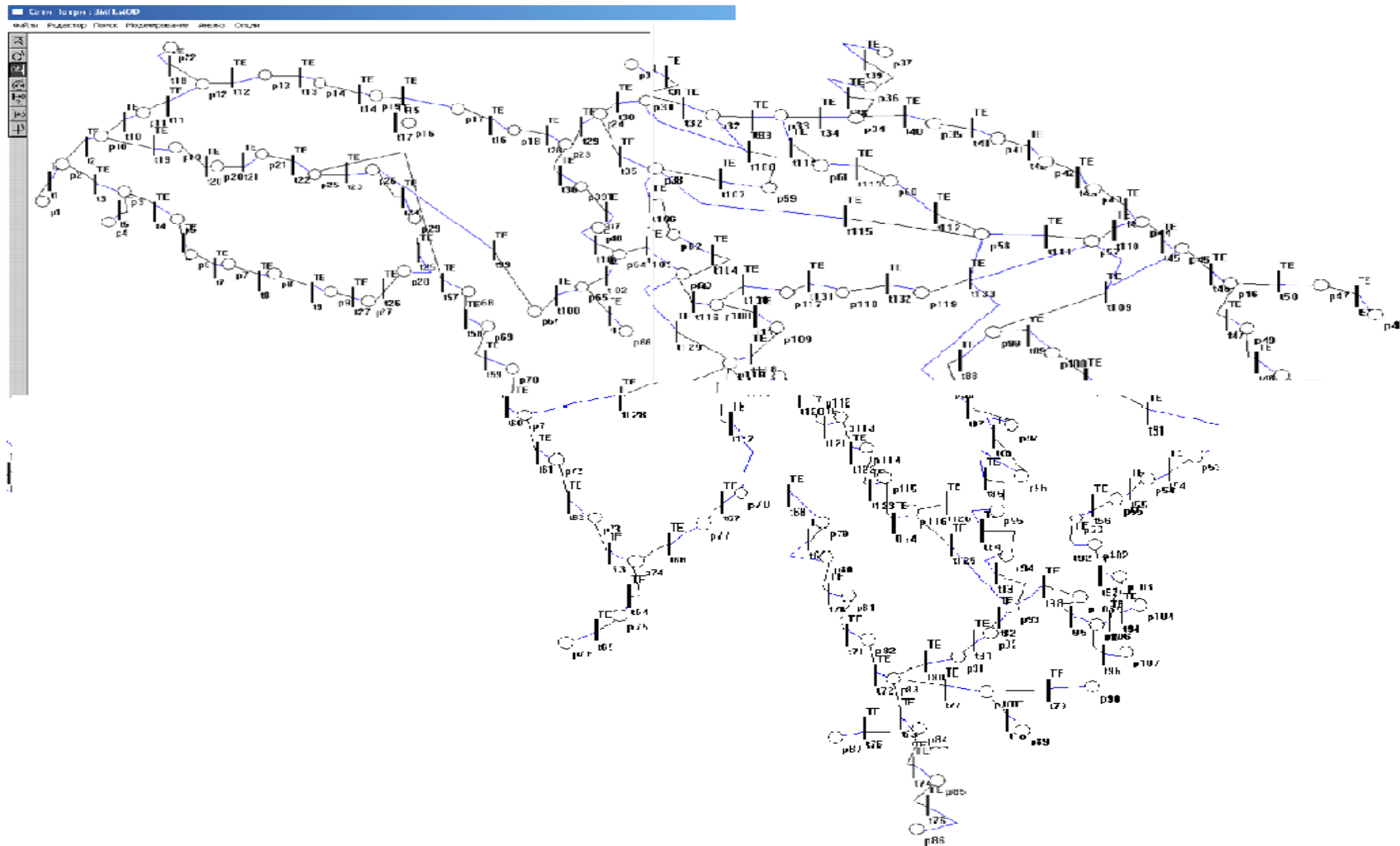


Рисунок Ж.22 – Макрорівнева модель залізничної мережі України (основні залізничні станції, на яких здійснюють зупинку пасажирські поїзда прямого сполучення за даними 2014 року)

Здолбунів, р16 – Шепетівка, р17 – Новоград-Волинський, р18 – Житомир, р19 – Красне, р20 – Тернопіль, р21 – Хмельницький, р22 – Ковель, р23 – Фастів, р24 – Київ, р25 – Жмеринка, р26 – Вінниця, р27 – Ванчиківш, р28 – Кам'янець-Подольський, р29 – Ярмолинці, р30 – Ніжин, р31 – Чернігів, р32 – Бахмач-Київський, р33 – Бахмач-Пасажирський, р34 – Конотоп, р35 – Ворожба, р36 – Воронізька, р37 – Шостка, р38 – Гребінка, р39 – Біла Церква, р40 – Миронівка, р41 – Суми, р42 – Баси, р43 – Кириківка, р44 – Харків, р45 – Мерефа, р46 – Зміїв, р47 – Куп'янськ-Вузловий, р48 – Сватово, р49 – Букіне, р50 – Слов'яногорськ, р51 – Красний Лиман, р52 – Слов'янськ, р53 – Краматорськ, р54 – Костянтинівка, р55 – Ясинувата, р56 – Донецьк, р57 – Полтава, р58 – Ромодан, р59 – Прилуки, р60 – Лохвиця, р61 – Ромни, р62 – Черкаси, р63 – Ім. Шевченка, р64 – Цвіткове, р65 – Христинівка, р66 – Умань, р67 – Зятківці, р68 – Вапнярка, р69 – Рудниця, р70 – Слободка, р71 – Котовськ, р72 – Мигаєве, р73 – Роздільна, р74 – Одеса, р75 – Аккаржа, р76 – Білгород-Дністровський, р77 – Раухівка, р78 – Колосівка, р79 – Миколаїв, р80 – Кульбакине, р81 – Херсон, р82 – Вадим, р83 – Джанкой, р84 – Острякове, р85 – Симферополь, р86 – Севастополь, р87 – Євпаторія, р88 – Владиславівка, р89 – Феодосія, р90 – Керч, р91 – Новоолексіївка, р92 – Мелітополь, р93 – Федорівка, р94 – Запоріжжя, р95 – Вельнянськ, р96 – Синельникове-1, р97 – Синельникове-2, р98 – Дніпропетровськ, р99 – Красноград, р100 – Лозова, р101 – Дубове, р102 – Доля, р103 – Волноваха, р104 – Маріуполь, р105 – Верхній Токмак, р106 – Вкрхній токмак-1, р107 – Бердянськ, р108 – Чорнолісска, р109 – Кіровоград, р110 – Помічна, р111 – Долинське, р112 – Тимкове, р113 – Моїсіївка, р114 – Кривий Ріг, р115 – Апостолова, р116 – Нікополь, р117 – Знам'янка-Пас., р118 – Користівка, р119 – Кременчук.

За вертикаллю вказані інтервали часу прибуття, по горизонталі - їх зручність, в балах (поставте плюс у вибраній комірці).

Бали											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5:00-6:00											
6:00-7:00											
7:00-8:00											
8:00-9:00											
9:00-10:00											
10:00-11:00											
11:00-12:00											
12:00-13:00											
13:00-14:00											
14:00-15:00											
15:00-16:00											
16:00-17:00											
17:00-18:00											
18:00-19:00											
19:00-20:00											
20:00-21:00											
21:00-22:00											
22:00-23:00											
23:00-0:00											

Рисунок К.1 – Приклад анкети для опитування пасажирів щодо зручності часових інтервалів прибуття-відправлення спеціальних пасажирських вагонів

Результати анкетування пасажирів, що оцінили зручність часу прибуття та відправлення спеціальних вагонів на залізничні станції

Загальна кількість респондентів: 97 чоловік.

Коефіцієнт Стюдента 1,96.

Оцінка зручності часу відправлення спеціальних вагонів

Час: 5:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	49	18	16	6	1	1	1	4	6	2	1
Відсоток відповідей	50,5154	18,5567	8,24742	6,18556	1,03092	1,03092	1,03092	4,12371	6,18556	2,06185	1,03092

Час: 6:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	37	14	11	6	1	5	1	7	1	6	8
Відсоток відповідей	38,1443	14,4329	11,3402	6,18556	1,03092	5,15463	1,03092	7,21649	1,03092	6,18556	8,24742

Час: 7:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	27	8	14	5	3	2	6	4	5	7	16
Відсоток відповідей	27,8350	8,24742	14,4329	5,15463	3,09278	2,06185	6,18556	4,12371	5,15463	7,21649	16,4948

Час: 8:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	23	9	7	11	2	7	5	8	4	10	11
Відсоток відповідей	23,7113	9,27835	7,21649	11,3402	2,06185	7,21649	5,15463	8,24742	4,12371	10,3092	11,3402

Час: 9:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	10	4	13	7	13	12	8	4	5	3	18
Відсоток відповідей	10,3092	4,12371	13,4020	7,21649	13,4020	12,3711	8,24742	4,12371	5,15463	3,09278	18,5567

Час: 10:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	7	4	2	8	15	17	8	9	4	3	20
Відсоток відповідей	7,21649	4,12371	2,06185	8,24742	15,4639	17,5257	8,24742	9,27835	4,12371	3,09278	20,6185

Час: 11:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	4	5	9	5	11	10	11	8	3	4	27
Відсоток відповідей	4,12371	5,15463	9,27835	5,15463	11,3402	10,3092	11,3402	8,24742	3,09278	4,12371	27,8350

Час: 12:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	7	5	10	9	6	7	4	12	7	7	23
Відсоток відповідей	7,21649	5,15463	10,3092	9,27835	6,18556	7,21649	4,12371	12,3711	7,21649	7,21649	23,7113

Час: 13:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	5	5	8	7	4	5	15	8	5	12	23
Відсоток відповідей	5,15463	5,15463	8,24742	7,21649	4,12371	5,15463	15,4639	8,24742	5,15463	12,3711	23,7113

Час: 14:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	4	5	7	7	9	9	8	6	11	12	19
Відсоток відповідей	4,12371	5,15463	7,21649	7,21649	9,27835	9,27835	8,24742	6,18556	11,3402	12,3711	19,5876

Час: 15:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	4	3	6	9	6	8	9	11	7	6	28
Відсоток відповідей	4,12371	3,09278	6,18556	9,27835	6,18556	8,24742	9,27835	11,3402	7,21649	6,18556	28,8659

Час: 16:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	9	4	3	7	9	7	8	6	3	16	25
Відсоток відповідей	9,27835	4,12371	3,09278	7,21649	9,27835	7,21649	8,24742	6,18556	3,09278	16,4948	25,7732

Час: 17:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	10	5	1	5	3	7	14	16	6	3	27
Відсоток відповідей	10,3092	5,15463	1,03092	5,15463	3,09278	7,21649	14,4329	16,4948	6,18556	3,09278	27,8350

Час: 18:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	9	2	1	6	7	8	6	7	16	4	31
Відсоток відповідей	9,27835	2,06185	1,03092	6,18556	7,21649	8,24742	6,18556	7,21649	16,4948	4,12371	31,9587

Час: 19:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	8	1	4	5	3	5	7	11	10	15	28
Відсоток відповідей	8,24742	1,03092	4,12371	5,15463	3,09278	5,15463	7,21649	11,3402	10,3092	15,4639	28,8659

Час: 20:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	9	2	1	4	9	6	7	9	8	12	30
Відсоток відповідей	9,27835	2,06185	1,03092	4,12371	9,27835	6,18556	7,21649	9,27835	8,24742	12,3711	30,9278

Час: 21:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	6	2	1	4	3	1	4	4	15	18	39
Відсоток відповідей	6,18556	2,06185	1,03092	4,12371	3,09278	1,03092	4,12371	4,12371	15,4639	18,5567	40,2061

Час: 22:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	3	4	4	1	2	6	5	4	9	14	45
Відсоток відповідей	3,09278	4,12371	4,12371	1,03092	2,06185	6,18556	5,15463	4,12371	9,27835	14,4329	46,3917

Час: 23:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	9	3	4	2	5	6	7	4	5	13	39
Відсоток відповідей	9,278351	3,092784	4,123711	2,061856	5,154639	6,185567	7,216495	4,123711	5,154639	13,40206	40,20619

Оцінка зручності часу прибуття спеціальних вагонів

Час: 5:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	31	7	14	7	13	5	7	2	5	2	4
Відсоток відповідей	31,9587	7,21649	14,4329	7,21649	13,4020	5,15463	7,21649	2,06185	5,15463	2,06185	4,12371

Час: 6:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	26	9	11	5	3	2	6	8	9	10	8
Відсоток відповідей	26,8041	9,27835	11,3402	5,15463	3,09278	2,06185	6,18556	8,24742	9,27835	10,3092	8,24742

Час: 7:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	21	7	6	9	7	6	3	2	3	4	29
Відсоток відповідей	21,6494	7,21649	6,18556	9,27835	7,21649	6,18556	3,09278	2,06185	3,09278	4,12371	29,8969

Час: 8:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	7	4	7	3	8	2	7	4	8	9	38
Відсоток відповідей	7,21649	4,12371	7,21649	3,09278	8,24742	2,06185	7,21649	4,12371	8,24742	9,27835	39,1752

Час: 9:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	2	7	3	2	8	7	5	10	5	7	41
Відсоток відповідей	2,06185	7,21649	3,09278	2,06185	8,24742	7,21649	5,15463	10,3092	5,15463	7,21649	42,2680

Час: 10:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	1	4	2	5	5	7	4	13	11	8	37
Відсоток відповідей	1,03092	4,12371	2,06185	5,15463	5,15463	7,21649	4,12371	13,4020	11,3402	8,24742	38,1443

Час: 11:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	2	4	1	5	7	11	8	5	13	9	32
Відсоток відповідей	2,06185	4,12371	1,03092	5,15463	7,21649	11,3402	8,24742	5,15463	13,4020	9,27835	32,9896

Час: 12:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	2	3	4	1	7	10	5	6	9	13	37
Відсоток відповідей	2,06185	3,09278	4,12371	1,03092	7,21649	10,3092	5,15463	6,18556	9,27835	13,4020	38,1443

Час: 13:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	6	2	4	1	4	11	13	9	7	11	29
Відсоток відповідей	6,18556	2,06185	4,12371	1,03092	4,12371	11,3402	13,4020	9,27835	7,21649	11,3402	29,8969

Час: 14:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	3	2	5	1	5	12	9	10	14	9	27
Відсоток відповідей	3,09278	2,06185	5,15463	1,03092	5,15463	12,3711	9,27835	10,3092	14,4329	9,27835	27,8350

Час: 15:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	4	2	6	1	8	12	9	9	17	7	22
Відсоток відповідей	4,12371	2,06185	6,18556	1,03092	8,24742	12,3711	9,27835	9,27835	17,5257	7,21649	22,6804

Час: 16:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	3	7	1	6	7	11	8	14	6	15	19
Відсоток відповідей	3,09278	7,21649	1,03092	6,18556	7,21649	11,3402	8,24742	14,4329	6,18556	15,4639	19,5876

Час: 17:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	12	4	2	9	11	6	9	8	4	9	23
Відсоток відповідей	12,3711	4,12371	2,06185	9,27835	11,3402	6,18556	9,27835	8,24742	4,12371	9,27835	23,7113

Час: 18:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	7	2	5	2	1	7	17	6	9	10	31
Відсоток відповідей	7,21649	2,06185	5,15463	2,06185	1,03092	7,21649	17,5257	6,18556	9,27835	10,3092	31,9587

Час: 19:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	8	5	5	6	9	13	5	9	7	6	24
Відсоток відповідей	8,24742	5,15463	5,15463	6,18556	9,27835	13,4020	5,15463	9,27835	7,21649	6,18556	24,7422

Час: 20:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	13	9	7	4	3	5	5	7	10	6	28
Відсоток відповідей	13,4020	9,27835	7,21649	4,12371	3,09278	5,15463	5,15463	7,21649	10,3092	6,18556	28,8659

Час: 21:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	19	11	7	4	5	9	11	2	5	8	16
Відсоток відповідей	19,5876	11,3402	7,21649	4,12371	5,15463	9,27835	11,3402	2,06185	5,15463	8,24742	16,4948

Час: 22:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	27	13	7	5	6	3	1	8	7	9	11
Відсоток відповідей	27,8350	13,4020	7,21649	5,15463	6,18556	3,09278	1,03092	8,24742	7,21649	9,27835	11,3402

Час: 23:00

Величина балу	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість респондентів	44	10	9	5	6	3	2	2	1	3	12
Відсоток відповідей	45,36082	10,30928	9,278351	5,154639	6,185567	3,092784	2,061856	2,061856	1,030928	3,092784	12,37113

Результати анкетування з приводу оцінки зручності часу відправлення та прибуття спеціальних вагонів при опитуванні експертів

Таблиця К.1 –Результати анкетування з приводу оцінки зручності часу відправлення та прибуття спеціальних пасажирських вагонів при опитуванні експертів

Інтервал часу	Середня оцінка інтервалу	Довірчий інтервал	Дисперсія	Середньоквадратичне відхилення
1	2	3	4	5
Відправлення				
5:00-6:00	1,762887	1,025768	26,56892	5,154505
6:00-7:00	2,886598	0,764265	14,74904	3,840448
7:00-8:00	4,123711	0,570096	8,206752	2,864743
8:00-9:00	4,298969	0,464423	5,446314	2,333734
9:00-10:00	5,010309	0,39859	4,011703	2,002924
10:00-11:00	5,639175	0,439356	4,874261	2,207773
11:00-12:00	6,020619	0,468551	5,54357	2,354479
12:00-13:00	5,85567	0,387708	3,795645	1,948242
13:00-14:00	6,257732	0,408013	4,203622	2,050274
14:00-15:00	6,154639	0,319275	2,573973	1,604361
15:00-16:00	6,463918	0,460145	5,346438	2,312237
16:00-17:00	6,28866	0,447284	5,051749	2,24761
17:00-18:00	6,28866	0,515157	6,701234	2,588674
18:00-19:00	6,690722	0,552408	7,705395	2,775859
19:00-20:00	6,958763	0,495627	6,202765	2,490535
20:00-21:00	6,793814	0,513846	6,667166	2,582086
21:00-22:00	7,804124	0,735488	13,65926	3,695843
22:00-23:00	7,824742	0,80329	16,29374	4,03655
23:00-0:00	7,051546	0,679218	11,64915	3,413085
Прибуття				
5:00-6:00	2,958763	0,660732	11,02368	3,320193
6:00-7:00	4,14433	0,513534	6,659074	2,580518
7:00-8:00	5,010309	0,597742	9,022012	3,003666
8:00-9:00	6,845361	0,649248	10,6438	3,262484
9:00-10:00	7,206186	0,709285	12,7033	3,564169
10:00-11:00	7,453608	0,646624	10,55793	3,249297
11:00-12:00	7,134021	0,55514	7,781822	2,789592
12:00-13:00	7,453608	0,646624	10,55793	3,249297
13:00-14:00	6,907216	0,511094	6,595939	2,568256
14:00-15:00	7,030928	0,484423	5,925499	2,434235
15:00-16:00	6,649485	0,42642	4,591465	2,14277
16:00-17:00	6,484536	0,378848	3,624137	1,903717

Продовження таблиці К.1

1	2	3	4	5
17:00-18:00	5,793814	0,413233	4,311867	2,076504
18:00-19:00	6,938144	0,565227	8,067178	2,840278
19:00-20:00	5,948454	0,405239	4,146651	2,036333
20:00-21:00	5,824742	0,489216	6,043339	2,45832
21:00-22:00	4,680412	0,431463	4,70071	2,168112
22:00-23:00	4,020619	0,546237	7,534218	2,744853
23:00-0:00	2,71134	0,881646	19,62747	4,430291

Алгоритм визначення оцінки пасажирського поїзду для причеплення пасажирських спеціальних вагонів

Сформований алгоритм визначення оцінки поїзду для причеплення спеціальних вагонів дозволить поетапно описати весь процес для станції формування вагонів безпересадкового сполучення та для станції обороту. Алгоритм містить наступні блоки.

Блок 2. Введемо початкові дані для розрахунків: $Q^{(m,n)}$ – множина пасажирських поїздів місцевого та прямого сполучення, що прослідують станцію m , згідно з графіком руху, з урахуванням часу прибуття та відправлення для кожного поїзду, год.; N – число спеціальних вагонів у групі причеплення, ваг.; m_{mn} – маса одного спеціального вагону для причеплення, т; l_{mn} – довжина одного безпересадкового вагону для причеплення, м; M – гранична вага поїзду i , т; L – гранична довжина поїзду i , м; $v_i^{(v)}$ – апроксимуюча функція зручності часу відправлення зі станції початку подорожі для пасажирів СПВ; $v_i^{(p)}$ – апроксимуюча функція зручності часу прибуття на станцію призначення для пасажирів; $\alpha_i^{(m,n)}=1$, якщо i -тий поїзд слідує зі станції початку подорожі m до станції призначення n , $\alpha_i^{(m,n)}=0$, якщо ні; $\beta_i^{(m,n)}$ – час слідування i -того поїзду від станції початку подорожі m до станції призначення n , год.; $\beta_{ср.}^{(m,n)}$ – середній час слідування i -того поїзду від станції початку подорожі m до станції призначення n , год.; $t^{n_{екс.}}$, $t^{з_{екс.}}$ – час початку та закінчення відвідування міста (екскурсії) відповідно, год.;

$t_{дор.}$ – час відведений на дорогу від пункту прибуття СПВ до пункту пересадки на інші види транспорту, год.

Блок 3. Розраховуємо нижню $t_{n,m}^v$ та верхню $t_{в.м.}^v$ межі часу відправлення зі станції m і нижню $t_{n,m}^p$ та верхню $t_{в.м.}^p$ межі часу прибуття до пункту призначення. Блок 4. Визначимо часові відрізки множин інтервалів часу відправлення спеціальних вагонів зі станції початку подорожі m і часу прибуття до станції призначення n . Блок 5. Визначимо множину поїздів, що прослідують станцію m у визначені часові відрізки визначені у блоці 3, та перевіримо їх на обмеження по довжині і по вазі за умови причеплення спеціальних вагонів. Блок 6. Визначимо множину пасажирських поїздів, що задовольняють вище заданим обмеженням. Блок 7. Після того, як визначили множину пасажирських поїздів, що задовольняють заданим обмеженням, ще раз перевіримо основну мету цільової функції відносно мінімізації сумарного часу завершення робіт, тобто до верхньої межі часу прибуття. У блоці 4 вже було враховано верхню межу часу прибуття, але там було враховано середній час руху між станціями m та n , а тепер враховуємо конкретні значення $\beta_i^{(m,n)}$. Якщо умова підтверджується, переходимо до блоку 7, якщо ні – до блоку 4 для повторного аналізу. Блок 8. Розрахуємо оцінки зручності часу відправлення та прибуття для кожного з відібраних поїздів за апроксимуючими функціями. Блок 9. Визначимо оцінки зручності для прибуття та відправлення по кожному поїзду. Блок 10. Розрахуємо середню оцінку зручності кожного пасажирського поїзду. Блок 11. Визначимо середні оцінки зручності для кожного поїзду. Блок 12. Визначимо максимальну оцінку зручності поїзда. Блок 13. Отримаємо розклад руху СПВ у складі максимально зручних поїздів.

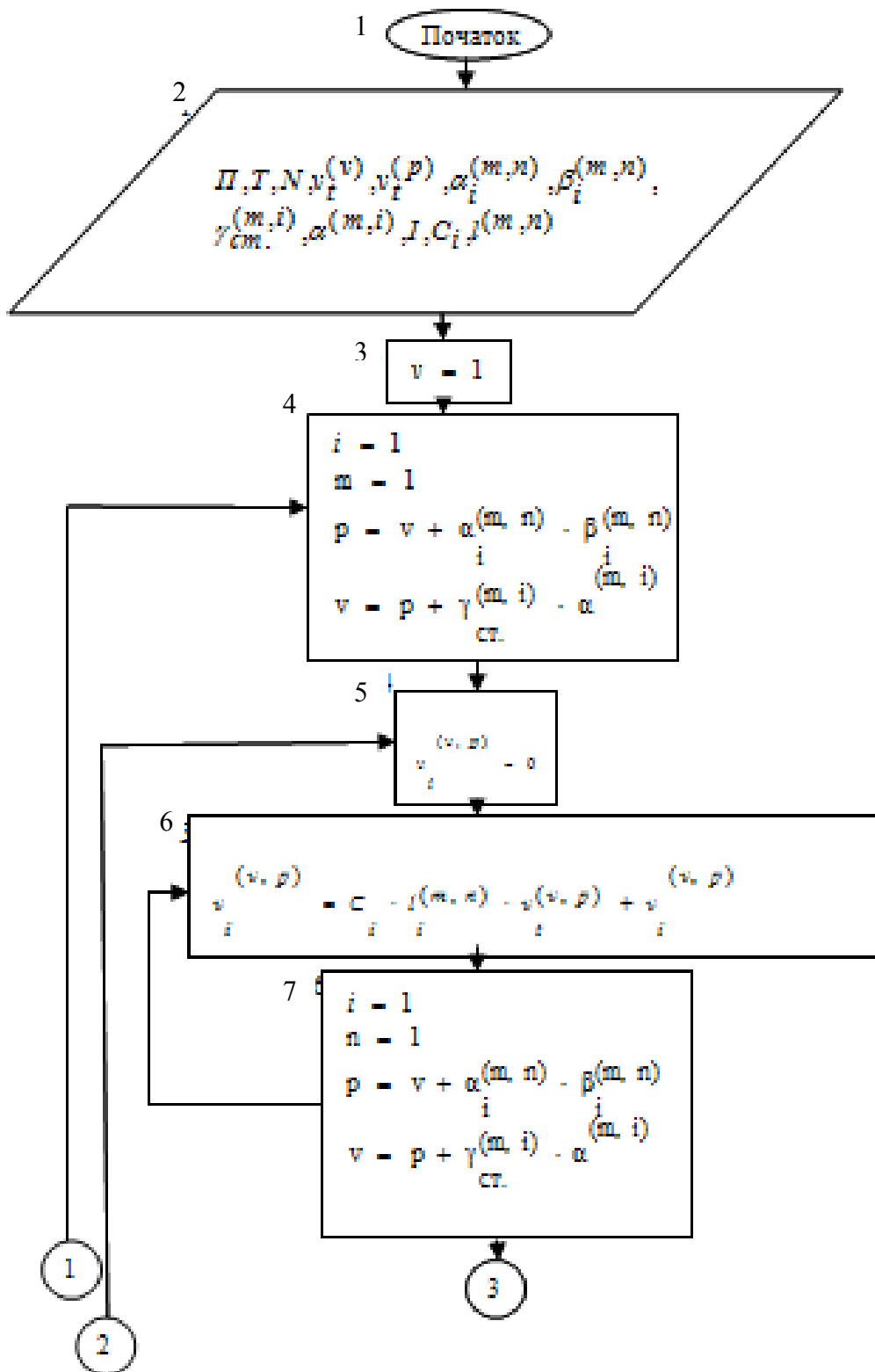


Рисунок К.2, аркуш 1 – Блок-схема алгоритму оцінки зручності часу відправлення та прибуття поїзду для маршруту руху спеціальних пасажирських вагонів

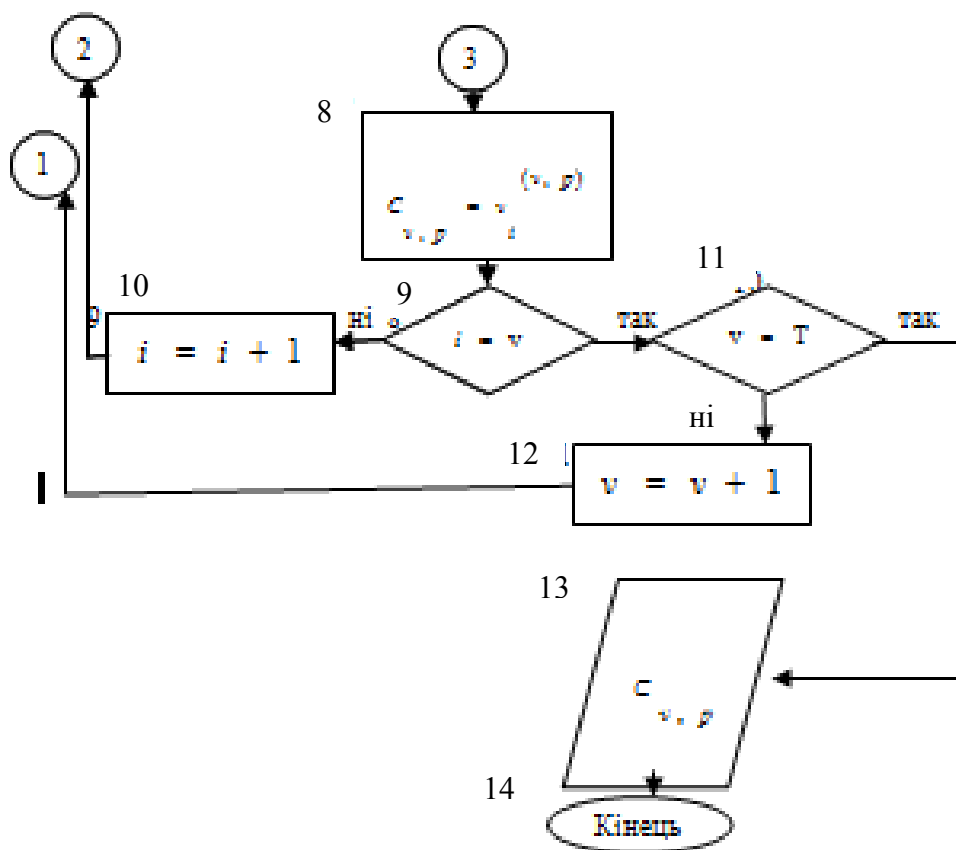


Рисунок К.2, аркуш 2 – Блок-схема алгоритму оцінки зручності часу відправлення та прибуття поїзду для маршруту руху спеціальних пасажирських вагонів

Додаток Л

Визначення маршруту руху спеціальних пасажирських вагонів по Україні

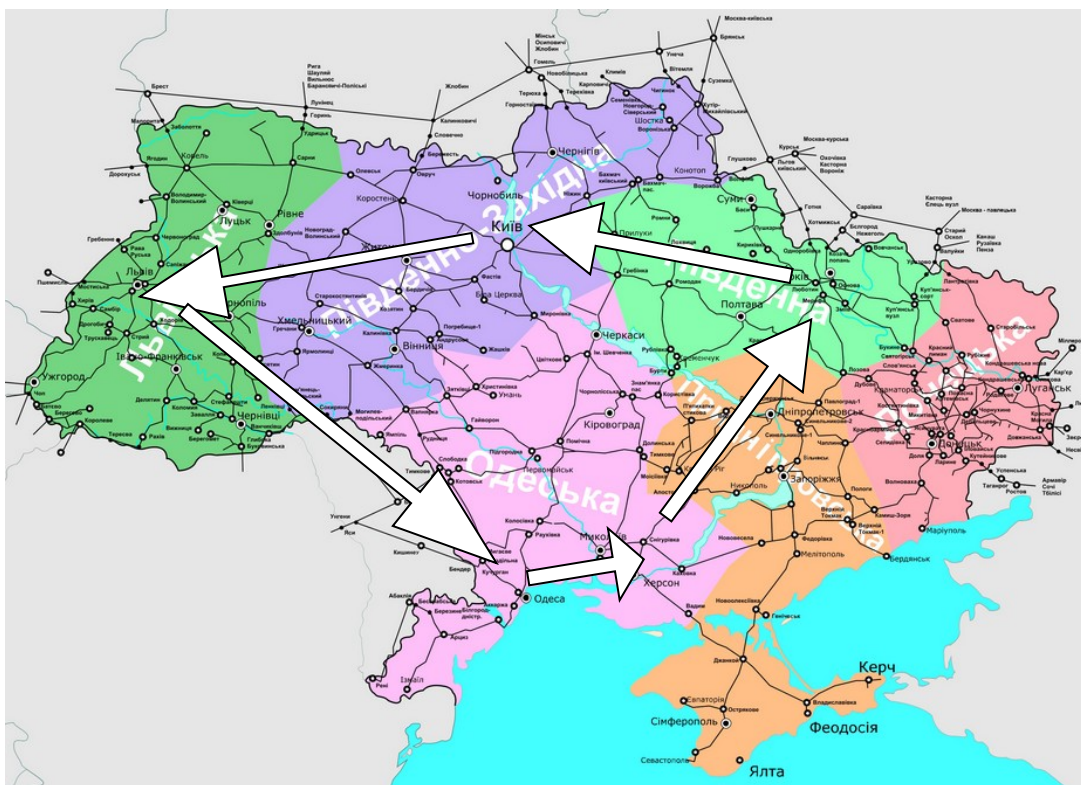


Рисунок Л.1 – Визначення кільцевого маршруту руху СПВ по Україні

Розклад руху поїздів на безпересадковому кільцевому маршруті Харків – Київ – Львів – Одеса – Харків

Розклад руху пасажирських поїздів

Цілик

Інформація щодо маршруту

від станції Харків-Пас. (Україна) до станції Київ-Пас. (Україна)

До початку пошук

Номер поїзда	Маршрут	Періодичність з початкової станції маршруту	Станція відпр.	Час приб.	Час відпр.	Станція приб.	Час приб.	Час відпр.
126	Луганськ Київ	з 16/06/2014 щоденно	Харків-Пас.	01:00	01:25	Київ-Пас.	11:26	
725 ("ИНТЕРСИТИ+")	Харків Київ	цілий рік щоденно	Харків-Пас.		07:23	Київ-Пас.	12:01	
107	Астана Київ	з 9/06/2014 по понеділках	Харків-Пас.	07:28	07:54	Київ-Пас.	15:56	
59 безпересадковий вагон	Челябінськ Київ	3/06/2014	Харків-Пас.	07:28	07:54	Київ-Пас.	16:08	
43 безпересадковий вагон	Кустанай Київ	з 9/06/2014 по понеділках	Харків-Пас.	07:28	07:54	Київ-Пас.	15:56	
43 безпересадковий вагон	Кустанай Київ	2/06/2014	Харків-Пас.	07:28	07:54	Київ-Пас.	16:08	
59 безпересадковий вагон	Челябінськ Київ	з 17/06/2014 по вівторках в непарні дати	Харків-Пас.	07:28	07:54	Київ-Пас.	15:56	
723 ("ИНТЕРСИТИ+")	Харків Київ	з 1/07/2014 щоденно, крім субот, 26, 27, 30/06/2014	Харків-Пас.		13:16	Київ-Пас.	17:53	
721 ("ИНТЕРСИТИ+")	Харків Київ	цілий рік щоденно	Харків-Пас.		18:39	Київ-Пас.	23:16	
111 ("СЛОБОЖАНЩИНА")	Харків Львів	цілий рік щоденно	Харків-Пас.		18:44	Київ-Пас.	03:48	04:08
63 ("ОБЕРІГ")	Харків Київ	цілий рік щоденно	Харків-Пас.		22:20	Київ-Пас.	06:47	

Рисунок Л.2 – Інформація щодо маршруту від станції Харків-Пас. (Україна) до станції Київ-Пас. (Україна)

Розклад руху пасажирських поїздів



Інформація щодо маршруту

від станції Київ-Пас. (Україна) до станції Львів Місто (Україна)

[До початку пошуку](#)

Номер поїзда	Маршрут	Періодичність з початкової станції маршруту	Станція відпр.	Час приб.	Час відпр.	Станція приб.	Час приб.	Час відпр.
111 ("СЛОБОЖАНЩИНА")	Харків Львів	цілий рік щоденно	Київ-Пас.	03:48	04:08	Львів	13:22	
73	Москва Львів	цілий рік щоденно	Київ-Пас.	04:00	04:15	Львів	13:42	
73	Москва Івано-Франківськ	цілий рік щоденно	Київ-Пас.	04:00	04:15	Львів	13:42	15:57
741 ("ИНТЕРСИТИ+")	Дарниця, київ Львів, трускавець	з 15/06/2014 щоденно	Київ-Пас.	06:38	06:48	Львів	11:59	12:14
15 (ТИССА)	Москва Будапешт	17/07-23/08/2014 щоденно	Київ-Пас.	10:38	11:03	Львів	20:48	21:14
15	Москва Ужгород	цілий рік щоденно	Київ-Пас.	10:38	11:03	Львів	20:48	21:14
15 (ТИССА)	Москва Будапешт	28/06-11/07/2014 щоденно	Київ-Пас.	10:38	11:03	Львів	20:48	21:14
15 (ТИССА)	Москва Белград	28/06-11/07/2014 щоденно	Київ-Пас.	10:38	11:03	Львів	20:48	21:14
15 (ТИССА)	Москва Будапешт	12-16/07/2014 щоденно	Київ-Пас.	10:38	11:03	Львів	20:48	21:14
15 (ТИССА)	Москва Копер	28/06 - 8/07/2014 по вівторках, суботах	Київ-Пас.	10:38	11:03	Львів	20:48	21:14
15 (ТИССА)	Москва Копер	12, 15/07/2014	Київ-Пас.	10:38	11:03	Львів	20:48	21:14
15 (ТИССА)	Москва Белград	12-16/07/2014 щоденно	Київ-Пас.	10:38	11:03	Львів	20:48	21:14
15 (ТИССА)	Москва Спліт	13, 16/07/2014	Київ-Пас.	10:38	11:03	Львів	20:48	21:14
15 (ТИССА)	Москва Белград	17/07-23/08/2014 щоденно	Київ-Пас.	10:38	11:03	Львів	20:48	21:14
15 (ТИССА)	Москва Спліт	29/06 - 9/07/2014 по середах, неділях	Київ-Пас.	10:38	11:03	Львів	20:48	21:14
15 (ТИССА)	Москва Копер	19/07-23/08/2014 по вівторках, суботах	Київ-Пас.	10:38	11:03	Львів	20:48	21:14
15 (ТИССА)	Москва Белград	з 24/08/2014 щоденно	Київ-Пас.	10:38	11:03	Львів	20:48	21:14
15 (ТИССА)	Москва Будапешт	з 24/08/2014 щоденно	Київ-Пас.	10:38	11:03	Львів	20:48	21:14
15 (ТИССА)	Москва Спліт	24, 27/08/2014	Київ-Пас.	10:38	11:03	Львів	20:48	21:14
15 (ТИССА)	Москва Братислава	цілий рік щоденно	Київ-Пас.	10:38	11:03	Львів	20:48	21:14
15 (ТИССА)	Москва Спліт	20/07-20/08/2014 по середах, неділях	Київ-Пас.	10:38	11:03	Львів	20:48	21:14
15 (ТИССА)	Москва Копер	26/08/2014	Київ-Пас.	10:38	11:03	Львів	20:48	21:14
134 безпересадковий вагон	Луганськ Львів	16-25/06/2014 щоденно, крім вівторків і субот	Київ-Пас.	12:20	15:22	Львів	00:14	
99 ("ЗАКАРПАТТЯ")	Київ Ужгород	цілий рік щоденно	Київ-Пас.		15:22	Львів	00:14	00:45

Рисунок Л.3 – Інформація щодо маршруту від станції Київ-Пас. (Україна) до станції Львів Місто (Україна)

134 безпересадковий вагон	Луганськ Львів	до 15/06/2014 щоденно, крім вівторків і субот ; будьте уважні, частково змінено маршрут	Київ-Пас.	11:08	15:22	Львів	00:14	
141 ("ГАЛИЧИНА")	Київ Львів	цілий рік щоденно	Київ-Пас.		15:52	Львів	04:38	
743 ("ИНТЕРСИТИ+")	Дарниця, київ Львів	цілий рік щоденно	Київ-Пас.	17:13	17:23	Львів	22:20	
207	Київ Ужгород	27, 29/06/2014	Київ-Пас.		17:30	Львів	03:17	03:43
81 ("ДЕСНА")	Київ Ужгород	цілий рік щоденно	Київ-Пас.		18:35	Львів	03:48	04:14
43 ("ПРИКАРПАТТЯ")	Київ Івано-Франківськ	з 2/06/2014 щоденно	Київ-Пас.		18:49	Львів	02:52	03:12
13	Київ Ужгород	цілий рік щоденно	Київ-Пас.		20:01	Львів	04:59	05:25
59 безпересадковий вагон	Москва Варна	1/06-29/09/2014 по понеділках, середах, п'ятницях, неділях	Київ-Пас.	19:21	20:10	Львів	05:19	05:39
59 безпересадковий вагон (БОЛГАРИЯ ЕКСПРЕСС)	Москва Бургас	3/06-30/09/2014 по вівторках, четвергах, суботах	Київ-Пас.	19:21	20:10	Львів	05:19	05:39
59 ("БОЛГАРИЯ ЕКСПРЕСС")	Москва Софія	цілий рік щоденно	Київ-Пас.	19:21	20:10	Львів	05:19	05:39
49 ("КОБЗАР")	Київ Трускавець	цілий рік щоденно	Київ-Пас.		20:45	Львів	04:30	04:55
143 ("ГАЛИЧИНА")	Київ Івано-Франківськ	до 9/07/2014 щоденно	Київ-Пас.		21:04	Львів	06:42	07:08

239	Київ Ужгород	11/07/2014	Київ-Пас.		21:37	Львів	05:36	06:02
269	Київ Івано-Франківськ	11-31/07/2014 по непарних	Київ-Пас.		22:23	Львів	08:35	09:07
91 ("ЛЬВІВ")	Київ Львів	цілий рік щоденно	Київ-Пас.		22:40	Львів	06:26	
246	Генічеськ Львів, чернівці	16/06-1/09/2014 щоденно	Київ-Пас.	22:37	23:52	Львів	10:15	10:45

Рисунок Л.4 – Інформація щодо маршруту від станції Київ-Пас. (Україна) до станції ЛьвівМісто (Україна) (продовження)

Розклад руху пасажирських поїздів



Інформація щодо маршруту

від станції Львів Місто (Україна) до станції Одеса-Головна (Україна)

[До початку пошуку](#)

Номер поїзда	Маршрут	Періодичність з початкової станції маршруту	Станція відпр.	Час приб.	Час відпр.	Станція приб.	Час приб.	Час відпр.
107 ("ХАДЖІБЕЙ") ↓	Ужгород Одеса	цілий рік щоденно	Львів	00:19	00:42	Одеса-Головна	12:31	
228	Львів Одеса	27/06-11/07/2014 по непарних	Львів		19:06	Одеса-Головна	06:59	
228	Львів Одеса	13-31/07/2014 по непарних; 2-30/08/2014 по парних; 1/09/2014	Львів		19:06	Одеса-Головна	06:40	
26 ("КАРПАТИ")	Львів Одеса	11-31/07/2014 щоденно	Львів		20:40	Одеса-Головна	08:36	
26 ("КАРПАТИ")	Львів Одеса	цілий рік щоденно, крім 11-31/07/2014	Львів		20:40	Одеса-Головна	08:36	
136	Чернівці Одеса	2/06-30/09/2014 щоденно; з 2/10/2014 по парних, при двох непарних 30, 2, 4	Львів	21:01	21:31	Одеса-Головна	09:27	

Рисунок Л.5 – Інформація щодо маршруту від станції ЛьвівМісто (Україна) до станції Одеса-Головна (Україна)

Розклад руху пасажирських поїздів



Інформація щодо маршруту

від станції Одеса-Головна (Україна) до станції Харків-Пас. (Україна)

[До початку пошуку](#)

Номер поїзда	Маршрут	Періодичність з початкової станції маршруту	Станція відпр.	Час приб.	Час відпр.	Станція приб.	Час приб.	Час відпр.
60 ("ЧАЙКА")	Одеса Харків	з 1/09/2014 щоденно	Одеса-Головна			Харків-Пас.	08:50	

Рисунок Л.6 – Інформація щодо маршруту від станції Одеса-Головна (Україна) до станції Харків-Пасажирський (Україна)

Дослідження туристського маршруту.xlsx - Microsoft Excel

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Станція початку/закінчення подорожі	Місто проведення екскурсії	Залізнична станція	t_{exc}^n	t_{exc}^z	$t_{доп.}$	$\beta_{доп.}^{(m,n)}$	$t_{п.м.}^n$	$t_{п.м.}^z$	$t_{п.м.}^m$	$t_{п.м.}^m$	$t_{відпр.}^m \in$	$t_{пр.}^n \in$
Харків	Київ	Київ Пас.	9	14	0,5	5,68	14,5	2,82	20,18	8,5	[14,5;2,82]	[20,18;8,5]
	Львів	Львів	9	14	0,5	7,89	14,5	0,61	22,39	8,5	[14,5;0,61]	[22,39;8,5]
	Одеса	Одеса Гол.	9	14	0,5	10,38	14,5	-1,88	24,88	8,5	[14,5;22,12]	[24,88;8,5]

Дослідження туристського маршруту.xlsx - Microsoft Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	№	Поїзд	Станція від	Станція при	Періодичн	Час відпр	Час прибу	Триваліст	M	L	$v_i^{(v)}$	$v_i^{(z)}$	$v_{доп.}^i$	$\max v_{доп.}^i$
2	Харків-Київ													
3	1	721 O	Харків Па	Київ Пас.	цілий рік,	18,65	23,27	4,62	вик.	вик.	7,43374	-2,06257	2,68559	7,3801
4	2	111 O	Харків Па	Львів	цілий рік,	18,73	3,80	9,07	вик.	вик.	7,44192	5,7157	6,57881	
5	3	63 O	Харків Па	Київ Пас.	цілий рік,	22,33	6,78	8,45	вик.	вик.	7,77801	6,9822	7,3801	
6	Київ-Львів													
7	4	99	Київ Пас.	Ужгород	цілий рік,	15,37	0,23	8,86	вик.	вик.	7,06396	3,02928	5,04662	7,34319
8	5	141	Київ Пас.	Львів	цілий рік,	15,87	4,63	12,76	вик.	вик.	7,12516	6,15768	6,64142	
9	6	743	Київ Пас.	Львів	цілий рік,	17,38	22,33	4,95	вик.	вик.	7,29892	-0,81613	3,2414	
10	7	81	Київ Пас.	Ужгород	цілий рік,	18,58	3,8	9,22	вик.	вик.	7,42655	5,7157	6,57113	
11	8	43	Київ Пас.	Івано-Франківськ	2/06/14	18,82	2,87	8,05	вик.	вик.	7,45109	5,13864	6,29486	
12	9	59	Москва	Софія	цілий рік,	20,17	5,32	9,15	вик.	вик.	7,58352	6,47266	7,02809	
13	10	13K	Київ Пас.	Ужгород	цілий рік,	20,02	4,98	8,96	вик.	вик.	7,56925	6,3234	6,94633	
14	11	49K	Київ Пас.	Трускавець	цілий рік,	20,75	4,50	7,75	вик.	вик.	7,63772	6,093	6,86536	
15	12	91	Київ Пас.	Львів	цілий рік,	22,67	6,43	7,76	вик.	вик.	7,8069	6,87948	7,34319	
16	Львів-Одеса Гол.													
17	13	228	Львів	Одеса Гол	13-31/07/	19,10	6,67	11,57	вик.	вик.	7,47932	6,87948	7,1794	7,1794

Рисунок Л.7 – Результати розрахунків щодо системи підтримки прийняття рішень при плануванні спеціальних маршрутів

Додаток М

Визначення собівартості залізничних перевезень для кільцевого маршруту Харків – Київ – Львів – Одеса – Харків

Таблиця М.1 –Визначення калькуляційних показників експлуатаційних витрат здійснення пасажирських перевезень у спеціальному вагоні [40]

Назва показника	Формула для розрахунків	Примітки
1	2	3
Вагоно-кілометри	$\sum nS = \frac{\sum Pl_n}{P_n},$	$\sum Pl_n$ – пасажиро-кілометри; P_n – населеність вагону, чол.
Вагоно-години	$\sum nt = \frac{24 \sum nS}{S_n^n},$	S_n^n – середньодобовий пробіг вагону, км.
Локомотиво-кілометри в голові поїзда (поїздо-кілометри)	$\sum NS = \frac{\sum nS}{m_n},$	m_n – кількість спеціальних вагонів.
Локомотиво-години поїзних локомотивів	$\sum Nt = \frac{24 \sum NS}{S_n^n},$	S_n^n – середньодобовий пробіг локомотива, км.
Тонно-кілометри брутто вагонів	$\sum Pl_{op}^g = \sum nS(q_T + 0,1 \cdot P_n),$	q_T – маса пасажирського вагону, т; 0,1 – маса пасажирів з ручним багажем, т.
Тонно-кілометри брутто	$\sum Pl_{op}^z = P_L \sum NS(1 + \beta_L),$	P_L – маса локомотива, т; β_L – коефіцієнт лінійного пробігу

Продовження таблиці М.1

1	2	3
		<p>локомотиву до поїздо-кілометрів, частка одиниці ($\beta_n=0$).</p>
<p>Локомотиво-години маневрової роботи</p>	$\sum Mt_m = \frac{\sum NS}{1000} \cdot \beta_m, \quad (4.16)$	<p>β_i – маневрові локомотиво-години пасажирських спеціальних вагонів у складі пасажирського поїзду.</p>
<p>Відправлені пасажирів</p>	$\sum P = \frac{\sum Pl_n}{l_n}, \quad (4.17)$	<p>l_n – середня дальність поїздки пасажирів, км.</p>
<p>Відправлені вагони</p>	$\sum n = \frac{\sum nS}{l'_n}, \quad (4.18)$	<p>l'_n – середня відстань обороту пасажирського поїзда в одному напрямку, км.</p>

Таблиця М.2 – Калькуляційні показники витрат на здійснення перевезень пасажирів у спеціальному вагоні у складі поїзда №63/64 сполученням Харків-Київ

Позначення показника	Назва показника	Значення показника
1	2	3
$\sum Pl_n$	пасажиро-кілометри	9810
P_n	населеність вагону, чол.	18
S_6^n	середньодобовий пробіг вагону, км.	545
m_n	кількість спеціальних вагонів	1
S_l^n	середньодобовий пробіг локомотива, км.	545
q_T	маса пасажирського вагону, т	60,2
P_l	маса локомотива, т	129
β_i	маневрові локомотиво-години пасажирських спеціальних вагонів у складі пасажирського поїзду	0,2
l_n	середня дальність поїздки пасажирів, км	545
l'_n	середня відстань обороту пасажирського поїзда в одному напрямку, км	545
$\sum nt_{ep}$	вагоно-години в русі	8,8
K	кількість місць у вагоні	20
k	коефіцієнт населеності вагону	0,9

Таблиця М.3 – Визначення експлуатаційних витрат на здійснення перевезень пасажирів у спеціальному вагоні у складі поїзда №63/64 сполученням Харків-Київ

Позначення показника	Назва показника	Значення показника	Розмір питомих витрат (одиничної витратної ставки), грн.	Розмір експлуатаційних витрат, грн.
1	2	3	4	5
$\sum nS$	вагоно-кілометри	545	1,05	572,25
$\sum nt_{ep}$	вагоно-години в русі	8,8	127,63	1123,14
$\sum NS$	локомотиво-кілометри в голові поїзда (поїздо-кілометри)	545	5,27	2872,15
$\sum Nt$	локомотиво-години локомотивів поїзних	8,8	59,57	524,22
$\sum Pl_{op}^6$	тонно-кілометри брутто вагонів	33790	0,0019	64,2
$\sum Pl_{op}^7$	тонно-кілометри брутто локомотива	70305	0,0019	133,58
$\sum Mt_m$	локомотиво-години маневрової роботи	0,2	136,6	27,32
$\sum P$	відправлені пасажирів	18	5,52	99,36

Продовження таблиці М.3

1	2	3	4	5
$\sum n$	відправлені вагони	1	35,62	35,62
I	використання інфраструктури (1 км інфраструктури станційної та на перегоні впродовж 1 години)	9,13	8,61	78,61
Загальна сума експлуатаційних витрат, грн				5530,45

Таблиця М.4 – Визначення експлуатаційних витрат на станції обороту спеціального вагону Київ-Пас.

Позначення показника	Назва показника	Значення показника	Розмір питомих витрат (одиничної витратної ставки), грн.	Розмір експлуатаційних витрат, грн.
1	2	3	4	5
$\sum Mt_m^{cm}$	локомотиво-години маневрової роботи на станції	1	136,6	136,6
I_{cm}	використання інфраструктури (1 км станційної інфраструктури впродовж 1 години)	14,89	10,67	158,88
Загальна сума експлуатаційних витрат по станції Київ-Пас., грн				295,48

Таблиця М.5 – Калькуляційні показники витрат на здійснення перевезень пасажирів у спеціальному вагоні у складі поїзда №91 сполученням Київ-Львів

Позначення показника	Назва показника	Значення показника
1	2	3
$\sum Pl_n$	пасажиро-кілометри	10350
P_n	населеність вагону, чол.	18
S_6^n	середньодобовий пробіг вагону, км.	575
m_n	кількість спеціальних вагонів	1
S_l^n	середньодобовий пробіг локомотива, км.	575
q_T	маса пасажирського вагону, т	60,2
P_l	маса локомотива, т	129
β_i	маневрові локомотиво-години пасажирських спеціальних вагонів у складі пасажирського поїзду	0,2
l_n	середня дальність поїздки пасажирів, км	575
l'_n	середня відстань обороту пасажирського поїзда в одному напрямку, км	575
$\sum nt_{ep}$	вагоно-години в русі	7,77
K	кількість місць у вагоні	20
k	коефіцієнт населеності вагону	0,9

Таблиця М.6 – Визначення експлуатаційних витрат на здійснення перевезень пасажирів у спеціальному вагоні у складі поїзда №91 сполученням Київ-Львів

Позначення показника	Назва показника	Значення показника	Розмір питомих витрат (одиничної витратної ставки), грн.	Розмір експлуатаційних витрат, грн.
1	2	3	4	5
$\sum nS$	вагоно-кілометри	575	1,05	603,75
$\sum nt_{ep}$	вагоно-години в русі	7,77	127,63	991,69
$\sum NS$	локомотиво-кілометри в голові поїзда (поїздо-кілометри)	575	5,27	3030,25
$\sum Nt$	локомотиво-години поїзних локомотивів	7,77	59,57	462,86
$\sum Pl_{op}^6$	тонно-кілометри брутто вагонів	54684	0,0019	67,74
$\sum Pl_{op}^7$	тонно-кілометри брутто локомотива	113778	0,0019	140,93
$\sum Mt_m$	локомотиво-години маневрової роботи	0,2	136,6	27,32
$\sum P$	відправлені пасажери	18	5,52	99,36

Продовження таблиці М.6

1	2	3	4	5
$\sum n$	відправлені вагони	1	35,62	35,62
I	використання інфраструктури (1 км інфраструктури станційної та на перегоні впродовж 1 години)	9	8,61	77,49
Загальна сума експлуатаційних витрат, грн				5537,01

Таблиця М.7 – Визначення експлуатаційних витрат на станції обороту спеціального вагону Львів

Позначення показника	Назва показника	Значення показника	Розмір питомих витрат (одиничної витратної ставки), грн.	Розмір експлуатаційних витрат, грн.
1	2	3	4	5
$\sum Mt_M^{cm}$	локомотиво-години маневрової роботи на станції	1	136,6	136,6
I_{cm}	використання інфраструктури (1 км станційної інфраструктури впродовж 1 години)	36,46	10,67	389,03
Загальна сума експлуатаційних витрат по станції Львів, грн				525,63

Таблиця М.8 – Калькуляційні показники витрат на здійснення перевезень пасажирів у спеціальному вагоні у складі поїзда №228 сполученням Львів-Одеса

Позначення показника	Назва показника	Значення показника
1	2	3
$\sum Pl_n$	пасажиро-кілометри	13428
P_n	населеність вагону, чол.	18
S_6^n	середньодобовий пробіг вагону, км.	746
m_n	кількість спеціальних вагонів	1
S_l^n	середньодобовий пробіг локомотива, км.	746
q_T	маса пасажирського вагону, т	60,2
P_l	маса локомотива, т	129
β_i	маневрові локомотиво-години пасажирських спеціальних вагонів у складі пасажирського поїзду	0,2
l_n	середня дальність поїздки пасажирів, км	746
l'_n	середня відстань обороту пасажирського поїзда в одному напрямку, км	746
$\sum nt_{ep}$	вагоно-години в русі	12,23
K	кількість місць у вагоні	20
k	коефіцієнт населеності вагону	0,9

Таблиця М.9 – Визначення експлуатаційних витрат на здійснення перевезень пасажирів у спеціальному вагоні у складі поїзда №228 сполученням Львів-Одеса

Позначення показника	Назва показника	Значення показника	Розмір питомих витрат (одиничної витратної ставки), грн.	Розмір експлуатаційних витрат, грн.
1	2	3	4	5
$\sum nS$	вагоно-кілометри	746	1,05	783,3
$\sum nt_{ep}$	вагоно-години в русі	12,23	127,63	1560,91
$\sum NS$	локомотиво-кілометри в голові поїзда (поїздо-кілометри)	746	5,27	3931,42
$\sum Nt$	локомотиво-години локомотивів поїзних	12,23	59,57	728,54
$\sum Pl_{\text{брутто}}^{\text{в}}$	тонно-кілометри брутто вагонів	44909,2	0,0019	85,32
$\sum Pl_{\text{брутто}}^{\text{л}}$	тонно-кілометри брутто локомотива	96234	0,0019	182,84
$\sum Mt_m$	локомотиво-години маневрової роботи	0,2	136,6	27,32
$\sum P$	відправлені пасажери	18	5,52	99,36

Продовження таблиці М.9

1	2	3	4	5
$\sum n$	відправлені вагони	1	35,62	35,62
I	використання інфраструктури (1 км інфраструктури станційної та на перегоні впродовж 1 години)	13	8,61	111,93
Загальна сума експлуатаційних витрат, грн				7546,56

Таблиця М.10 – Визначення експлуатаційних витрат на станції обороту спеціального вагону Одеса-Гол.

Позначення показника	Назва показника	Значення показника	Розмір питомих витрат (одиничної витратної ставки), грн.	Розмір експлуатаційних витрат, грн.
1	2	3	4	5
$\sum Mt_m^{cm}$	локомотиво-години маневрової роботи на станції	1	136,6	136,6
I_{cm}	використання інфраструктури (1 км станційної інфраструктури впродовж 1 години)	17,3	10,67	184,59
Загальна сума експлуатаційних витрат по станції Одеса-Гол., грн				321,19

Таблиця М.11 – Калькуляційні показники витрат на здійснення перевезень пасажирів у спеціальному вагоні у складі поїзда №60 сполученням Одеса-Харків

Позначення показника	Назва показника	Значення показника
1	2	3
$\sum Pl_n$	пасажиро-кілометри	12600
P_n	населеність вагону, чол.	18
S_6^n	середньодобовий пробіг вагону, км.	700
m_n	кількість спеціальних вагонів	1
S_l^n	середньодобовий пробіг локомотива, км.	700
q_T	маса пасажирського вагону, т	60,2
P_l	маса локомотива, т	129
β_i	маневрові локомотиво-години пасажирських спеціальних вагонів у складі пасажирського поїзду	0,2
l_n	середня дальність поїздки пасажирів, км	700
l'_n	середня відстань обороту пасажирського поїзда в одному напрямку, км	700
$\sum nt_{ep}$	вагоно-години в русі	12,08
K	кількість місць у вагоні	20
k	коефіцієнт населеності вагону	0,9

Таблиця М.12 – Визначення експлуатаційних витрат на здійснення перевезень пасажирів у спеціальному вагоні у складі поїзда №60 сполученням Одеса-Харків

Позначення показника	Назва показника	Значення показника	Розмір питомих витрат (одиничної витратної ставки), грн.	Розмір експлуатаційних витрат, грн.
1	2	3	4	5
$\sum nS$	вагоно-кілометри	700	1,05	735
$\sum nt_{ep}$	вагоно-години в русі	12,08	127,63	1541,77
$\sum NS$	локомотиво-кілометри в голові поїзда (поїздо-кілометри)	700	5,27	3689
$\sum Nt$	локомотиво-години поїзних локомотивів	12,08	59,57	719,61
$\sum Pl_{\text{бп}}^{\text{б}}$	тонно-кілометри брутто вагонів	42140	0,0019	80,066
$\sum Pl_{\text{бп}}^{\text{л}}$	тонно-кілометри брутто локомотива	90300	0,0019	171,57
$\sum Mt_m$	локомотиво-години маневрової роботи	0,2	136,6	27,32
$\sum P$	відправлені пасажери	18	5,52	99,36

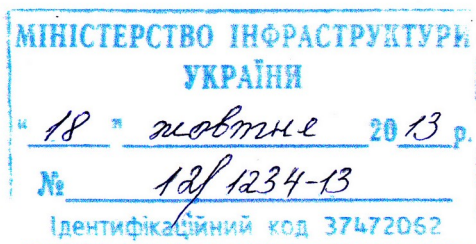
Продовження таблиці М.12

1	2	3	4	5
\sum^n	відправлені вагони	1	35,62	35,62
<i>I</i>	використання інфраструктури (1 км інфраструктури станційної та на перегоні впродовж 1 години)	12,08	8,61	104, 0088
Загальна сума експлуатаційних витрат, грн				7203,32

Таблиця М.13 – Визначення експлуатаційних витрат на організацію перевезень пасажирів на визначеному маршруті у спеціальному вагоні

Дільниця слідування	Витрати на переміщення у складі поїзду, грн.	Пункт обороту безпересадкового вагону	Сумма витрат у пункті обороту, грн.
1	2	3	4
Харків-Київ (поїзд №63/64)	5530,45	Київ	295,48
Київ-Львів (поїзд №91)	5537,01	Львів	525,63
Львів-Одеса (поїзд №228)	7546,56	Одеса	321,19
Одеса-Харків (поїзд №60)	7203,32	-	-
Всього витрат, грн	25817,34	-	1142,3
Загальна сума експлуатаційних витрат, грн			26959,64

Додаток Н
Акти про впровадження та патенти



ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційної роботи щодо удосконалення пасажирських перевезень залізничним транспортом на основі організації руху спеціальних вагонів для кластеру потенційних користувачів транспортного продукту на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук Сіваконевої Г.О.

Дисертаційна робота Сіваконевої Г.О. за напрямком удосконалення технології пасажирських перевезень за рахунок організації руху спеціальних вагонів для кластеру потенційних пасажирів, отримала практичне використання при розробці Стратегії розвитку залізничного туризму, заснованої на статистичних та маркетингових дослідженнях на довгострокову перспективу. Робота зорієнтована на клієнта і на підвищення якості транспортних послуг, включає пункти про необхідність створення і реалізації повноцінного транспортного продукту перевезень у спеціальних пасажирських вагонах.

Заступник директора
Департаменту координації політики
розвитку інфраструктури та туризму
Міністерства інфраструктури України


К.А. Савченко



УКРАЇНА
ХАРКІВСЬКА ОБЛАСНА ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ
ДЕПАРТАМЕНТ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ ПРОМИСЛОВОСТІ
І ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Держпром, 3 під'їзд, м. Харків, 61022 тел./факс: (057) 705-14-51
 E-mail: uprprom@kharkivoda.gov.ua

07.02.2014 № 02-02-04/315

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційної роботи щодо удосконалення діяльності залізничного транспорту України у сфері пасажирських перевезень безпересадкового сполучення на основі організації руху спеціальних пасажирських вагонів на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук Сіваконевої Г.О.

В Департаменті інноваційного розвитку промисловості і транспортної інфраструктури розглянуто основні положення дисертаційної роботи аспіранта Сіваконевої Г.О. щодо удосконалення транспортної діяльності залізниць України у сфері пасажирських перевезень.

Мета дослідження полягає в удосконаленні технології залізничних перевезень у спеціальних пасажирських вагонах, як чинника підвищення ефективності функціонування системи пасажирських залізничних перевезень.

Розроблена аспірантом процедура проведення оптимізації процесу функціонування регіональних транспортних систем дозволить забезпечити розвиток транспортного ринку у Харківському регіоні, зокрема задовольнити потреби населення у перевезеннях із забезпеченням відповідного рівня якості послуг, оптимізувати використання рухомого складу та підвищити рентабельність пасажирських перевезень.

Дисертаційна робота Сіваконевої Г.О. за напрямком удосконалення технології залізничних перевезень кластеру потенційних користувачів транспортного продукту переміщення у спеціальних залізничних вагонах, була врахована при розробці Стратегії розвитку регіональної транспортної системи на базі формування транспортно-логістичного кластеру (ТЛК) у Харківській області за участю Південної залізниці.

Розробки аспіранта Сіваконевої Г.О., які використані у Стратегії розвитку регіональних транспортних систем на базі формування транспортно-логістичного кластеру та Програми розробки проекту розвитку транспортно-логістичного кластеру, можуть бути рекомендовані до впровадження.

Довідка надана без фінансових зобов'язань.

Заступник директора Департаменту
– начальник управління транспортної
інфраструктури і зв'язку



А.О. Новіков

00315

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Ректор Української державної
академії залізничного транспорту,



професор

С.В. Панченко

23 грудня 2014 р.

АКТ**про впровадження**

**результатів дисертаційної роботи Сіваконевої Ганни Олександрівни
щодо удосконалення залізничних перевезень у спеціальних
пасажирських вагонах у навчальному процесі
факультету «Управління процесами перевезень»
Української державної академії залізничного транспорту**

До основних результатів дисертаційної роботи Сіваконевої Г.О., що використовуються у навчальному процесі факультету «Управління процесами перевезень» Української державної академії залізничного транспорту, належать:

- методика проведення комплексної оцінки стану системи пасажирських залізничних перевезень місцевого та прямого сполучень України, що на основі теорії кластеризації дозволяє виявити кластер потенційних користувачів транспортного продукту перевезень у спеціальних вагонах;

- автоматизована система організації пасажирських перевезень у спеціальних вагонах, що, за допомогою розроблених на основі мереж Петрі динамічних моделей, дозволяє на оперативному рівні в межах автоматизованої системи керування пасажирськими перевезеннями Укрзалізниці (АСК ПП УЗ) працівниками тактичного рівня проводити порівняльний аналіз можливих варіантів процесу функціонування елементів технологічних підсистем комплексу пасажирської та пасажирської технічної станції;

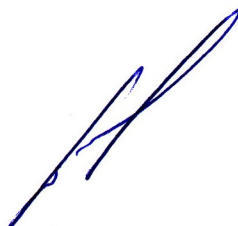
- комплекс функціональних задач АСК ПП УЗ за рахунок раціоналізації процесу визначення оцінки зручності часу прибуття-відправлення спеціальних вагонів до пунктів призначення, що, на відмінність від існуючого, дозволив розробити систему підтримки прийняття рішень при формуванні розкладу руху спеціальних вагонів;

- процес формалізації функціонування автоматизованої технології формування розкладу руху залізничних пасажирських перевезень, що, на відмінність від відомого раніше, за допомогою побудованої на принципах теорії розкладу математичної моделі, дозволяє вирішувати основні задачі складання розкладу руху не лише для повносоставних пасажирських поїздів, а й для спеціальних пасажирських вагонів.

Дані розробки з 2014 року використовуються:

- 1) при проведенні занять у групах факультету «Управління процесами перевезень»;
- 2) при підготовці магістрів та спеціалістів зі спеціальності «Організація перевезень і управління на транспорті» з дисциплін:
 - логістика;
 - взаємодія видів транспорту;
 - управління ланцюгом постачання;
 - транспортний маркетинг та логістика.
- 3) при виконанні випускних кваліфікаційних робіт магістрів.

Декан факультету
«Управління процесами
перевезень»
к.т.н., доцент



Д.І. Мкртичян

УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 76548

**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВХІДНОЇ
ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ РОЗРОБКИ ГРАФІКА РУХУ
ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ ЗА ДОПОМОГОЮ
ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі **10.01.2013**.

Голова Державної служби
інтелектуальної власності України

M.V. Koviya — М.В. Ковіня





УКРАЇНА



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ

СВІДОЦТВО
про реєстрацію авторського права на твір

№ 58057

Твір наукового характеру "Спосіб перевезення легкових автомобілів у вантажному модулі (ВМ)"
(вид, назва твору)

Автор(и) Альошинський Євген Семенович, Процик Олександр Петрович, Світлична Софія Олександрівна, Дудник Олексій Сергійович, Кабанець Сергій Віталійович, Пестременко-Скрипка Оксана Сергіївна, Сіваконева Ганна Олександрівна
(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Дата реєстрації 13.01.2015



Голова Державної служби інтелектуальної власності України

А.Г. Жарінова

