

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Інститут, факультет Інститут транспорту і логістики
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра кафедра залізничного, автомобільного транспорту
та підйомно-транспортних машин
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

**до дипломного проекту (роботи)
освітньо-кваліфікаційного рівня** магістр
(бакалавр, спеціаліст, магістр)
спеціальності 275 - Транспортні технології (транспортні системи)
(шифр і назва спеціальності)

**на тему «Дослідження та удосконалення технології роботи під'їзних колій
незагального користування і вантажних станцій магістрального
транспорту»**

Виконав: студент групи ТС-16зм

Лємзяков В.В.
(прізвище, та ініціали) (підпис)

Керівник к.т.н., доц. Кузьменко С.В.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Завідувач кафедри д.т.н., проф. Горбунов М.І.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

Поз	Найменування	Кіл.	Примітки
	<i>Документація</i>		
1.	<i>МР.ТС-16зм.102.Т1 Технологія взаємодії магістрального та</i>	1	A1
2.	<i>промислового залізничного транспорту</i>		
	<i>МР.ТС-16зм.102.Т2 Розподіл складових елементів обігу вагона</i>	1	A1
3.	<i>МР.ТС-16зм.102.Т3 Аналіз використання вагонів на підїзних</i>	1	A1
	<i>коліях підприємств</i>		
4.	<i>МР.ТС-16зм.102.Т4 Модель доставки вантажу від підїзної</i>	1	A1
	<i>колії відправлення до підїзної колії призначення</i>		
5.	<i>МР.ТС-16зм.102.Т5 Розмічений граф станів вантажного</i>	1	A1
	<i>вагона на підїзній колії</i>		
6.	<i>МР.ТС-16зм.102.Т6 Граф технологічних станів вагона</i>	1	A1
	<i>при виконанні прийомо-здавальних операцій</i>		
7.	<i>МР.ТС-16зм.102.Т7 Залежності середніх чисельностей</i>	1	A1
	<i>вагонів на підїзній колії</i>		
8.	<i>МР.ТС-16зм.102.Т8 Визначення оптимального режиму</i>	1	A1
	<i>роботи підїзної колії</i>		
9.	<i>МР.ТС-16зм.102.ПЗ Пояснювальна записка</i>	1	A4x98

<i>МР.ТС-16зм.102.ПЗ</i>						
Зм	Ліст	№ докum	Підпис	Помп		
Розпобд	Лемзяков					
Пеперв						
Крпівн	Кизьменко					
Н.контр.						
Зпмв	Гординов					
<i>Відомість роботи</i>				Літ	Лірт	Ліртоб
					3	1
				<i>СНУ ім.В.Даля</i>		

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна магістерська робота, 98 стор., 12 таб., 16 рис., 22 літ. джер.

Метою роботи є скорочення обігу парку вантажних вагонів за рахунок удосконалення технології роботи під'їзних колій промислових підприємств і станцій примикання.

В роботі проведено аналіз існуючих технологій роботи під'їзних колій промислових підприємств і вантажних станцій магістрального транспорту, виявити основні фактори, які впливають на час знаходження вантажного вагона під технологічними операціями.

Формалізовано технологію роботи на основі створення комплексу стохастичних моделей взаємодії під'їзних колій і станцій примикання при застосуванні наскрізного Єдиного технологічного процесу. Удосконалено метод вибору оптимального виду доставки вантажу на підприємство та розроблено метод визначення раціонального часу знаходження вагонів на під'їзних коліях при виконанні операцій;

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ, СТАНЦІЯ ПРИМИКАННЯ, ПРОМИСЛОВЕ ПІДПРИЄМСТВО, ПІД'ЇЗНІ КОЛІЇ, ЄДИНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ВАНТАЖНИЙ ВАГОН.

					<i>МР.ТС-16зм.102.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Реферат</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акоцшів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Лемзяков</i>					4	1
<i>Перевір.</i>						<i>СНУ ім.В.Даля</i>		
<i>Керівн.</i>		<i>Кцзьменко</i>						
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затв.</i>		<i>Горбцнов</i>						

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ТА ПРАКТИЧНИХ РОЗРОБОК З УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ПІД'ЇЗНИХ КОЛІЙ І СТАНЦІЙ ПРИМИКАННЯ	9
1.1 Аналіз методів удосконалення технології перевізного процесу	9
1.2 Аналіз теоретичних розробок по удосконаленню технології роботи під'їзних колій промислових підприємств і станцій примикання.....	15
1.3 Дослідження складових елементів обігу вантажного вагона на мережі залізниць України	22
1.4 Аналіз використання вагонів на під'їзних коліях підприємств	26
2. РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ПІД'ЇЗНИХ КОЛІЙ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ І ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЙ МАГІСТРАЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ	33
2.1 Модель доставки вантажу від під'їзної колії відправлення до під'їзної колії призначення на основі наскрізного ЄТП	33
Рис. 2.1 – Модель доставки вантажу від під'їзної колії відправлення до під'їзної колії призначення на основі наскрізного ЄТП	36
2.2 Модель удосконалення технології роботи під'їзних колій і станцій примикання.....	38
2.3 Розробка математичних моделей технології роботи.....	43
під'їзних колій і станцій примикання.....	43
2.4 Розробка математичної моделі технології роботи	52
під'їзних колій наскрізного типу	52
2.5 Розробка математичної моделі технології роботи	61
під'їзних колій тупикового типу	61

2.6	Модель станів вагона в наскрізному Єдиному технологічному процесі взаємодії під'їзних колій, станцій примикання та діляниць прямування....	65
2.7	Результати дослідження математичних моделей технології роботи під'їзних колій підприємств і станцій примикання	70
3.	ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ПІД'ЇЗНОЇ КОЛІЇ.	76
3.1	Метод визначення нормувального часу знаходження вагонів на під'їзних коліях при виконанні операцій	76
3.2	Визначення оптимального режиму роботи під'їзної колії	81
4.	АНАЛІЗ ВПЛИВУ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ НА БЕЗПЕКУ	
	МАНЕВРОВОЇ РОБОТИ ПОТЯГУ	89
	ВИСНОВКИ	95
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	96

ВСТУП

В сучасних умовах перебудови економіки в Україні залізниці зберігають найважливіше місце у транспортній системі. Вони мають гарні перспективи при наявності конкуренції з боку інших видів транспорту, в 2017 році всіма видами транспорту перевезено 826,9 млн. т. вантажів. У тому числі залізницями – 460,9 млн. т., трубопровідним – 220,9 млн. т., автомобільним – 124,4 млн. т., водним – 20,6 млн. т., авіаційним – 0,1 млн. т. вантажів. Також найбільший і вантажообіг на залізницях – 233,6 млрд. ткм. Але, незважаючи на це, й досі залишаються великі труднощі в організації залізничних перевезень. Насамперед це призводить до зменшення продуктивності, швидкості руху, комфорту й безпеки, обсягів перевезень та збільшення термінів і трудомісткості переробки і доставки вантажу, простою місцевого вагона, погіршення використання вагонів на вантажних станціях та під'їзних коліях промислових підприємств. Однією з причин незадовільної роботи підрозділів залізниці є невідповідність технології і організації взаємодії між під'їзними коліями і станціями примикання вимогам ринкової економіки.

Відповідно Концепції та Програми реструктуризації залізничного транспорту України, одним із основних напрямків підвищення ефективності роботи залізничного транспорту є прискорення обігу рухомого складу за рахунок зменшення часу при виконанні технологічних операцій. Це передбачає удосконалення існуючих та створення нових технологій роботи під'їзних колій промислових підприємств і станцій примикання.

Аналіз складових елементів обігу вантажного вагона показав, що найбільша частина обігу (41,5 %) приходить на станції з вантажними операціями. Це має велике значення тому, що більша частина обсягів навантаження і розвантаження (близько 90 %) припадає на під'їзні колії промислових підприємств. За 2017 р. в цілому по Укрзалізниці час користування ваго-

нами залишився на рівні 2016 р. і становив 21,6 год. На під'їзних коліях оброблено 8327,9 тис. вагонів, що на 1,5 % менше минулого року.

Це вимагає від залізничного транспорту нових комплексних підходів до покращення технології роботи під'їзних колій промислових підприємств і станцій примикання. Вантажовласники оцінюють якість роботи залізничного транспорту за критеріями доставки вантажу “точно в строк” на основі наскрізного Єдиного технологічного процесу роботи магістрального і промислового залізничного транспорту за умови мінімальних витрат. Але існуючі технології роботи і нормативні документи не в повній мірі враховують інтереси всіх учасників виробничо-транспортного ланцюгу пересування вантажу. Виходячи з наведеного вище актуальною стає задача удосконалення технологій роботи під'їзних колій промислових підприємств і вантажних станцій магістрального транспорту, які поєднують організаційні питання з питаннями раціонального технічного оснащення і кількості технічних засобів, що забезпечує зменшення часу знаходження вагонів на під'їзних коліях і, як наслідок, скорочення обігу вантажного вагона.

1. АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ТА ПРАКТИЧНИХ РОЗРОБОК З УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ПІД'ЇЗНИХ КОЛІЙ І СТАНЦІЙ ПРИМИКАННЯ

Залізничний транспорт України має велике значення у забезпеченні потреби виробничої сфери та населення у залізничних перевезеннях. Значні обсяги перевезень приходяться на під'їзні колії промислових підприємств. Тому, для забезпечення стабільної роботи всіх галузей залізниці, необхідно як найкраще організувати взаємодію під'їзних колій і станцій примикання.

1.1 Аналіз методів удосконалення технології перевізного процесу

Відповідно до [1] технологія роботи залізниць України повинна повністю забезпечити інтереси вантажовласників, у тому числі – за рахунок покращення наскрізного транспортного обслуговування на місцях загального і незагального користування при безумовному виконанні принципів раціонального використання вагонів і контейнерів, скорочення термінів доставки та підвищення збереження вантажів. З урахуванням цього технологія вантажної та комерційної роботи на вантажних станціях та під'їзних коліях, які примикають до них, повинна базуватися на нових підходах, що враховують досвід країн з ринковою економікою і специфіку умов сучасного періоду в Україні – досить великий рівень обігу вантажних вагонів, деякий дефіцит порожнього рухомого складу, труднощі у галузі інформаційної взаємодії залізниці і клієнтури та ін.

Актуальність питань відмови від застарілих підходів в роботі і удосконалення технології взаємодії вантажних станцій і під'їзних колій підтверджується тим, що на протязі останніх 10 років Правила експлуатації залізничних під'їзних колій [2] було змінено і перевидано декілька разів. Деякі норми, наприклад, що наведено у [3], хоч і базуються на ринкових методах, але

не повний мірі відбивають складність технологічних процесів та не в повному обсязі відповідають витратам, які несуть залізниці.

Важливою складовою частиною залізничного транспорту є система підприємств промислового залізничного транспорту (ППЗТ) об'єднання "Укрпромзалізтранс", яка забезпечує взаємозв'язок із залізничним транспортом загального користування. Під'їзні колії ППЗТ примикають майже до 70 станцій усіх залізниць України, вони надають послуги понад 1470 промисловим підприємствам, будівельним організаціям, агрофірмам розташованим у 18 областях України, з вантажно-розвантажувальних робіт, подаванню-забиранню вагонів, ремонту під'їзних колій, локомотивів, вагонів, підйомно-транспортних машин, здійснюють транспортно-експедиційні і логістичні послуги. Про важливість високої якості технології роботи ППЗТ свідчить те, що основний документ, який регулює технологічні процеси на ППЗТ [4] прийнято майже одночасно зі Статутом залізниць України.

Становлення ринкової економіки зумовило зниження попиту на послуги ППЗТ внаслідок розриву господарських зв'язків, тому постала проблема пошуку нових ринків транспортних послуг, ресурсозберігаючих технологій з більш високими вимогами до якості надання послуг та виконання робіт, удосконалення на основі реформування структури ППЗТ.

Великі під'їзні колії та ППЗТ, як система, мають специфічну технологію роботи, яка проявляє себе через взаємопов'язану сукупність об'єктів односпрямованого функціонального призначення та управління ними, які діють на відповідній територіальній єдності, забезпечуючи ритмічну і безперебійну роботу магістрального залізничного транспорту і підприємств, які обслуговуються. Оскільки особливості роботи ППЗТ і під'їзних колій являє собою комплекс технологічних, технічних і організаційно-економічних заходів, які направлені на підвищення ефективності виробничо-господарської діяльності всієї системи, слід приділяти велику увагу оптимізації її складових частин. В силу цього важливими стають питання формалізації технології взає-

модії ППЗТ, під'їзних колій і магістрального транспорту, раціоналізації часу знаходження вагонів під технологічними операціями, обґрунтування за допомогою математичних методів виду доставки вантажу на підприємство з урахуванням прогнозу показників роботи та ін. Про важливість також свідчать підходи, які викладено і в аналогічних нормативних документах УЗ [5].

Сучасні умови, що характеризуються гострою конкурентною боротьбою на ринку транспортних послуг, вимагають нових підходів в технології роботи системи фірмового транспортного обслуговування УЗ [6]. Ці підходи зокрема включають активну роботу із клієнтурою по вивченню потреби в перевезеннях, організацію наскрізного експедирування з доставкою вантажів "від дверей до дверей", виконання нетрадиційних послуг у частині надання вантажно-розвантажувальних площадок, інформації із просування вантажів, організації роботи на базі договорів на експлуатацію під'їзних колій.

Технології взаємодії вантажних станцій і під'їзних колій притаманна системна інтеграція тому, що ця система складається з певної кількості окремих підрозділів, які функціонують завдяки сумісному виконанню технологічних операцій. Передумовами формування і діяльності такої системи, ступеня її розвитку є рівень виробництва продукції в промисловості, сільському господарстві, будівництві, потреба в її переміщенні з міст виробництва до споживачів, чи основних пунктів подачі на магістральному транспорті. Станції і під'їзні колії, як складні системи, мають певні властивості, і, насамперед, це цілісність, централізованість, синергічність, адаптивність, велика кількість зворотних, а також зовнішніх зв'язків [7]. Ці факти мають істотний вплив на характер і процес формалізації технологічних процесів.

Останнім часом для залізниць України актуальним стає питання проблема ресурсозбереження. При проведенні реструктуризації залізнична галузь стикається зі складними проблемами, тому ситуація вимагає розробки і обґрунтування ресурсозберігаючих технологій при організації вантажних перевезень на залізницях України з метою скорочення непродуктивних ви-

трат часу рухомого складу. Зокрема, удосконалення технології взаємодії вантажних станцій і під'їзних колій, комерційної діяльності станцій набуває першочергового рішення.

Існуючі методи планування не повною мірою вирішують питання раціонального регулювання вагонним парком як на мережі в цілому так і для дирекцій перевезень. Це положення ґрунтується на існуванні ряду факторів таких як: перехід до ринку транспортних послуг, сезонності перевезень, людського, економічного й ін.

Для удосконалення технології роботи полігонів, станцій і вантажовласників, дирекції залізничних перевезень сформований комплекс моделей на основі теорії нечітких множин і нечіткої логіки, використання яких передбачає врахування невизначеності вихідної інформації, обумовленої добовою, декадною, місячною нерівномірністю потреби вагонів при організації вагонопотоків.

В [8] пропонується технологія раціонального поїздоутворювання на технічних станціях, що передбачає централізоване керування поїздопотоками з використанням автоматизованих робочих місць поїзних диспетчерів (АРМ ДНЦ) на базі КСЭОД. Впровадження даної технології надасть можливість прийняття оперативних своєчасних рішень по відправленню поїздів зі станцій формування. Технологія поїздоутворювання базується на використанні нечіткої логіки й нечітких ситуаційних систем ухвалення рішення, в основу яких покладені принципи знаходження оптимальних співвідношень довжини й ваги поїзда, а також строку доставки вантажів. Таким чином, задаючи певні обмеження на довжину, вагу й строк доставки за допомогою функцій приналежності, знаходяться лінгвістичні змінні ознак ситуацій.

На основі технології організації оптимального поїздоутворювання із застосуванням технології раціонального поїздоутворювання отримана можливість оперативному персоналу, пов'язаному з формуванням поїздів, а саме - поїзним диспетчерам, надавати обґрунтовані оперативні вказівки з поїз-

доутворювання на основі варіантів прийняття рішень у зрозумілій лінгвістичній формі.

Поїзда, що прибувають у розформування в залізничні вузли, містять у своєму складі місцеві вагони, які призначені для вантажних станцій і окремих вантажних фронтів цього вузла [9]. Тому, через наявність великої кількості під'їзних колій у деяких вузлах (Харківському, Полтавському, Кременчуцькому, Сумському) доцільно впровадити раціональну технологію процесу розвозу місцевих вагонів, що забезпечить ресурсозбереження при обмеженості технічних можливостей вантажних станцій.

На вантажних станціях зі значним обсягом місцевої роботи (добова передача місцевих вагонів близько 30-40 вагонів) як сортувальні пристрої застосовуються гірки малої потужності або профільовані витяжні колії. Прикладами таких станцій є Харків-Балашівський і Індустріальна. Розформування передаточних поїздів на них здійснюється шляхом розпуску. Але через невідповідність числа колій у підгірковому парку числу місцевих призначень здійснюється повторна переробка місцевих вагонів. На вантажних станціях без перерахованих сортувальних пристроїв мають місце тривалі маневри у зв'язку з необхідністю неодноразового вилучення зі складу поїзда вагонів для певних вантажовласників.

Тому, для впровадження ресурсозберігаючих технологій запропоновано оптимізувати детальний підбір вагонів у передаточних поїздах на сортувальних станціях за критерієм мінімуму витрат при розформуванні складу поїзда на вантажній станції. Це дозволить скоротити витрати на маневрову роботу і простої вагонів, які очікують технологічних операцій у залізничних вузлах за рахунок зменшення числа маневрових рейсів при подачі – забиранні, а також через скорочення простою вагонів при очікуванні технологічних операцій на вантажній станції.

Запропоновано доповнити КСЭОД системою автоматизованого розрахунку раціонального варіанта багатогрупної добірки передаточного поїзда

безпосередньо перед початком його формування на сортувальній станції для підвищення якості прийняття рішень, для чого розроблений програмний продукт на основі бази даних з використанням Visual Basic і мови запитів SQL, що коректно обробляє дані, які надходять, і видає конкретний результат (вид оптимальної конфігурації передаточного поїзда з відповідними поясненнями) у табличній, зрозумілій оперативним працівникам формі.

Основою для створення ресурсозберігаючої технології маневрової роботи є необхідність одночасно з нормуванням часу операцій визначати й витрати палива маневровим локомотивом по напіврейсах [10]. Для визначення витрати палива запропонований удосконалений метод УкрДАЗТ, заснований на моделі множинної логарифмічної кореляції, що враховує вплив множини експлуатаційних і конструктивних факторів, які відповідають конкретним умовам роботи сортувальної станції, з використанням інформаційно-вимірювального комплексу АК-ДТ05.

Сформовано множину наступних факторів, що впливають на витрати палива: Q – маса состава бруто, т; N_e – ефективна потужність локомотива, кВт; $t_{рг}$ – час розпуску на гірці й при перестановці составів, хв; $K_{ваг}$ – кількість вагонів у составі; $K_{отц}$ – кількість відчепів у составі; K_m – позиція контролера машиніста; T_{oc} – температура навколишнього середовища, $^{\circ}C$; $\Psi_{до}$ – коефіцієнт зчеплення “ колесо-рейка”; $\omega_{ск}$ – додатковий опір від стрілок і кривих, Н/кН; $\omega_{св}$ – додатковий опір від навколишнього середовища й вітру, Н/кН; H_r – висота гірки, м; H_e – енергетична висота, кДж/кн.; V_p – розрахункова швидкість розпуску, м/с; $I_{ср}$ – середня крутість підйому насувної частини, $^{\circ}/_{00}$; $F_{кт}$ – сила тяги локомотива при зрушенні з місця, кН; S_r – довжина насувної частини, м.

Якість маневрової роботи визначається через введений коефіцієнт стійкості, що представляє відношення фактичної витрати палива локомотивом до ідеального (паспортного). Установлено межі зміни коефіцієнта стійкості, що забезпечують реалізацію ресурсозберігаючої технології маневрової роботи. Ступінь впливу множини факторів на величину фактичної витрати палива й, як

наслідок - на коефіцієнт стійкості, визначається чисельними значеннями коефіцієнтів кореляційної моделі. Розроблену модель у вигляді програмного продукту запропоновано інтегрувати на автоматизоване робоче місце маневрового диспетчера й взаємодіючих з ним оперативних працівників станції. Для реалізації ресурсозберігаючої технології маневрової роботи запропонована модель інформаційної взаємодії структурних підрозділів станції й маневрових локомотивів з виходом через сервер ДЦУ на сервер інформаційно – статистичного центру Укрзалізниці.

Але питанням інформатизації взаємодії під'їзних колій і станцій примикання не приділялось належної уваги.

1.2 Аналіз теоретичних розробок по удосконаленню технології роботи під'їзних колій промислових підприємств і станцій примикання

Розвиток сучасних підходів у математиці та використання її методів в інших галузях знань складають одну з основних характерних рис сучасності. Виключно важливого значення набувають математичні методи в плануванні та керівництві виробництвом при взаємодії з транспортом. Ефективне вирішення таких задач потребує не тільки економічного аналізу тієї чи іншої виробничої ситуації, а і уміння визначити та ідентифікувати характерну для них математичну модель, надати чітке описання у відповідних формальних термінах і категоріях. На практиці використовують моделі трьох типів, які в процесі зростання складності умовно можна назвати предметними, аналоговими та символічними.

Як відомо, особливе місце серед символічних моделей займають математичні моделі. Математичною моделлю системи називають її описання на будь-якій формальній мові, яке дозволяє робити висновки про поведінку системи за допомогою формальних перетворень, що здійснюються над цим

описанням. Іншими словами, побудова математичної моделі означає формалізацію змістовного описання задачі, яке отримано в результаті її аналізу на попередньому етапі – етапі постановки задачі.

Традиційні підходи до моделювання технології роботи вантажних станцій, під'їзних колій та інших транспортних підрозділів широко відомі [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Більшість з них базується на принципах з детермінованою постановкою задач. Вся вихідна інформація в них передбачається заданою однозначно. Але багато реальних задач вирішуються в умовах неповної інформації, тобто коли всі параметри показника якості та обмежень можуть бути невизначеними або випадковими. Недооцінка цих обставин приводять до зниження рівня адекватності отриманих результатів.

Ймовірнісний підхід [11] з використанням систем масового обслуговування до побудови моделей технології роботи транспортних підрозділів передбачає отримання оптимального плану, як множини варіантів, кожен з яких з визначеною імовірністю може бути оптимальним. При деяких обставинах використовуються принципи стохастичного моделювання для знаходження вузьких границь, в яких з високою імовірністю здійснюється пошук оптимальних параметрів моделей.

Але наведені вище методи в найбільшій мірі призначенні для планового господарства та в більшості випадків не враховують особливостей конкуренції видів транспорту. Ці фактори привели до необхідності комплексного дослідження і побудови сучасних моделей в області доставки вантажу від відправника до одержувача на основі наскрізного Єдиного технологічного процесу роботи станції і під'їзної колії в умовах невизначеності та наявності великої кількості факторів, що впливають на технологію роботи.

Серед сучасних показників, що характеризують конкурентоздатність і якість технологічного варіанта взаємодії станції і під'їзної колії, можливо виділити своєчасність подачі вагонів і контейнерів вантажовласнику,

рівень механізації вантажно-розвантажувальних робіт, роботу в напрямку максимального скорочення часу на початково-кінцеві операції. Крім того, залізницям слід звернути увагу на своєчасність доставки вантажів, тому що при зростанні вантажів, які потребують термінової доставки, виникає непогодженість із митницею і з іншими видами транспорту. Це привело до появи сучасних моделей, які базуються на логістичних і маркетингових принципах [12]. Використання цих моделей дозволяє визначити (у тому числі – у імовірнісному сенсі) ряд факторів в умовах невизначеності ринку транспортних послуг: терміни доставки вантажів, схоронність вантажів у процесі перевезення, ритмічність транспортного обслуговування під'їзної колії, вид продукції і обсяг її виробництва, вимоги, які висунуті до розміру партії одночасно перевезених вантажів.

Викликає інтерес ситуаційний підхід до моделювання технологічних процесів навантаження-вивантаження та подавання – збирання вагонів при взаємодії у транспортних вузлах. Запропоновані моделі дозволяють виявити резерви у технологічних процесах з метою підвищення ритмічності переробки вантажів та розробки високоефективних графіків взаємодії.

Для адекватної реакції системи взаємодії вантажна станція – під'їзна колія на зміни різноманітних чинників необхідно врахування такої властивості системи, як адаптивність. Проведені дослідження дозволяють зробити висновок про те, що відсутність систем адаптації в структурах транспортної галузі або недостатній їх розвиток є однією з головних, а в деяких випадках - головною причиною зниження якості транспортного обслуговування на залізницях України. Тому управління технологічним процесом перевезень повинно забезпечити процес адаптації внутрішніх технологічних особливостей станції і під'їзної колії між собою та до змін кон'юнктури транспортного ринку. Для якісного рішення такої задачі на базі розроблених адаптаційних моделей системи підтримки прийняття управлінського рішення запропоновано впровадити систему адаптаційної технології, яка може забез-

печити швидко та ефективно переробку вантажо- та вагонопотоку в залежності від характеру і ступеня впливу зовнішнього середовища.

Використання сучасного математичного апарату призводить до пошуку нових комплексних критеріїв, за якими побудовані моделі транспортно-технологічних процесів мають більш високу адекватність – з одного боку, та більш високу придатність до практичного використання – з іншого. Тому питання використання у моделюванні сучасних якісних показників є важливим і актуальним. Наприклад, основне визначення якісних показників діяльності транспортно – виробничих систем наведені в міжнародному стандарті ISO 9004-2, який з особливою увагою орієнтовано на якісні показники технології надання транспортних послуг з метою стимулювання належної якості обслуговування користувачів відносно доступності, ефективності і надійності, з одного боку, і забезпечення відповідності оголошеного і фактичного рівня надаваних послуг, з іншої.

Ідея доцільності активної взаємодії не тільки з боку промислового транспорту, але з боку виробничих підрозділів одержала теоретичний розвиток, наприклад у роботі [13]. Але варто визнати, що належного поширення такого підходу на практиці для удосконалення взаємодії промислового і магістрального транспорту доки не одержало. Промисловий транспорт у силу низки правових та організаційних факторів декілька обмежений у декількох питаннях взаємодії, виконання вантажних операцій та інших, що призводить до погіршення показників в обох підсистемах. Але за сітьовими моделями з використанням теорії активних систем та нечітких множин є перспектива розвитку, оскільки вони можуть дати адекватний результат заданої точності в умовах недостатньої інформації.

У будь-якому випадку при формуванні технології взаємодії між залізницею і під'їзними коліями або ППЗТ на базі отриманих при моделюванні результатів слід використовувати системний підхід, який буде враховувати інтереси вантажовідправників, вантажоодержувачів та залізниці.

Існуючі підходи до питань взаємодії під'їзних колій промислових підприємств з магістральним залізничним транспортом не в повній мірі задовольняють сучасним умовам перевезень. Перехід до нових економічних відносин вимагає переглянути деякі, в значній мірі застарілі, положення керівництва перевізним процесом.

Необхідність координації управління, уніфікації транспортного рухомого складу, удосконалення усієї інфраструктури перевізного процесу виникла в результаті створення прогресивних маркетингових підходів. Інтеграція магістрального залізничного транспорту у виробничий процес промислових підприємств є найважливішою складовою конкурентоспроможності залізниць [14]. Ця інтеграція допоможе звести до мінімуму місткість складів та їх завантаження. Заслуговує уваги пропозиція перевантаження транспортної місткості разом з вантажем замість перевантаження з одного виду транспорту на другий, але в сучасних умовах треба б було звернути увагу на підвищення ефективності використання існуючих технічних пристроїв, а потім створювати нові типи обладнання.

Питання обґрунтування інтервалів зараховування та норм часу знаходження вагонів на вантажних фронтах з урахуванням умов обслуговування під'їзних колій розглянуті А. В. Алексеевим. Норми часу на виконання вантажних операцій з групами вагонів (при використанні локомотива підприємства) в розмірі $m_{\text{под}} \leq m_{\text{ф}}$ запропоновано визначати по формулі [15]

$$t_{\text{зр}}^{n/n} = \left(\left[\frac{m_{\text{под}}}{m_{\text{ф}}} \right] + 1 \right) \frac{24m_{\text{ф}}}{\Pi_{\text{макс}}}, \quad (1.1)$$

де $m_{\text{под}}$ – кількість вагонів в подачі;

$m_{\text{ф}}$ – місткість вантажного фронту у вагонах;

$\Pi_{\text{макс}}$ – добова максимальна переробна спроможність вантажних фронтів;

$]\dots[$ – знак операції округлення в бік меншого цілого значення;

1 – враховується у випадку, коли $\frac{m_{\text{под}}}{m_{\text{ф}}}$ являється дробовою величиною.

Але при даних початкових умовах $m_{\text{под}} \leq m_{\text{ф}}$ приведена формула має інший вигляд. Величина $\frac{m_{\text{под}}}{m_{\text{ф}}}$ при будь-яких значеннях $m_{\text{под}}$ та $m_{\text{ф}}$ буде менше чи рівною одиниці. Тобто формула набуває вигляду

$$t_{\text{зр}}^{n/n} = \frac{24m_{\text{ф}}}{\Pi_{\text{макс}}}. \quad (1.2)$$

Теж саме відбувається при розрахунках мінімальної розрахункової норми часу на виконання вантажних операцій з вагонами на вантажному фронті при подаванні локомотивом залізниці.

Оцінювати якість транспортних послуг слід за показниками рівня доставки вантажу, рівня схоронності вантажу та іншими [16]. Але дані показники встановлені відносно до залізниці і не враховується їх виконання конкурентами залізничного транспорту.

Важливим завданням удосконалення роботи залізниць є впровадження нових форм управління транспортним процесом в умовах ринкової економіки. Значення створення відповідних міністерств, департаментів, які повинні вирішувати питання розвитку структурних підрозділів, зменшується через те, що на нижчих рівнях управління продовжують діяти старі структури. Вони, якщо не зменшують, то і не підвищують рівень якості праці. Це відбувається через розбіжність інтересів відділення і його структурних підроз-

ділів. Найчастіше це призводить до суперечок між ними, особливо якщо судити по кінцевому результату роботи. Безумовно, недосконалість системи управління суттєво впливає на ефективність роботи залізниць в цілому і на взаємодію з промисловими підприємствами у тому числі.

Вантажним залізничним станціям належить вирішальна роль в умовах ринкової економіки і з цим важко не погодитися, так як вони виконують багату кількість операцій, пов'язаних з перевезеннями вантажів. Запропоновано запровадити комерційну класифікацію станцій, яка буде виступати еквівалентом різних по складності операцій на під'їзних коліях промислових підприємств і місцях загального користування. Але треба зауважити, що слід опиратися не тільки на вантажні і комерційні операції, а і на якість транспортних послуг.

Вирішення проблеми запасів з наступними характеристиками – затратами на підготовку виробництва однієї партії продукту, втратами від дефіциту одиниці продукції за одиницю часу, при заданих темпах виробництва, нормах попиту, обсягах продукції, середніх загальних витратах за одиницю часу розглянуто в [18]. Викладені підходи можуть бути використані, наприклад, при доставлянні вантажу різними видами відправок залізничним транспортом. На підставі цього можливо обирати оптимальний вид відправки вантажу. Вирішення представленої задачі дасть можливість забезпечити краще працевлаштування робітників залізниці в умовах зменшення обсягів перевезення. Також за допомогою викладених підходів можливо збільшити прибутки залізниці.

Питання визначення середнього часу очікування в марківських системах (одноканальній і багатоканальній) розглянуті у [18]. У викладених підходах під каналом обслуговування розуміється оснащення, на якому виконується обслуговування, а під апаратом – безпосередній виконавець операції. Безперечна цінність даного визначення полягає у тому, що по відношенню до

вантажного фронту під'їзної колії воно дає можливість змінити підходи до розрахунків оптимального технічного оснащення.

Робота [19] присвячена одному з найважливіших елементів взаємодії в роботі станцій примикання і під'їзних колій промислових підприємств – організації передатного руху між станціями і під'їзними коліями і встановленню оптимальної величини передаточного поїзда. Розглянуто розрахунок середнього числа вагонів у складі передаточного поїзда, питання залишкових груп вагонів та середньої величини витрат вагоно-годин на накопичення вагонів на адресу під'їзної колії.

Методику нормування залишків вагонів на магістральній станції, які слідує на промислові підприємства, що обслуговуються підприємствами залізничного транспорту запропоновано в [20]. Визначена середня кількість вагонів в складі передавального поїзда та середня кількість вагонів, які знаходяться на коліях накопичення в очікування відправлення. Але розроблені підходи можливо використовувати тільки для випадку, коли вагони в складі поїздів прибувають на станцію примикання однією групою.

Аналіз праць показав, що розроблені технології перевізного процесу недостатньо враховують динамічний і стохастичний характер роботи системи. Технологія роботи під'їзних колій промислових підприємств відіграє значну роль у роботі залізничного транспорту, свідомством чого є витрати часу, що припадають на знаходження вагонів на підприємствах.

1.3 Дослідження складових елементів обігу вантажного вагона на мережі залізниць України

На рисунках 1.1–1.7 наведено діаграми розподілу складових елементів обігу вагона окремо по залізницях та по Укрзалізниці в цілому за період 2015-2017 р.

Як бачимо з рисунку 1.1 на Донецькій залізниці 1,2 % обігу вагона припадає на час знаходження вагонів на проміжних станціях; 10,3 % – на чистий рух, 32,2 % – на знаходження вагонів на технічних станціях та 56,3 % – на знаходження вагонів на станціях з вантажними операціями.

З рисунку 1.2 видно, що 3,1 % обігу вагона на Придніпровській залізниці приходить на знаходження вагонів на проміжних станціях, 15,2 % – на чистий рух, 30,7 % – на знаходження вагонів на технічних станціях та 51 % – на знаходження вагонів на станціях з вантажними операціями.

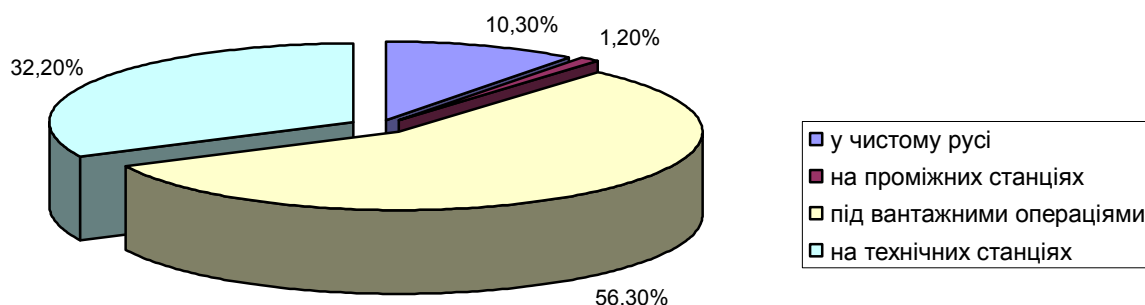


Рис. 1.1 – Розподіл складових елементів обігу вагона по Донецькій залізниці

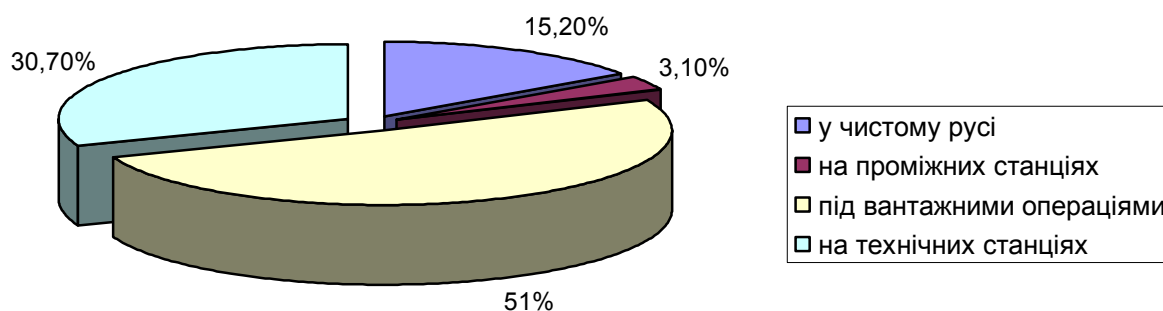


Рис. 1.2 – Розподіл складових елементів обігу вагона по Придніпровській залізниці

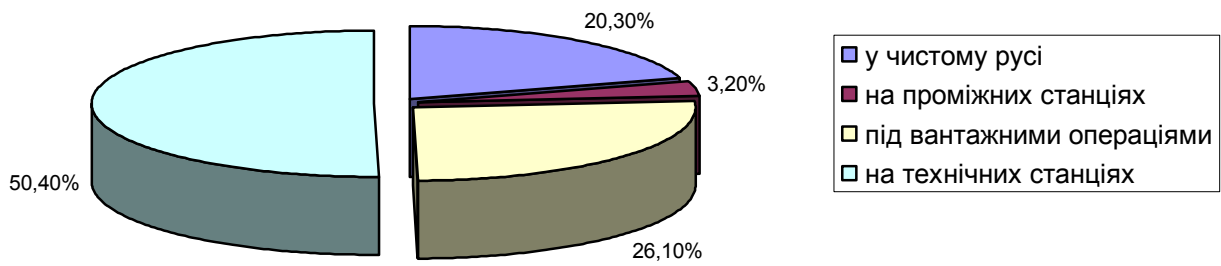


Рис. 1.3 – Розподіл складових елементів обігу вагона по Південній залізниці

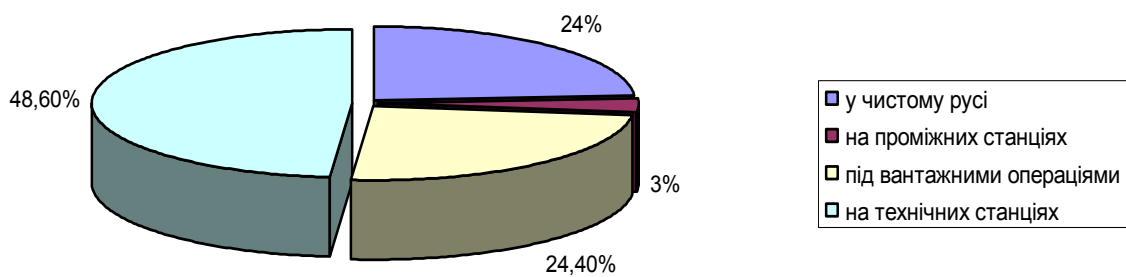


Рис. 1.4 – Розподіл складових елементів обігу вагона по Південно-Західній залізниці

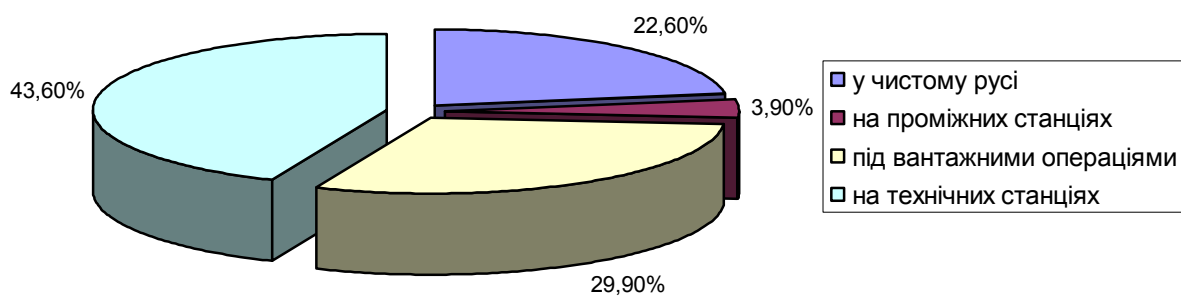


Рис. 1.5 – Розподіл складових елементів обігу вагона по Одеській залізниці

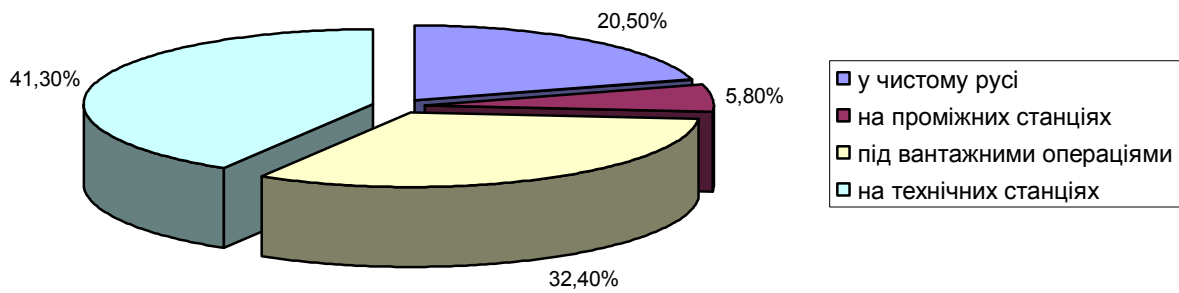


Рис. 1.6 – Розподіл складових елементів обігу вагона по Львівській залізниці

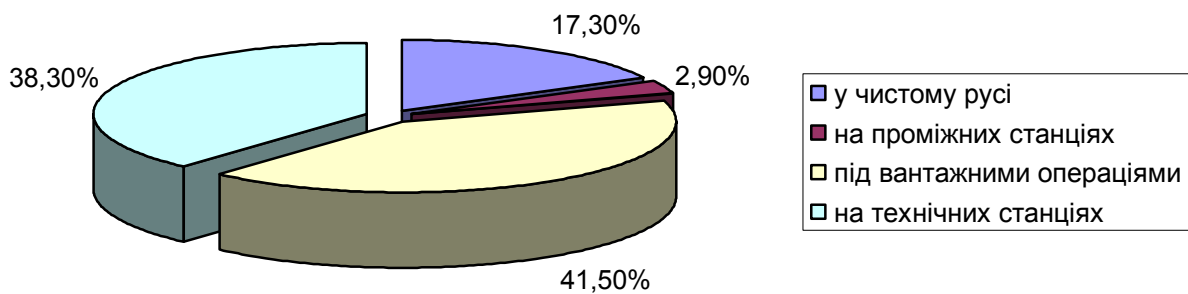


Рис. 1.7 – Розподіл складових елементів обігу вагона по Укрзалізниці

Аналіз рисунку 1.3 показує, що 3,2 % обігу вагона на Південній залізниці приходить на знаходження вагонів на проміжних станціях, 20,3 % – на чистий рух, 50,4 % – на знаходження вагонів на технічних станціях та 26,1 % – на знаходження вагонів на станціях з вантажними операціями.

З рисунку 1.4 бачимо, що 3 % обігу вагона на Південно-Західній залізниці приходить на знаходження вагонів на проміжних станціях, 24 % – на чистий рух, 48,6 % – на знаходження вагонів на технічних станціях та 24,4 % – на знаходження вагонів на станціях з вантажними операціями.

Як бачимо з рисунку 1.5 3,9 % обігу вагона на Одеській залізниці приходить на знаходження вагонів на проміжних станціях, 22,6 % – на чистий рух, 43,6 % – на знаходження вагонів на технічних станціях та 29,9 % – на знаходження вагонів на станціях з вантажними операціями.

Як бачимо з рисунку 1.6 5,8 % обігу вагона на Львівській залізниці приходить на знаходження вагонів на проміжних станціях, 20,5 % – на чистий рух, 41,3 % – на знаходження вагонів на технічних станціях та 32,4 % – на знаходження вагонів на станціях з вантажними операціями.

Плата за користування вагонами збільшилась на 63 млн. грн. (62,4 %), плата на один оброблений вагон збільшилась – на 20,3 грн. І становила 50,7 грн.

Як видно з рисунку 1.7 2,9 % обігу вагона на Укрзалізниці приходить на знаходження вагонів на проміжних станціях, 17,3 % – на чистий рух, 38,3 % – на знаходження вагонів на технічних станціях та 41,5 % – на знаходження вагонів на станціях з вантажними операціями.

Після аналізу рисунків можна зробити висновок, що найбільша частина обігу вагона приходить на знаходження вагонів на станціях з вантажними операціями.

Як відомо, близько 90 % навантаження і вивантаження вантажів приходить на під'їзні колії промислових підприємств.

Для більш детального аналізу проведено дослідження часу перебування вагонів на під'їзних коліях окремих підприємств.

1.4 Аналіз використання вагонів на під'їзних коліях підприємств

За 2017 р. в цілому по Укрзалізниці час користування вагонами залишився на рівні 2016 р. і становив 21,6 год.

На під'їзних коліях оброблено 8327,9 тис. вагонів, що на 1,5 % менше минулого року. Залізницями нарахована плата за користування вагонами у сумі 349,9 млн. грн, що більше на 118,8 млн. грн (51,4 %) проти 2016 р. Плата за користування одним обробленим вагоном збільшилась проти минулого року на 14,7 грн (53,8 %). Час користування вагонами скоротився на всіх залізницях, крім Донецької та Одеської (рис.1.8).

Донецька залізниця – середній час користування вагонами збільшено проти 2016 р. на 0,5 год. (1,9 %) і становив 24,7 год.

Втрати вантажних ресурсів становили 62 тис. вагонів.

Кількість оброблених вагонів зменшилась на 89 тис. вагонів (2,7 %).

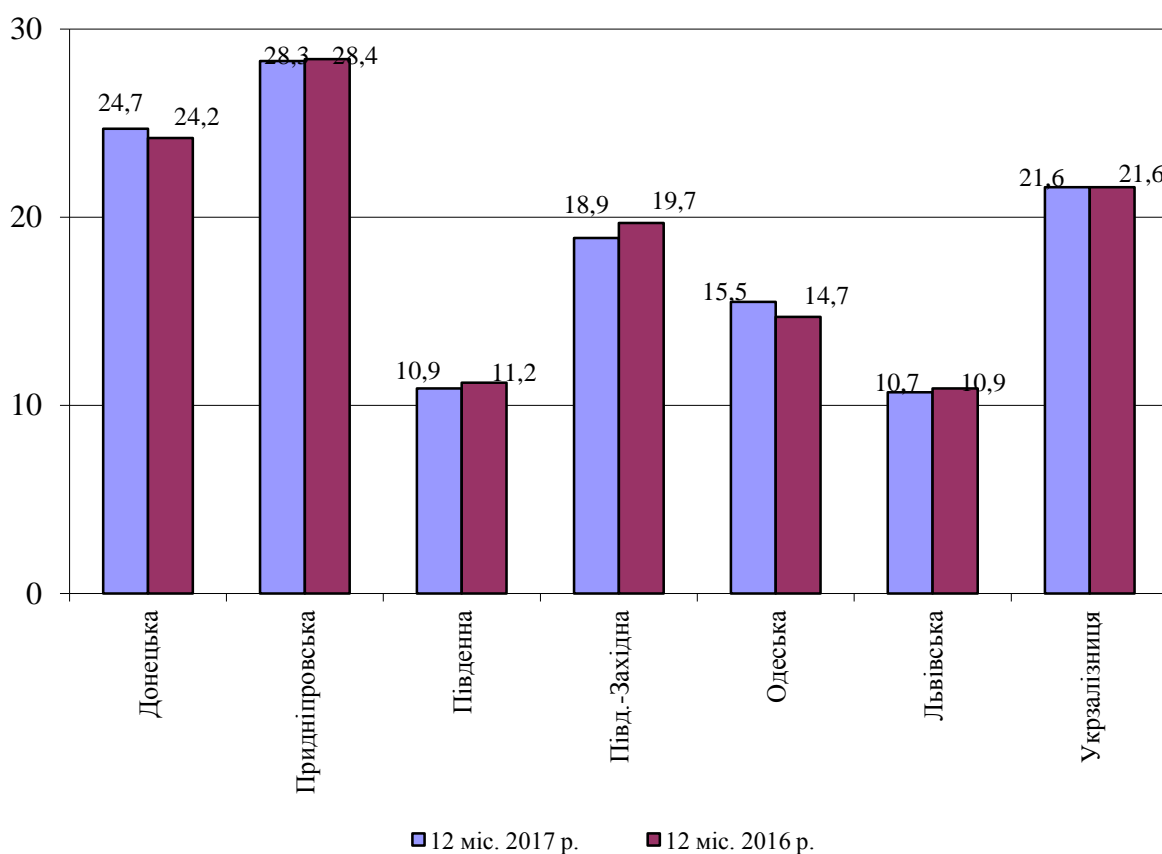


Рис. 1.8 – Час користування вагонами

Основні підприємства, на під'їзних коліях яких тривало перебували вагони: ВАТ “Меткомбінат ім. Ілліча” – час користування збільшився на 7,6 год. і становив 45,4 год.;

Одеська залізниця – середній час користування вагонами збільшено на 0,8 год. (5,1 %) і становив 15,5 год.

Втрати вантажних ресурсів становили 39 тис. вагонів.

Плата за користування вагонами збільшилась на 9,2 млн. грн. (40,6 %), сума плати на один оброблений вагон збільшилась – на 7,1 грн. (38,8 %). Кількість оброблених вагонів збільшилась на 15,8 тисяч (1,3 %).

На ряді підприємств мали місце випадки тривалого простою вагонів через зайнятість фронтів вивантаження, наприклад:

- ВАТ “Ананьєвське РайДРСУ” – час користування збільшився на 45,8 год. і становив 54,5 год.;

- ВАТ “Одеснафтопродукт” – середній час користування вагонами збільшився на 9,2 год. і становив 13,5 год.;

- ТОВ “Іллічівський судноремонтний завод” – час користування збільшився на 11 год. і становив 47,3 год.

Обсяги роботи портів складають 68 % від загальних по залізниці.

Середній час користування вагонами в портах становить 8,4 год. проти 6,8 год. у минулому році і збільшився на 1,6 год. (23,5 %).

Погіршився стан з використанням вагонів у: Миколаївському МТП – середній час користування вагонами збільшився на 9 год. і становив 27,8 год.; Білгород-Дністровському МТП – на 7,7 год. і становив 18,1 год.; Херсонському МТП – на 3 год. і становив 9,7 год.; морському порту „Жовтневий” – на 2,1 год.; Іллічівському МТП – на 1,7 год.; Одеському МТП – на 1,7 год.

Придніпровська залізниця – середній час користування вагонами зменшився проти 2016 р. на 0,1 год. (0,2 %) і становив 28,3 год.

Плата за користування вагонами збільшилась на 30,3 млн. грн. (43,6 %) і становила 99,7 млн. грн., сума плати на один оброблений вагон збільшилась – на 17,7 грн. (51,9 %) і становила 40 грн.

Таблиця 1.1 – Підприємства, які скоротили час користування вагонами на Придніпровській залізниці

Назва підприємства	Скорочення часу користування вагонами
ВАТ “Вугільно-гірський трубопрокатний завод”	на 8,7 год
ВАТ “ДМЗ ім. Петровського”	на 17,6 год
ВАТ “Вугільно-гірський ГМК”	на 8,1 год
КДГМК “Криворіжсталь”	на 6,7 год
ВАТ “Дніпрококс”	на 1,5 год

Кількість оброблених вагонів зменшилась на 111,4 тис. вагонів (5,5 %).

На ряді підприємств середній час користування вагонами скорочено, але він залишається ще високим.

На залізниці, починаючи з жовтня місяця, відбувається зниження часу користування вагонами, але ряд підприємств збільшили цей показник, наприклад на:

- ВАТ “ДМК ім. Дзержинського” – час користування вагонами збільшився на 9,8 год. і становив 60,2 год.;
- ВАТ “Дніпродзержинський КХЗ” - на 4,5 год. і становив 50,9 год.;
- ВАТ “Ніко-Тьюб” - на 10,5 год. і становив 57,5 год.;
- ВАТ “Югторсан” - на 4,9 год. і становив 17,3 год.

Погіршено стан з використанням вагонів у: Керченському МТП час користування вагонів збільшився на 2,8 год. і становив 9,9 год., Бердянському МТП – на 2,4 год. і становив 13,4 год., Феодосійському – на 2,1 год. і становив 3,7 год.

Таблиця 1.2 – Підприємства, які скоротили час користування вагонами на Південній залізниці

Назва підприємства	Скорочення часу користування вагонами
ВАТ “Хімпром”	на 16,3 год
ТЕЦ-2-“Есхар”	на 31,3 год
ДП “Охтирський держлісгосп”	на 7,1 год
ЗАТ ТД “Укртатнафта”	на 1,3 год
ЗАТ “Приколотнянський МЕЗ”	на 5,6 год

Південна залізниця – середній час користування вагонами зменшився на 0,3 год. (2,7 %) і становив 10,9 год.

При збільшенні кількості оброблених вагонів на 41 тисячу (6,5 %), збільшилась плата за користування вагонами на 7,2 млн. грн. (65,7 %), сума плати на один оброблений вагон зросла на 9,8 грн. (55,5 %).

Окремі підприємства через незадовільну організацію вантажних операцій та за рахунок тривалого знаходження вагонів під митним контролем завищили середній час користування:

- АТЗТ “Коксовий завод” – на 15,1 год. і становив 41,4 год.;
- ВАТ “Пивзавод” – на 4,8 год. і становив 15,3 год.;
- ВАТ “Крюківський вагонобудівний завод” – на 3,3 год. і становив 17,8 год.

Південно-Західна – середній час користування вагонами зменшився на 0,8 год. (4,1 %). При збільшенні кількості оброблених на 32,1 тис. вагонів (4,1 %), збільшилась плата за користування вагонами на 4 млн. грн. (26,2 %), сума плати на один оброблений зросла на 5 грн. (19,8 %).

Таблиця 1.3 – Підприємства, які скоротили час користування вагонами на Південно-Західній залізниці

Назва підприємства	Скорочення часу користування вагонами
ВАТ “Коростенський щебзавод”	на 2,2 год
на ВАТ “Миронівський завод з виготовлення круп і кормів”	на 6,4 год

На окремих підприємствах поліпшено стан з використанням вагонів.

Ряд підприємств завищили час користування вагонами, в зв’язку з проведенням митних операцій:

- ВАТ “Київ-Дніпровське ППЗТ” – на 5,6 год. і становив 41,6 год.;
- ВАТ “Жашківський елеватор” – на 25,5 год. і становив 39,6 год.;
- КП “Хмельницький к-т будматеріалів” – на 15,4 год. і становив 37,3 год.

Львівська залізниця – середній час користування вагонами зменшено на 0,3 год. (2,5 %) і становив 10,7 год. Кількість оброблених вагонів зменшилась на 17,8 тисяч (2,9%), плата за користування вагонами зросла на 5,1 млн. грн. (43,1%).

В результаті проведеної роботи щодо підвищення ефективності використання вагонів на окремих підприємствах зменшився час користування вагонами.

Таблиця 1.4 – Підприємства, які скоротили час користування вагонами на Львівській залізниці

Назва підприємства	Скорочення часу користування вагонами
ВАТ “Дрогобицький НПК “Галичина”	на 0,6 год
ВАТ “Івано-Франківськ - Цемент”	на 9,7 год

На ряді підприємств завищено час перебування вагонів на під’їзних коліях:

- ВАТ “Володимирцукор” – на 10,4 год. і становив 25,3 год.;
- ТзОВ “Торговий Дім Веста Оіл” – на 24,1 год. і становив 48,7 год.;
- ТзОВ “Термінал Карпати” – на 10,3 год. і становив 28,1 год.;
- ТзОВ “ЛК Інтерплит-Надвірна” – на 6,6 год. і становив 19,9 год.

2. РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ПІД'ЇЗНИХ КОЛІЙ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ І ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЙ МАГІСТРАЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

За даними державної адміністрації Укрзалізниці станом на 01.01.2017 р. до залізничних станцій примикає 7224 під'їзні колії промислових підприємств і організацій, довжина яких складає 23600 км. Середньодобове навантаження на під'їзних коліях становить 13,2 тис. вагонів, вивантаження – 12,9 тис. вагонів, тобто відповідно 95,4% та 85,2% від загального обсягу вантажної роботи.

Зрозуміло, що удосконалення технології роботи під'їзних колій промислових підприємств і станцій примикання на основі розробки відповідних моделей набувають дуже великого значення в сучасних умовах. Тим більше, що науково обґрунтовані відповідні моделі відсутні.

2.1 Модель доставки вантажу від під'їзної колії відправлення до під'їзної колії призначення на основі наскрізного ЄТП

Моделювання за допомогою мереж Петрі дозволяє вивчити динаміку функціонування системи, що досліджується, та її поведінку при різних початкових умовах. При використанні формальних методів, аналіз властивостей мереж Петрі дозволяє досліджувати роботу системи. Також при моделюванні можливо одержати найбільш важливі характеристики системи, яка вивчається.

У вигляді мережі Петрі представлена загальна модель доставки вантажу від під'їзної колії відправлення до під'їзної колії призначення на основі наскрізного ЄТП (від відправника до одержувача) (рис 2.1). Всі розроблені раніше моделі доставки вантажу від відправника до одержувача були побудовані для випадкової роботи та не враховували ритмічності перевезень і до-

ставки вантажу за графіком “до визначеного терміну” [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Мережа Петрі є різновидом орієнтованого графа з заданим початковим станом. Граф мережі включає позиції (місця) P і переходи T з дугами, які ведуть або з позиції в перехід, або з переходу в позицію.

Таким чином, формальне представлення мереж Петрі має вигляд:

$$PN = (P, T, F, W, M_0), \quad (2.1)$$

де: $P=(p_1, p_2, \dots, p_m)$ – кінцева безліч позицій;

$T=(t_1, t_2, \dots, t_n)$ – кінцева безліч переходів;

F – безліч дуг (потоківих відносин);

$$F \subseteq (P \times T) \cup (T \times P), \quad (2.2)$$

$W:F \rightarrow (1, 2, 3, \dots)$ – вагова функція;

$M_0:P \rightarrow (0, 1, 2, \dots)$ – початкове маркірування.

Позиції та переходи системи:

P_1 – знаходження вагонів на під'їзній колії відправлення;

P_2 – знаходження вагонів на вантажній станції відправлення;

P_3 – слідування вагонів з вантажної станції на сортувальну;

P_4 – знаходження вагонів на сортувальній станції відправлення;

P_5 – слідування вагонів з сортувальної станції до проміжної або дільничної станції;

P_6 – знаходження вагонів на першій проміжній станції;

P_7 – знаходження вагонів на першій дільничній станції;

P_8 – слідування вагонів з першої дільничної станції на першу проміжну або другу дільничну станцію;

P_9 – слідування вагонів з першої проміжної станції на першу дільничну або другу проміжну станцію;

P_{10} – знаходження вагонів на n -ній дільничній станції ;

- P_{11} – знаходження вагонів на n -ній проміжній станції;
- P_{12} – слідування вагонів з n -ної дільничної станції на n -ну проміжну станцію або на сортувальну станцію призначення;
- P_{13} – слідування вагонів з n -ної проміжної станції на n -ну дільничну станцію або на сортувальну станцію призначення;
- P_{14} – знаходження вагонів на сортувальній станції призначення;
- P_{15} – слідування вагонів з сортувальної станції на вантажну станцію;
- P_{16} – знаходження вагонів на вантажній станції призначення;
- P_{17} – слідування вагонів з вантажної станції на під'їзну колію призначення;
- P_{18} – знаходження вагонів на під'їзній колії призначення;
- P_{19} – наявність вільного маневрового локомотива для переставлення вагонів з під'їзної колії на вантажну станцію призначення;
- P_{20} – наявність вільного локомотива для доставляння вантажу від вантажної до сортувальної станції відправлення;
- P_{21} – наявність вільного поїзного локомотива для перевезення вантажу від сортувальної станції відправлення до місця зміни локомотива;
- P_{22} – наявність вільного поїзного локомотива для перевезення вантажу з місця останньої зміни локомотива до сортувальної станції призначення;
- P_{23} – наявність вільного локомотива для доставляння вантажу від сортувальної до вантажної станції призначення;
- P_{24} – наявність вільного маневрового локомотива для доставляння вантажу від вантажної станції до під'їзної колії призначення;
- T_1 – час слідування з під'їзної колії відправлення на вантажну станцію, що примикає;
- T_2 – час знаходження вагонів на вантажній станції відправлення;
- T_3 – час слідування з вантажної станції до сортувальної станції відправлення;

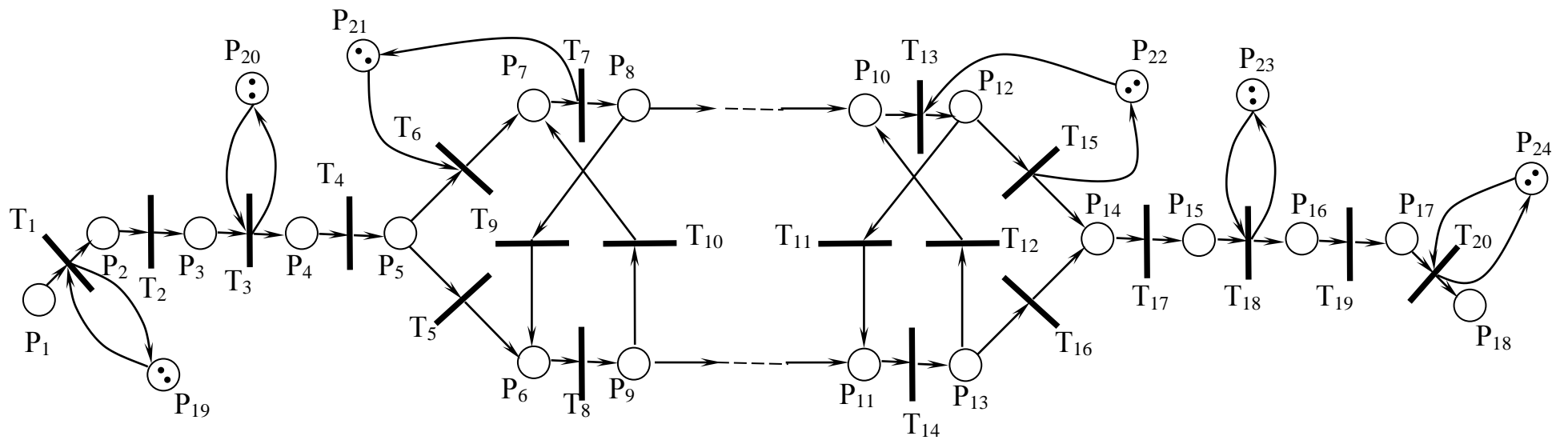


Рис. 2.1 – Модель доставки вантажу від під'їзної колії відправлення до під'їзної колії призначення на основі наскрізного ЄТП

T_4 – час знаходження вагонів на сортувальній станції відправлення;

T_5 – час слідування від сортувальної станції відправлення до першої дільничної станції;

T_6 – час слідування від сортувальної станції відправлення до першої проміжної станції;

T_7 – час знаходження вагонів на першій дільничній станції;

T_8 – час знаходження вагонів на першій проміжній станції;

T_9 – час слідування з першої дільничної станції на першу проміжну станцію;

T_{10} – час слідування з першої проміжної станції на першу дільничну станцію;

T_{11} – час слідування з n-ної дільничної станції на n-ну проміжну станцію;

T_{12} – час слідування з n-ної проміжної станції на n-ну дільничну станцію;

T_{13} – час знаходження вагонів на n-ній дільничній станції;

T_{14} – час знаходження вагонів на n-ній проміжній станції;

T_{15} – час слідування вагонів з n-ної дільничної станції на сортувальну станцію призначення;

T_{16} – час слідування вагонів з n-ної проміжної станції на сортувальну станцію призначення;

T_{17} – час знаходження вагонів на сортувальній станції призначення;

T_{18} – час слідування вагонів з сортувальної станції на вантажну станцію призначення;

T_{19} – час знаходження вагонів на вантажній станції призначення;

T_{20} – час слідування вагонів з вантажної станції на під'їзну колію призначення.

Представлена на рисунку 2.1 модель є загальною. Для кожного можливого варіанта перевезення складається своя послідовність доставки вантажу.

Аналіз одержаних при моделюванні результатів (додаток А) показав, що значна частина часу знаходження вагонів під різними технологічними і технічними операціями (у деяких випадках – біля 40 %) приходить на під'їзні колії і вантажні станції.

2.2 Модель удосконалення технології роботи під'їзних колій і станцій примикання

Для скорочення часу знаходження вагонів на підприємствах запропоновано метод удосконалення технології роботи під'їзних колій і станцій примикання на основі моделі математичного програмування з цільовою функцією

$$G_{нк} = C_v + C_{пз} + C_{пл} + C_{мл} + C_{врм} + C_{ск} + C_{нк} \rightarrow \min. \quad (2.3)$$

Система обмежень

$$\left. \begin{array}{l} N_n \geq 0; \\ m_i \geq 0; \\ t_{зн} \leq T_{об}; \\ C_{вч}^{\min} \leq C_{вч} \leq C_{вч}^{\max}; \\ C_{лч}^{\min} \leq C_{лч} \leq C_{лч}^{\max}, \end{array} \right\}, \quad (2.4)$$

де C_v – вартість очікування вагонами обслуговування (приймально-здавальних операцій, слідування на під'їзну колію, формування-розформування, подавання і забирання, вантажної операції), грн;

$C_{пз}$ – вартість простою бригад прийомоздавальників, грн;

C_{nl} – вартість простою поїзних локомотивів, грн;

$C_{мл}$ – вартість простою маневрових локомотивів на розформуванні і формуванні составів, подачі і убиранні вагонів, грн;

$C_{врм}$ – вартість простою вантажно-розвантажувальної машини, грн;

$C_{ск}$ – вартість простою складів, грн;

$C_{нк}$ – вартість знаходження вагонів на під'їзній колії під обслуговуванням, грн;

$T_{об}$ – нормативний час знаходження вагонів на під'їзній колії, год;

$t_{зн}$ – раціональний час обслуговування вагонів на під'їзній колії, год;

N_n – кількість составів поїздів, які очікують обслуговування;

m_i – середня чисельність вагонів під різними технологічними операціями (станах системи).

У явному вигляді складові цільової функції мають вигляд

$$C_v = C_{вг} \left(\sum_i m_i \int_{t_{\min}}^{t_{\max}} t_i P_i(t) dt \right) \Rightarrow \min,$$

$$C_{нз} = C_{нз1} N_{нз} t_{бн},$$

$$C_{нл} = C_{нл1} N_{нл} t_{нл},$$

$$C_{мл} = C_{мл1} N_{мл} (t_{млрф} + t_{млту}), \quad (2.5)$$

$$C_{врм} = N_{врм} t_{врм} C_{мг},$$

$$C_{ск} = t_{ск} C_{ск1},$$

$$C_{нк} = N_{в}^{нк} t_{знах} C_{вг},$$

де $C_{вг}$ – вартість вагоно-години простою, грн.;

t_i – час очікування вагонами технологічних операцій;
 $C_{нз1}$ – вартість однієї години простою бригад прийомоздавачів, грн;
 $N_{нз}$ – кількість бригад, які очікують роботу;
 $t_{бн}$ – тривалість очікування роботи бригадами прийомоздавачів, год;
 $C_{нл}$ – вартість простою поїзних локомотивів, грн;
 $C_{нл1}$ – вартість локомотиво-години простою поїзних локомотивів, грн;
 $t_{нл}$ – тривалість простою поїзних локомотивів, год;
 $N_{нл}$ – число поїзних локомотивів, які очікують роботу;
 $C_{мл}$ – вартість простою маневрових локомотивів на розформуванні і формуванні составів, подачі і убиранні вагонів, грн;
 $C_{мл1}$ – вартість локомотиво-години простою маневрових локомотивів, грн;
 $t_{млрф}$ – тривалість очікування роботи маневровими локомотивами (розформування-формування), год;
 $t_{млпу}$ – тривалість очікування роботи маневровими локомотивами (подавання-забирання), год;
 $N_{мл}$ – число маневрових локомотивів, які чекають роботу;
 $C_{врм}$ – вартість простою вантажно-розвантажувальної машини, грн;
 $N_{врм}$ – число вантажно-розвантажувальних машин, які обслуговують вантажний фронт;
 $t_{врм}$ – тривалість очікування ВРМ, год; $C_{м2}$ – вартість машино-години ВРМ, грн;
 $C_{ск}$ – вартість простою складів, грн;
 $t_{ск}$ – тривалість очікування складу, год;
 $C_{ск1}$ – вартість однієї години простою складу, грн.;
 $C_{нк}$ – вартість знаходження вагонів на під'їзній колії під обслуговуванням, грн;

Деякі складові цільової функції залежать від часу знаходження, очікування вагонів та їх кількості під технологічними операціями, які носять імовірнісний характер і визначаються згідно законів розподілення, тому дана модель відноситься до моделей стохастичного програмування. Проведені дослідження показали, що середньоквадратичні відхилення величин $t_{ск}$, $t_{врм}$, $t_{млпу}$, $t_{млрф}$, $t_{пл}$, $t_{он}$, досить малі і, для подальших розрахунків, приймаємо ці величини рівними їх математичним очікуванням. Визначення виду функції розподілу проведено методами математичної статистики і перевірено за критерієм узгодженості χ^2 -Пірсона. При цьому критичні значення χ^2 не перевищують спостережених. Значну частину в загальному очікуванні технологічних операцій складають знаходження вагонів під очікуванням вивантаження (рис. 2.2), навантаження (рис. 2.3), та накопичення (рис. 2.4).

Середні чисельності вагонів під кожною технологічною операцією та в їх очікуванні можливо визначити за допомогою методу динаміки середніх. Для цього необхідно побудувати математичні моделі (графи станів і диференціальні рівняння), що відтворюють технологію роботи під'їзних колій різних типів і станцій примикання.

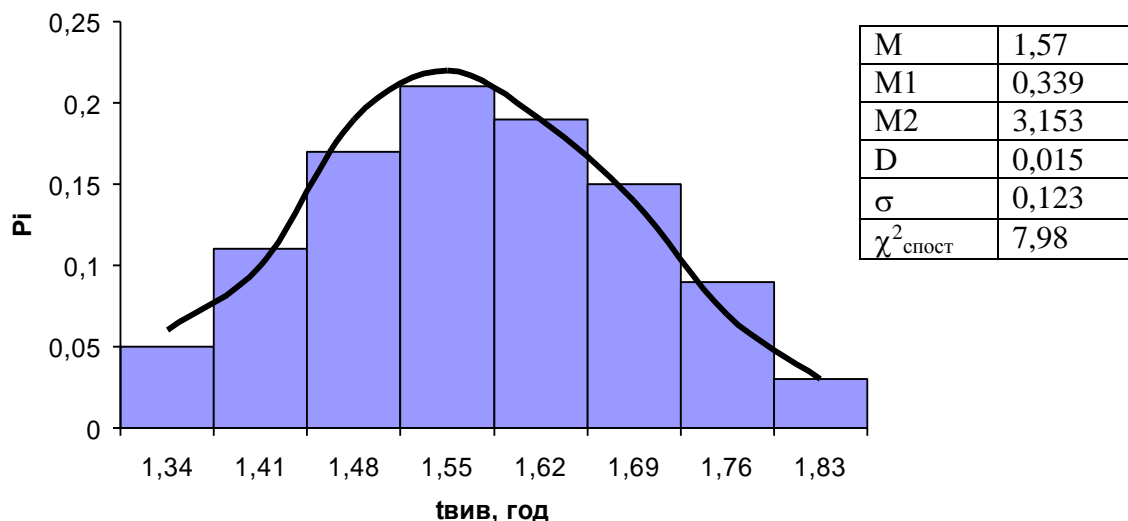


Рисунок 2.2 – Гістограма розподілу часу знаходження вагонів під очікуванням вивантаження

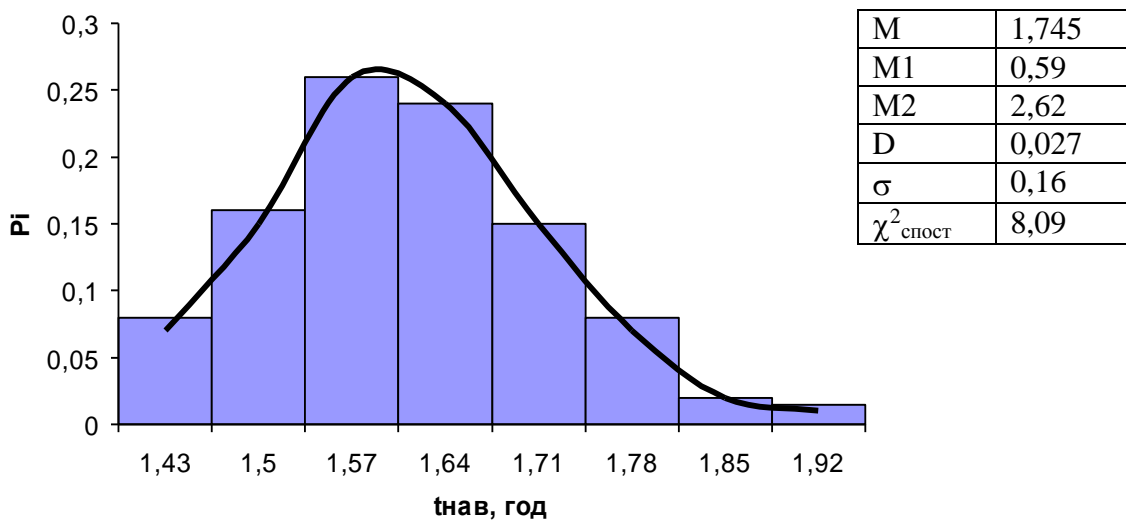


Рисунок 2.3 – Гістограма розподілу часу знаходження вагонів під очікуванням навантаження

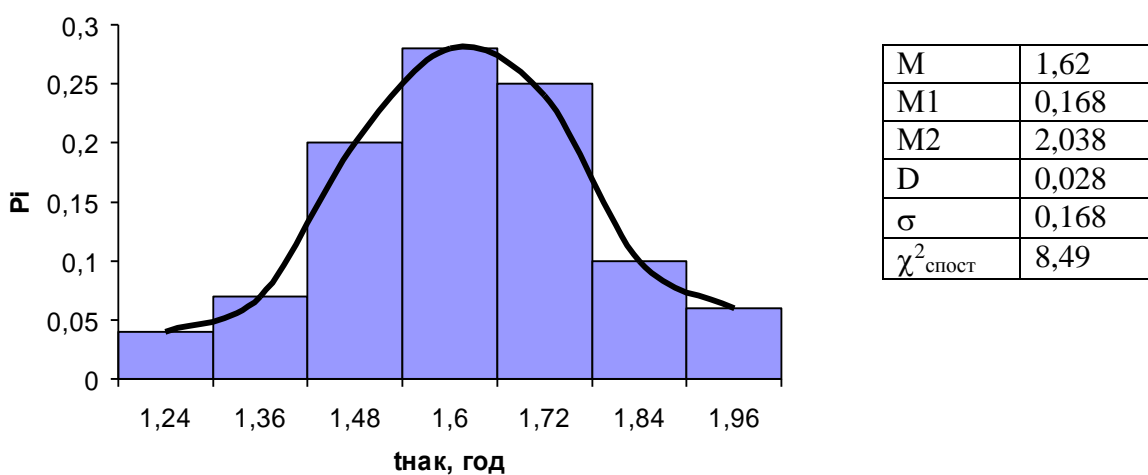


Рисунок 2.4 – Гістограма розподілу часу знаходження вагонів під накопиченням

2.3 Розробка математичних моделей технології роботи під'їзних колій і станцій примикання

Як відомо, близько 90% всіх вантажних операцій виконується на під'їзних коліях підприємств, акціонерних товариств і інших організацій, тому погодженість роботи під'їзних колій підприємств і станцій примикання є однією з найважливіших проблем залізничного транспорту.

Наявність конкуренції з боку інших видів транспорту вимагає від залізниць нових комплексних підходів до організації взаємодії під'їзних колій промислових підприємств і станцій примикання. Вантажовласники оцінюють якість роботи залізничного транспорту за критеріями доставки вантажу “точно в строк” та з мінімальними витратами. Але існуючі моделі в повній мірі не враховують інтереси всіх учасників виробничо-транспортного ланцюгу пересування вантажу. Важливою стає задача розробки оптимальних моделей роботи залізничного транспорту.

Підвищення ефективності використання вантажного вагона на під'їзних коліях можливе створенням відповідних математичних моделей та дослідженнями цих моделей на ПЕОМ. Під'їзні колії підприємств являють собою системи масового обслуговування (СМО). Проведені дослідження показують, що час очікування вагонами різних технологічних операцій підпорядковується нормальному, логнормальному та експоненціальному законам розподілення.

У розгорнутому вигляді граф технології обробки вантажного вагона на під'їзній колії має вигляд (рис. 2.5)

Вагон в процесі переробки знаходиться у наступних технологічних станах:

M_1 – на станції примикання до слідування на під'їзну колію та після повернення з під'їзної колії на станцію;

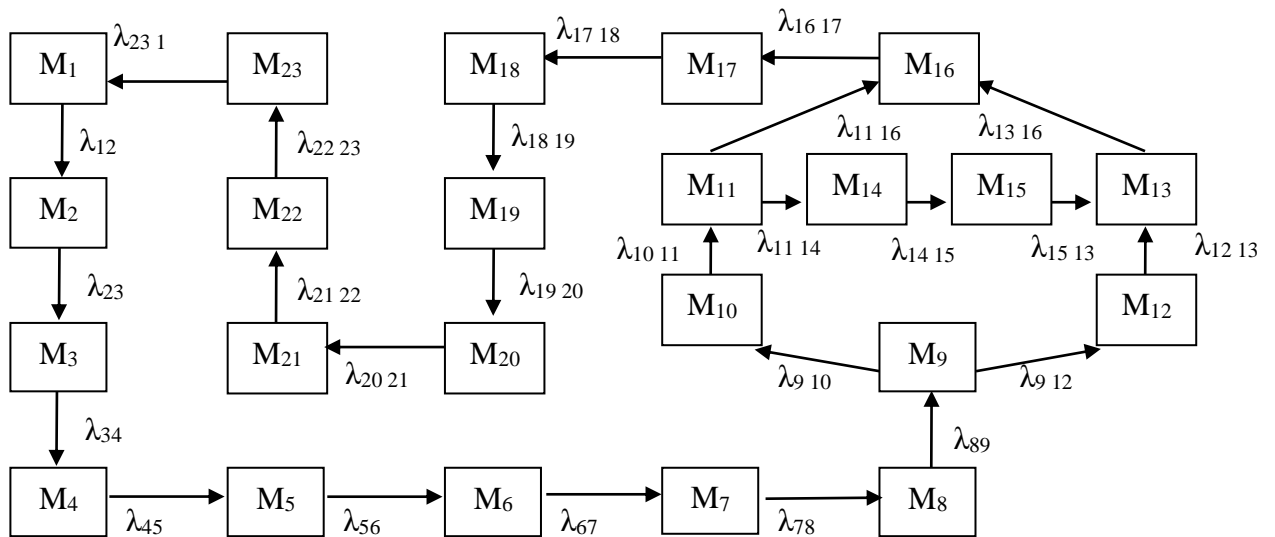


Рис. 2.5 – Розгорнутий граф технології обробки вантажного вагона на під'їзній колії

M₂ – під очікуванням операцій по прибуттю на під'їзну колію;

M₃ – під операціями по прибуттю на під'їзну колію;

M₄ – під очікуванням прийомо-здавальних операцій;

M₅ – під прийомо-здавальними операціями;

M₆ – під очікуванням операцій по розформуванню;

M₇ – під операціями по розформуванню;

M₈ – під очікуванням подавання та розставлення;

M₉ – під операціями по подаванню та розставленню;

M₁₀ – під очікуванням вивантаження;

M₁₁ – під вивантаженням;

M₁₂ – під очікуванням навантаження;

M₁₃ – під навантаженням;

M₁₄ – під очікуванням переставлення;

M₁₅ – під операціями по переставленню;

M₁₆ – під очікуванням збирання-убирання;

M₁₇ – під збиранням-убиранням;

M₁₈ – під накопиченням;

M_{19} – під операціями по формуванню;

M_{20} – під очікуванням прийомо-здавальних операцій;

M_{21} – під прийомо-здавальними операціями;

M_{22} – під очікуванням операцій по відправленню з під'їзної колії;

M_{23} – під операціями по відправленню з під'їзної колії.

На основі графічної моделі (рис. 2.5) із використанням методу динаміки середніх побудовано диференціальні рівняння, які мають вигляд (2.8).

Рішення системи рівнянь задовольняє нормувальній умові

$$m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_{23} = N, \quad (2.6)$$

де m_i – кількість вагонів у i -му технологічному стані;

N – загальна кількість вагонів на під'їзній колії;

λ_i – інтенсивність переходу вагона із стану в стан

$$\lambda_i = \frac{1}{t_i}, \quad (2.7)$$

де t_i – середній час очікування і проведення i -тої операції.

Час на очікування слідування та після повернення з під'їзної колії на станцію, операцій по прибуванню на під'їзну колію, операцій по відправленню з під'їзної колії, прийомо-здавальних операцій, розформування, подачі та розставлення, вивантаження, навантаження, переставлення, збирання-убирання, накопичення визначаються із рис.2.2-2.4,

$$\left.
\begin{aligned}
\frac{dm_1}{dt} &= -\lambda_{12}m_1 + \lambda_{231}m_{23}; \\
\frac{dm_2}{dt} &= \lambda_{12}m_1 - \lambda_{23}m_2; \\
\frac{dm_3}{dt} &= \lambda_{23}m_2 - \lambda_{34}m_3; \\
\frac{dm_4}{dt} &= \lambda_{34}m_3 - \lambda_{45}m_4; \\
\frac{dm_5}{dt} &= \lambda_{45}m_4 - \lambda_{56}m_5; \\
\frac{dm_6}{dt} &= \lambda_{56}m_5 - \lambda_{67}m_6; \\
\frac{dm_7}{dt} &= \lambda_{67}m_6 - \lambda_{78}m_7; \\
\frac{dm_8}{dt} &= \lambda_{78}m_7 - \lambda_{89}m_8; \\
\frac{dm_9}{dt} &= \lambda_{89}m_8 - (\lambda_{910} + \lambda_{912})m_9; \\
\frac{dm_{10}}{dt} &= \lambda_{910}m_9 - \lambda_{101}m_{10}; \\
\frac{dm_{11}}{dt} &= \lambda_{101}m_{10} - (\lambda_{1114} + \lambda_{1116})m_{11}; \\
\frac{dm_{12}}{dt} &= \lambda_{912}m_9 - \lambda_{1213}m_{12}; \\
\frac{dm_{13}}{dt} &= \lambda_{1213}m_{12} + \lambda_{1513}m_{15} - \lambda_{1316}m_{13}; \\
\frac{dm_{14}}{dt} &= \lambda_{1114}m_{11} - \lambda_{1415}m_{14}; \\
\frac{dm_{15}}{dt} &= \lambda_{1415}m_{14} - \lambda_{1513}m_{15}; \\
\frac{dm_{16}}{dt} &= \lambda_{1116}m_{11} + \lambda_{1316}m_{13} - \lambda_{1617}m_{16}; \\
\frac{dm_{17}}{dt} &= \lambda_{1617}m_{16} - \lambda_{1819}m_{18}; \\
\frac{dm_{18}}{dt} &= \lambda_{1718}m_{17} - \lambda_{1819}m_{18}; \\
\frac{dm_{19}}{dt} &= \lambda_{1819}m_{19} - \lambda_{1920}m_{19}; \\
\frac{dm_{20}}{dt} &= \lambda_{1920}m_{19} - \lambda_{2021}m_{20}; \\
\frac{dm_{21}}{dt} &= \lambda_{2021}m_{20} - \lambda_{2122}m_{21}; \\
\frac{dm_{22}}{dt} &= \lambda_{2122}m_{21} - \lambda_{2223}m_{22}; \\
\frac{dm_{23}}{dt} &= \lambda_{2223}m_{22} - \lambda_{231}m_{23}.
\end{aligned}
\right\} \quad (2.8)$$

Час на проведення інших технологічних операцій приймається згідно нормативів, що вказані в Єдиному технологічному процесі роботи станції і даної під'їзної колії.

У спрощеному вигляді граф технології обробки вантажного вагона на під'їзній колії наведений на рис. 2.6

M_1 – на станції примикання до слідування на під'їзну колію та після повернення з під'їзної колії на станцію;

M_2 – під операціями по прибуванню та відправленню на під'їзну колію та їх очікуванням;

M_3 – під прийомо-здавальними операціями та їх очікуванням;

M_4 – під операціями по розформуванню-формуванню та їх очікуванням;

M_5 – під операціями по розставленню та їх очікуванням;

M_6 – під вивантаженням та його очікуванням;

M_7 – під навантаженням та його очікуванням;

M_8 – під операціями по переставленню та їх очікуванням;

M_9 – під збиранням-убиранням та його очікуванням;

M_{10} – під накопиченням та його очікуванням.

Диференціальні рівняння для графу на рис 2.6 мають вигляд (2.9).

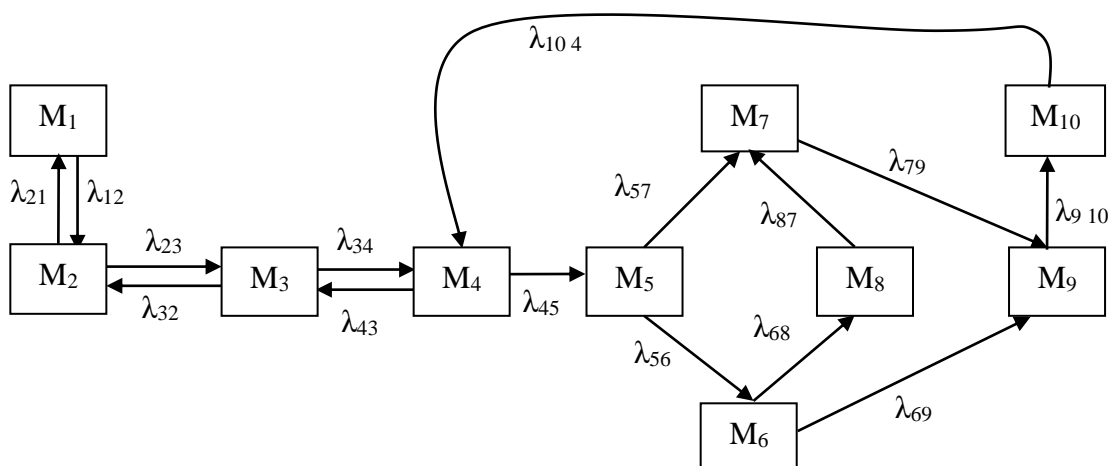


Рис. 2.6 – Розмічений граф станів вантажного вагона на під'їзній колії

$$\left. \begin{aligned}
\frac{dm_1}{dt} &= -\lambda_{12}m_1 + \lambda_{21}m_2; \\
\frac{dm_2}{dt} &= \lambda_{12}m_1 - (\lambda_{21} + \lambda_{23})m_2 + \lambda_{32}m_3; \\
\frac{dm_3}{dt} &= \lambda_{23}m_2 - (\lambda_{32} + \lambda_{34})m_3 + \lambda_{43}m_4; \\
\frac{dm_4}{dt} &= \lambda_{34}m_3 - (\lambda_{43} + \lambda_{45})m_4 + \lambda_{104}m_{10}; \\
\frac{dm_5}{dt} &= \lambda_{45}m_4 - (\lambda_{56} + \lambda_{57})m_5; \\
\frac{dm_6}{dt} &= \lambda_{56}m_5 - (\lambda_{68} + \lambda_{69})m_6; \\
\frac{dm_7}{dt} &= \lambda_{57}m_5 - \lambda_{79}m_7 + \lambda_{87}m_8; \\
\frac{dm_8}{dt} &= \lambda_{68}m_6 - \lambda_{87}m_8; \\
\frac{dm_9}{dt} &= \lambda_{69}m_6 + \lambda_{79}m_7 - \lambda_{910}m_9; \\
\frac{dm_{10}}{dt} &= \lambda_{910}m_9 - \lambda_{104}m_{10}.
\end{aligned} \right\} \cdot \quad (2.9)$$

Рішення системи рівнянь задовольняє нормувальній умові

$$m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7 + m_8 + m_9 + m_{10} = N, \quad (2.10)$$

де N – загальна чисельність вагонів в системі під'їзної колії;

m_i – кількість вагонів у i -му технологічному стані;

λ_i – інтенсивність переходу вагона із стану в стан.

Після вирішення диференціальних рівнянь на ПЕОМ для умов роботи під'їзної колії Сумихімпром отримано графік середніх чисельностей ван-

тажних вагонів на під'їзній колії (рис. 2.13). За допомогою графіку можливо досліджувати перехідні режими в системі “під'їзна колія – станція примикання”, а також визначати середню чисельність вагонів у кожному стані, час ліквідування черг і виходу системи в стаціонарний режим роботи при заданому технічному оснащенні і обсязі вагонопотоків.

Нема сумніву в тім, що доставка вантажу “від дверей” відправника вантажу “до дверей” вантажоодержувача залізничним транспортом без перевантаження на шляху прямування за схемою під'їзна колія - магістральний залізничний транспорт - під'їзна колія є економічно найбільш ефективною. Погодженість роботи під'їзних залізничних колій підприємств і станцій примикання досягається на основі добового плану-графіка роботи станції і під'їзної колії підприємства у Єдиному технологічному процесі. Разом з тим якість побудови план-графіка (графічної моделі) залежить від кваліфікації виконавця; до цього ж ця робота дуже працемістка, займає багато часу і найчастіше показники план-графіка не відповідають реальним умовам роботи станції і під'їзної колії, що викликає незадовільне використання вагонів, затримку доставки вантажів і, як наслідок, збільшення собівартості продукції. Для удосконалення роботи під'їзних колій і станцій примикання запропоновані математичні моделі технології роботи підприємств у взаємодії із залізничним транспортом в залежності від місця проведення прийомо-здавальних операцій. У спрощеному вигляді вони представлені на рис. 2.7, 2.8.

Якщо прийомо-здавальні операції здійснюються на виставних коліях, то вагон може знаходитися у наступних технологічних станах (рис. 2.7)

[Ошибка! Источник ссылки не найден.]:

M_1 -під вивантаженням;

M_2 -під навантаженням;

M_3 -під зважуванням;

M_4 -на технічних операціях;

M_5 -на станції;

M_6 -під приймально-здавальними операціями.

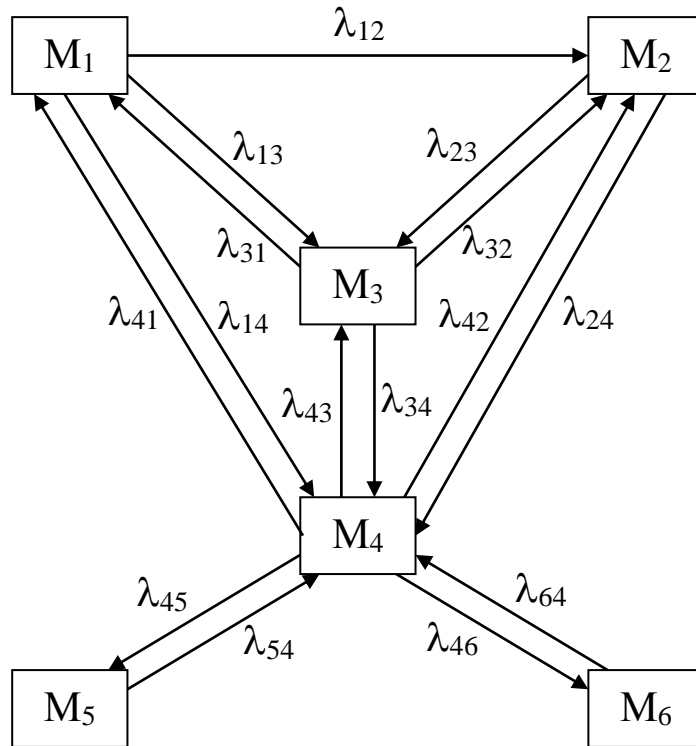


Рис. 2.7 – Граф технологічних станів вагона при виконанні прийомо-здавальних операцій на виставних коліях

На основі графічної моделі із використанням методу динаміки середніх побудовано диференціальні рівняння

$$\begin{aligned}
 \frac{dm_1}{dt} &= \lambda_{31}m_3 + \lambda_{41}m_4 - (\lambda_{12} + \lambda_{13} + \lambda_{14})m_1; \\
 \frac{dm_2}{dt} &= \lambda_{12}m_1 + \lambda_{32}m_3 + \lambda_{42}m_4 - (\lambda_{23} + \lambda_{24})m_2; \\
 \frac{dm_3}{dt} &= \lambda_{13}m_1 + \lambda_{23}m_2 + \lambda_{43}m_4 - (\lambda_{31} + \lambda_{32} + \lambda_{34})m_3; \\
 \frac{dm_4}{dt} &= \lambda_{14}m_1 + \lambda_{24}m_2 + \lambda_{34}m_3 + \lambda_{45}m_5 + \lambda_{64}m_6 - \\
 &\quad - (\lambda_{41} + \lambda_{42} + \lambda_{43} + \lambda_{45} + \lambda_{46})m_4; \\
 \frac{dm_5}{dt} &= \lambda_{45}m_4 - \lambda_{54}m_5; \\
 \frac{dm_6}{dt} &= \lambda_{46}m_4 - \lambda_{64}m_6.
 \end{aligned} \tag{2.11}$$

Розв'язання цієї системи рівнянь задовольняє нормувальній умові:

$$m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 = 1, \quad (2.12)$$

Якщо прийомо-здавальні операції здійснюються на під'їзній колії підприємства, то вагон може знаходитися у наступних технологічних станах (рисунки 2.8):

M_1 – на станції;

M_2 – під навантаженням;

M_3 – під подачею-забиранням;

M_4 – на приймально-здавальних операціях;

M_5 – на зважуванні;

M_6 – під перестановкою;

M_7 – під вивантаженням.

Згідно з графом станів система диференціальних рівнянь має вигляд:

$$\begin{aligned} \frac{dm_1}{dt} &= \lambda_{31} m_3 - \lambda_{13} m_1; \\ \frac{dm_2}{dt} &= \lambda_{42} m_4 + \lambda_{72} m_7 - \lambda_{24} m_2; \\ \frac{dm_3}{dt} &= \lambda_{13} m_1 + \lambda_{43} m_4 + \lambda_{53} m_5 - (\lambda_{31} + \lambda_{34} + \lambda_{35}) m_3; \\ \frac{dm_4}{dt} &= \lambda_{24} m_2 + \lambda_{34} m_3 + \lambda_{64} m_6 + \lambda_{74} m_7 - \\ &\quad - (\lambda_{42} + \lambda_{43} + \lambda_{46} + \lambda_{47}) m_4; \\ \frac{dm_5}{dt} &= \lambda_{35} m_3 + \lambda_{65} m_6 - (\lambda_{53} + \lambda_{56}) m_5; \\ \frac{dm_6}{dt} &= \lambda_{46} m_4 + \lambda_{56} m_5 + \lambda_{76} m_7 - (\lambda_{64} + \lambda_{65} + \lambda_{67}) m_6; \\ \frac{dm_7}{dt} &= \lambda_{47} m_4 + \lambda_{67} m_6 - (\lambda_{72} + \lambda_{74} + \lambda_{76}) m_7. \end{aligned} \quad (2.13)$$

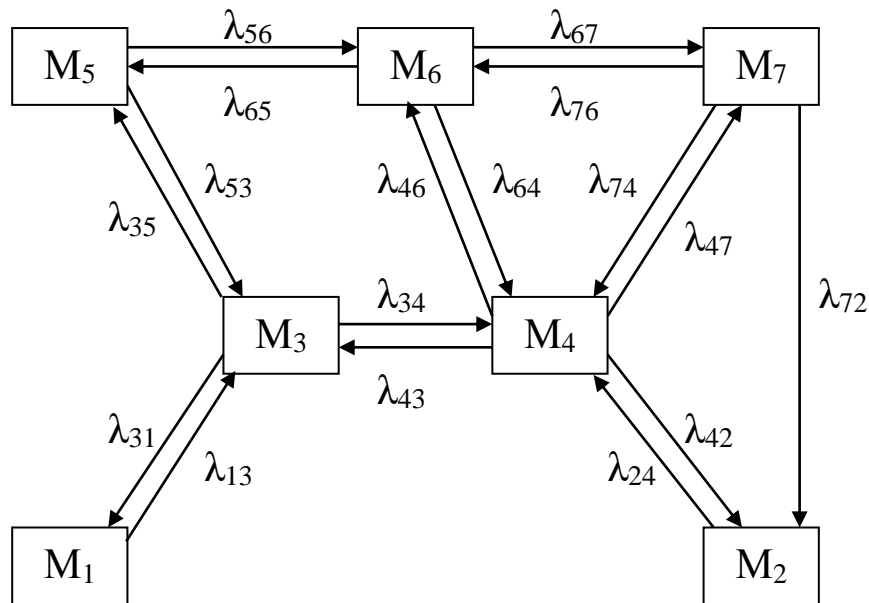


Рис. 2.8 – Граф технологічних станів вагона при виконанні прийомо-здавальних операцій на під'їзній колії

Розв'язання цієї системи рівнянь задовольняє нормувальній умові:

$$m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7 = 1; \quad (2.14)$$

Після вирішення диференціальних рівнянь на ПЕОМ отримано графіки середніх чисельностей вантажних вагонів на під'їзній колії Харківського тракторного заводу (рис. 2.14) і Балаклійського цементно-шиферного заводу (2.15).

2.4 Розробка математичної моделі технології роботи під'їзних колій наскрізного типу

Великі промислові підприємства (гірничоздобуваюча, вугільна промисловість) мають, у більшості, під'їзні колії наскрізного типу. Застосування під'їзних колій такого типу забезпечує високу перероблюючу спроможність за рахунок поточності руху складів поїздів. Як правило, тут виконується одна вантажна операція – навантаження.

Під'їзна колія наскрізного типу для розміченого графа станів при виконанні однієї вантажної операції може бути представлена у виразі восьми послідовних фаз обслуговування вагонів:

- на перегоні між станцією примикання і підприємством;
- розформування;
- розставлення;
- виконання вантажних операцій;
- збирання вагонів;
- формування;
- на перегоні між підприємством і станцією примикання;
- виконання обмінних операцій.

Граф станів під'їзної колії наскрізного типу із виконанням однієї вантажної операції наведено на рисунку 2.9.

Система під'їзної колії наскрізного типу із виконанням однієї вантажної операції може знаходитися у наступних станах:

M_{01} – відсутність вагонів у першій фазі (на перегоні між станцією примикання і підприємством);

M_{02} - відсутність вагонів у другій фазі (під розформуванням);

M_{03} - відсутність вагонів у третій фазі (розставлення вагонів);

M_{04} - відсутність вагонів у четвертій фазі (вантажні операції);

M_{05} - відсутність вагонів у п'ятій фазі (збирання вагонів);

M_{06} - відсутність вагонів у шостій фазі (під формуванням);

M_{07} - відсутність вагонів у сьомій фазі (на перегоні між підприємством і станцією примикання);

M_{08} - відсутність вагонів у восьмій фазі (обмінні операції);

M_{11} – знаходження в системі одного вагона, обслуговування у першій фазі (слідування на підприємство);

M_{12} – знаходження в системі одного вагона, обслуговування у другій фазі (розформування);

M_{13} – знаходження в системі одного вагона, обслуговування у третій фазі (розставлення);

M_{14} – знаходження в системі одного вагона, обслуговування у четвертій фазі (вантажні операції);

M_{15} – знаходження в системі одного вагона, обслуговування у п'ятій фазі (збирання вагонів);

M_{16} – знаходження в системі одного вагона, обслуговування у шостій фазі (формування);

M_{17} – знаходження в системі одного вагона, обслуговування у сьомій фазі (слідування на станцію);

M_{18} – знаходження в системі одного вагона, обслуговування у восьмій фазі (виконання обмінних операцій);

M_{k1} – знаходження в системі “К” вагонів, обслуговування у першій фазі, один обслуговується, решта чекає в черзі;

M_{k2} – знаходження в системі “К” вагонів, обслуговування у другій фазі, один обслуговується, решта чекає в черзі;

M_{k3} – знаходження в системі “К” вагонів, обслуговування у третій фазі, один обслуговується, решта чекає в черзі;

M_{k4} – знаходження в системі “К” вагонів, обслуговування у четвертій фазі, один обслуговується, решта чекає в черзі;

M_{k5} – знаходження в системі “К” вагонів, обслуговування у п'ятій фазі, один обслуговується, решта чекає в черзі;

M_{k6} – знаходження в системі “К” вагонів, обслуговування у шостій фазі, один обслуговується, решта чекає в черзі;

M_{k7} – знаходження в системі “К” вагонів, обслуговування у сьомій фазі, один обслуговується, решта чекає в черзі;

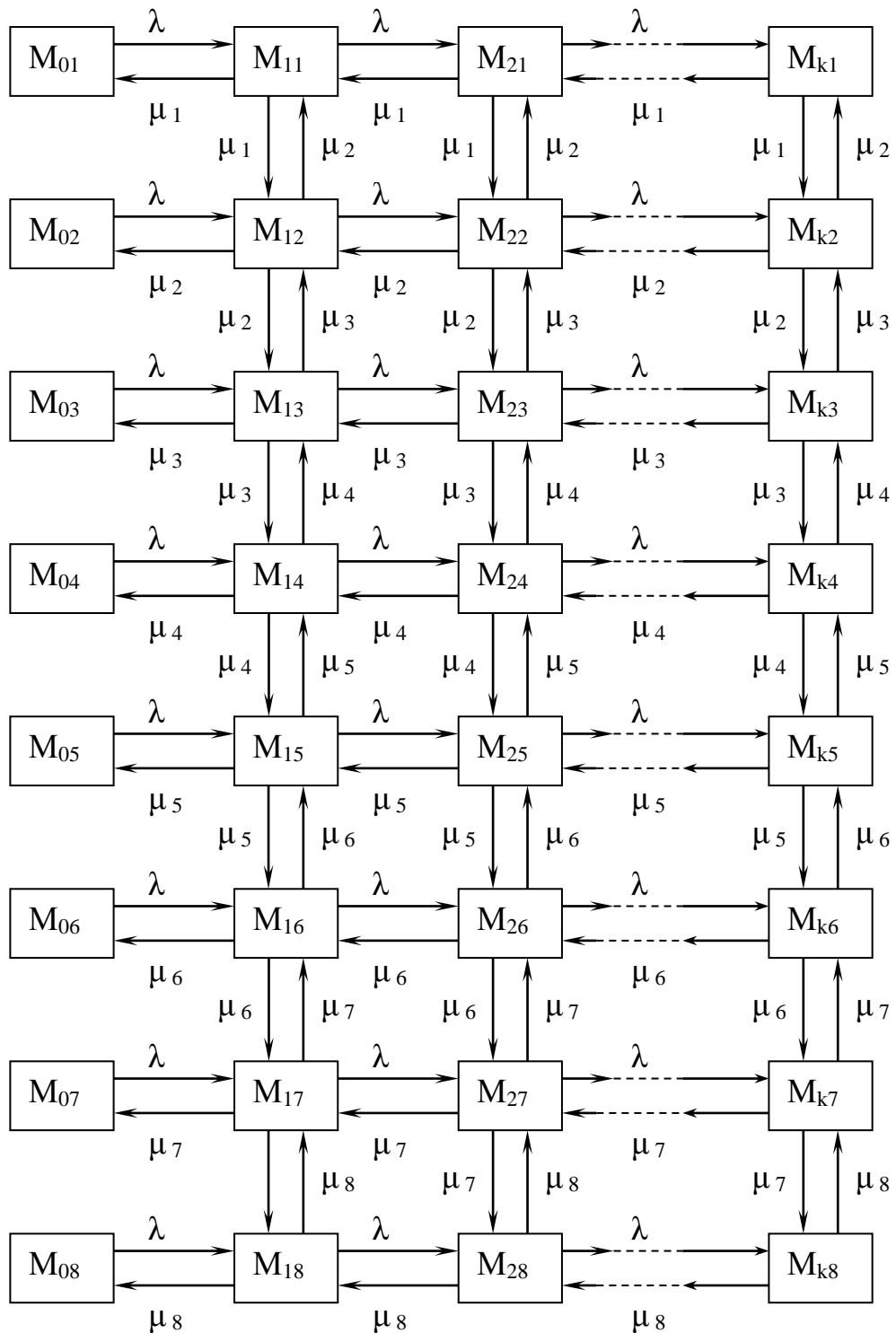


Рис. 2.9 – Граф станів під’їзної колії наскрізного типу із виконанням однієї вантажної операції (як системи масового обслуговування)

M_{k8} – знаходження в системі “К” вагонів, обслуговування у восьмій фазі, один обслуговується, решта чекає в черзі.

Система диференціальних рівнянь для ймовірностей станів під'їзної колії наскрізного типу:

$$\begin{aligned}
 \frac{dm_{01}}{dt} &= -\lambda m_{01} + \mu_1 m_{11}; \\
 \frac{dm_{02}}{dt} &= -\lambda m_{02} + \mu_2 m_{12}; \\
 \frac{dm_{03}}{dt} &= -\lambda m_{03} + \mu_3 m_{13}; \\
 \frac{dm_{04}}{dt} &= -\lambda m_{04} + \mu_4 m_{14}; \\
 \frac{dm_{05}}{dt} &= -\lambda m_{05} + \mu_5 m_{15}; \\
 \frac{dm_{06}}{dt} &= -\lambda m_{06} + \mu_6 m_{16}; \\
 \frac{dm_{07}}{dt} &= -\lambda m_{07} + \mu_7 m_{17}; \\
 \frac{dm_{08}}{dt} &= -\lambda m_{08} + \mu_8 m_{18}; \\
 \frac{dm_{11}}{dt} &= \lambda m_{01} - (\lambda + 2\mu_1)m_{11} + \mu_1 m_{21} + \mu_2 m_{12}; \\
 \frac{dm_{12}}{dt} &= \lambda m_{02} + \mu_1 m_{11} - (\lambda + 3\mu_2)m_{12} + \mu_2 m_{22} + \mu_3 m_{13}; \\
 \frac{dm_{13}}{dt} &= \lambda m_{03} + \mu_2 m_{12} - (\lambda + 3\mu_3)m_{13} + \mu_3 m_{23} + \mu_4 m_{14}; \\
 \frac{dm_{14}}{dt} &= \lambda m_{04} + \mu_3 m_{13} - (\lambda + 3\mu_4)m_{14} + \mu_4 m_{24} + \mu_5 m_{15}; \\
 \frac{dm_{15}}{dt} &= \lambda m_{05} + \mu_4 m_{14} - (\lambda + 3\mu_5)m_{15} + \mu_5 m_{25} + \mu_6 m_{16}; \\
 \frac{dm_{16}}{dt} &= \lambda m_{06} + \mu_5 m_{15} - (\lambda + 3\mu_6)m_{16} + \mu_6 m_{26} + \mu_7 m_{17}; \\
 \frac{dm_{17}}{dt} &= \lambda m_{07} + \mu_6 m_{16} - (\lambda + 3\mu_7)m_{17} + \mu_7 m_{27} + \mu_8 m_{18};
 \end{aligned} \tag{2.15}$$

$$\frac{dm_{18}}{dt} = \lambda m_{08} + \mu_7 m_{17} - (\lambda + 2\mu_8) m_{18} + \mu_8 m_{28};$$

$$\frac{dm_{21}}{dt} = \lambda m_{11} - (\lambda + 2\mu_1) m_{21} + \mu_1 m_{31} + \mu_2 m_{22};$$

$$\frac{dm_{22}}{dt} = \lambda m_{12} + \mu_1 m_{21} - (\lambda + 3\mu_2) m_{22} + \mu_2 m_{32} + \mu_3 m_{23};$$

$$\frac{dm_{23}}{dt} = \lambda m_{13} + \mu_2 m_{22} - (\lambda + 3\mu_3) m_{23} + \mu_3 m_{33} + \mu_4 m_{24};$$

$$\frac{dm_{24}}{dt} = \lambda m_{14} + \mu_3 m_{23} - (\lambda + 3\mu_4) m_{24} + \mu_4 m_{34} + \mu_5 m_{25};$$

$$\frac{dm_{25}}{dt} = \lambda m_{15} + \mu_4 m_{24} - (\lambda + 3\mu_5) m_{25} + \mu_5 m_{35} + \mu_6 m_{26};$$

$$\frac{dm_{26}}{dt} = \lambda m_{16} + \mu_5 m_{25} - (\lambda + 3\mu_6) m_{26} + \mu_6 m_{36} + \mu_7 m_{27};$$

$$\frac{dm_{27}}{dt} = \lambda m_{17} + \mu_6 m_{26} - (\lambda + 3\mu_7) m_{27} + \mu_7 m_{37} + \mu_8 m_{28};$$

$$\frac{dm_{28}}{dt} = \lambda m_{18} + \mu_7 m_{27} - (\lambda + 2\mu_8) m_{28} + \mu_8 m_{38};$$

$$\frac{dm_{k1}}{dt} = \lambda m_{(k-1)1} - 2\mu_1 m_{k1} + \mu_2 m_{k2};$$

$$\frac{dm_{k2}}{dt} = \lambda m_{(k-1)2} + \mu_1 m_{k1} - 3\mu_2 m_{k2} + \mu_3 m_{k3};$$

$$\frac{dm_{k3}}{dt} = \lambda m_{(k-1)3} + \mu_2 m_{k2} - 3\mu_3 m_{k3} + \mu_4 m_{k4};$$

$$\frac{dm_{k4}}{dt} = \lambda m_{(k-1)4} + \mu_3 m_{k3} - 3\mu_4 m_{k4} + \mu_5 m_{k5};$$

$$\frac{dm_{k5}}{dt} = \lambda m_{(k-1)5} + \mu_4 m_{k4} - 3\mu_5 m_{k5} + \mu_6 m_{k6};$$

$$\frac{dm_{k6}}{dt} = \lambda m_{(k-1)6} + \mu_5 m_{k5} - 3\mu_6 m_{k6} + \mu_7 m_{k7};$$

$$\frac{dm_{k7}}{dt} = \lambda m_{(k-1)7} + \mu_6 m_{k6} - 3\mu_7 m_{k7} + \mu_8 m_{k8};$$

$$\frac{dm_{k8}}{dt} = \lambda m_{(k-1)8} - 2\mu_8 m_{k8} + \mu_7 m_{k7}.$$

Нормувальна умова наступна

$$m_{01} + m_{02} + m_{03} + \dots + m_{k8} = N, \quad (2.16)$$

де m_{11} – знаходження в системі одного вагона, обслуговування у першій фазі (слідування на підприємство);

m_{12} – знаходження в системі одного вагона, обслуговування у другій фазі (розформування);

m_{13} – знаходження в системі одного вагона, обслуговування у третій фазі (розставлення);

m_{14} – знаходження в системі одного вагона, обслуговування у четвертій фазі (вантажні операції);

m_{15} – знаходження в системі одного вагона, обслуговування у п'ятій фазі (збирання вагонів);

m_{16} – знаходження в системі одного вагона, обслуговування у шостій фазі (формування);

m_{17} – знаходження в системі одного вагона, обслуговування у сьомій фазі (слідування на станцію);

m_{18} – знаходження в системі одного вагона, обслуговування у восьмій фазі (виконання обмінних операцій);

m_{k1} – знаходження в системі “К” вагонів, обслуговування у першій фазі, один обслуговується, решта чекає в черзі;

m_{k2} – знаходження в системі “К” вагонів, обслуговування у другій фазі, один обслуговується, решта чекає в черзі;

m_{k3} – знаходження в системі “К” вагонів, обслуговування у третій фазі, один обслуговується, решта чекає в черзі;

m_{k4} – знаходження в системі “К” вагонів, обслуговування у четвертій фазі, один обслуговується, решта чекає в черзі;

m_{k5} – знаходження в системі “К” вагонів, обслуговування у п’ятій фазі, один обслуговується, решта чекає в черзі;

m_{k6} – знаходження в системі “К” вагонів, обслуговування у шостій фазі, один обслуговується, решта чекає в черзі;

m_{k7} – знаходження в системі “К” вагонів, обслуговування у сьомій фазі, один обслуговується, решта чекає в черзі;

m_{k8} – знаходження в системі “К” вагонів, обслуговування у восьмій фазі, один обслуговується, решта чекає в черзі.

N – загальна чисельність вагонів в системі під’їзної колії.

Розглянутий варіант моделі під’їзної колії являє собою систему масового обслуговування з чергами. У спрощеному вигляді під’їзну колію наскрізного типу з виконанням однієї вантажної операції можна навести у вигляді моделі, вказаної на рисунку 2.10.

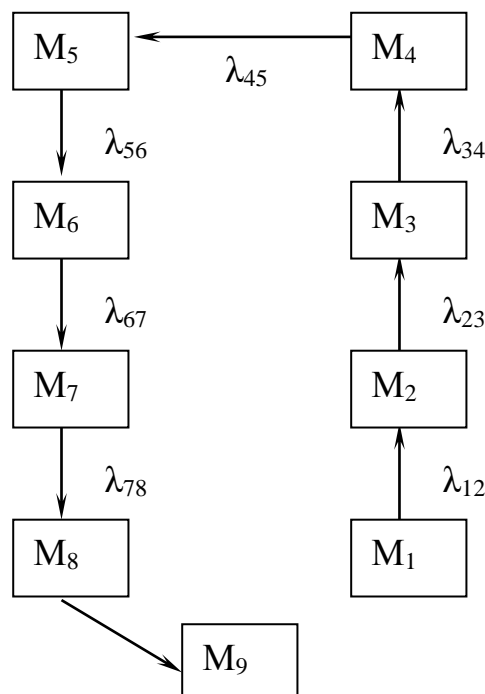


Рис. 2.10 – Загальний граф станів під’їзної колії наскрізного типу із виконанням однієї вантажної операції

Вагон знаходиться у наступних технологічних станах:

М1 – під виконанням обмінних операцій на першій станції;

М2 – на перегоні між станцією і підприємством;

М3 – під розформуванням;

М4 – під подачею та розставленням;

М5 – під виконанням вантажних операцій;

М6 – під збиранням;

М7 – під формуванням;

М8 – на перегоні між підприємством і станцією;

М9 – під виконанням обмінних операцій на другій станції.

Запишемо диференціальні рівняння для графу станів, який зображений на рисунку :

$$\frac{dm_1}{dt} = -\lambda_{12}m_1;$$

$$\frac{dm_2}{dt} = \lambda_{12}m_1 - \lambda_{23}m_2;$$

$$\frac{dm_3}{dt} = \lambda_{23}m_2 - \lambda_{34}m_3;$$

$$\frac{dm_4}{dt} = \lambda_{34}m_3 - \lambda_{45}m_4;$$

$$\frac{dm_5}{dt} = \lambda_{45}m_4 - \lambda_{56}m_5; \quad (2.17)$$

$$\frac{dm_6}{dt} = \lambda_{56}m_5 - \lambda_{67}m_6;$$

$$\frac{dm_7}{dt} = \lambda_{67}m_6 - \lambda_{78}m_7;$$

$$\frac{dm_8}{dt} = \lambda_{78}m_7 - \lambda_{89}m_8;$$

$$\frac{dm_9}{dt} = \lambda_{89}m_8.$$

Нормувальна умова:

$$m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7 + m_8 + m_9 = N \quad (2.18)$$

Після вирішення диференціальних рівнянь на ПЕОМ отримано графік середніх чисельностей вагонів на під'їзній колії Макіївського металургійного заводу (рис. 2.16).

2.5 Розробка математичної моделі технології роботи під'їзних колій тупикового типу

Під'їзні колії тупикового типу найбільш розповсюджені на промислових підприємствах України. Вони відрізняються найпростішою конфігурацією колій, потребують мінімальних капітальних витрат для будівництва у порівнянні з кільцевими схемами. Також схеми тупикового типу скорочують переміщення вагонів та вантажів по під'їзній колії.

Взємодію станції і під'їзної колії тупикового типу можна представити у вигляді шести послідовних фаз обслуговування вагонів:

- 1 знаходження складів поїздів на станції примикання;
- 2 слідування на під'їзну колію;
- 3 проходження вагонами прийомо–здавальних операцій;
- 4 розформування та формування складів поїздів;
- 5 подача та забирання вагонів;
- 6 виконання вантажних операцій.

На рисунку 2.11 зображено граф станів системи "станція – під'їзна колія тупикового типу". Дана система може знаходитися у наступних станах:

M_{01} – відсутність вагона у першій фазі (на станції примикання);

M_{02} - відсутність вагона у другій фазі (на перегоні між станцією примикання і підприємством);

M_{03} - відсутність вагона у третій фазі (прийомо-здавальні операції);

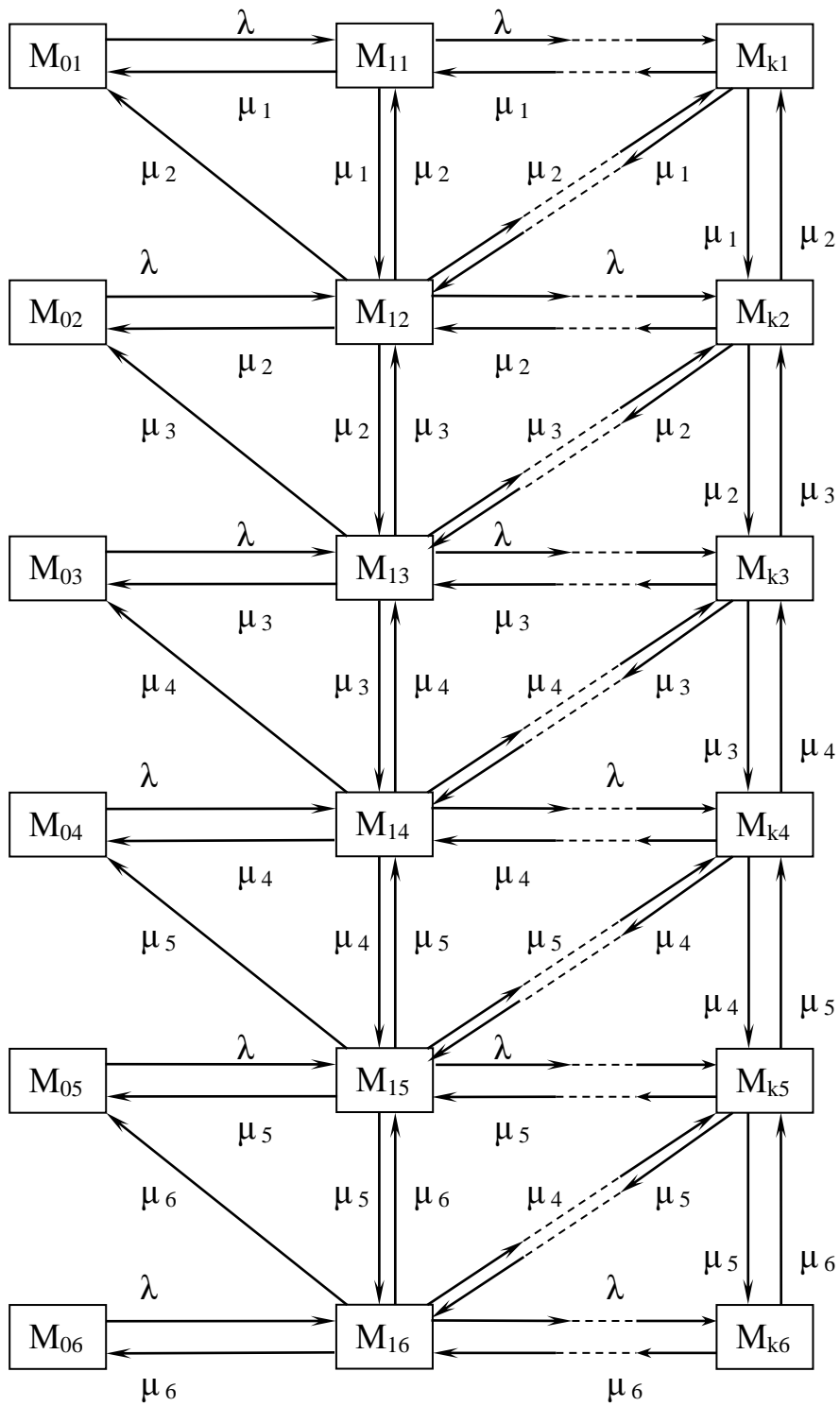


Рис. 2.11 – Граф станів составів поїздів на під'їзній колії тупикового типу і станції примикання

M_{04} - відсутність вагона у четвертій фазі (розформування-формування);

M_{05} - відсутність вагона у п'ятій фазі (подача та забирання вагонів);

M_{06} - відсутність вагона у шостій фазі (виконання вантажних операцій);

M_{11} - знаходження в системі одного вагона, обслуговування у першій фазі (на станції примикання);

M_{12} - знаходження в системі одного вагона, обслуговування у другій фазі (на перегоні між станцією примикання і підприємством);

M_{13} - знаходження в системі одного вагона, обслуговування у третій фазі (прийомо-здавальні операції);

M_{14} - знаходження в системі одного вагона, обслуговування у четвертій фазі (розформування-формування);

M_{15} - знаходження в системі одного вагона, обслуговування у п'ятій фазі (подача та забирання вагонів);

M_{16} - знаходження в системі одного вагона, обслуговування у шостій фазі (виконання вантажних операцій);

M_{k1} - знаходження в системі "К" вагонів, обслуговування у першій фазі, один обслуговується, решта чекає в черзі;

M_{k2} - знаходження в системі "К" вагонів, обслуговування у другій фазі, один обслуговується, решта чекає в черзі;

M_{k3} - знаходження в системі "К" вагонів, обслуговування у третій фазі, один обслуговується, решта чекає в черзі;

M_{k4} - знаходження в системі "К" вагонів, обслуговування у четвертій фазі, один обслуговується, решта чекає в черзі;

M_{k5} - знаходження в системі "К" вагонів, обслуговування у п'ятій фазі, один обслуговується, решта чекає в черзі;

M_{k6} - знаходження в системі "К" вагонів, обслуговування у шостій фазі, один обслуговується, решта чекає в черзі.

Система диференціальних рівнянь для ймовірностей станів систе-

ми:

$$\frac{dm_{01}}{dt} = \mu_1 m_{11} + \mu_2 m_{12} - \lambda m_{01};$$

$$\frac{dm_{02}}{dt} = \mu_2 m_{12} + \mu_3 m_{13} - \lambda m_{02};$$

$$\frac{dm_{03}}{dt} = \mu_3 m_{13} + \mu_4 m_{14} - \lambda m_{03};$$

$$\frac{dm_{04}}{dt} = \mu_4 m_{14} + \mu_5 m_{15} - \lambda m_{04};$$

$$\frac{dm_{05}}{dt} = \mu_5 m_{15} + \mu_6 m_{16} - \lambda m_{05};$$

$$\frac{dm_{06}}{dt} = \mu_6 m_{16} - \lambda m_{06};$$

$$\frac{dm_{11}}{dt} = \lambda m_{01} - (2\mu_1 + \lambda)m_{11} + \mu_1 m_{21} + \mu_2 m_{12};$$

$$\frac{dm_{12}}{dt} = \mu_1 m_{11} + \mu_1 m_{21} + \lambda m_{02} - (5\mu_2 + \lambda)m_{12} + \mu_2 m_{22} + \mu_3 m_{13}; \quad (2.19)$$

$$\frac{dm_{13}}{dt} = \mu_2 m_{12} + \mu_2 m_{22} + \lambda m_{03} - (5\mu_3 + \lambda)m_{13} + \mu_3 m_{23} + \mu_4 m_{14};$$

$$\frac{dm_{14}}{dt} = \mu_3 m_{13} + \mu_3 m_{23} + \lambda m_{04} - (5\mu_4 + \lambda)m_{14} + \mu_4 m_{24} + \mu_5 m_{15};$$

$$\frac{dm_{15}}{dt} = \mu_4 m_{14} + \mu_4 m_{24} + \lambda m_{05} - (5\mu_5 + \lambda)m_{15} + \mu_5 m_{25} + \mu_6 m_{16};$$

$$\frac{dm_{16}}{dt} = \mu_5 m_{15} + \mu_5 m_{25} + \lambda m_{06} - (4\mu_6 + \lambda)m_{16} + \mu_6 m_{26};$$

$$\frac{dm_{k1}}{dt} = \lambda m_{(k-1)1} - 3\mu_1 m_{k1} + \mu_2 m_{(k-1)2} + \mu_2 m_{k2};$$

$$\frac{dm_{k2}}{dt} = \mu_1 m_{k1} + \lambda m_{(k-1)2} - 4\mu_2 m_{k2} + \mu_3 m_{(k-1)3} + \mu_3 m_{k3};$$

$$\frac{dm_{k3}}{dt} = \mu_2 m_{k2} + \lambda m_{(k-1)3} - 4\mu_3 m_{k3} + \mu_4 m_{(k-1)4} + \mu_4 m_{k4};$$

$$\frac{dm_{k4}}{dt} = \mu_3 m_{k3} + \lambda m_{(k-1)4} - 4\mu_4 m_{k4} + \mu_5 m_{(k-1)5} + \mu_5 m_{k5};$$

$$\frac{dm_{k5}}{dt} = \mu_4 m_{k4} + \lambda m_{(k-1)5} - 4\mu_5 m_{k5} + \mu_6 m_{(k-1)6} + \mu_6 m_{k6};$$

$$\frac{dm_{k6}}{dt} = \mu_5 m_{k5} + \lambda m_{(k-1)6} - 2\mu_6 m_{k6}.$$

Нормувальна умова наступна

$$m_{01} + m_{02} + m_{03} + \dots + m_{k6} = N, \quad (2.20)$$

Після вирішення диференціальних рівнянь на отримано графік середніх чисельностей вагонів на під'їзній колії Харківського коксохімічного заводу (рис. 2.17).

2.6 Модель станів вагона в наскрізному Єдиному технологічному процесі взаємодії під'їзних колій, станцій примикання та дільниць прямування

Технологія промислового виробництва вимагає, щоб вантажі на підприємства надходили в суворо визначеному порядку як по кількості, так і за часом. Великі промислові підприємства мають встановлені взаємовідносини з постачальниками та споживачами, які дуже часто розташовані за межами однієї залізниці. Перевезення вантажів є технологічними перевезеннями, які здійснюються на широкому полігоні мережі залізниць, тому організація перевезень за твердим графіком цілком реальна.

Виходячи з того, що перевізний процес “від складу до складу за твердим графіком” є однією з найбільш задовільних систем організації перевезень, то поняття єдиного технологічного процесу повинні бути розширеними. Не можна рахувати нормальним, коли ЄТП роботи під'їзної колії роз-

роблюється тільки в межах безпосередньо взаємодіючих станцій залізниці без прив'язки до них прилеглих ділянок залізниці та ділянок за її межами.

При розгляданні перевезення вантажів треба враховувати всі складові цього процесу. Таку можливість дає наскрізний Єдиний технологічний процес взаємодії під'їзних колій, станцій примикання та ділянок прямування. При перевезенні вагон може знаходитися в наступних станах:

- P1-під вивантаженням (очікування);
- P2-під зважуванням (очікування);
- P3-під навантаженням (очікування);
- P4-на технічних операціях (очікування);
- P5-під приймально-здавальними операціями (очікування);
- P6-на станції відправлення;
- P7-на ділянці;
- P8-на технічних станціях;
- P9-на станції призначення;
- P10 – слідування з станції примикання на під'їзну колію та з під'їзної колії на станцію;
- P11 – операції по прибуванню та відправленню та їх очікування;
- P12 – прийомо-здавальні операції та очікування їх вагонами;
- P13 – операції по розформуванню-формуванню та очікування їх вагонами;
- P14 – операції по розставленню та очікування їх вагонами;
- P15 – очікування вивантаження та вивантаження;
- P16 – очікування навантаження та навантаження;
- P17 – операції по переставленню та очікування їх вагонами;
- P18– очікування збирання-забирання та збирання-забирання;
- P19– очікування накопичення та накопичення.

Запишемо диференціальні рівняння (2.21) для графа станів, який зображений на рисунку 2.9:

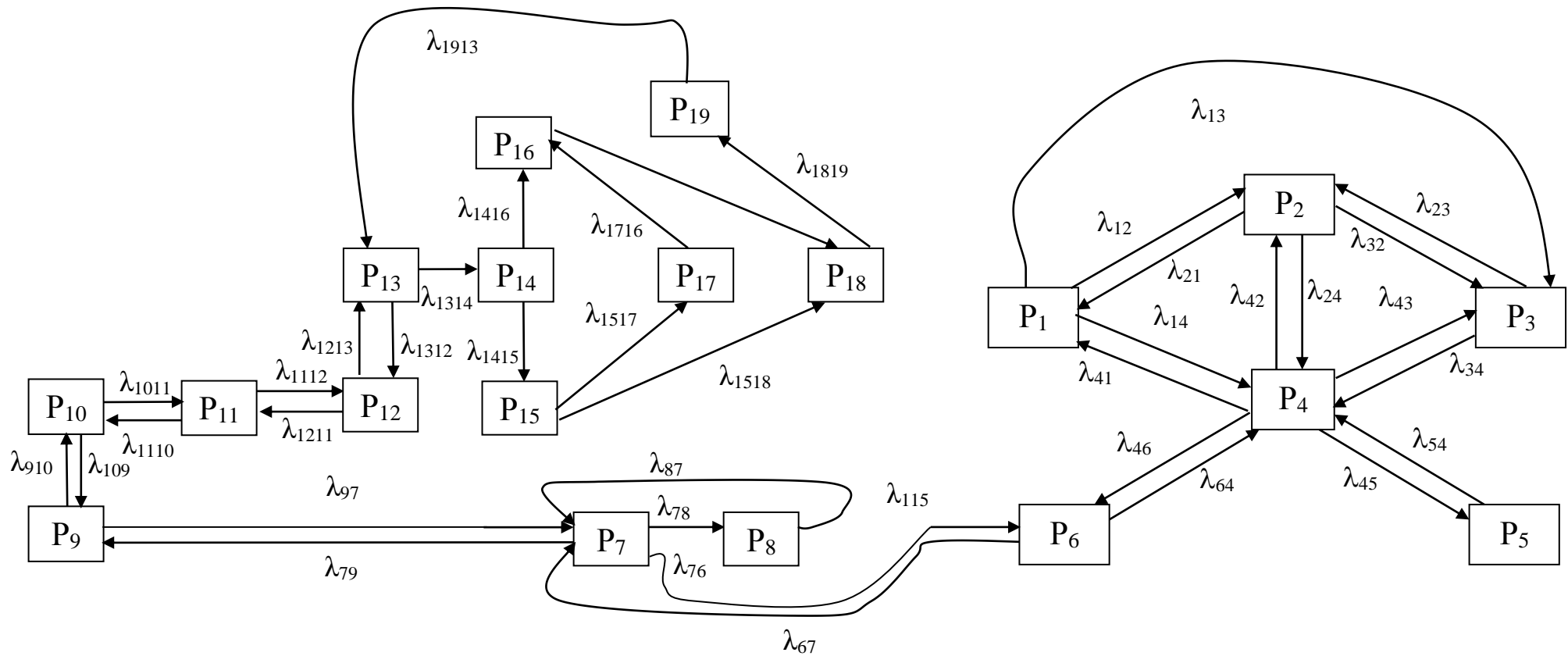


Рисунок 2.12 – Граф станів вагона в наскрізному єдиному технологічному процесі взаємодії під'їзних колій, станцій примикання та діляниць прямування.

$$\begin{aligned}
\frac{dP_1}{dt} &= \lambda_{21}P_2 + \lambda_{41}P_4 - (\lambda_{13} + \lambda_{12} + \lambda_{14})P_1; \\
\frac{dP_2}{dt} &= \lambda_{12}P_1 + \lambda_{32}P_3 + \lambda_{42}P_4 - (\lambda_{21} + \lambda_{23} + \lambda_{24})P_2; \\
\frac{dP_3}{dt} &= \lambda_{13}P_1 + \lambda_{23}P_2 + \lambda_{43}P_4 - (\lambda_{32} + \lambda_{34})P_3; \\
\frac{dP_4}{dt} &= \lambda_{14}P_1 + \lambda_{34}P_3 + \lambda_{24}P_2 + \lambda_{64}P_6 + \lambda_{54}P_5 - (\lambda_{41} + \lambda_{43} + \lambda_{42} + \lambda_{46} + \lambda_{45})P_4; \\
\frac{dP_5}{dt} &= \lambda_{45}P_4 - \lambda_{54}P_5; \\
\frac{dP_6}{dt} &= \lambda_{46}P_4 - \lambda_{64}P_6; \\
\frac{dP_7}{dt} &= \lambda_{67}P_6 - (\lambda_{76} + \lambda_{78} + \lambda_{79})P_7 + \lambda_{87}P_8 + \lambda_{97}P_9; \\
\frac{dP_8}{dt} &= \lambda_{78}P_7 - \lambda_{87}P_8; \\
\frac{dP_9}{dt} &= \lambda_{79}P_7 - (\lambda_{97} + \lambda_{910})P_9 + \lambda_{109}P_{10}; \\
\frac{dP_{10}}{dt} &= -\lambda_{1011}P_{10} + \lambda_{1110}P_{11}; \\
\frac{dP_{11}}{dt} &= \lambda_{1011}P_{10} - (\lambda_{1110} + \lambda_{1112})P_{11} + \lambda_{1211}P_{12}; \\
\frac{dP_{12}}{dt} &= \lambda_{1112}P_{11} - (\lambda_{1211} + \lambda_{1213})P_{12} + \lambda_{1312}P_{13}; \\
\frac{dP_{13}}{dt} &= \lambda_{1213}P_{12} - (\lambda_{1312} + \lambda_{1314})P_{13} + \lambda_{1913}P_{19}; \\
\frac{dP_{14}}{dt} &= \lambda_{1314}P_{13} - (\lambda_{1415} + \lambda_{1416})P_{14}; \\
\frac{dP_{15}}{dt} &= \lambda_{1415}P_{14} - (\lambda_{1517} + \lambda_{1518})P_{15}; \\
\frac{dP_{16}}{dt} &= \lambda_{1416}P_{14} - \lambda_{1618}P_{16} + \lambda_{1716}P_{17}; \\
\frac{dP_{17}}{dt} &= \lambda_{1517}P_{15} - \lambda_{1716}P_{17}; \\
\frac{dP_{18}}{dt} &= \lambda_{1518}P_{15} + \lambda_{1618}P_{16} - \lambda_{1819}P_{18}; \\
\frac{dP_{19}}{dt} &= \lambda_{1819}P_{18} - \lambda_{1913}P_{19}.
\end{aligned} \tag{2.21}$$

Розв'язання системи рівнянь 2.22 задовольняє нормувальній умові:

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{10} + P_{11} + P_{12} + P_{13} + P_{14} + P_{15} + P_{16} + P_{17} + P_{18} + P_{19} = 1; \quad (2.22)$$

Після вирішення диференціальних рівнянь на ПЕОМ (Додатки В, Г, Д, Е, Ж) за допомогою методу Рунге-Кутта-Мерсона отримано імовірності знаходження вагонів під очікуванням і проведенням різних технологічних операцій на під'їзній колії промислового підприємства за початковими умовами:

$$t_i = 0, m_1 = N, m_2 = m_3 = m_4 = \dots = m_n = 0. \quad (2.23)$$

Від імовірностей перейдемо до середніх чисельностей.

Як відомо, якщо

$$P_1 + P_2 + \dots + P_n = 1, \quad (2.24)$$

це відповідає умові нормування

$$m_1 + m_2 + \dots + m_n = N. \quad (2.25)$$

За допомогою графіків можливо досліджувати перехідні режими в системі “під'їзна колія – станція примикання”, а також визначати середню чисельність вагонів у кожному стані, час ліквідування черг і виходу системи в стаціонарний режим роботи при заданому технічному оснащенні і обсязі вагонопотоків.

Середні чисельності вагонів під різними технологічними операціями та в їх очікуванні, одержані за допомогою запропонованих моделей були перевірені експериментальними дослідженнями. Збіг результатів моделювання з фактичними значеннями перевірено наступним чином

$$\Delta\sigma = \sum_{i=1}^n (m_{if} - m_{im}) / \sum_{i=1}^n m_{if}, \quad (2.26)$$

де m_{if} – фактичні чисельності вагонів під різними технологічними операціями та в їх очікуванні; m_{im} – середні чисельності вагонів, які отримані в результаті моделювання; n – число порівняних значень.

2.7 Результати дослідження математичних моделей технології роботи під'їзних колій підприємств і станцій примикання

Після проведення експериментального дослідження математичних моделей технології роботи під'їзних колій промислових підприємств і станцій примикання отримані графіки середніх чисельностей вагонів, що знаходяться під очікуванням і проведенням різних технологічних операцій на під'їзній колії промислового підприємства і вантажній станції магістрального транспорту.

- дослідження моделі технології обробки вантажного вагона на під'їзній колії

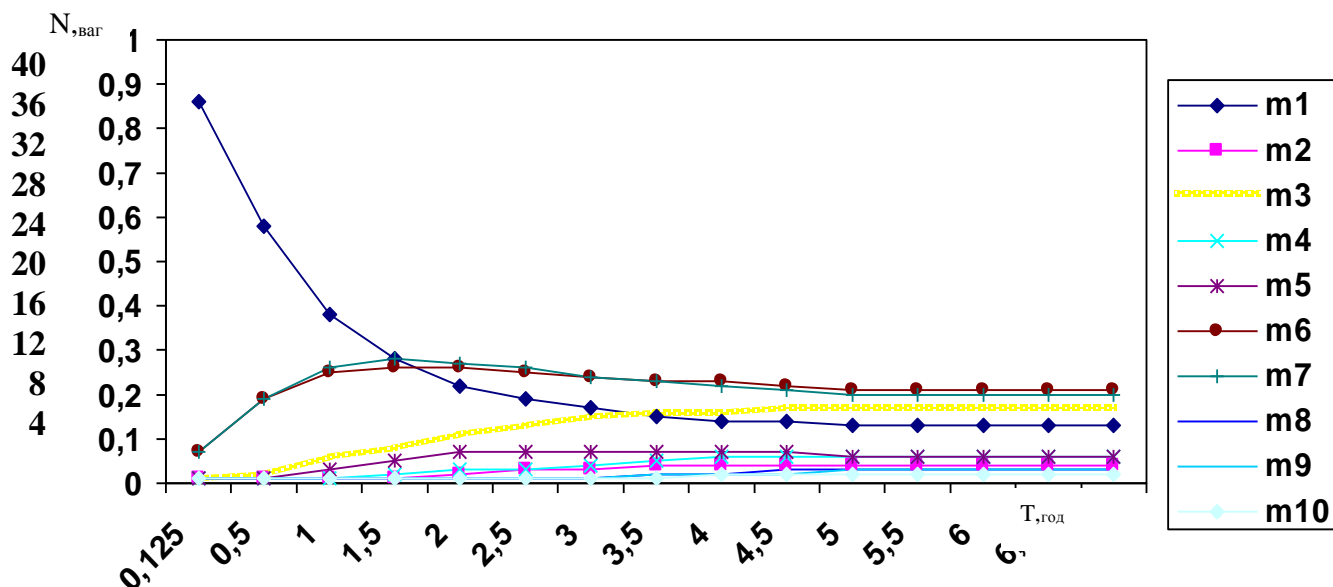


Рис. 2.13 – Залежності середніх чисельностей вагонів на під'їзній колії:

де m_1 – середня чисельність вагонів на станції примикання,

m_2 – середня чисельність вагонів по прибуванню та відправленню на під'їзну колію;

m_3 – середня чисельність вагонів під прийомоздавальними операціями;

m_4 – середня чисельність вагонів під операціями по розформуванню-формуванню;

m_5 – середня чисельність вагонів під операціями по розставленню;

- m6 – середня чисельність вагонів під вивантаженням;
- m7 – середня чисельність вагонів під навантаженням;
- m8 – середня чисельність вагонів під операціями по переставленню;
- m9 – середня чисельність вагонів під збиранням-убиранням;
- m10 – середня чисельність вагонів під накопиченням

Виходячи з початкових умов знаходження на станції примикання 42 вагона ($P_1=42$ ваг.), які у подальшому обслуговуються 4 навантажувально-розвантажувальними машинами на 3 навантажувально-розвантажувальних фронтах, після аналізу графіка бачимо, що ліквідація черги в обслуговуванні та перехід системи до стаціонарного режиму роботи настає через 5,5 години.

- дослідження моделі технології роботи під 'їзної колії і станції примикання (прийомо-здавальні операції здійснюються на виставних коліях)

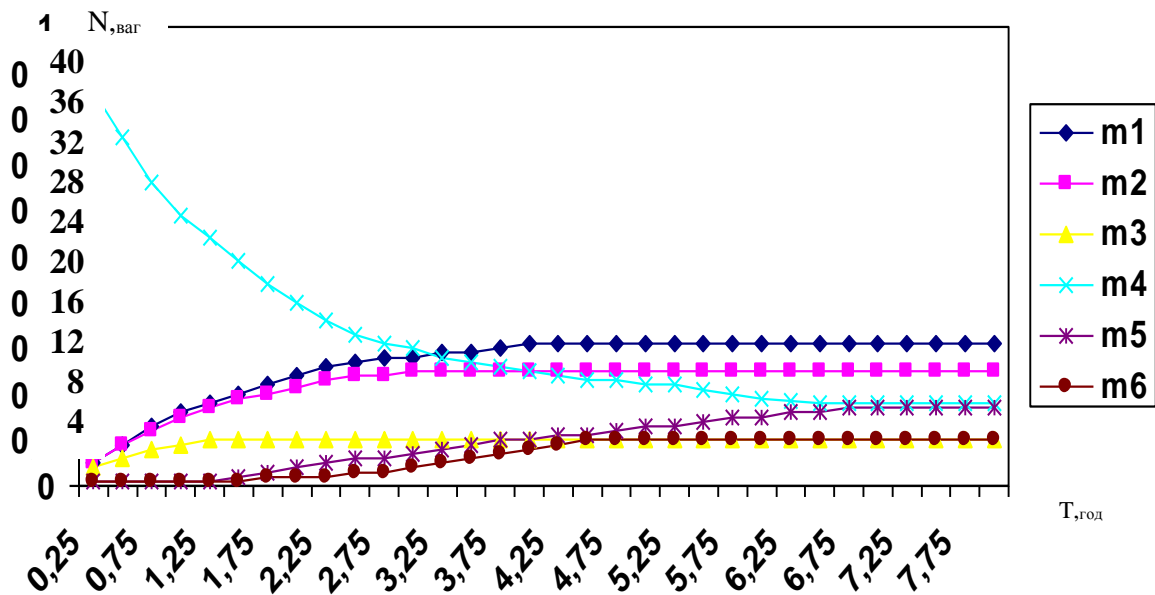


Рис. 2.14 – Залежності середніх чисельностей вагонів на під'їзній колії (прийомо-здавальні операції здійснюються на виставних коліях):

де m1 – середня чисельність вагонів під вивантаженням,
m2 – середня чисельність вагонів під навантаженням;

m3 – середня чисельність вагонів під зважуванням;

m4 – середня чисельність вагонів на технічних операціях;

m5 – середня чисельність вагонів на станції;

m6 – середня чисельність вагонів під приймально-здавальними операціями

Виходячи з початкових умов знаходження під технічними операціями 38 вагонів ($P4=38$ ваг.), які у подальшому обслуговуються 2 навантажувально-розвантажувальними машинами на 2 навантажувально-розвантажувальних фронтах, після аналізу графіка бачимо, що ліквідація черги в обслуговуванні та перехід системи до стаціонарного режиму роботи настає через 4,5 години.

- дослідження моделі технології роботи під 'ізної колії і станції примикання (прийомо-здавальні операції здійснюються на під 'ізній колії)

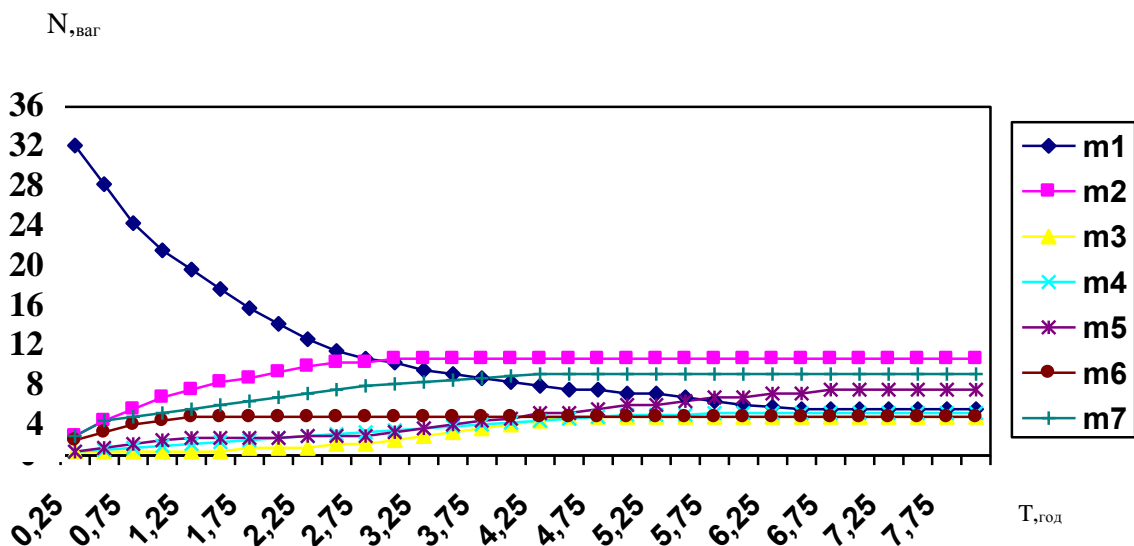


Рис. 2.15 – Залежності середніх чисельностей вагонів на під'ізній колії(прийомо-здавальні операції здійснюються на під'ізній колії):

де m1 – середня чисельність вагонів на станції примикання,

m2 – середня чисельність вагонів під навантаженням;

m3 – середня чисельність вагонів під подачею-забиранням;

m4 – середня чисельність вагонів на приймально-здавальних операціях;

m5 – середня чисельність вагонів на зважуванні;

m_6 – середня чисельність вагонів під перестановкою;

m_7 – середня чисельність вагонів під вивантаженням

Виходячи з початкових умов знаходження на станції примикання 32 вагона ($P_1=32$ ваг.), які у подальшому обслуговуються 2 навантажувально-розвантажувальними машинами на 3 навантажувально-розвантажувальних фронтах, після аналізу графіка бачимо, що ліквідація черги в обслуговуванні та перехід системи до стаціонарного режиму роботи настає через 4,5 години.

-дослідження моделі технології роботи під'їзної колії наскрізного типу

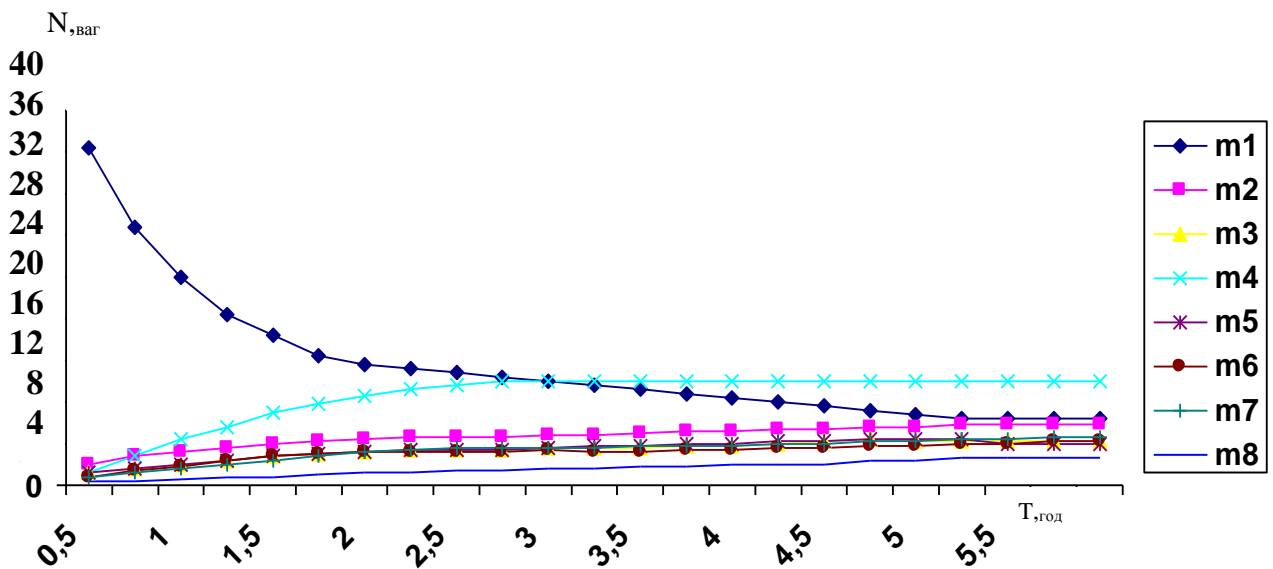


Рис. 2.16 – Залежності середніх чисельностей вагонів на під'їзній колії наскрізного типу:

де m_1 – середня чисельність вагонів на перегоні між станцією примикання і підприємством,

m_2 – середня чисельність вагонів під розформуванням;

m_3 – середня чисельність вагонів під розставленням;

m_4 – середня чисельність вагонів під вантажними операціями;

m_5 – середня чисельність вагонів під збиранням;

m6 – середня чисельність вагонів під формуванням;

m7 – середня чисельність вагонів на перегоні між підприємством і станцією примикання;

m8 – середня чисельність вагонів під обмінними операціями

Виходячи з початкових умов слідування на підприємство 34 вагонів ($P1=34$ ваг.), які у подальшому обслуговуються 2 навантажувально-розвантажувальними машинами на 1 навантажувально-розвантажувальних фронті, після аналізу графіка бачимо, що ліквідація черги в обслуговуванні та перехід системи до стаціонарного режиму роботи наступає через 5,5 годин.

- дослідження моделі технології роботи під'їзної колії тупикового типу

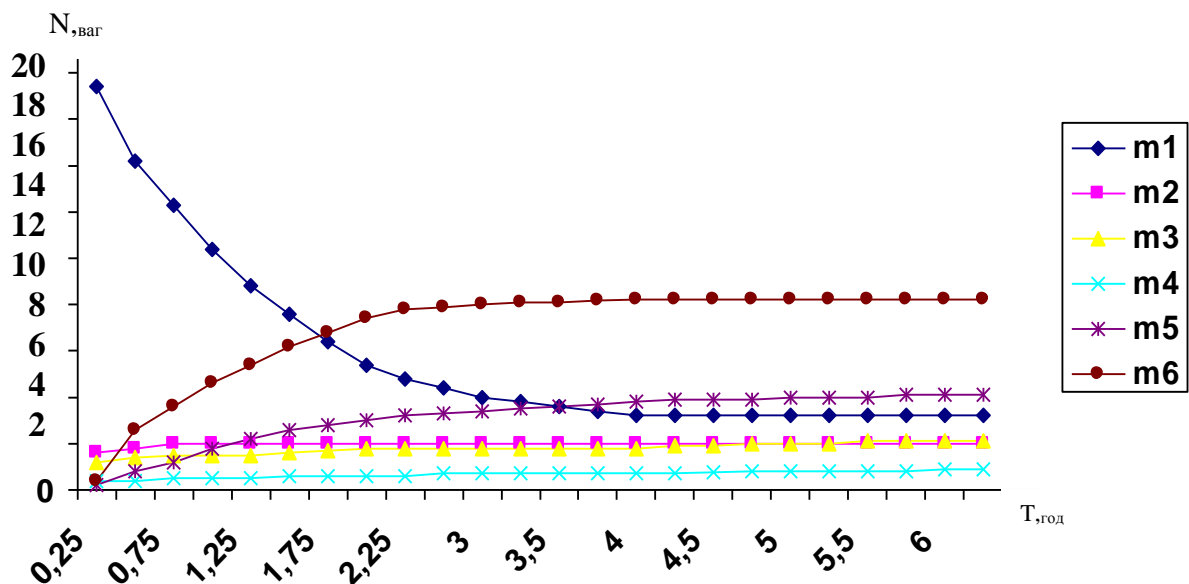


Рис. 2.17 – Залежності середніх чисельностей вагонів для під'їзної колії тупикового типу:

де m1 – середня чисельність вагонів на станції примикання,

m2 – середня чисельність вагонів на перегоні між станцією примикання і підприємством;

m3 – середня чисельність вагонів під прийомо-здавальними операціями;

m4 – середня чисельність вагонів під розформуванням-формуванням;

m5 – середня чисельність вагонів під подачею та забиранням вагонів;

m_b – середня чисельність вагонів під виконанням вантажних операцій

Виходячи з початкових умов знаходження на станції примикання 19 вагонів ($P_1=19$ ваг.), які у подальшому обслуговуються 3 навантажувально-розвантажувальними машинами на 1 навантажувально-розвантажувальних фронті, після аналізу графіка бачимо, що ліквідація черги в обслуговуванні та перехід системи до стаціонарного режиму роботи наступає через 4 години.

3. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ПІД'ЇЗНОЇ КОЛІЇ

3.1 Метод визначення нормувального часу знаходження вагонів на під'їзних коліях при виконанні операцій

Морально і фізично застаріле оснащення, низький рівень механізації навантажувально-розвантажувальних робіт, незадовільне утримання колійного господарства, однозмінна робота, некомплектність вантажниками є основними причинами незадовільного використання вагонів на підприємствах та в організаціях.

Раніше норми обігу вагонів розроблялися виходячи з фактичного технічного обладнання підприємств. Таким чином, при впровадженні раціональнішої технології роботи та нових, більш продуктивних навантажувально-розвантажувальних машин залізницями встановлювалися більш жорсткі норми обігу вагонів. Підприємство для впроваджень витратило значні кошти і траплялося так, що чим більше витратило коштів підприємство на розвиток та посилення транспортного господарства, тим більш жорсткі норми обігу вагонів йому встановлювалися. Як наслідок, підприємства не тільки не покращували транспортні господарства, а і скорочували або зовсім ліквідували навантажувально-розвантажувальні fronti, залізничні колії та інші засоби для отримання більш реальних строків обігу вагонів та зменшення штрафів за невиконання заданих норм обігу вагона.

Існуючі методи передбачають визначення розрахункового часу перебування вагонів на вантажному фронті при подаванні-забиранні локомотивом залізниці, $I_{зар}$, як

$$I_{\text{зар}} = \frac{t_B m_n}{m_\phi} + t_n, \quad (3.1)$$

де t_ϵ – тривалість вантажної операції з вагоном, год;

m_ϕ – розмір максимальної одночасної подачі на вантажний фронт, ваг;

m_n – розмір фронту одночасного навантаження (вивантаження), ваг;

t_n – час, необхідний на перестановку навантажених і порожніх вагонів на вантажному фронті у зв'язку з технологією виконання вантажних операцій і виробництва, протягом якого вантажні операції з вагонами, що мають право виходу на зовнішню мережу, не виконуються, у розрахунку на одну подачу, год.

Тривалість вантажної операції з вагоном визначається за одним з трьох способів (за згодою сторін):

$$t_\epsilon = P_\epsilon H, \quad (3.2)$$

де P_ϵ – середнє завантаження вагона, т;

H – середня норма часу на вантажопереробку, год/т.

$$t_\epsilon = P_\epsilon / \Pi_\epsilon, \quad (3.3)$$

де Π_ϵ – експлуатаційна продуктивність вантажно-розвантажувальної машини, т/год.

t_ϵ встановлюється з урахуванням роду вантажу, вагона і технології вантажних операцій.

Як бачимо, зараз теж розрахунковий час перебування вагонів на вантажному фронті визначається, виходячи з фактичного технічного обладнан-

ня підприємств і всі перераховані вище недоліки зберігаються у більшості випадків. При цьому за всі вагоно-години знаходження вагонів на під'їзній колії нараховується плата. Така система веде до значного підвищення собівартості виробництва особливо для великих підприємств, таких як металургійні комбінати та інші, що мають десятки вантажних та сортувальних станцій та сотні кілометрів колійного розвитку. Вагони на цих підприємствах згідно з технологією роботи знаходяться десятки годин, а виплати залізницям досягають мільйонів гривень.

Ці недоліки виключені у розроблених нових методах визначення раціонального часу знаходження вагонів. Суть нового методу нормування полягає у визначенні коефіцієнту нормування по групі підприємств, які виробляють однакову або аналогічну продукцію, які досягли найбільш високих результатів у використанні вагонів в даній галузі. Час знаходження вагонів або їх простоїв для підприємства розраховуються, виходячи з місцевих умов (довжина під'їзної колії, чий локомотив обслуговує і т. ін.). При цьому значення коефіцієнту нормування приймається в залежності від обсягу навантажувальних робіт, що виконуються на під'їзній колії. Значення коефіцієнту нормування зменшується при створенні нових, більш прогресивних технологій роботи промислового транспорту та високопродуктивних навантажувально-розвантажувальних машин і маневрових засобів.

Нормування вагоно-годин підприємствам

$$N_{вг} = T_{об} n_{в}, \quad (3.4)$$

де $n_{в}$ – вагонообіг підприємства, ваг/добу;

$N_{вг}$ – норма вагоно-годин для підприємства;

$T_{об}$ – нормативний час знаходження вагона на під'їзній колії, год.

Нормативний час знаходження вагона на під'їзній колії використовується для порівняння із раціональним часом користування вагонами, за

яким визначаються мінімальні експлуатаційні витрати в цільовій функції (2.3).

За запропонованими методами нормативний час знаходження вагона на під'їзній колії, яка обслуговується локомотивом станції

$$T_{об} = K \left[\sum (Q_n t_n) + \sum (Q_s t_s) \right] / (\sum Q_n + \sum Q_s) + (t_{прод} + 2t_{пер} + t_p + t_\phi) / (m + n), \quad (3.5)$$

де K – коефіцієнт обсягу роботи, який враховує число фронтів навантаження і вивантаження, збільшення часу на навантаження і вивантаження вагонів у зв'язку зі збільшенням обсягу роботи (визначається емпіричним шляхом в залежності від обсягу роботи по підприємствам, які виробляють однакову продукцію і приймається на основі підприємств, що мають сучасну технологію, маневрові засоби, що забезпечують заданий обсяг роботи).

Для прикладу наведено графічну залежність коефіцієнту K від вантажообігу для металургійних заводів (рис. 3.1). Залежність має лінійний характер. Середня норма простою вагона для під'їзної колії з річним вантажообігом у 2 тис. вагонів згідно з побудованим графіком складає 2,9 години.

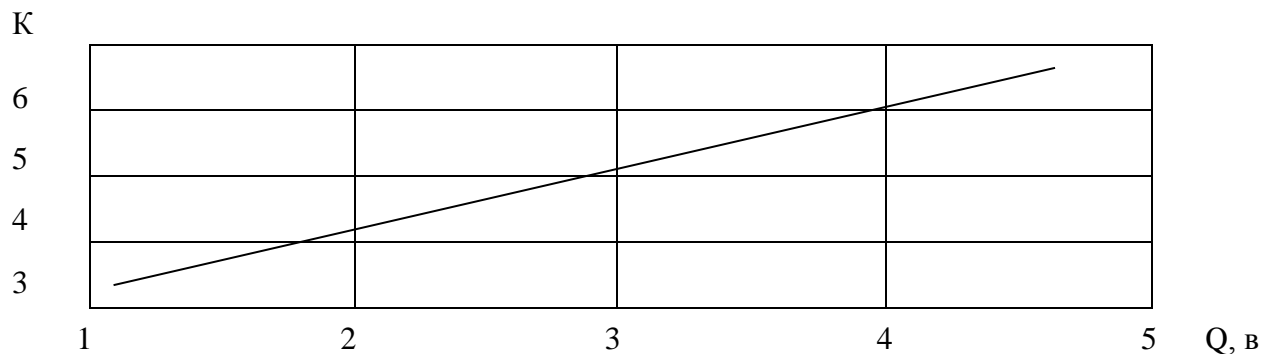


Рис. 4.1 – Залежність коефіцієнта K від вантажообігу для металургійних заводів

$\sum(Q_n t_n)$ – вагоно-години на навантаження;

$$\sum(Q_n t_n) = \sum(Q_n^{n\epsilon} t_n^{n\epsilon}) + \sum(Q_n^{nl} t_n^{nl}) + \sum(Q_n^{kp} t_n^{kp}) + \dots; \quad (3.6)$$

$\sum(Q_\epsilon t_\epsilon)$ – вагоно-години на вивантаження;

$$\sum(Q_\epsilon t_\epsilon) = \sum(Q_\epsilon^{n\epsilon} t_\epsilon^{n\epsilon}) + \sum(Q_\epsilon^{nl} t_\epsilon^{nl}) + \sum(Q_\epsilon^{kp} t_\epsilon^{kp}) + \dots; \quad (3.7)$$

$\sum Q_n$ та $\sum Q_\epsilon$ – річні обсяги навантаження і вивантаження, ваг.;

$t_{прод}$ – час на прийомо-здавальні операції, год;

$t_{пер}$ – час на пересування вагонів на під'їзній колії, год;

t_p та t_ϕ – час на розформування і формування состава, год;

m та n – кількість навантажених і вивантажених вагонів на під'їзній колії впродовж однієї подачі і забирання вагонів, ваг.;

$Q_n^{n\epsilon}, Q_n^{nl}, Q_n^{kp}$ – річні обсяги навантаження піввагонів, критих вагонів, платформ і т. ін. по всіх видах вантажів, ваг.;

$Q_\epsilon^{n\epsilon}, Q_\epsilon^{nl}, Q_\epsilon^{kp}$ – річні обсяги вивантаження піввагонів, критих вагонів, платформ і т. ін. по всіх видах вантажів, ваг.;

$t_n^{n\epsilon}, t_n^{nl}, t_n^{kp}$ та $t_\epsilon^{n\epsilon}, t_\epsilon^{nl}, t_\epsilon^{kp}$ – час на навантаження і вивантаження вантажів з одного піввагона, критого вагона, платформи і т. ін., з урахуванням підготовчо-заключного і допоміжного часу (визначається для кожного виду вантажу, виходячи з вимог використання вантажопідйомності та місткості вагонів та ступені розвитку в країні технології, засобів механізації та автоматизації навантажувально-розвантажувальних робіт), год.

При встановленні часу знаходження вагонів на під'їзних коліях підприємств, що обслуговуються власними локомотивами, для вагонів з однією операцією

$$T_{об} = \frac{\sum(Q_{n(\epsilon)} t_{n(\epsilon)})}{\sum Q_{n(\epsilon)}} K + \frac{1}{n} (t_{прсд} + 2t_{пер} + t_p + t_\phi). \quad (3.8)$$

Система передбачає, що на позанормативні простої вагонів на під'їзних коліях нараховуються штрафи, стимулюючи скорочення простоїв вагонів. При цьому, якщо підприємство достроково повертає вагони на станцію, то залізниця виплачує підприємству установлений розмір плати. В Додатку И запропоновано розміри штрафів за наднормативні простої вагонів на підприємстві та розміри виплат залізниці за дострокове повернення вагонів підприємством.

3.2 Визначення оптимального режиму роботи під'їзної колії

Для визначення економічної доцільності впровадження запропонованих методів удосконалення технології роботи під'їзних колій промислових підприємств і станцій примикання порівняні показники роботи під'їзних колій з існуючим технічним оснащенням і розрахованим за наступними методами [21,22].

Вартість очікування вагонами обслуговування визначається, виходячи з імовірніснозалежних тривалостей очікування слідування та після повернення з під'їзної колії на станцію, операцій по прибуванню на під'їзну колію, операцій по відправленню з під'їзної колії, прийомо-здавальних операцій, розформування, подачі та розставлення, вивантаження, навантаження, переставлення, збирання-убирання, накопичення вагонів на під'їзній колії та середніх чисельностей вагонів, які знаходяться в очікуванні різних технологічних операцій.

На основі проведених досліджень цільова функція моделі стохастичного програмування (2.3) має явний вигляд:

$$\begin{aligned}
C_{\text{в}} = & C_{\text{вз}} \left(m_{\text{см}} \left(\int_{t_{\text{см}}^{\min}}^{t_{\text{см}}^{\max}} \frac{1}{\sigma(t_{\text{см}}^{\text{нк}}) \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t_{\text{см}}^{\text{нк}} - M(t_{\text{см}}^{\text{нк}}))^2}{2\sigma^2(t_{\text{см}}^{\text{нк}})}} dt \right) + m_{\text{прв}} \left(\int_{t_{\text{прв}}^{\min}}^{t_{\text{прв}}^{\max}} \lambda e^{-\lambda t_{\text{прв}}^{\text{нк}}} dt \right) + \right. \\
& + m_{\text{нз}} \left(\int_{t_{\text{нз}}^{\min}}^{t_{\text{нз}}^{\max}} \frac{(4\lambda)^4 t_{\text{нз}}^{\text{нк}}}{3!} e^{-4\lambda t_{\text{нз}}^{\text{нк}}} dt \right) + m_{\text{р}} \left(\int_{t_{\text{р}}^{\min}}^{t_{\text{р}}^{\max}} (2\lambda)^2 t_{\text{р}}^{\text{нк}} e^{-2\lambda t_{\text{р}}^{\text{нк}}} dt \right) + m_{\text{пр}} \left(\int_{t_{\text{пр}}^{\min}}^{t_{\text{пр}}^{\max}} \frac{1}{\sigma(t_{\text{пр}}^{\text{нк}}) \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t_{\text{пр}}^{\text{нк}} - M(t_{\text{пр}}^{\text{нк}}))^2}{2\sigma^2(t_{\text{пр}}^{\text{нк}})}} dt \right) + \\
& + m_{\text{вув}} \left(\int_{t_{\text{вув}}^{\min}}^{t_{\text{вув}}^{\max}} \frac{1}{\sigma(t_{\text{вув}}^{\text{нк}}) \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t_{\text{вув}}^{\text{нк}} - M(t_{\text{вув}}^{\text{нк}}))^2}{2\sigma^2(t_{\text{вув}}^{\text{нк}})}} dt \right) + m_{\text{нав}} \left(\int_{t_{\text{нав}}^{\min}}^{t_{\text{нав}}^{\max}} \frac{1}{\sigma(t_{\text{нав}}^{\text{нк}}) \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t_{\text{нав}}^{\text{нк}} - M(t_{\text{нав}}^{\text{нк}}))^2}{2\sigma^2(t_{\text{нав}}^{\text{нк}})}} dt \right) + \\
& + m_{\text{пер}} \left(\int_{t_{\text{пер}}^{\min}}^{t_{\text{пер}}^{\max}} \frac{1}{\sigma(t_{\text{пер}}^{\text{нк}}) \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t_{\text{пер}}^{\text{нк}} - M(t_{\text{пер}}^{\text{нк}}))^2}{2\sigma^2(t_{\text{пер}}^{\text{нк}})}} dt \right) + m_{\text{зб}} \left(\int_{t_{\text{зб}}^{\min}}^{t_{\text{зб}}^{\max}} \frac{1}{\sigma(t_{\text{зб}}^{\text{нк}}) \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t_{\text{зб}}^{\text{нк}} - M(t_{\text{зб}}^{\text{нк}}))^2}{2\sigma^2(t_{\text{зб}}^{\text{нк}})}} dt \right) + \\
& + m_{\text{нак}} \left(\int_{t_{\text{нак}}^{\min}}^{t_{\text{нак}}^{\max}} \frac{1}{\sigma(t_{\text{нак}}^{\text{нк}}) \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t_{\text{нак}}^{\text{нк}} - M(t_{\text{нак}}^{\text{нк}}))^2}{2\sigma^2(t_{\text{нак}}^{\text{нк}})}} dt \right) + C_{\text{ум}} ,
\end{aligned} \tag{3.9}$$

де $C_{\text{вз}}$ – вартість вагоно-години простою, грн;

$t_{\text{см}}^{\text{нк}}$ – тривалість очікування подавання на станції примикання та після повернення з під'їзної колії, год;

$t_{\text{прв}}^{\text{нк}}$ – тривалість очікування обслуговування по прибуттю-відправленню, год;

$t_{\text{нз}}^{\text{нк}}$ – тривалість очікування прийомо-здавальних операцій, год;

$t_{\text{р}}^{\text{нк}}$ – тривалість очікування розформування, год;

$t_{\text{пр}}^{\text{нк}}$ – тривалість очікування подавання та розставлення, год;

$t_{\text{вув}}^{\text{нк}}$ – тривалість очікування вивантаження, год;

$t_{\text{нав}}^{\text{нк}}$ – тривалість очікування навантаження, год;

$t_{пер}^{нк}$ – тривалість очікування переставлення, год;

$t_{нак}^{нк}$ – тривалість очікування накопичення год;

$t_{зб}^{нк}$ – тривалість очікування збирання –забирання вагонів, год.

Час на очікування слідування та після повернення з під'їзної колії на станцію, операцій по прибуванню на під'їзну колію, операцій по відправленню з під'їзної колії, прийомо-здавальних операцій, розформування, подачі та розставлення, вивантаження, навантаження, переставлення, збирання-убирання, накопичення визначаються згідно законів розподілення.

Проведені дослідження показали, що середньоквадратичні відхилення величин $t_{ск}$, $t_{врм}$, $t_{мпу}$, $t_{мрф}$, $t_{пл}$, $t_{бп}$, досить малі і, для подальших розрахунків, приймаємо ці величини рівними їх математичним очікуванням.

Час на проведення інших технологічних операцій приймається згідно нормативів, що вказані в Єдиному технологічному процесі роботи станції і даної під'їзної колії.

$C_{ум}$ – вартість утримання колій у парку приймання і сортувальному парку, необхідних для чекання обслуговування, розформування (формування), вантажних операцій, грн;

$$C_{ум} = \left(m_p \int_{t_p^{min}}^{t_p^{max}} (2\lambda)^2 t_p^{нк} e^{-2\lambda t_p^{нк}} dt + m_{np} \int_{t_{np}^{min}}^{t_{np}^{max}} \frac{1}{\sigma(t_{np}^{нк}) \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t_{np}^{нк} - M(t_{np}^{нк}))^2}{2\sigma^2(t_{np}^{нк})}} dt \right) \quad (3.10)$$

$$+ m_{нак} \left(\int_{t_{нак}^{min}}^{t_{нак}^{max}} \frac{1}{\sigma(t_{нак}^{нк}) \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t_{нак}^{нк} - M(t_{нак}^{нк}))^2}{2\sigma^2(t_{нак}^{нк})}} dt \right) / 24 N_n N_{\epsilon} L_{\epsilon} C_{нк1}'$$

N_n – кількість поїздів, які очікують обслуговування;

N_{ϵ} – кількість вагонів у складі поїзда;

L_g – умовна довжина вагона, м;

$C_{нк1}$ – вартість утримання одного метра колії за добу, грн;

$C_{нз}$ – вартість простою бригад прийомоздавальників, грн;

$$C_{нз} = C_{нз1} N_{нз} t_{бн}, \quad (3.11)$$

$C_{нз1}$ – вартість однієї години простою бригад прийомоздавачів, грн;

$N_{нз}$ – кількість бригад, які чекають роботу;

$t_{бн}$ – тривалість очікування роботи бригадами прийомоздавачів, год;

$C_{нл}$ – вартість простою поїзних локомотивів, грн;

$$C_{нл} = C_{нл1} N_{нл} t_{нл}, \quad (3.12)$$

$C_{нл1}$ – вартість локомотиво-години простою поїзних локомотивів, грн;

$t_{нл}$ – тривалість простою поїзних локомотивів, год;

$N_{нл}$ – число поїзних локомотивів, які очікують роботу;

$C_{мл}$ – вартість простою маневрових локомотивів на розформуванні і формуванні составів, подачі і убиранні вагонів, грн;

$$C_{мл} = C_{мл1} N_{мл} (t_{млрф} + t_{млту}), \quad (3.13)$$

$C_{мл1}$ – вартість локомотиво-години простою маневрових локомотивів, грн;

$t_{млрф}, t_{млту}$ – тривалість очікування роботи маневровими локомотивами, год;

$N_{мл}$ – число маневрових локомотивів, які чекають роботу;

$C_{врм}$ – вартість простою вантажно-розвантажувальної машини, грн;

$$C_{врм} = N_{врм} t_{врм} C_{мг}, \quad (3.14)$$

$N_{врм}$ – число вантажно-розвантажувальних машин, які обслуговують вантажний фронт;

$t_{врм}$ – тривалість очікування ВРМ, год;

$C_{мг}$ – вартість машино-години ВРМ, грн;

$C_{ск}$ – вартість простою складів, грн;

$$C_{ск} = t_{ск} C_{ск1}, \quad (3.15)$$

$t_{ск}$ – тривалість очікування складу, год;

$C_{ск1}$ – вартість однієї години простою складу, грн.;

$C_{нк}$ - вартість знаходження вагонів на під'їзній колії під обслуговуванням, грн;

$$C_{нк} = N_{в}^{нк} t_{знах} C_{вз}, \quad (3.16)$$

$N_{в}^{нк}$ - число вагонів, що знаходяться на під'їзній колії, ваг;

$t_{знах}$ - час обслуговування вагонів на під'їзній колії, год;

$C_{вз}$ - вартість вагонодини, грн.

Середній час знаходження одного состава поїзда в системі під'їзної колії

$$t_{знах} = t_{нз} + 2t_{пер} + 2t_{рф} + K_{ну} t_{ну} + K_{зд} t_{во}, \quad (3.17)$$

де $t_{нз}$ - тривалість приймально-здавальних операцій, год;

$t_{пер}$ - тривалість перестановки вагонів, год;

$t_{рф}$ - тривалість розформування-формування составів поїздів, год;

$t_{ну}$ - тривалість подавання-убирання вагонів на під'їзну колію, год;

t_{60} - тривалість вантажних операцій, год;

K_{ny} - коефіцієнт поєднання операцій подавання-убирання вагонів на вантажні fronti;

K_{30} - коефіцієнт подвійних операцій.

На основі розробленого комплексу моделей побудовано алгоритм, що дозволяє визначати середні чисельності вагонів у кожному технологічному стані, тривалість очікування вагонами обслуговування на різних технологічних операціях системи “під’їзна колія – станція примикання” та час їх знаходження на під’їзній колії, а також раціональну кількість маневрових локомотивів та вантажно-розвантажувальних машин.

На рис. 3.2, 3.3 наведено приклад залежності загальних експлуатаційних витрат від кількості локомотивів, ВРМ та часу знаходження вагонів на під’їзній колії Алчевського металургійного комбінату.

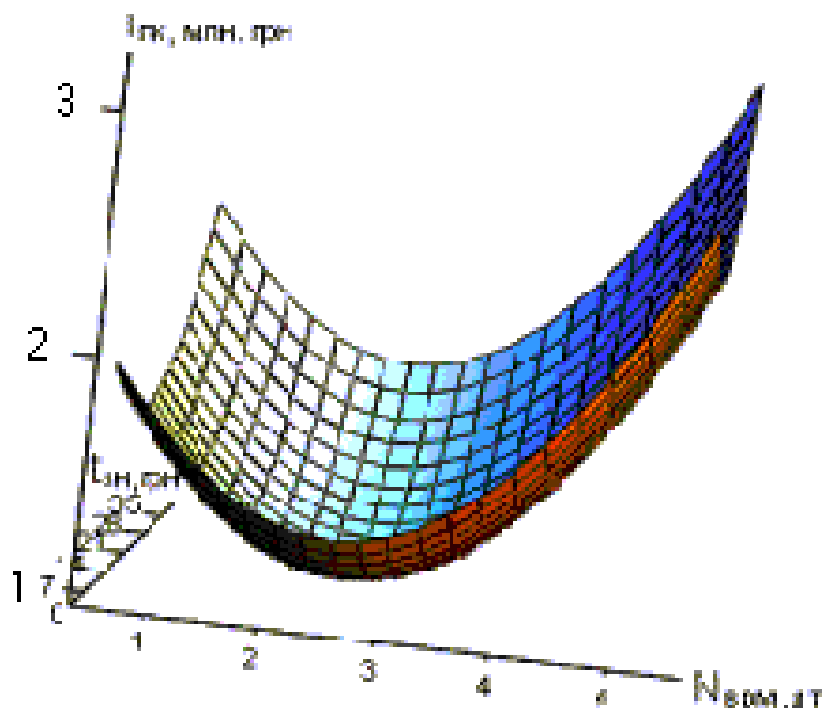


Рис. 4.2 – Залежність загальних експлуатаційних витрат від кількості ВРМ та часу знаходження вагонів на підприємстві.

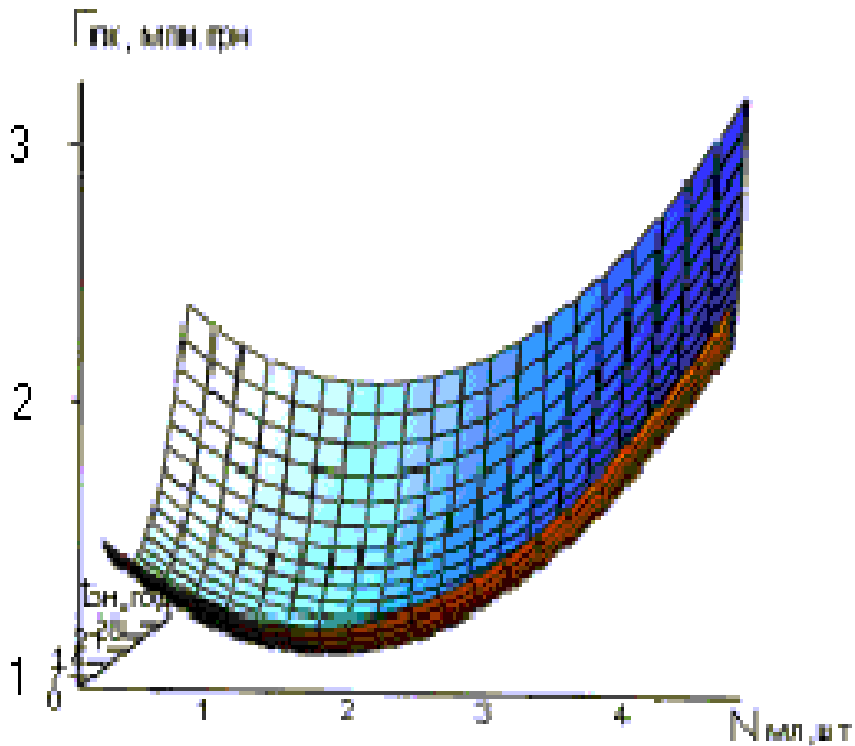


Рис. 4.3 – Залежність загальних експлуатаційних витрат від оптимальної кількості локомотивів та часу знаходження вагонів на підприємстві.

Аналіз рис. 3.2 показав, що поверхня відгуку має чітко виражений екстремум типу “мінімум”, який дозволяє при постійній кількості маневрових локомотивів визначити раціональну кількість вантажно-розвантажувальних машин та раціонального часу знаходження вагонів на під’їзній колії підприємства під виконанням технологічних операцій, які будуть відповідати мінімальним експлуатаційним витратам.

Аналіз рис. 3.3 показав, що поверхня відгуку має чітко виражений екстремум типу “мінімум”, який дозволяє при постійній кількості вантажно-розвантажувальних машин визначити раціональну кількість маневрових локомотивів та раціонального часу знаходження вагонів на під’їзній колії підприємства під виконанням технологічних операцій, які будуть відповідати мінімальним експлуатаційним витратам.

Аналіз розрахунків показав, що раціональний час знаходження вагонів під різними технологічними операціями та в їх очікуванні на під’їзній

колії підприємства Запорізький металургійний комбінат скоротиться у порівнянні з існуючим з 20,23 години до 19,15 години при роботі двох маневрових локомотивів та трьох навантажувально-розвантажувальних машин. Також зменшується вартість простоїв вагонів в системі обслуговування з 578,91 тис. грн до 317,22 тис. грн.

4. АНАЛІЗ ВПЛИВУ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ НА БЕЗПЕКУ МАНЕВРОВОЇ РОБОТИ ПОТЯГУ

На базі основних властивостей зору людини можна сформулювати головні світлотехнічні вимоги до освітлення і, отже, до освітлювальних установок. При роботі вони повинні забезпечувати:

достатню яскравість робочих освітлюваних поверхонь або при певному коефіцієнті віддзеркалення достатню освітленість;

сприятливий розподіл яскравості на робочих поверхнях;

обмеження сліпучої дії, яка може мати місце при появі в иоле зір спостерігача великих яскравість;

постійність освітленості робочих поверхонь в часі.

Разом з перерахованими основними вимогами освітлювальна установка повинна створювати також:

необхідну рівномірність освітлення, тобто розподіл освітлення на робочих поверхнях;

бажане для правильного сприйняття об'єктів спостереження напрям світлового потоку;

не викликати утворення різких і глибоких тіней від розташованих на території об'єктів або рухомого складу.

За певних умов можуть виникати вимоги до спектрального складу світла з тим, щоб у відображеному світловому потоці не порушувалася кольоровість об'єкту спостереження.

Окрім перерахованих, до освітлювальних установок, як і до інших інженерних пристроїв, пред'являються і інші вимоги. Умовно їх можна розділити на експлуатаційні і економічні вимоги.

До експлуатаційних вимог слід віднести ряд чинників, облік яких при проектуванні створює сприятливі умови для обслуговуючого персоналу в процесі тривалої експлуатації освітлювальної установки. Цими чинниками є:

доступ до освітлювальних приладів. Він не повинен залежати від технології роботи станції, від зайнятості шляхів рухомим складом, від наявності напруги в контактній мережі. Доступ повинен бути простим, тобто без вживання спеціальних переносних або пересувних засобів;

безпека експлуатаційного обслуговування освітлювальної установки. Вона передбачає наявність на опорних конструкціях стаціонарних пристроїв для безпечного доступу до освітлювальних приладів (сходів, майданчиків з огорожами, проходів з настилами, поручнів). Іншою вимогою безпеки є неможливість отримання електричних, механічних і інших травм;

надійність освітлювальної установки повинна забезпечуватися регулярним відновленням її властивостей, тобто очищенням забруднених і заміною освітлювальних приладів, що вийшли з ладу, джерел світла (ламп). До експлуатаційних відносять також і вимоги по створенню достатніх умов бачення при аварійному або спеціальному припиненні роботи освітлювальної установки, а також вимоги до схем і пристроїв управління освітленням і до розміщення пунктів управління;

зручність чищення освітлювальних приладів і заміни ламп.

Облік економічних вимог передбачає визначення первинних капітальних витрат на будівництво освітлювальної установки і витрат на експлуатацію її. Порівняння конкурентноздатних варіантів конструкцій освітлювальних установок, що забезпечують все світлотехнічні і експлуатаційні вимоги, повинне проводитися по найменшому терміну окупності.

Основні вимоги до освітлення реалізуються в нормах проектування освітлювальних установок, які періодично переглядаються і удосконалюються. В даний час діє декілька документів, що регламентують норми проектування освітлення.

Ці документи розроблені на базі обліку основних властивостей людського зору і вимог до освітлювальних установок. Із-за труднощів, що виникають при розрахунку і вимірюванні яскравостей, необхідну видимість об'єктів спостереження нормують зазвичай через освітленість певних поверхонь. Но-

рми, що діють, тому, як правило, регламентують освітленість (а не яскравість), яка підбирається залежно від трьох чинників: розміру об'єкту розрізнення, контрасту його з фоном і коефіцієнта віддзеркалення фону. Конкретні об'єкти розрізнення в умовах станцій, тобто виробничі і робочі об'єкти, навколишнє оточення і предмети праці, майже завжди постійні і стандартні. Вони мають, як правило, одні і ті ж розміри, коефіцієнти віддзеркалення і контрасти. Тому для умов залізничного транспорту регламентується тільки освітленість. При цьому норми, що діють, встановлюють ще ряд додаткових чинників, при обліку яких зорові умови можна визнати задовільними. До цих якісних чинників освітлення відносяться: обмеження засліпленої, постійності освітленості і рівномірності її розподілу на площині і в часі, які регламентуються тими або іншими кількісними показниками. Спектральний склад світла встановлюється в нормах відповідними рекомендаціями типів вживаних джерел світла.

Зосередження основних вантажних і комерційних операцій на меншому числі проміжних станцій привело до виділення з їх числа так званих опорних проміжних станцій з великою місцевою роботою. Проміжні станції з малим об'ємом місцевої роботи наблизилися по своєму характеру до роз'їздів і обгінних пунктів, що знайшло своє віддзеркалення в нормах штучного освітлення, що діяли.

Тому освітлення проміжних станцій з малим об'ємом місцевої роботи виконується тими ж способами, які призначаються для роз'їздів і обгінних пунктів.

На роз'їздах і обгінних пунктах, крім головних шляхів, є, як правило, по два приємо-відправні колії. У горловині роз'їздів і обгінних пунктів виконуються роботи по поточному змісту стрілочних перекладів. На головних і приємо-відправних коліях можуть виконуватися операції по посадці і висадці пасажирів.

На роз'їздах і обгінних пунктах в межах путнього розвитку нормується найменша горизонтальна освітленість 1 лк. На ділянках з тягою тепловоза

доцільним способом освітлення таких роздільних пунктів є установка консольних світильників, наприклад, типу Рку01-125 або підвісних типу СПП-200М на опорах ВЛ 1 кВ, розміщених на брівці земляного полотна з габаритом 3,1 м від осі крайнього шляху з боку будівлі роз'їзду або обгінного пункту.

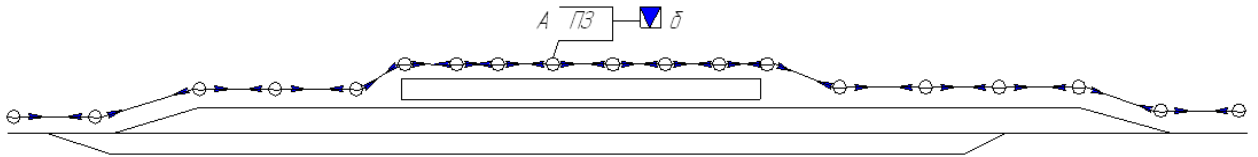


Рис. 4.1. Схема освітлення роз'їзду, розташованого на не електрифікованій ділянці

У районах стрілочної горловини опори зі світильниками слід розміщувати в безпосередній близькості від перекладних механізмів стрілочних перекладів з тим, щоб останні були розташовані в зонах максимальної освітленості. Для цього опори зі світильниками повинні встановлюватися на відстані 8—10 м від центрів стрілочних перекладів, координати яких указуються на планах путнього розвитку станцій.

На ділянках електрифікованих залізниць для підвіски світильників слід використовувати консольні опори контактної мережі і опори жорсткої поперечини з розміщенням між опорами контактної мережі додаткових опор ВЛ 1 кВ зі світильниками.

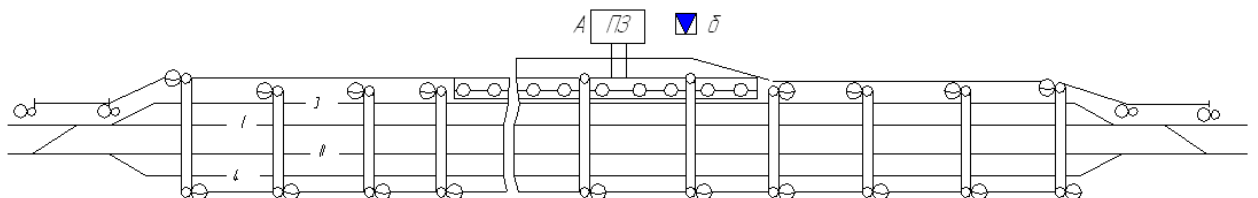


Рис. 4.2. Схема освітлення обгінного пункту, розташованого на електрифікованій ділянці

Для освітлення опорних проміжних станцій може бути застосований один з наступних способів залежно від видів тяги поїздів і перспективи електрифікації на лініях з тягою тепловоза.

На ділянках з електротягою у всіх випадках, коли це можливо, слід застосовувати суміщену жорстку поперечину для підвіски контактної мережі і установки освітлювальних приладів.

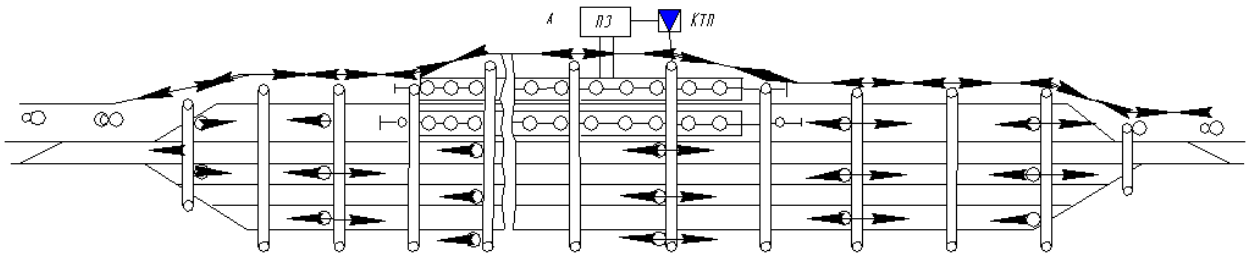


Рис.4.3. Схема освітлення проміжної станції, розташованої на електрифікованій ділянці

На станціях не електрифікованих залізниць, якщо в перспективі намічається перекид на електротягу, застосування цього способу освітлення виявляється також економічно доцільним. У цих випадках розробці проекту освітлення повинна передувати розробка розділу контактної мережі, на підставі якої визначаються місця установки і тип жорсткої поперечини з урахуванням подальшої підвіски контактної мережі. У проекті освітлення використовуються лише ті конструкції, які необхідні для забезпечення найменшої нормованої освітленості.

Освітлення проміжних станцій на ділянках електрифікованих доріг, де контактна мережа підвішена на гнучкій поперечині або на жорсткій поперечині, не призначеній для використання як конструкції освітлювальних установок, може бути виконано одним з наступних способів.

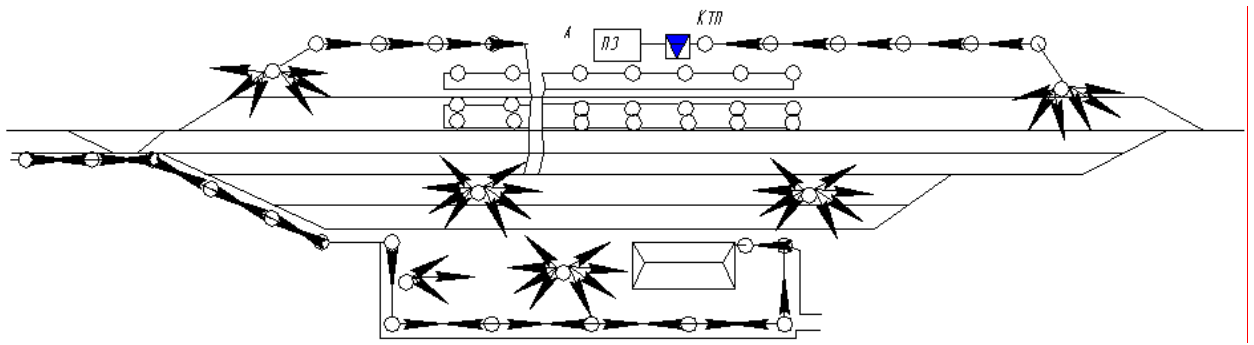


Рис. 4.4. Схема освітлення проміжної станції, розташованої на не електрифікованій ділянці

Якщо довжина гнучкої поперечини не перевищує максимальної довжини типового ригеля жорсткої поперечини, як конструкції для установки освітлювальних приладів доцільно використовувати ригелі жорсткої поперечини, яка встановлюється на металеві опори гнучкої поперечини контактної мережі. У цих умовах освітлювальні прилади розташовуються на висоті близько 17 м над рівнем землі або головки рейки. Залежно від прийнятого типу прожектора для освітлення може бути використана тільки кожна третя або друга гнучка поперечина контактної мережі. Остаточне рішення, у тому числі і вибір освітлювального приладу, повинні ухвалюватися

Якщо установка ригелів жорсткої поперечини на металеві опори гнучкої поперечини по яких-небудь причинах виявиться неможливою або небажаною, для освітлення путнього розвитку парків опорних проміжних станцій слід використовувати прожекторні щогли заввишки 24—28 м переважно залізобетонні. Цей спосіб освітлення слід застосовувати також у випадку, якщо контактна мережа існуючої станції підвішена на жорсткій поперечині, не призначеній для установки освітлювальних приладів, оскільки устаткування їх настилем для проходу і огорожами поручнів в умовах експлуатації практично виключено.

ВИСНОВКИ

Одними з найважливіших факторів, які необхідно враховувати в умовах ринкових відносин є фактори, що торкаються інтересів вантажовласників. До них відносяться: витрати на утримання та технічне оснащення навантажувально-розвантажувальних фронтів, витрати на зберігання запасів та інші. При формуванні взаємовідносин між залізницями і промисловими підприємствами необхідно впроваджувати системний підхід (наскрізний Єдиний технологічний процес роботи), який буде враховувати інтереси вантажовідправників та вантажоодержувачів за умови отримання максимального прибутку залізницями, що може бути забезпечено через удосконалення АРМ оперативного персоналу і потребує розробки відповідних моделей.

Отже, при розробці моделей технології роботи під'їзних колій промислових підприємств і станцій примикання дуже важливо системно розглядати поставлені задачі і враховувати попит, пропозицію і транспортування вантажу з метою одержання прибутків.

Крім цього, у роботі удосконалено технологію роботи під'їзних колій промислових підприємств і станцій примикання на основі раціонального використання рухомого складу шляхом розробки комплексу моделей, який дозволяє скоротити час знаходження вагонів на технологічних операціях і, як наслідок, прискорити обіг вантажного вагона через оптимізацію організаційних питань, питань раціонального технічного оснащення і кількості технічних засобів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Концепция реструктуризации на железнодорожном транспорте Украины // Магістраль.-1997.-№5.-Январь.
2. Правила перевезень вантажів залізничним транспортом України. Частина. 1. Розділ 12 – Правила експлуатації залізничних під'їзних колій. - Київ: Мінтрансв'язку України , Укрзалізниця. - 2004 р.
3. Про затвердження ставок плати за користування вагонами і контейнерами залізниць. -Київ: Мінтранс України. Наказ № 53 від 02.02.99.
4. Про затвердження Правил технічної експлуатації міжгалузевого промислового залізничного транспорту України. -Київ: Мінтранс України. Наказ № 654 від 27.11.2000.
5. Рекомендации по разработке Единых технологических процессов работы подъездных путей и станций примыкания. – М: МПС РФ, 1999.
6. Паристый И. Л. Совершенствование технологии работы московской дороги в условиях проведения экономических реформ. // В сб. Маркетинг и коммерческая деятельность. Железнодорожный транспорт. Вып. 1. ЦНИИТЭИ, 1997 г.
7. Ліщук А.І. Роль промислового виробництва в розвитку транспорту // Економіка промисловості України: Зб. наук. пр. – К.: РВПС України НАН України. - 2002. – С. 236-241.
8. Бутько Т.В., Лаврухін О. В. Модель поїздоутворення на основі ситуаційної системи прийняття рішення // Східно-Європейський журнал передових технологій 2004.-3 [9].-С. 30-33.
9. Долгополов П. В. Удосконалення місцевої роботи залізничного вузла на основі поширених мереж Петрі // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті.-2004.-№1.-С. 51-54.
10. Бутько Т.В., Огар О. М., Топчієв м. П. Дослідження впливу конструктивних параметрів поздовжнього профілю насувної частини гірок на

витрати палива при розформуванні составів // Зб. наук. праць, УкрДазт, 2003.-Вип. 53.- С. 13-19.

11.Резер С.М. Комплексное управление перевозочным процессом в транспортных узлах. М.: Транспорт, 1982.- 160 с.

12.Смехов А. А. Маркетинговые модели транспортного рынка.-М.: Транспорт, 1998.- 120 с.

13.Андрианов В. И., Трофимов С. В. Сущность проблемы взаимодействия производства и промышленного транспорта. Вестник ВНИИЖТ, 2003.- № 3.

14.Аветикян А. А., Соловьева Н. П. Маркетинг и его роль в организации перевозочного процесса// Ж.-д. трансп. 1992. №8. - С. 72-78.

15.Алексеев А. В. Обоснование интервалов зачисления и норм времени нахождения вагонов на грузовых фронтах с учетом условий обслуживания подъездных путей// Збірник наукових праць КУЕТТ. 2002. Том 6. - С. 66-69.

16.Галабурда В. Г. Оптимальное планирование перевозок и маркетинг// Ж. -д. транспорт. 1991. №8. - С. 60-63.

17.Акоф Р., Сасиени М. Основы исследования операций. Пер. с англ. и пред. Алтаева Р. А. Под ред. Ушакова И. А.. М. 1971.

18.Акулиничев В. М., Бодюл В. И. и Казюлин Г. Е. Определение межоперационных простоев вагонов на сортировочных станциях// Науч. труд./МИИТ. 1974. Вып. 379. - С. 3-73.

19.Ульяненко Н. В. Аналитический расчет элементов процесса накопления и отправления передаточных поездов на подъездной путь промышленного предприятия// Труды МИИТа.- 1978. Вып. 595. С. 48-70.

20.Сапежинский Ф. Н., Губайдулин А. К. Определение остатков вагонов на путях станции примыкания и ППЖТ// Труды МИИТа.- 1983. Вып. 734. С. 108-111.

21. Интенсификация работы предприятий промышленного железнодорожного транспорта: Межв. сб. науч. тр./ Под ред. В. Ф. Яковлева.–Л.: ЛИИЖТ, 1988.–99 с.

22. Михайлов Г. И., Еловой И. А., Шульженко М. С. Организация грузовой и коммерческой работы станций и подъездных путей: Гомель; БелИИЖТ, 1984.–47с.