

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний
(повне найменування факультету)

«Транспортні технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

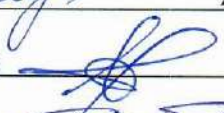
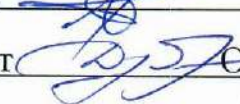
магістра
(ступінь вищої освіти)

на тему ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ТРАНСПОРТНОГО
ОБСЛУГОВУВАННЯ ПУНКТІВ НАВАНТАЖЕННЯ МЕТАЛОПРОКАТУ
НА ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»

Виконала: студентка II курсу, групи T-822м

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

Освітня програма (спеціалізація)
275.02 «Транспортні технології
(на залізничному транспорті)»

		Анастасія ОЛЕШКО (прізвище та ініціали)
Керівник		Сергій ТУРПАК (прізвище та ініціали)
Рецензент		Ольга ДУДАРЕНКО (прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет _____ Транспортний _____
Кафедра _____ «Транспортні технології» _____
Ступінь вищої освіти _____ магістр _____
Спеціальність _____ 275 «Транспортні технології (за видами)» _____
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) 275.02 «Транспортні технології (на _____
залізничному транспорті)» _____
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«Транспортні технології»

Сергій ТУРПАК

«01» листопада 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

ОЛЕШКО Анастасії Сергіївни

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Дослідження системи транспортного обслуговування пунктів навантаження металопрокату на ПАТ «Запоріжсталь»

керівник проєкту (роботи) д.т.н., проф. ТУРПАК Сергій Миколайович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «21» листопада 2023 року №451

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 15 грудня 2023 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) існуючі обсяги перевезень металопродукції, існуюча транспортна система підприємства

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина, 1.1 Особливості формування транспортної системи комбінату «Запоріжсталь», 1.2 Виробничі процеси, які впливають на організацію обслуговування пунктів навантаження металопродукції, 1.3 Характеристика інфраструктури досліджуваної транспортної системи, 2. Основна частина, 2.1 Дослідження якості обслуговування фронтів навантаження металопрокату, 2.2 Статистичний аналіз ймовірнісної величини кількості нераціонально використаних вагонів, 2.3 Розробка імітаційної моделі обслуговування цехів відвантаження металопрокату, 3 Економічна частина, 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів)

Презентація магістерської роботи

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	ТУРПАК С.М., зав. каф.		
2	ТУРПАК С.М., зав. каф.		
3	ХАРЧЕНКО Т.В., старш. викл.		
4	ЛАЗУТКІН М.І., доцент		

7. Дата видачі завдання «01» листопада 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

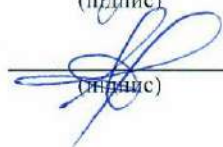
№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналітична частина	30.10.2023-06.11.2023	
2	Основна частина	07.11.2023-20.11.2023	
3	Економічна частина	21.11.2023-27.11.2023	
4	Охорона праці	28.11.2023-01.12.2023	
5	Оформлення МР, перевірка МР на плагіат, отримання зовнішніх рецензій, захист магістерських робіт	01.12.2023-25.01.2024	

Студент(ка)


(підпис)

Анастасія ОЛЕШКО
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

Сергій ТУРПАК
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ : 93 с., 46 рис., 8 табл., 18 джерел.

ПУНКТ НАВАНТАЖЕННЯ, МЕТАЛОПРОКАТ, ЗАЛІЗНИЦЯ, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ

Об'єкт дослідження – транспортно-виробнича обслуговування пунктів навантаження на прикладі ПАТ «Запоріжсталь» в умовах коливань обсягів перевезень через воєнний стан у країні.

Мета роботи – визначення найбільш ефективного варіанту транспортного обслуговування пунктів навантаження металопрокату металургійного підприємства.

Методи дослідження – аналітичний та статистичний аналіз, імітаційне моделювання.

В магістерській роботі проаналізований процес транспортного обслуговування пунктів навантаження металопрокату підприємства «Запоріжсталь» в умовах в умовах коливань обсягів перевезень через воєнний стан у країні. Визначено найбільш економічний варіант організації робіт завдяки визначенню параметрів управління порожніми вагонопотоками.

ЗМІСТ

	с.
Завдання на проєкт	2
Реферат.....	4
Зміст	5
Вступ	7
1 Аналітична частина	8
1.1 Особливості формування транспортної системи комбінату «Запоріжсталь»	8
1.2 Виробничі процеси, які впливають на організацію обслуговування пунктів навантаження металопродукції	13
1.3 Характеристика інфраструктури досліджуваної транспортної системи	22
1.4 Постановка завдань магістерської роботи	26
2 Основна частина	28
2.1 Дослідження якості обслуговування фронтів навантаження металопрокату	28
2.2 Статистичний аналіз ймовірнісної величини кількості нераціонально використаних вагонів	33
2.3 Розробка імітаційної моделі обслуговування цехів відвантаження металопрокату	37
2.4 Експерименти на моделі	61
3 Економічна частина	64
3.1 Вихідні дані для розрахунків	64
3.2 План виконання розрахунків	66
3.3 Розрахунки за першим варіантом	67
3.4 Розрахунки за другим варіантом	68
3.5 Розрахунки за третім варіантом	68

3.6 Розрахунки за четвертим варіантом	69
3.7 Розрахунки за п'ятим варіантом	69
3.8 Розрахунки за шостим варіантом	70
3.9 Розрахунки за сьомим варіантом	71
3.10 Розрахунки за восьмим варіантом	71
3.11 Розрахунки за дев'ятим варіантом	72
3.12 Підсумки економічного аналізу	72
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	75
4.1 Аналіз потенційних небезпек	75
4.2 Заходи безпеки в надзвичайних ситуаціях	76
4.3 Заходи з пожежної безпеки	77
Висновки	78
Перелік посилань	80
ДОДАТОК А. АНАЛІЗ ДОДАТКОВИХ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК	83
ДОДАТОК Б. ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ	85
ДОДАТОК В. ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ ВИРОБНИЧОЇ САНІТАРІЇ ТА ГІГІЄНИ ПРАЦІ	87

ВСТУП

Умови воєнного стану в нашій країні обумовлюють певну нестабільність на підприємствах, особливо, які знаходяться неподалік зони військових дій.

Одним з таких підприємств є комбінат «Запоріжсталь», розташований у місті «Запоріжжя». Орієнтуючись на планові довоєнні обсяги виробництва та їх коливання у воєнний період в роботі поставлена задача проаналізувати різні варіанти обслуговування пунктів навантаження при збуті продукції залізницею.

Одним із перспективних шляхів розв'язання даної задачі є метод імітаційного моделювання, тож саме на нього більшою мірою будемо спиратись при проведенні досліджень.

Частка параметрів носять стохастичний характер та потребують відповідного статистичного аналізу для врахування в моделі.

Крім того, необхідно врахувати усі транспортно-виробничі особливості, які впливають на досліджуваний процес обслуговування пунктів навантаження.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Особливості формування транспортної системи комбінату «Запоріжсталь»

Історія «Запоріжсталі» бере відлік з 1929 року [1], на той час для створення подібних підприємств залучались висококваліфіковані європейські фахівці. Місце для майбутнього флагману української металургії обрано не випадково.

Якщо розглянути карту розміщення корисних копалин нашої країни [2], зрозуміло, що найпотужніші запаси залізорудної руди розташовані на заході, вугілля – на сході, вапняку для флюсування – на півдні. Всі ці копалини розташовані на невеликій відстані від сучасного підприємства і на сьогоднішній день (рисунок 1.1).

Вони є основою доменного виробництва:

- залізорудна сировина містить залізо, для відокремлення якого потрібні певні хімічні процеси;
- вугілля є вихідним матеріалом для виготовлення коксу та інших процесів (зокрема, спікання агломерату), що дозволяє здійснити процес плавки та відновлення заліза з рудних матеріалів;
- вапняки використовуються, головним чином, задля прибирання шкідливих домішок (наприклад, сірки).

Крім того, Запоріжжя розташоване на берегах річки Дніпро, є повна доступність до багатих водних ресурсів, крім того на ті часи гідроелектростанція була важливим фактором розвитку.

Створюються також умови для забезпечення логістики збуту готової продукції по обидві сторони від р. Дніпро та можливість використання водних шляхів (зараз – при післявоєнному відновленні) до Чорного моря та далі морськими шляхами у будь-яку країну світу [3,4].

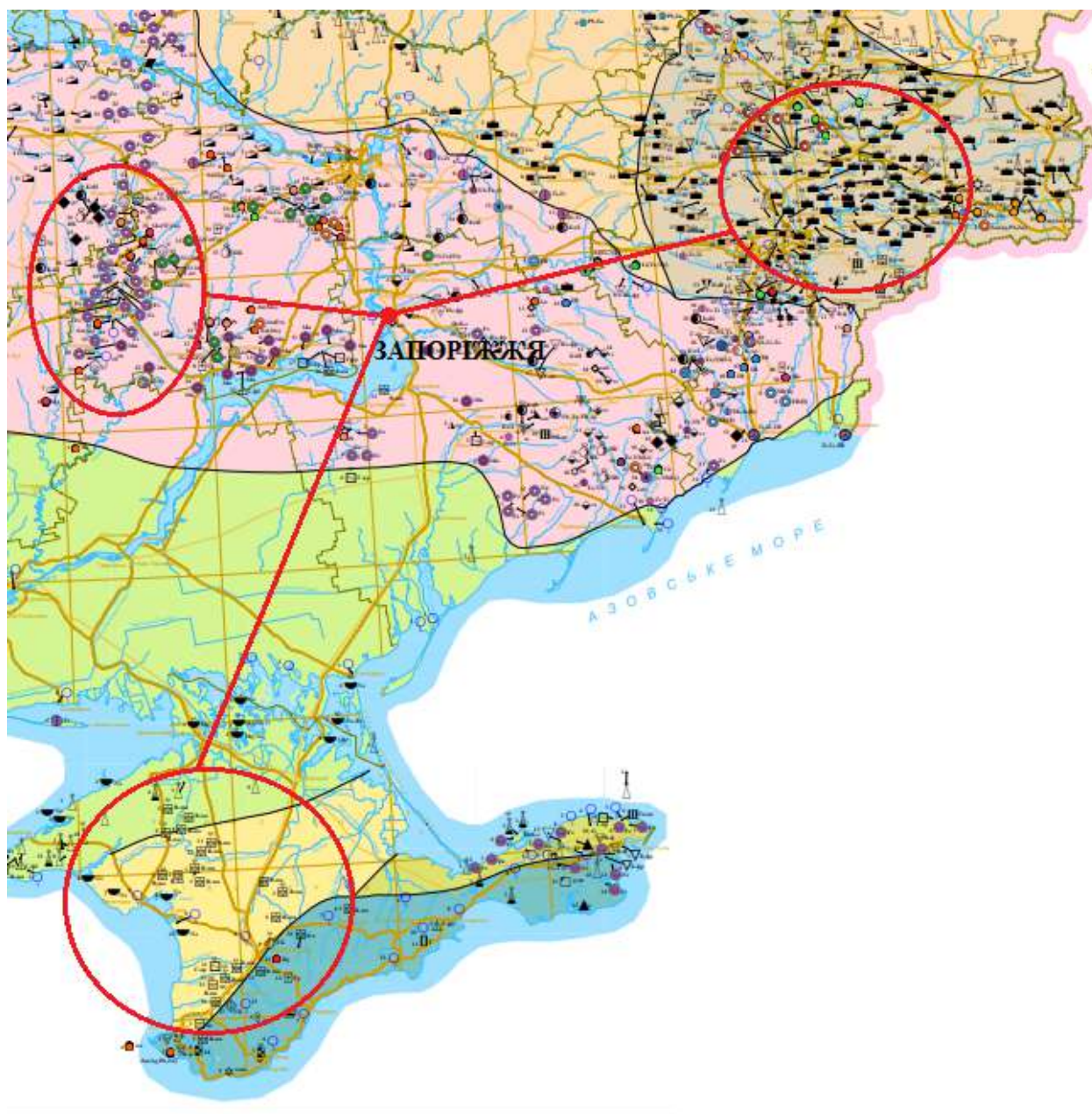


Рисунок 1.1 – Фрагмент карти корисних копалин України

Згідно структури колійного розвитку, очевидно, що це кільцева схема обслуговування металургійного підприємства (на території нашої країни використовуються також тупикові схеми, коли рух сировини здійснюється умовно у прямому, а готової продукції – у зворотному напрямку; лінійні схеми – коли сировина надходить з одного напрямку, а вихід металопродукції здійснюється з іншого).

Кільцева схема організації транспортних зв'язків між станціями показана на рисунку 1.2.

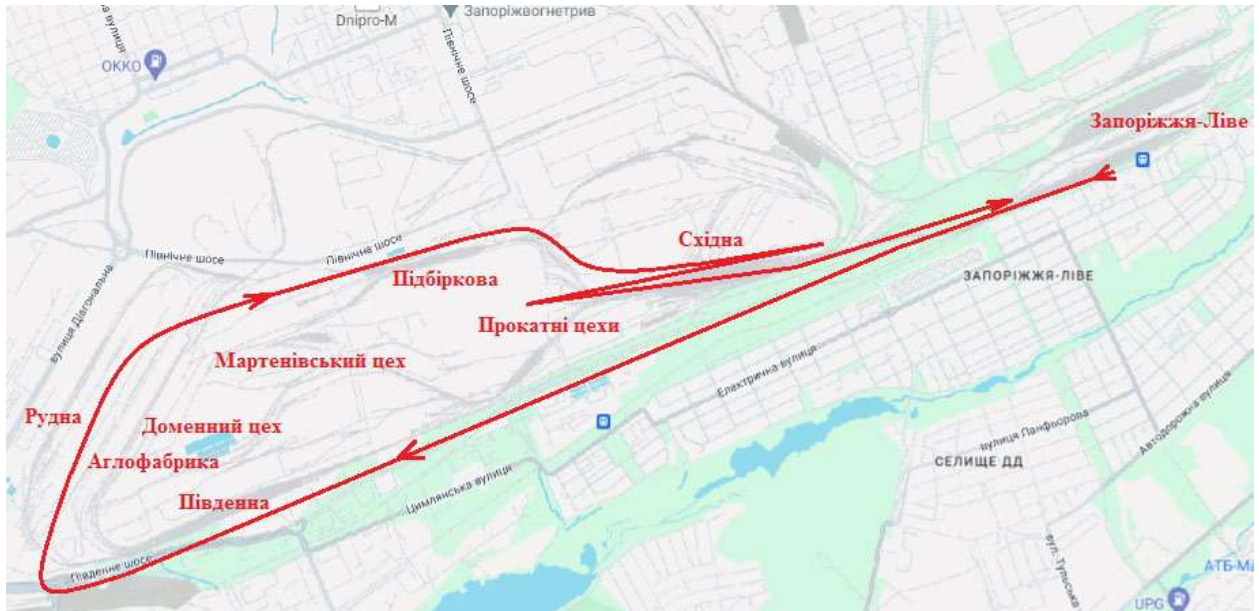


Рисунок 1.2 – Кільцева схема організації транспортних зв'язків між станціями

Тривала еволюція розвитку залізничного транспорту підприємства призвела до використання її схеми колійного розвитку за «тупиковим» сценарієм. Це аж ніяк не є негативним показником та має певне логічне підґрунтя.

Об'єктивними та найбільш важливими причинами є (дивись рисунок 1.3):

- достатньо значне навантаження на станцію Підбіркову зустрічних кільцевому руху вантажів-розвантажених вагонів потоків зі станції Шихта (металобрухт до мартенівського цеху);
- безпекові умови транспортного процесу передбачають прив'язку локомотивів до певних районів. Так, локомотиви, що обслуговують станції Південну, Аглофабрику та Рудну, закріплені за Південним районом, до складу якого входять усі ці станції. Так

локомотиво-складацькі бригади надійно адаптуються до певних транспортно-виробничих умов.

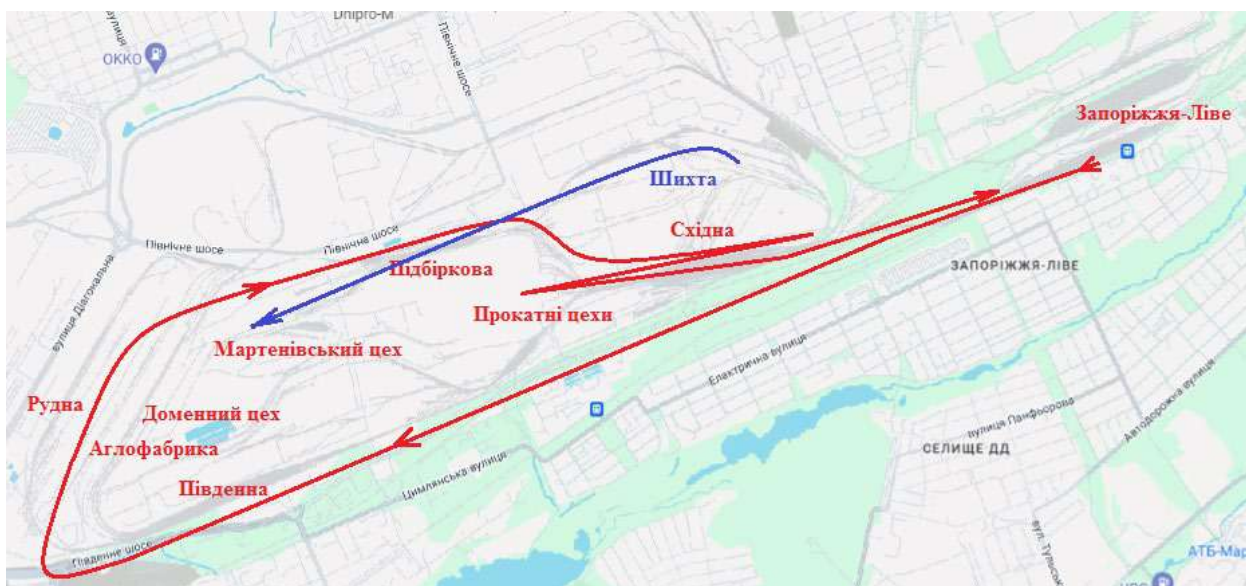


Рисунок 1.3 – Наявність зустрічних потоків

Тож обслуговування здійснюється за фактично тупиковою схемою – рисунок 1.4.

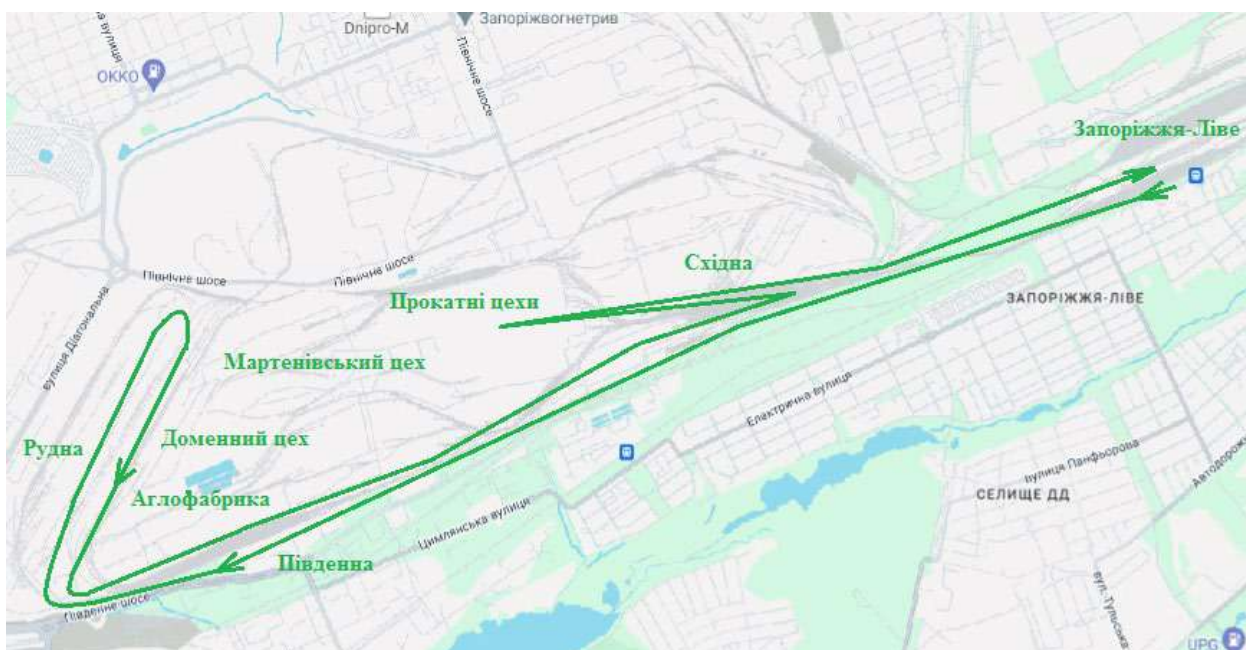


Рисунок 1.4 – Існуюча схема транспортного обслуговування

За цією схемою більш раціонально використовується потужна станція Південна. Станція Підбіркова є затислою в середині підприємства та не мала можливості розвитку на відміну від Південної, яка розташована на краю підприємства.

Крім того, на сьогоднішній день є можливість використання додаткового «прямого» перегону до станції Південна, який раніше використовувався підприємством «Запоріжжкокс», яке відтепер разом із Запоріжсталлю входить до групи Метінвест (рисунок 1.5).

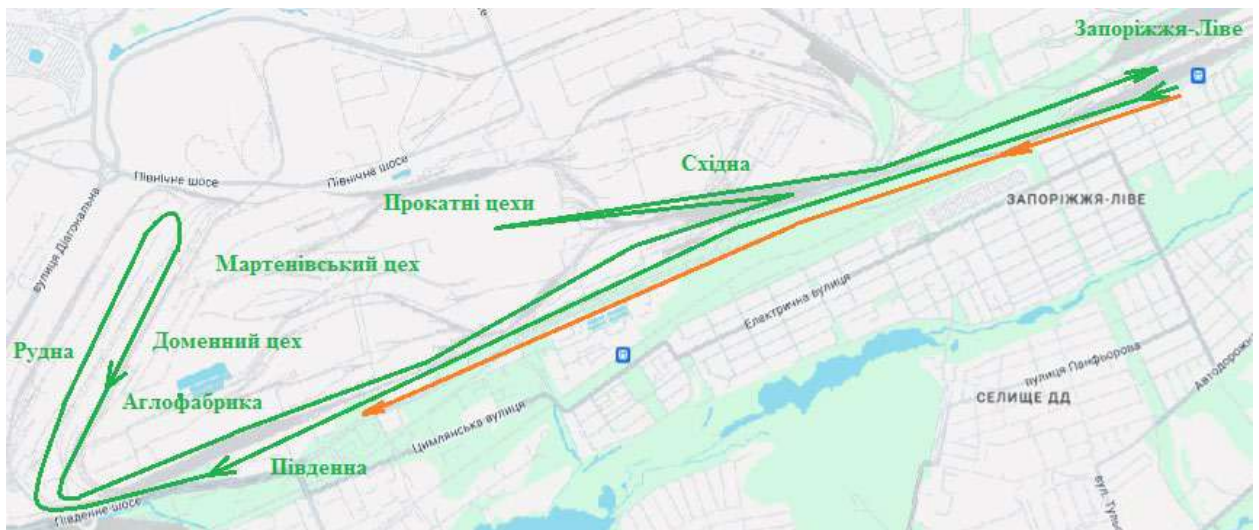


Рисунок 1.5 – Схема можливого розвитку транспортних потоків до станції Південна

Зараз основний обсяг сировини надходить до чотирьох доменних печей, три з яких (окрім п'ятої) працюють зараз не зважаючи на складні умови воєнного стану.

З березня 2022 року підприємство було фактично зупиненим – знаходилося у стані гарячої консервації. Але поступово його робота відновлюється [5].

1.2 Виробничі процеси, які впливають на організацію обслуговування пунктів навантаження металопродукції

Сировина для основного виробництва, відповідно до виконаного аналізу, спрямовується у найвіддаленішу від станції примикання частину підприємства. Саме там починається процес складування переважної більшості сировини на рудному дворі.

Надалі виконуються такі виробничі процеси:

- розвантаження вагонів на рудному дворі з саморозвантажувальних транспортних засобів, найчастіше – хоперів та універсальних напіввагонів на вагоноперекидачеві;
- формування штабелів шихти рудними кранами;
- подавання конвеєрами шихти із штабелів до аглофабрики;
- виробництво агломерату аглофабрикою;
- завантаження до доменних печей агломерату та інших матеріалів;
- виплавляння чавуну у доменних печах;
- доставка чавуну у ковшах до мартенівського цеху;
- розливання чавуну по складах виливниць (рисунок 1.6).



Рисунок 1.6 – Розливання чавуну по складах виливниць

Сучасні технології передбачають розлив сталі з наповненням виливниць знизу, задля зменшення рівня їх браку через нерівномірне заповнення.

Після цього виконується охолодження виливниць та роздягання злитків – рисунок 1.7



Рисунок 1.7 - Охолодження виливниць та роздягання злитків

Охолоджені злитки, з яких зняті виливниці, на залізничних складах доставляються до обтискного цеху.

Там відбувається переміщення злитків кліщовими захоплювачами мостових кранів до нагрівальних колодязів (рисунок 1.8).



Рисунок 1.8 – Переміщення злитків кліщовими захоплювачами мостових кранів до нагрівальних колодязів

Температура злитків відповідає червоному спектру світла, а після нагрівання вони стають світло-жовтими – рисунок 1.9.

За такої температури злитки є набагато пластичними.

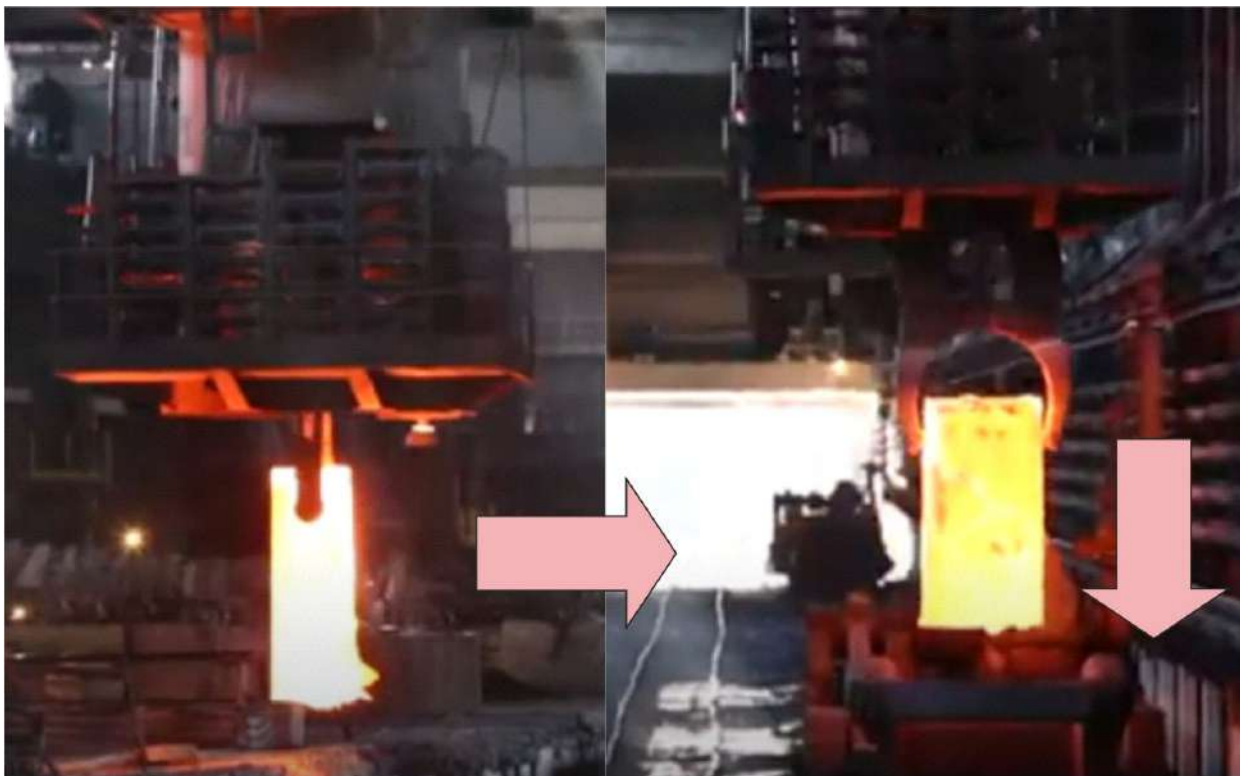


Рисунок 1.9 – Переміщення злитків до агрегатів обтискного цеху

Злитки по рейках доставляються до пресу – рисунок 1.10.



Рисунок 1.10 – Доставка злитків по рейках

Злитки переводяться кантувальним устроєм з вертикального у горизонтальне положення – рисунок 1.11.

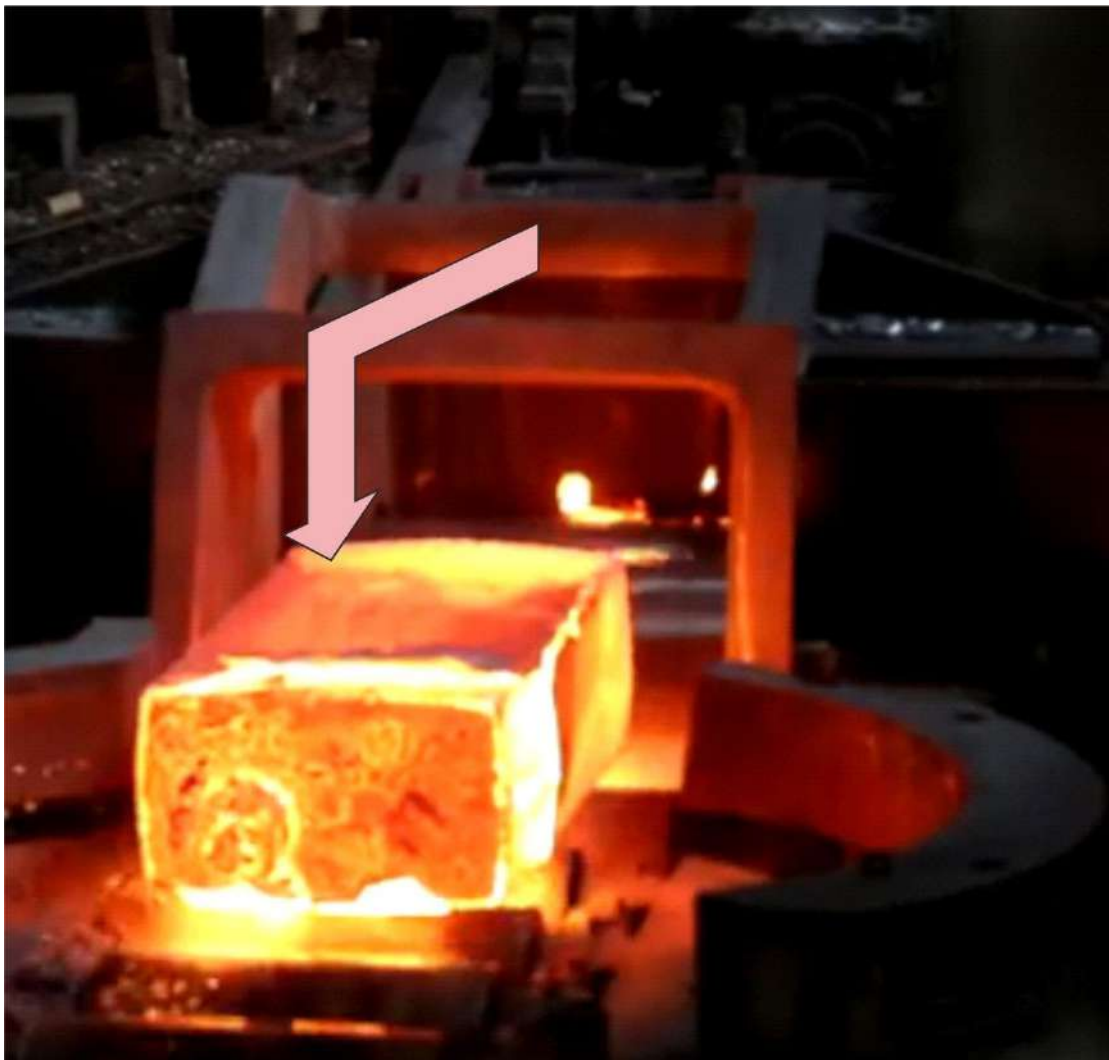


Рисунок 1.11 – Переведення злитків з вертикального у горизонтальне положення

Після цього відбувається обробка обтискними пристроями, які стискають злиток зверху та з боків, внаслідок чого утворюється сляб – більш широкий та довгий із набагато меншою у порівнянні з вихідним злитком товщиною брусок металу – рисунок 1.12.

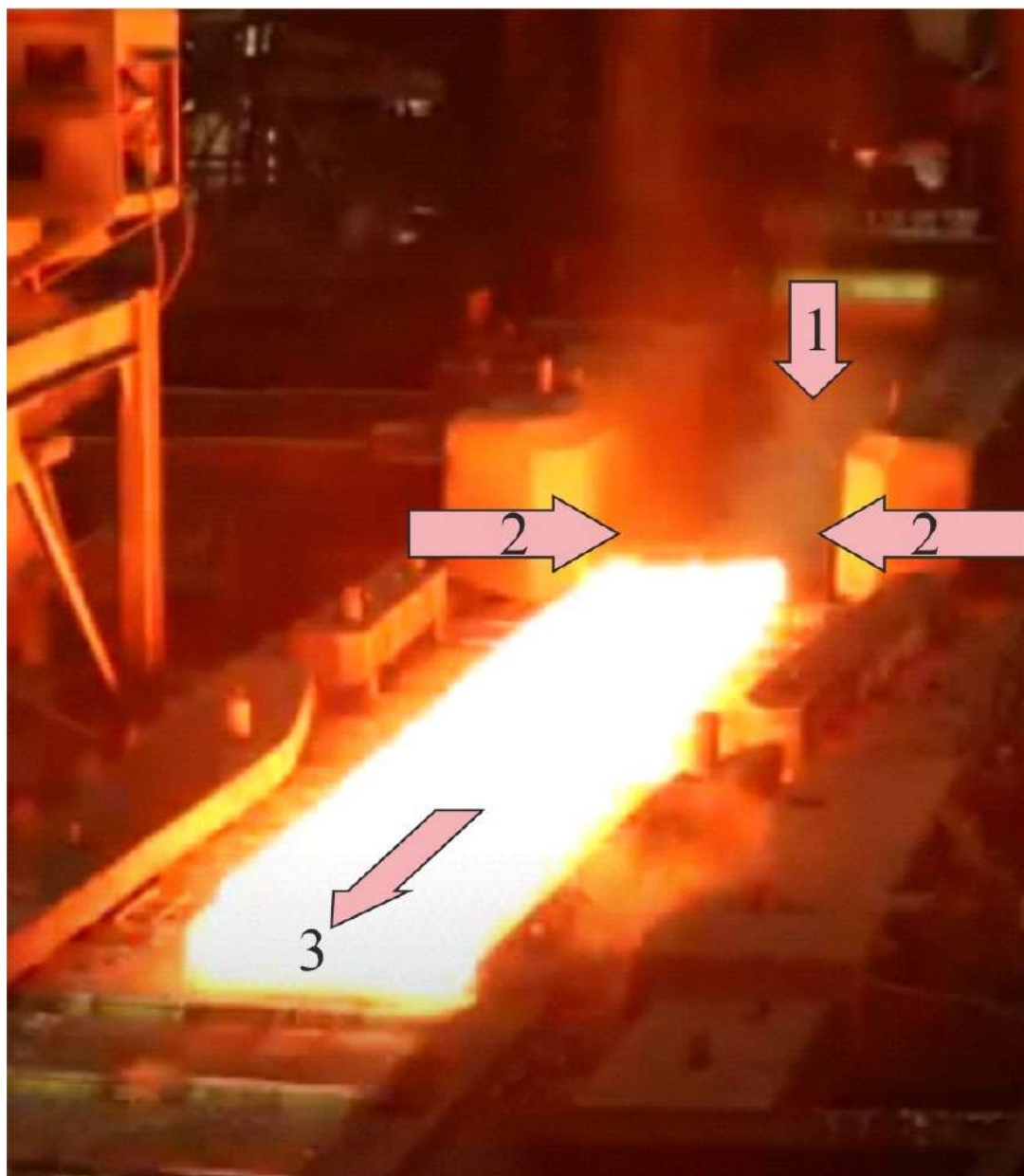


Рисунок 1.12 – Процес формування слябу

Надалі від слябу від'єднуються торцові частки нерівної форми та він проходить через послідовно розташовані вали, які поступово зменшують його товщину, утворюючи на виході стрічку металопрокату, яка згортається у рулони, які переводяться у положення «на торець» – рисунок 1.13.



Рисунок 1.13 – Формування рулону гарячекатаного металопрокату

Подальші процеси, якщо цього потребує споживач, спрямовані на очищення поверхні металу від окалини та покращення її структури у цеху холодної прокатки.

Вихідний продукт цього цеху вже потребує високоякісного пакування та розміщується на закритих складах у вигляді рулонів – рисунок 1.14 або пачок – рисунок 1.15.



Рисунок 1.14 – Розміщення на складі прокату у рулонах



Рисунок 1.15 – Розміщення на складі прокату у пачках

Для переміщення продукції використовуються спеціалізовані вантажозаплювальні пристрої, наприклад, скоби – для рулонів – рисунок 1.16.



Рисунок 1.16 – Спеціалізовані вантажозаплювальні пристрої для переміщення рулонів прокату

Рулони, розміщені на піддонах у рухомому залізничному складі, перевозяться до споживачів або портів, звідки вони доставляються морським або річковим транспортом. Також для перевезень використовується вантажний автомобільний транспорт, переважно, на невеликих відстанях доставки [6].

1.3 Характеристика інфраструктури досліджуваної транспортної системи

До об'єктів інфраструктури, які входять до досліджуваної системи обслуговування прокатних цехів входять наступні (за порядком знаходження в ланцюгу проходження вагонів):

- перегін станції Запоріжжя-Ліве з парку «А» до станції Східна Запоріжсталі;
- «транзитні» колії 19 та 20 станції Східна, по яких состави з масовими вантажами проходять до станції Південна;
- колії 10-12, 8 станції Південна де здійснюються приймальні операції із завантаженими вагонами та відправні – із порожніми;
- основні розвантажувальні колії 4 парку «Бункери» станції Аглофабрика та колія 3 вагоноперекидача станції Рудна і 4-та колія станції Рудна – накопичення порожніх составів;
- приймальні колії 17,18 станції Східна;
- сортувальні колії 12, 14, 15, 16 гіркового парку станції Східна, де формуються состави з порожніх вагонів (12 – непридатні до навантаження, 14-16 – придатні для навантаження);
- колії навантаження прокатних цехів;
- колії формування составів із вантажами 10, 11, 13 на станції Східна для відправлення на Запоріжжя-Ліве.

В даній роботі прийняті деякі обмеження системи, яка розглядається через її значні розміри та складність для дослідження. Вагони із вантажами, які надходять з парку «Б» станції Запоріжжя-Ліве [7], після розвантаження вважаються такими, що використовуються для навантаження на малоінтенсивних, не основних, вантажних фронтах. Ці процеси не розглядаються в роботі.

У таблиці 1.1 наведено характеристики колій, використання яких досліджується в роботі [7,8,9].

Таблиця 1.1 – Характеристики колій, використання яких досліджується в роботі

Розташування	Назва або номер колії	Функція	Місткість, ваг.	Довжина для колій, м; час руху для перегонів
Станція Запоріжжя-Ліве – станція Східна	Перегін парк «А» - Східна	Пропуск поїздів із вантажами на ст. Східна	-	22 хв.
Станція Східна	19	Пропуск поїздів із вантажами на станцію Південна	63	958 м
	20		64	962 м
Східна-Південна	Перегін Східна-Південна		-	15 хв.
Станція Південна	8	Приймальні операції із завантаженими вагонами у прямому, та з порожніми – у зворотному	56	860 м
	10		54	783 м
	11		53	772 м
	12		53	779 м

Продовження таблиці 1.1

Розташування	Назва або номер колії	Функція	Місткість, ваг.	Довжина для колій, м; час руху для перегонів
Південна-Аглофабрика	перегін Південна-Аглофабрика	Пропуск поїздів до фронтів вивантаження	-	7
Станція Аглофабрика	4П	Розвантаження	45	720 м
Південна-Рудна	перегін Південна-Рудна	Пропуск поїздів до фронтів вивантаження	-	8
Станція Рудна	3	Розвантаження	43	649 м
	4	Накопичення	61	915 м
Станція Східна паркові колії	17	Підготовка до сортування на гірці	30	456 м
	18		30	462 м
	12	сортувальна для непридатних для навантаження вагонів	41	622 м
	14	сортувальні для придатних для навантаження вагонів	40	600 м
	15		40	600 м
	16		33	500 м

Кінець таблиці 1.1

Розташування	Назва або номер колії	Функція	Місткість, ваг.	Довжина для колій, м; час руху для перегонів
Цех гарячої прокатки тонкого листа	17	Навантаження вагонів	12	190 м
	18		12	184 м
	19		16	243 м
	20		12	182 м
	21		20	300 м
Цех холодної прокатки №1	27	Навантаження вагонів	22	330 м
	28		5	80 м
	29		10	150 м
	30		5	77 м
	30а		4	65 м
	31		26	390 м
Станція Східна паркові колії	10	Формування маршрутних составів з	48	721 м
	11	готовою продукцією	45	687 м
	13	Формування збірних составів	42	643 м

1.4 Постановка завдань магістерської роботи

В ході виконання даної частини проаналізовано процеси просування транспортних засобів і продукції відповідно до логістичних ланцюгів та технології виробництва.

Встановлено головні особливості:

- співпадіння вхідного вагонопотоку та вантажопотоку до моменту закінчення вивантаження на вантажних фронтах доменного цеху;
- відокремлення порожнього вагонопотоку магістральних вагонів (який рухається за зворотним напрямком) від напрямку просування готової продукції у вигляді чавуну-сталі-злитків-слябів-прокату, якій є паралельним;
- значна частка порожніх вагонів не використовується для навантаження прокату (це пов'язано з конструктивними особливостями певного типу рухомого складу, зокрема, спеціалізованих вагонів-хоперів);
- невелика частка вагонів, які подаються до прокатних цехів, не використовуються для навантаження (причинами є неспівпадіння окремих параметрів вагонів та продукції та складністю сортування вагонів при наявності значної кількості умов, поставлених цехом-відправником, споживачем та оператором, якому належить певний вагонний парк).

Пропонується:

- розробити імітаційну модель, яка враховує усі вищевказані особливості обслуговування пунктів навантаження;
- виконати експерименти із різними параметрами, а саме:
 - відсотка відбирання порожніх вагонів для передавання залізниці зі станції Південна без переробки на Східній;

- різною інтенсивністю надходження вантажів, а, відповідно, і вагонів, що є характерним для сучасних нестабільних умов виробництва та збуту продукції.

Наступний економічний аналіз дозволить визначити найбільш ефективний варіант організації обслуговування пунктів навантаження прокату.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Дослідження якості обслуговування фронтів навантаження металопрокату

За даними минулих періодів роботи підприємства у довоєнний час була проаналізована інформація щодо вагонів, які подавались на fronti навантаження, але були вивезені звідти порожніми.

Це обумовлено невідповідністю вагону вимогам, яких потребує продукція та її споживач (пункт призначення).

Обмеження можуть бути обумовлені як технічним станом вагону (рівнем зношення гребня колісної пари, наприклад) так і комерційним (зношеність розвантажувальних люків, які не витримують концентроване навантаження від металопрокату). Також, вагон може належати оператору, договірні відносини з яким не передбачають навантаження у певних напрямках, або використання багатооборотних засобів кріплення.

У таблиці 2.1 представлений фрагмент даних з 15 спостережень щодо якості обслуговування фронтів навантаження.

Таблиця 2.1 – Фрагмент даних щодо якості обслуговування фронтів навантаження металопрокату

№ спостереження	Дата, час постановки вагону на фронт навантаження	Дата, час прибирання вагону з фронту у порожньому стані
1	15.07 16:30	16.07 0:00
2	15.07 2:05	15.07 7:00
3	15.07 16:30	16.07 0:00

Кінець таблиці 2.1

№ спостереження	Дата, час постановки вагону на фронт навантаження	Дата, час прибирання вагону з фронту у порожньому стані
4	15.07 16:30	16.07 0:00
5	15.07 15:00	15.07 21:00
6	15.07 21:55	16.07 16:30
7	16.07 5:40	16.07 18:50
8	17.07 23:25	18.07 7:15
9	18.07 15:45	18.07 17:15
10	18.07 15:45	18.07 17:15
11	19.07 7:55	19.07 19:00
12	19.07 12:20	19.07 21:45
13	20.07 19:10	21.07 5:00
14	20.07 19:10	21.07 5:00
15	20.07 19:10	21.07 5:00

В даній таблиці наведена інформація щодо вагонів, які, через різні обставини, були подані, але не навантажені цехом-відправником.

Сформована у даний спосіб інформація була оброблена в наступний спосіб:

- створена зведена таблиця даних кількості вагонів, не навантажених по днях досліджуваного періоду;
- створена зведена таблиця даних часу використання вагонів, не навантажених по днях досліджуваного періоду.

Отримані дані представлені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Зведена інформація по незавантажених вагонах

Дата	Час затримки	Кількість вагонів	Кількість груп вагонів
10.07	6,42	2	1
11.07	65,67	6	2
12.07	9,17	1	1
13.07	42,25	2	1
14.07	47,59	5	2
15.07	52	6	2
16.07	13,17	1	1
17.07	7,83	1	1
18.07	3	2	1
19.07	20,5	2	1
20.07	68,81	7	3
21.07	18,67	1	1
23.07	12,92	1	1
24.07	8,33	1	1
25.07	34,5	4	2
26.07	13,84	2	1
27.07	48,99	5	2
28.07	22,59	3	1
29.07	11,33	1	1
30.07	84,83	8	4

Продовження таблиці 2.2.

Дата	Час затримки	Кількість вагонів	Кількість груп вагонів
31.07	62,4	7	3
1.08	6,24	3	1
2.08	23,67	3	1
3.08	44,5	3	2
7.08	29,01	3	1
9.08	36	3	1
10.08	20,17	2	1
11.08	27,66	2	1
12.08	38,25	3	1
13.08	31,5	2	1
15.08	12,67	1	1
17.08	18,58	2	1
18.08	23,92	2	1
20.08	32,5	3	1
21.08	16,08	2	1
22.08	9,33	1	1
24.08	7,38	1	1
25.08	31,33	3	1
26.08	26,67	1	1
28.08	7	1	1

Кінець таблиці 2.2.

Дата	Час затримки	Кількість вагонів	Кількість груп вагонів
30.08	43,5	2	1
31.08	21,09	4	2
1.09	11,5	2	1
5.09	17,16	2	1
9.09	42,42	3	1
13.09	8,92	1	1
14.09	12,25	2	1
15.09	7,67	1	1
17.09	19,92	3	1
18.09	16,42	1	1
19.09	13,25	2	1
21.09	54,09	2	1
22.09	9,5	1	1
24.09	29,92	3	1
25.09	38,84	3	1
30.09	68,41	6	3
Разом:	1512,13	147	72

Згідно отриманих даних, маємо такі показники:

- середньодобове непродуктивне збільшення часу використання вагонів:

$$1512,13 / 56 = 27,0 \text{ вагоно-годин};$$

- середньодобова кількість непродуктивно використаних вагонів:

$$147 / 56 = 2,63 \text{ од.};$$

- середньодобова кількість перевезених партій вагонів, які не були використані за призначенням:

$$72 / 56 = 1,3 \text{ партії};$$

- середня кількість вагонів у партії:

$$147 / 72 = 2 \text{ вагони.}$$

Перейдемо до статистичного аналізу ймовірнісної величини кількості нераціонально використаних вагонів.

2.2 Статистичний аналіз ймовірнісної величини кількості нераціонально використаних вагонів

Застосовуючи методику [10] обробляємо вибірку значень тривалості часу затримки вагонів через невідповідність вимогам навантаження у прокатних цехах:

6,42 ; 65,67 ; 9,17 ; 42,25 ; 47,59 ; 52 ; 13,17 ; 7,83 ; 3 ; 20,5 ; 68,81 ;
 18,67 ; 12,92 ; 8,33 ; 34,5 ; 13,84 ; 48,99 ; 22,59 ; 11,33 ; 84,83 ; 62,4 ; 6,24 ;
 23,67 ; 44,5 ; 29,01 ; 36 ; 20,17 ; 27,66 ; 38,25 ; 31,5 ; 12,67 ; 18,58 ; 23,92 ; 32,5 ;
 16,08 ; 9,33 ; 7,38 ; 31,33 ; 26,67 ; 7 ; 43,5 ; 21,09 ; 11,5 ; 17,16 ; 42,42 ; 8,92 ;
 12,25 ; 7,67 ; 19,92 ; 16,42 ; 13,25 ; 54,09 ; 9,5 ; 29,92 ; 38,84 ; 68,41.

Варіаційний ряд:

3 ; 6,24 ; 6,42 ; 7 ; 7,38 ; 7,67 ; 7,83 ; 8,33 ; 8,92 ; 9,17 ; 9,33 ; 9,5 ; 11,33 ;
 11,5 ; 12,25 ; 12,67 ; 12,92 ; 13,17 ; 13,25 ; 13,84 ; 16,08 ; 16,42 ; 17,16 ; 18,58 ;
 18,67 ; 19,92 ; 20,17 ; 20,5 ; 21,09 ; 22,59 ; 23,67 ; 23,92 ; 26,67 ; 27,66 ; 29,01 ;
 29,92 ; 31,33 ; 31,5 ; 32,5 ; 34,5 ; 36 ; 38,25 ; 38,84 ; 42,25 ; 42,42 ; 43,5 ; 44,5 ;
 47,59 ; 48,99 ; 52 ; 54,09 ; 62,4 ; 65,67 ; 68,41 ; 68,81 ; 84,83.

На рисунку 2.1 відображено результати статистичного аналізу значень тривалості часу затримки вагонів через невідповідність вимогам навантаження у прокатних цехах.

Емпіричні дані більшою мірою узгоджуються з експоненціальним законом випадкової величини.

Обробляємо вибірку значень кількості вагонів, які непродуктивно використовуються через невідповідність вимогам навантаження у прокатних цехах:

2 ; 6 ; 1 ; 2 ; 5 ; 6 ; 1 ; 1 ; 2 ; 2 ; 7 ; 1 ; 1 ; 1 ; 4 ; 2 ; 5 ; 3 ; 1 ; 8 ; 7 ; 3 ; 3 ; 3 ;
 3 ; 3 ; 2 ; 2 ; 3 ; 2 ; 1 ; 2 ; 2 ; 3 ; 2 ; 1 ; 1 ; 3 ; 1 ; 1 ; 2 ; 4 ; 2 ; 2 ; 3 ; 1 ; 2 ; 1 ; 3 ; 1 ;
 2 ; 2 ; 1 ; 3 ; 3 ; 6.

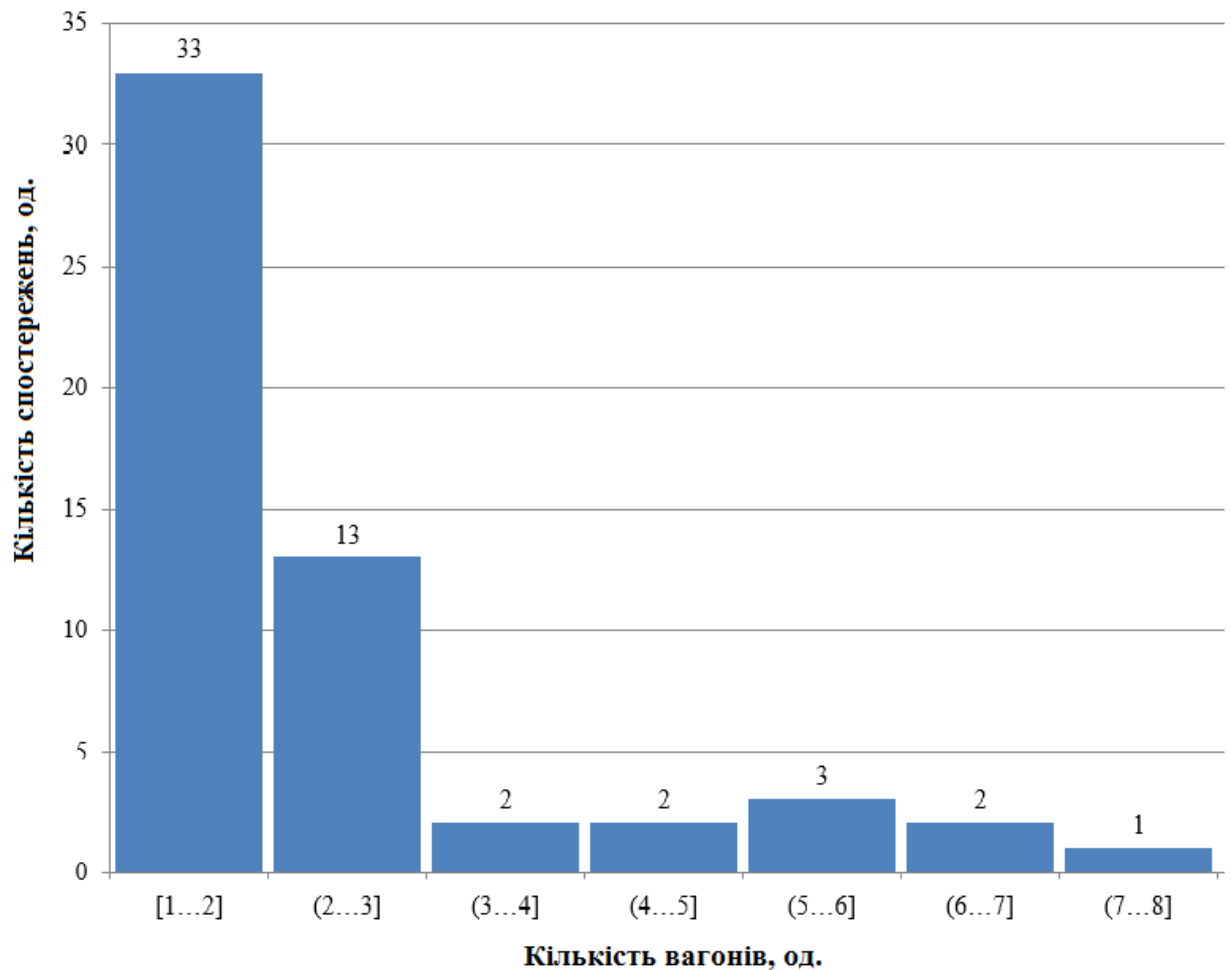


Рисунок 2.2 – Результати статистичного аналізу середньодобової кількості вагонів, які не знаходять використання у процесах навантаження

Так само, як при попередньому аналізі, дані якнайкраще узгоджуються із експоненціальним законом.

При середньодобовому навантаженні близько 200-250 вагонів, ймовірність не використання вагонів для навантаження становить, враховуючи середнє очікування 2,63 – 0,01.

Надалі переходимо до розробки імітаційної моделі обслуговування цехів відвантаження металопрокату [6], в якій ця ймовірність буде врахована.

2.3 Розробка імітаційної моделі обслуговування цехів відвантаження металопрокату

Вагони, які використовуються для навантаження металопрокату, згідно ЄТП, надходять у завантаженому стані (переважно, сировиною для доменного виробництва). На рисунку 2.3 показана початкова ланка моделі, яка розпочинається з джерела вагонів-замовлень For_Skhidna.

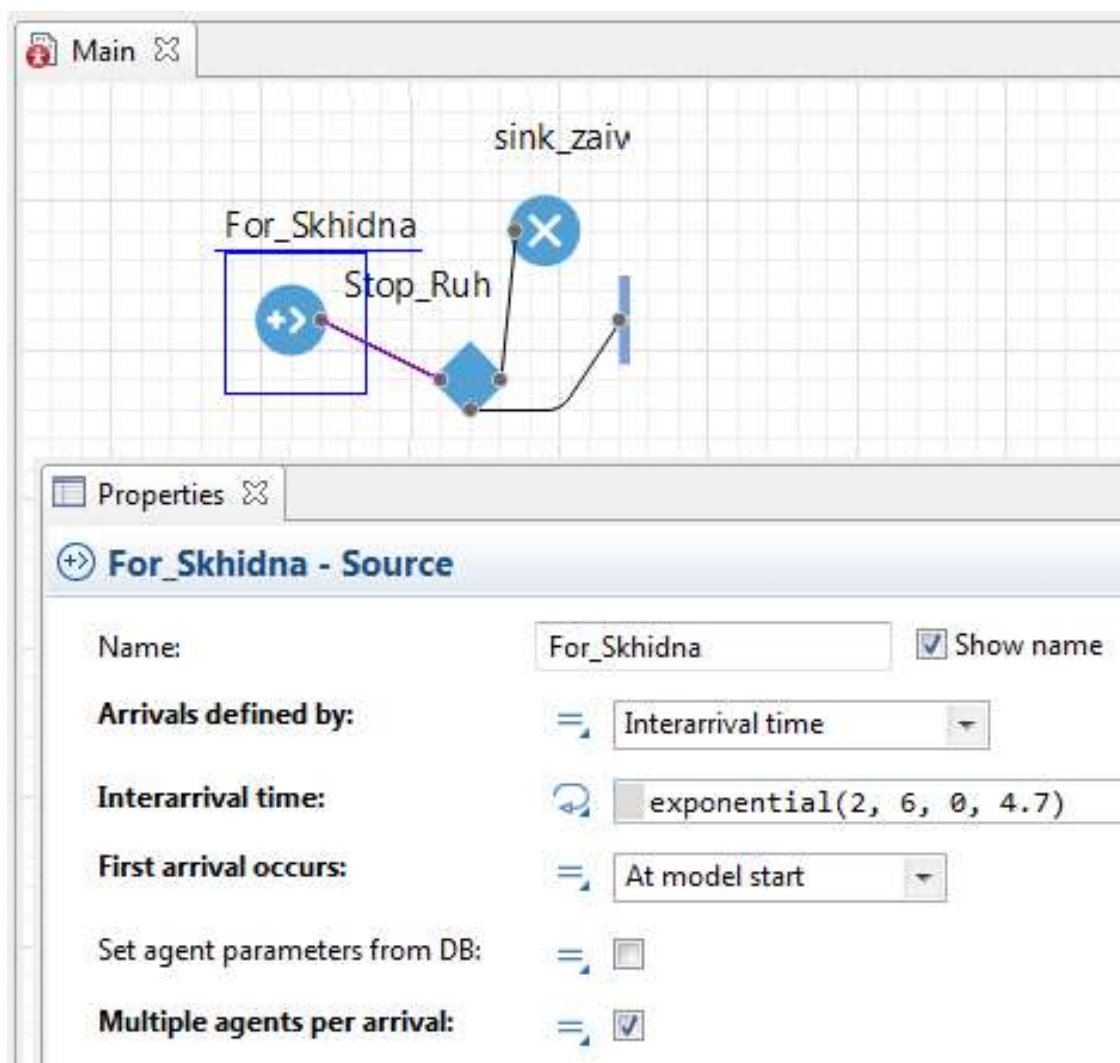


Рисунок 2.3 – Джерело замовлень For_Skhidna

Задання інтенсивності вхідного потоку реалізоване через інтервали часу надходження составів за експоненціальним розподілом [], як це визначено для металургійних підприємств, при цьому мінімальне значення обмежене технологічним часом передавання составів, середнє – відповідає плановому обсягу надходжень, максимальне – максимальному інтервалу прибуття за даними підприємства.

Елемент Stop_Ruh (рисунок 2.4) виконує наступні функції.

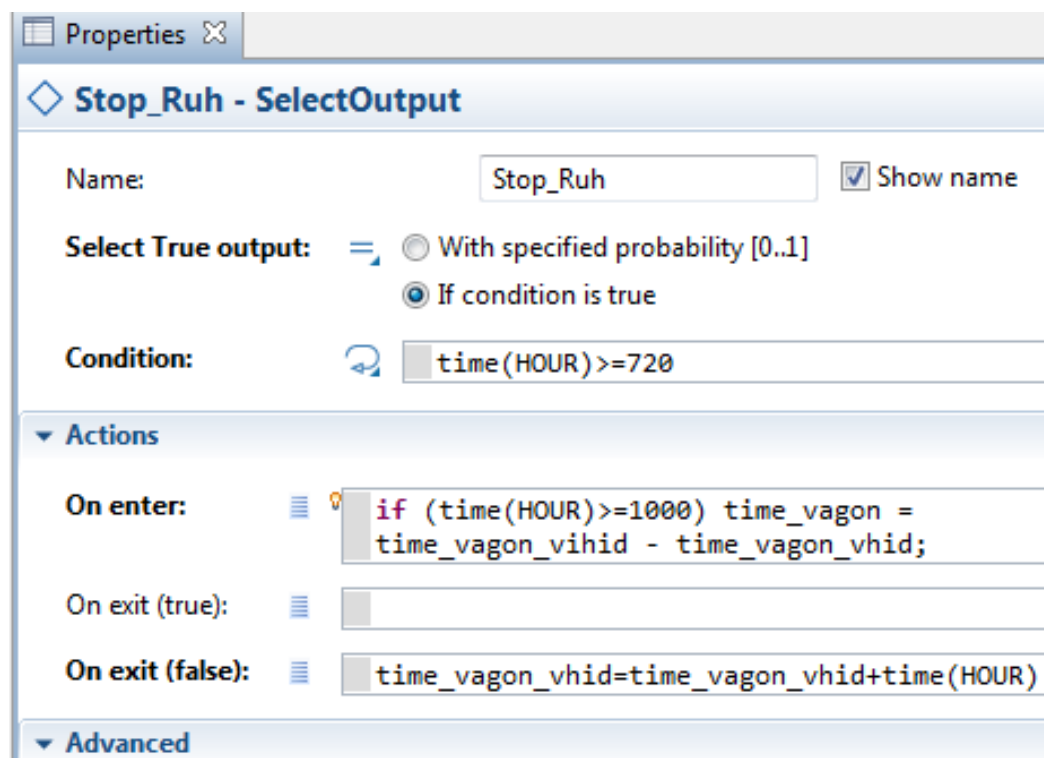


Рисунок 2.4 – Елемент Stop_Ruh

За умови $\text{time}(\text{HOUR}) \geq 720$, тобто після опрацювання періоду – один місяць (720 годин), замовлення покидають систему через стік замовлень `sink_zaiiv`. Після періоду, який перевищує це значення, розраховується значення часу використання вагонів `time_vagon` в досліджуваній системі:

if $(\text{time}(\text{HOUR}) \geq 1000)$ $\text{time_vagon} = \text{time_vagon_vihid} - \text{time_vagon_vhid};$

Значення часу входу замовлень `time_vagon_vhid` фіксується виразом:

`time_vagon_vhid=time_vagon_vhid+time(HOUR).`

Змінні в програмі використовуються:

- `time_vagon_vhid` – для фіксації часу входу вагонів у систему;
- `time_vagon_vihid` – для фіксації виходу вагонів з системи;
- `time_vagon` – для визначення часу знаходження вагонів у системі.

На рисунку 2.5 показані три наступних елементи.

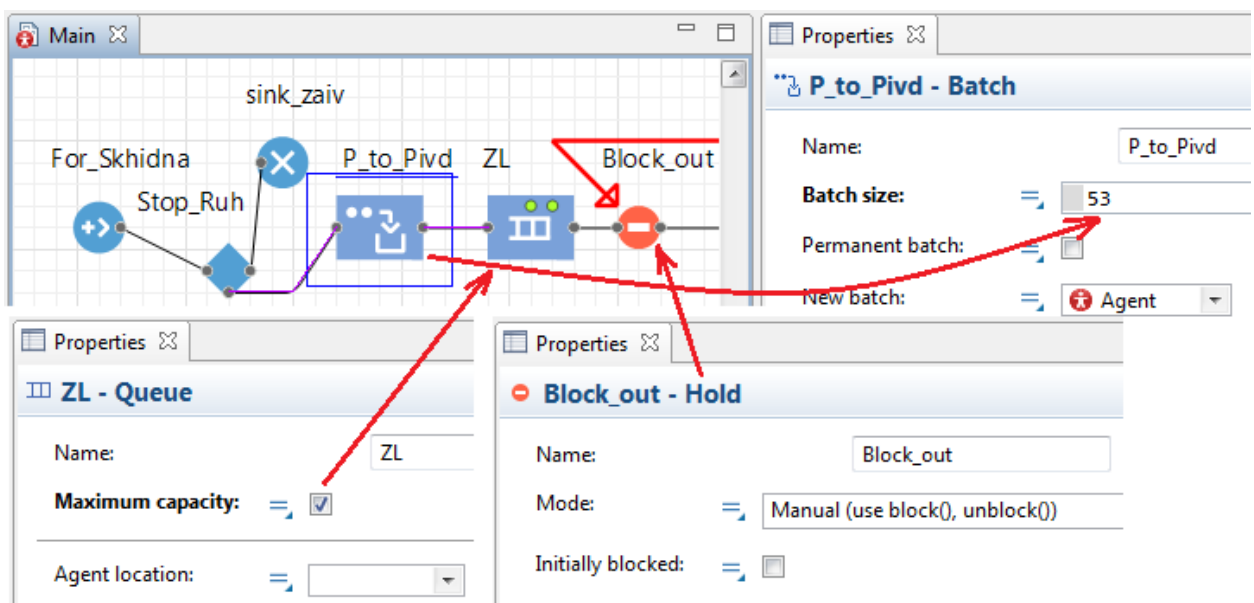


Рисунок 2.5 – Елемент групування `P_to_Pivd`, черга `ZL`
та блокатор `Block_out`

Групування вагонів здійснюється за нормативним значенням згідно ЄТП (обмеженим місткістю приймальних колій станції Південна) – 53 вагони у составі.

Розмір черги встановлюємо максимальним: «Maximum capacity» (див. рисунок 2.5).

Елемент Block_out призначений для блокування руху у випадку відправлення поїздів у зустрічному напрямку – з підприємства, що буде поясненим нижче.

Наступний елемент R_ZL імітує рух составу по перегону Запоріжжя-Ліве-Східна, тривалість якого становить 22 хвилини (рисунок 2.6).

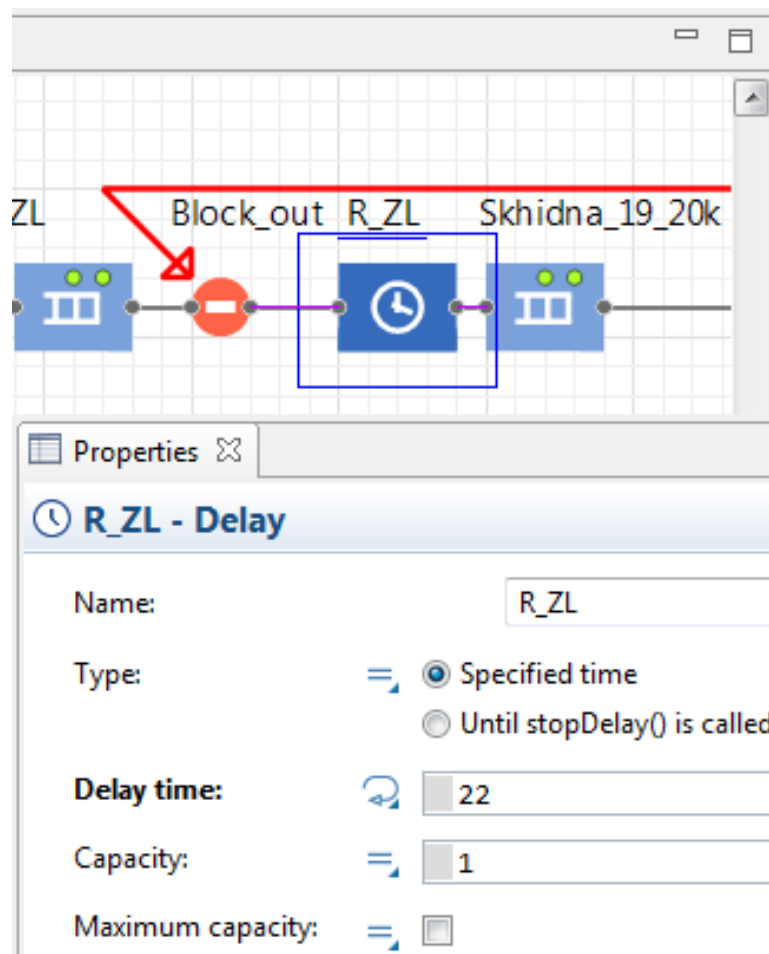


Рисунок 2.6 – Елемент R_ZL

Наступний елемент-черга Skhidna_19_20k має місткість 2 состави (колії №19 та 20 станції Східна).

Наступні елементи затримки Ruh_Skh_Pivd та розгруповання Rozform_Pivd представлені на рисунку 2.7.

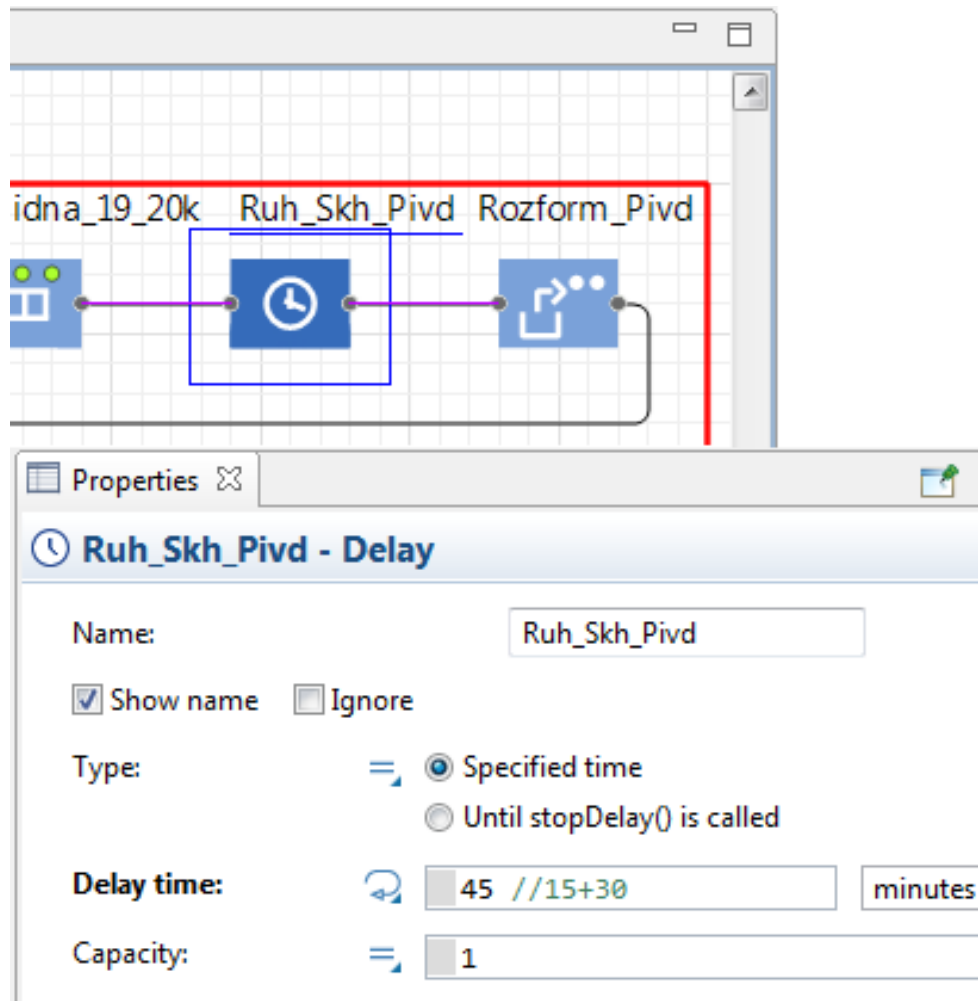


Рисунок 2.7 – Елементи затримки Ruh_Skh_Pivd та розгрупування Rozform_Pivd

Елементи затримки Ruh_Skh_Pivd імітує рух (15 хвилин) по перегону Східна-Рудна та час обробки составу з прибуття – 30 хвилин.

Розгруповані вагони зберігаються у черзі Pivdenna_park (імітує паркові колії станції Південна) до наступного розподілу до фронтів вивантаження рудного двору доменного цеху – парк «Бункери» або вагоноперекидач станції Рудна з заданою ймовірністю (елемент вибору напрямку руху Output_VP_or_B), що показано на рисунку 2.8.

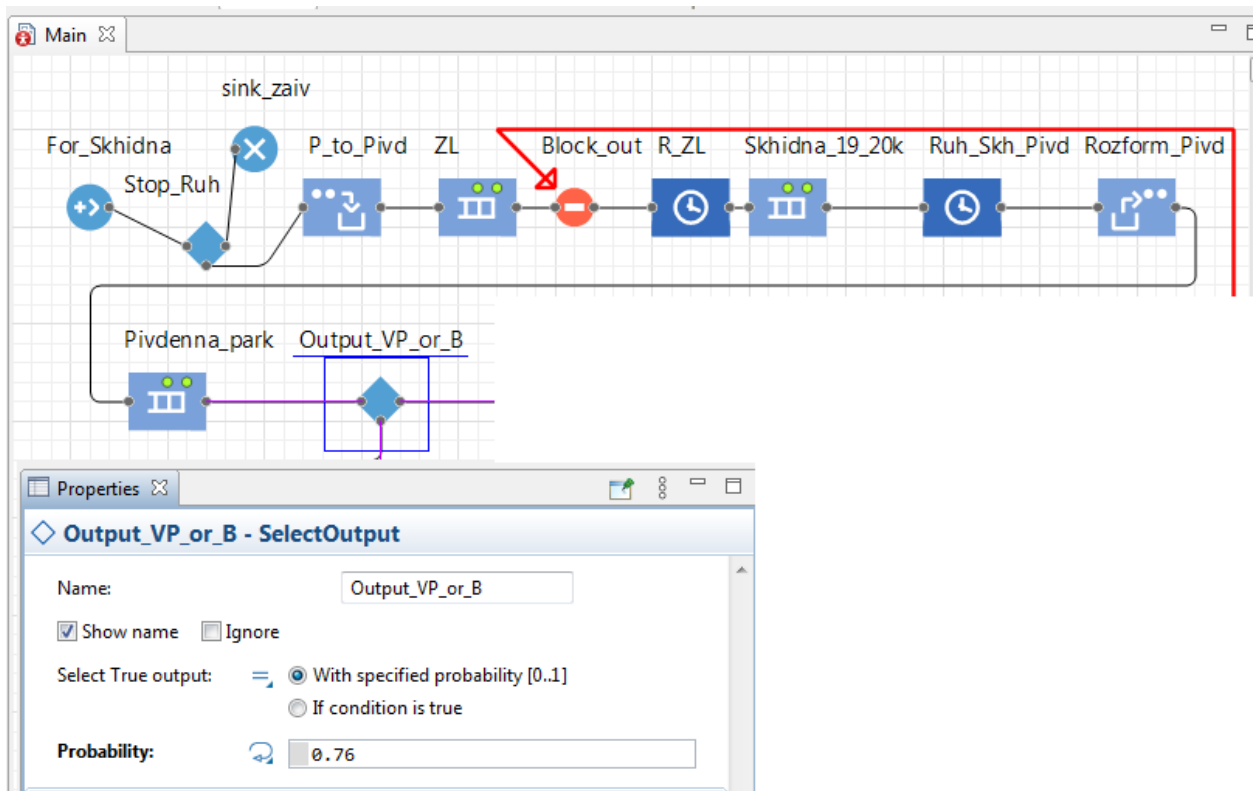


Рисунок 2.8 – Розподіл замовлень по фронтах вивантаження рудного двору

Спочатку розглянемо гілку руху замовлень по шляху імітації процесу розвантаження на бункерах доменного цеху (рисунок 2.9).

Елемент черга k_to_B імітує знаходження вагонів, готових до відправлення на станцію Аглофабрика. Блокатор B_viln зупиняє рух, якщо попередньо поданий состав очікує повернення на станцію Південна з бункерів після вивантаження.

За умови відсутності підстав для блокування, замовлення рухаються до елемента групування P_to_B (рисунок 2.10), розмір партії вагонів становить 9 одиниць (параметр Batch size = 9).

При виході замовлення з цього елемента здійснюється блокування цієї ланки ланцюга:

$B_viln.setBlocked(true);$

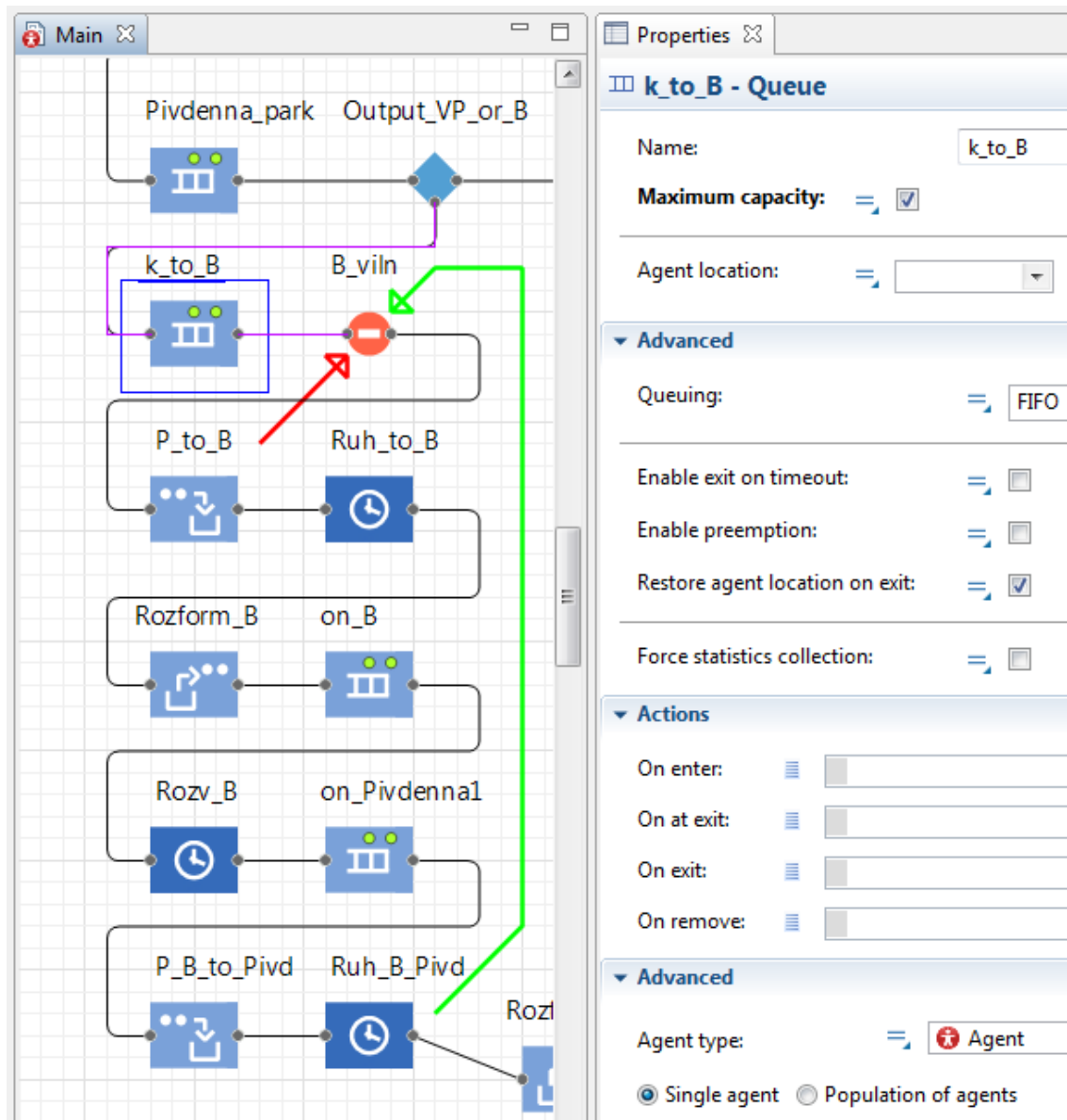


Рисунок 2.9 – Гілка руху замовлень по шляху імітації процесу розвантаження на бункерах доменного цеху

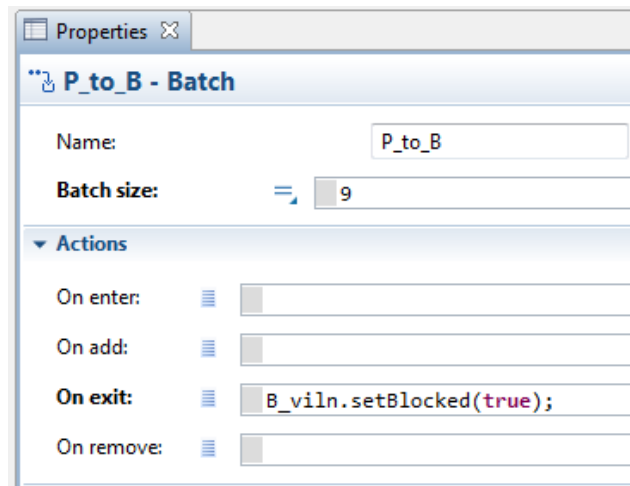


Рисунок 2.10 – Елемент групування P_to_B

Елемент затримки Ruh_to_B відправлення та доставку вагонів до місця вивантаження (рисунок 2.9).

Елемент Rozform_B типу UnBatch імітує розформування составу для його вивантаження елементом Rozv_B (рисунок 2.11) після проходження черги on_B (3 хвилини на вагон).

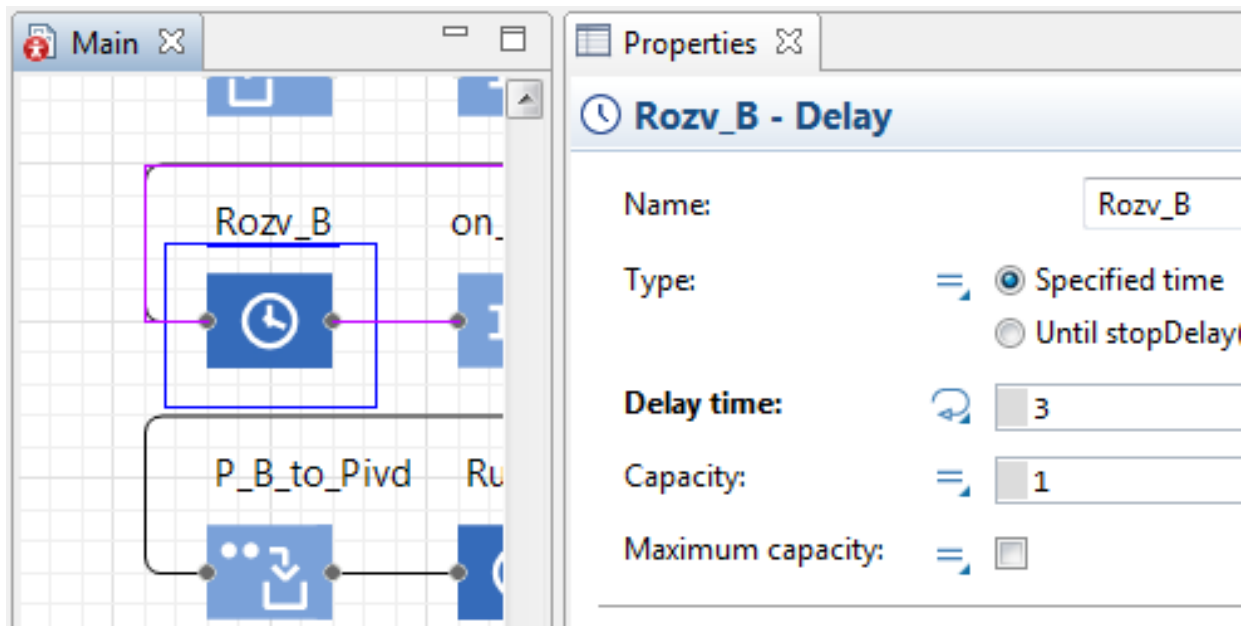


Рисунок 2.11 – Елементом Rozv_B

Надалі замовлення зустрічає на своєму шляху:

- чергу формування составу з розвантажених вагонів до станції Південна on_Pivdenna1;
- об'єкт формування та групування составу P_B_to_Pivd (9 вагонів);
- об'єкт імітації руху до станції Південна Ruh_B_Pivd, де саме (на момент завершення операції) передбачена умова розблокування наступної партії вагонів для вивантаження на даному фронті вивантаження (рисунок 2.12):

B_viln.setBlocked(false);

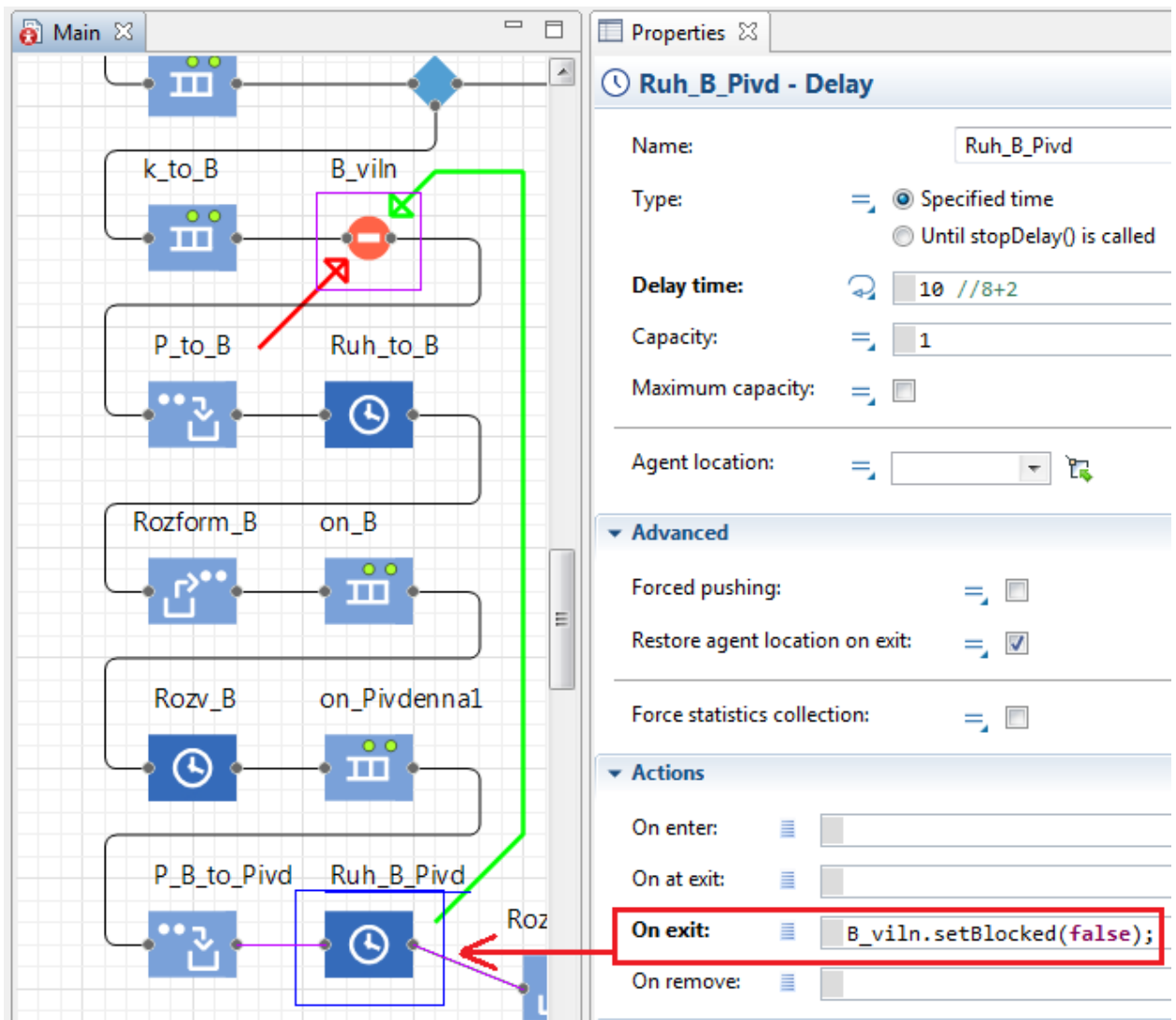


Рисунок 2.12 – Об’єкт імітації руху до станції Південна Ruh_B_Pivd

Розглянемо гілку проходження замовлень, яка імітує вивантаження на вагоноперекидачеві доменного цеху станції Рудна (рисунок 2.13).

Першим об’єктом є черга k_to_VP з встановленою максимальною місткістю, щоб уникнути помилок при роботі програми.

Надалі – аналогічний попередній гілці блокатор, що унеможливорює рух по перегону зустрічних составів VP_viln.

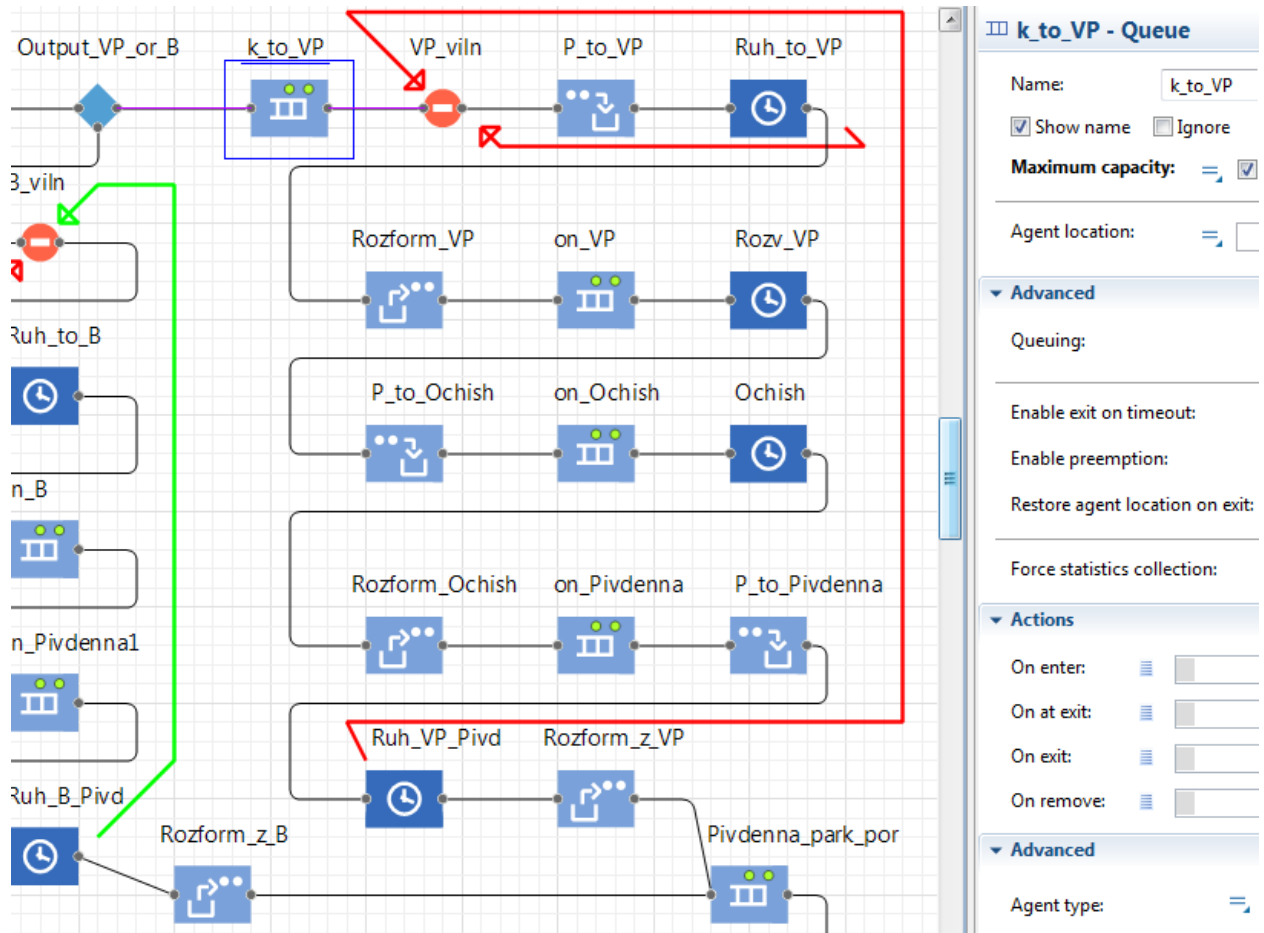


Рисунок 2.13 – Гілка проходження замовлень, яка імітує вивантаження на вагоноперекидачеві доменного цеху станції Рудна

Тривалість руху встановлює елемент `Ruh_to_VP`, розміщений після об'єкту групування вагонів у состав поїзду `P_to_VP` (його параметр «Batch size» дорівнює 15).

Надалі наступні елементи виконують такі дії:

- `Rozform_VP` – розгрупування;
- накопичення в черзі `on_VP` перед розвантаженням;
- затримка розвантаження об'єктом `Delay` – `Rozv_VP` (3 хвилини на вагон);
- вагони накопичуються у партію, визначену елементом `P_to_Ochish` – 7 вагонів;

- дана партія становиться у чергу on_Ochish для подальшого очищення вантажниками вручну;
- затримку встановленої тривалості ручного очищення визначає об'єкт Ochish – 20 хвилин на партію з 7 вагонів;
- ці партії знову розформовуються об'єктом розгруповування Rozform_Ochish;
- зберігаються у черзі on_Pivdenna;
- надалі виконується формування у состави для відправлення елементом Batch – P_to_Pivdenna.
- елемент Ruh_VP_Pivd (рисунок 2.14) не тільки імітує рух порожніх вагонів до станції Південна, а й виконує умову блокування зустрічних поїздів.

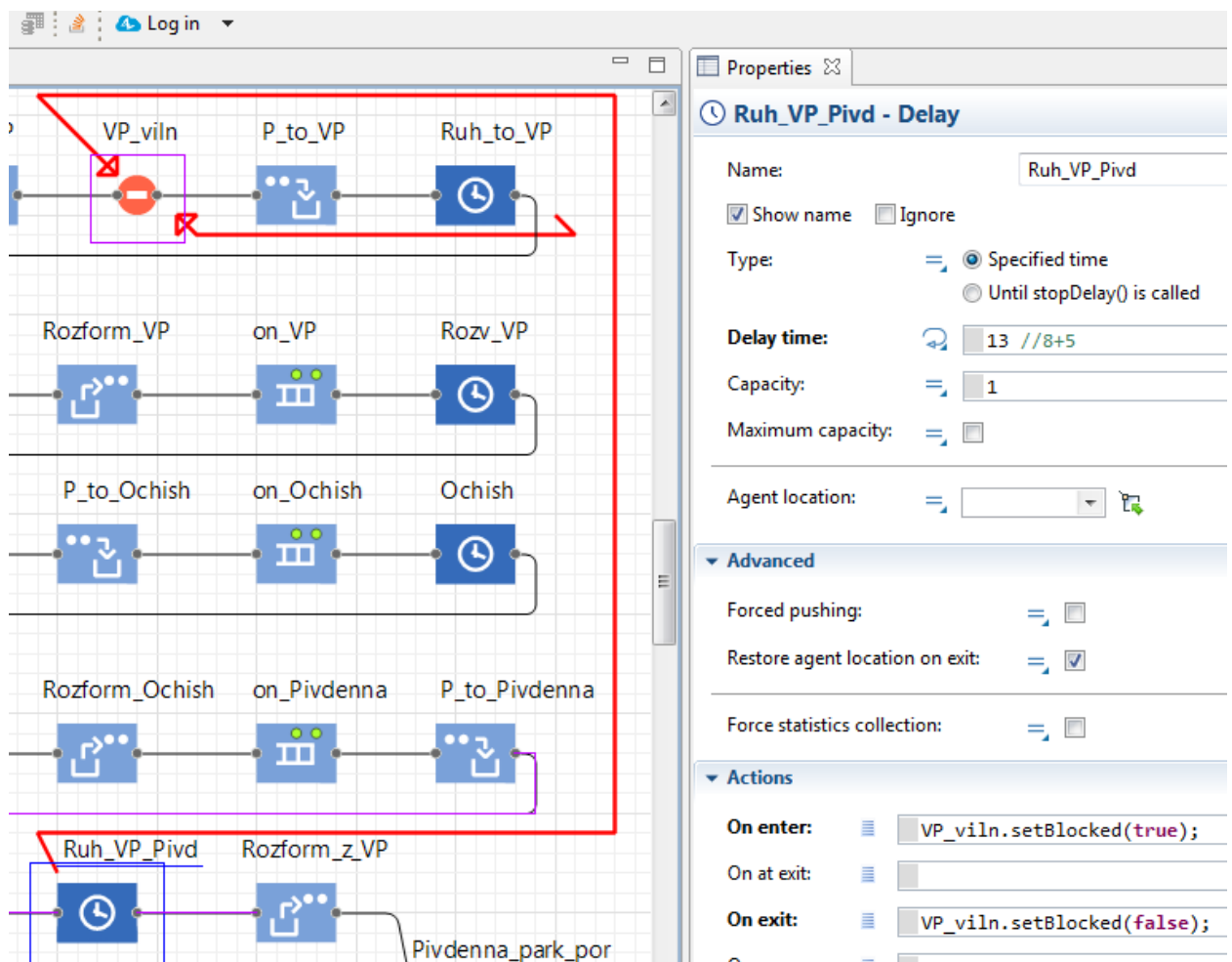


Рисунок 2.14 – Елемент Ruh_VP_Pivd

При цьому виконуються операції:

- блокування VP_viln.setBlocked(true); при вході до елемента замовлення;
- розблокування VP_viln.setBlocked(false); - при виході.

Надалі обидві гілки імітації розвантаження сходяться до елемента типу «черга» Pivdenna_park_por (рисунок 2.15), попередньо замовлення розгруповуються (об'єктами Rozform_z_B та Rozform_z_VP).

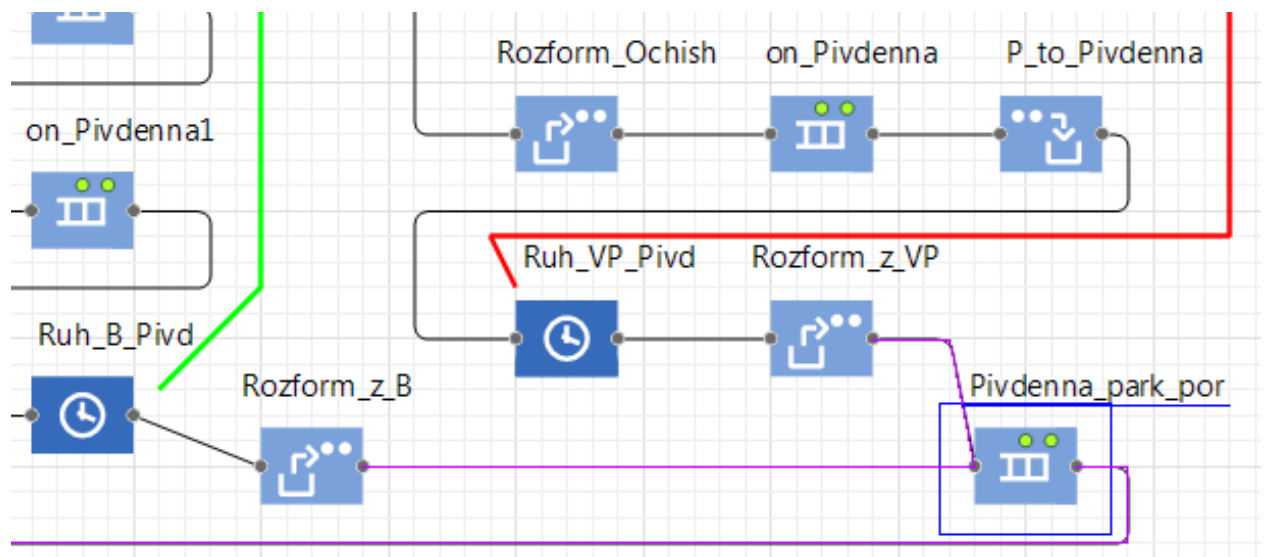


Рисунок 2.15 – Елемент Pivdenna_park_por

Потрібно визначити напрям подальшого руху. Є два варіанти:

- спеціалізовані вагони, наприклад, хопери, немає технічної можливості навантажуватись, тож вони можуть і саме формуються у поїзди, які одразу відправляються на станцію Запоріжжя-Ліве, транзитом через станцію Східна;
- вагони, які технічно можуть використовуватись для навантаження, спрямовуються до станції Східна для сортування.

Елементом Output_Prokat_or_ZL (рисунок 2.16) можна регулювати ймовірність розподілу вагонів по даних варіантах подальшої обробки.

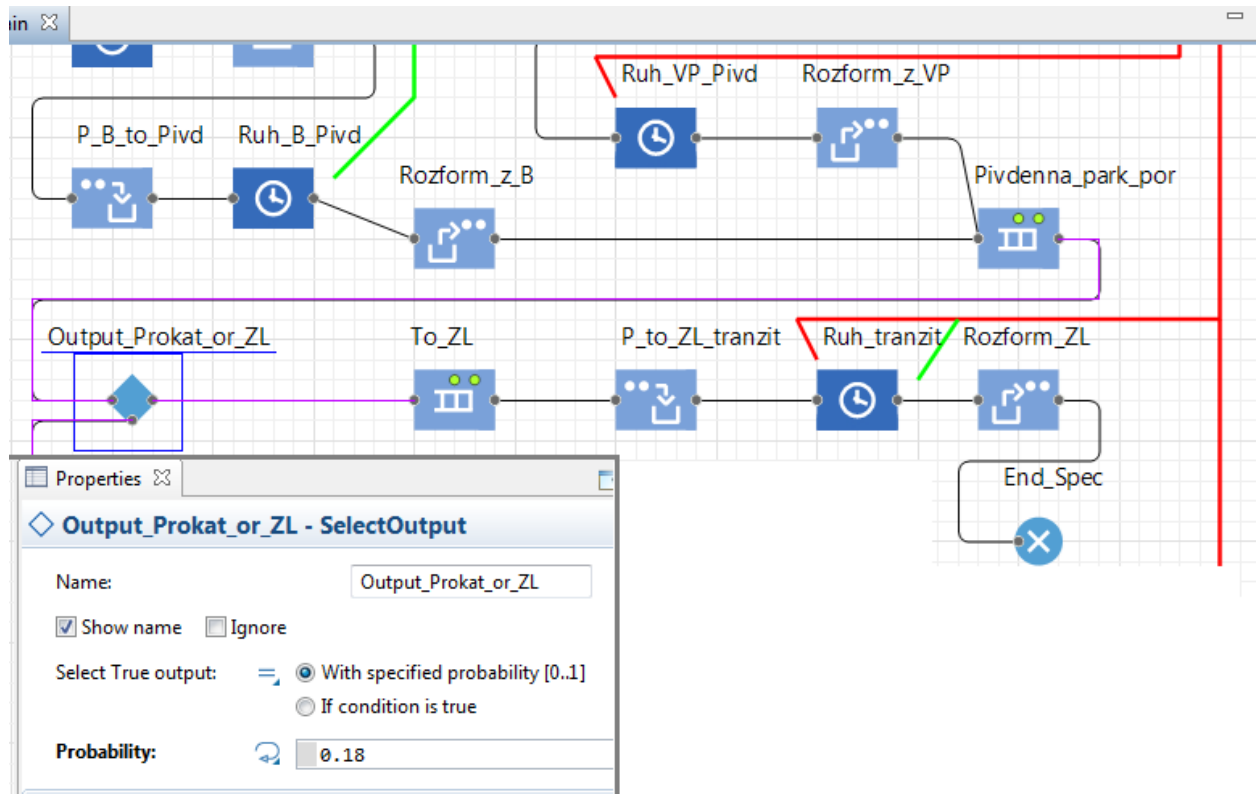


Рисунок 2.16 – Елемент Output_Prokat_or_ZL

З черги To_ZL вагони групуються у состави об'єктом P_to_ZL_tranzit (рисунок 2.17) , які прямують одразу на станцію Запоріжжя-Ліве. Тривалість затримки встановлюється елементом Ruh_tranzit (рисунок 2.18).

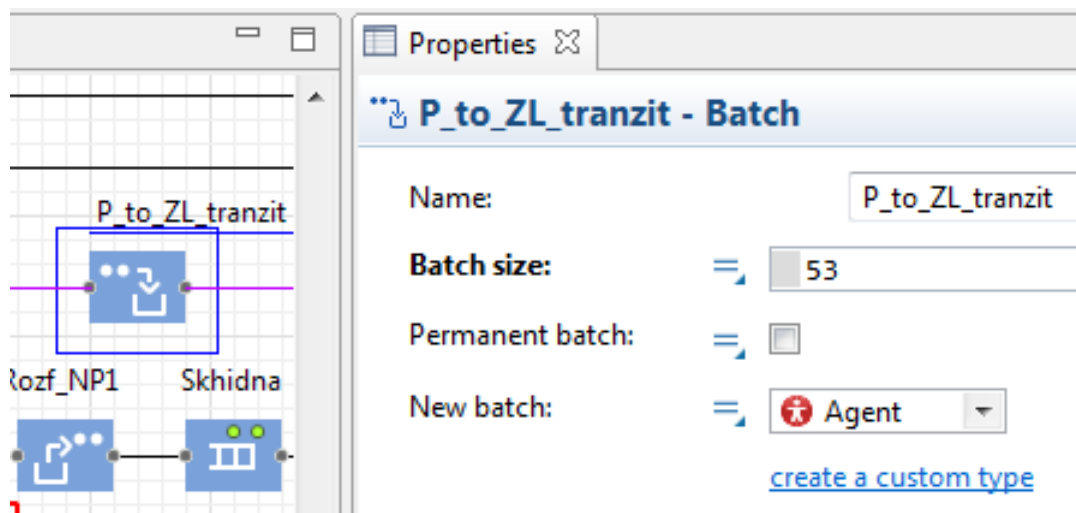


Рисунок 2.17 – Об'єкт P_to_ZL_tranzit

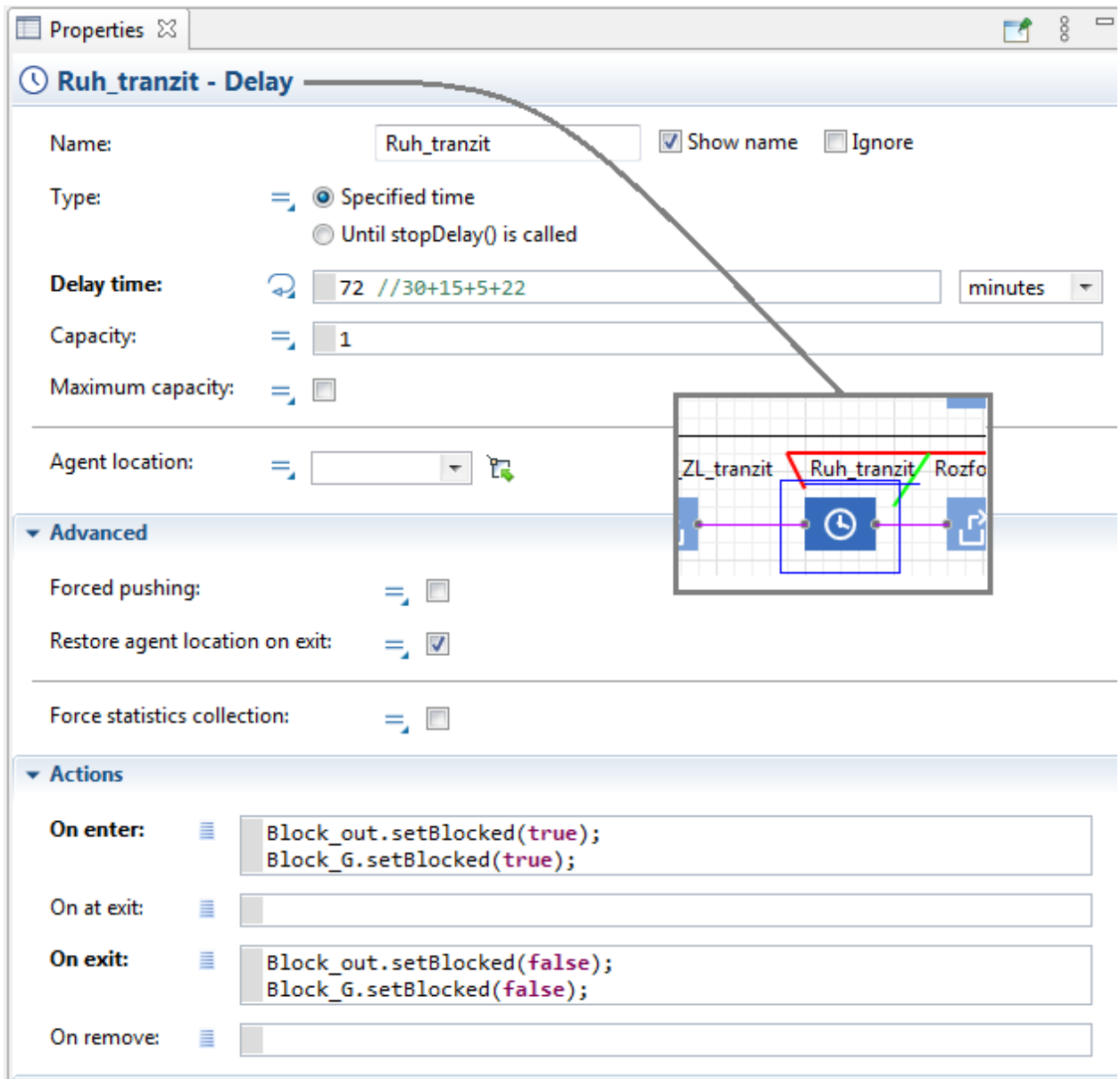


Рисунок 2.18 – Елемент Ruh_tranzit

Тривалість затримки елементом Ruh_tranzit враховує час на:

- формування составу – 30 хвилин;
- рух по перегону Південна-Східна – 15 хвилин;
- рух по колії 19 або 20 станції Східна – 5 хвилин;
- рух по перегону Східна-Запоріжжя-Ліве – 22 хвилини.

Крім того, даний елемент при вході замовлень блокує зустрічний рух составів у блоці умов Action (рисунок 2.18).

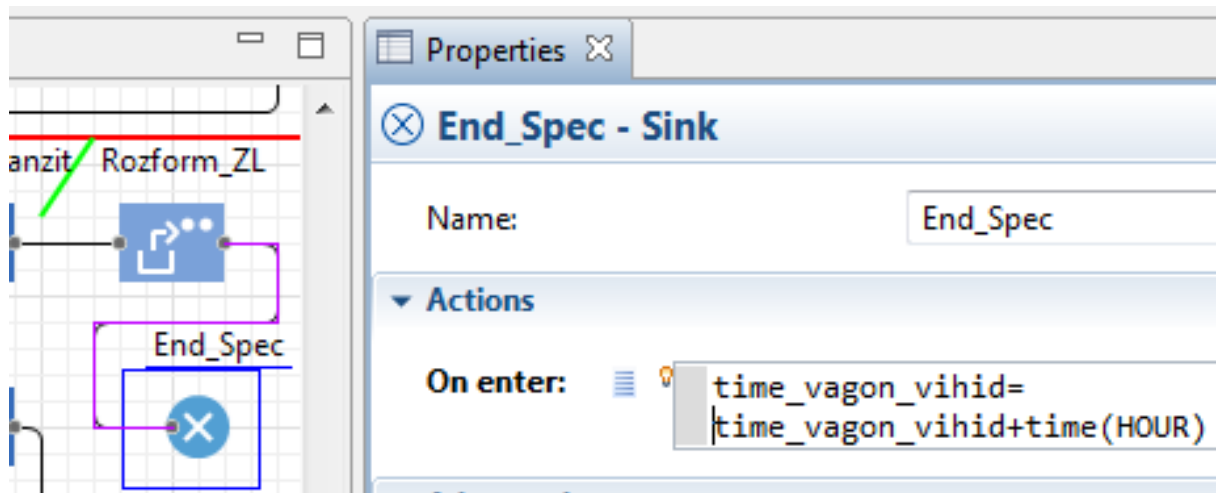


Рисунок 2.19 – Елемент Ruh_tranzit

Надалі замовлення розгруповуються об'єктом Rozform_ZL та знищуються елементом End_Spec.

В останньому вміщується вираз

$$\text{time_vagon_vihid} = \text{time_vagon_vihid} + \text{time}(\text{HOUR}),$$

який фіксує час виходу вагонів з системи.

Інший ланцюг просування потенційно придатних до навантаження вагонів – виділений на рисунку 2.20 – передбачає використання таких елементів:

- черга To_Skhidna імітує знаходження вагонів на коліях перед відправленням на станцію Східна;
- P_to_Skhidna – створення груп за кількістю вагонів, які відправляються до колій 17 або 18 Східної – 30 одиниць;
- Ruh_Pivd_Skh – імітує рух вагонів, та, крім того управляє об'єктом Block_G, який буде розглянуто пізніше;
- Rozf_NP – розформування составів по прибутті;
- Sort – виконується затримка, що відповідає часу сортування вагонів на гірці.

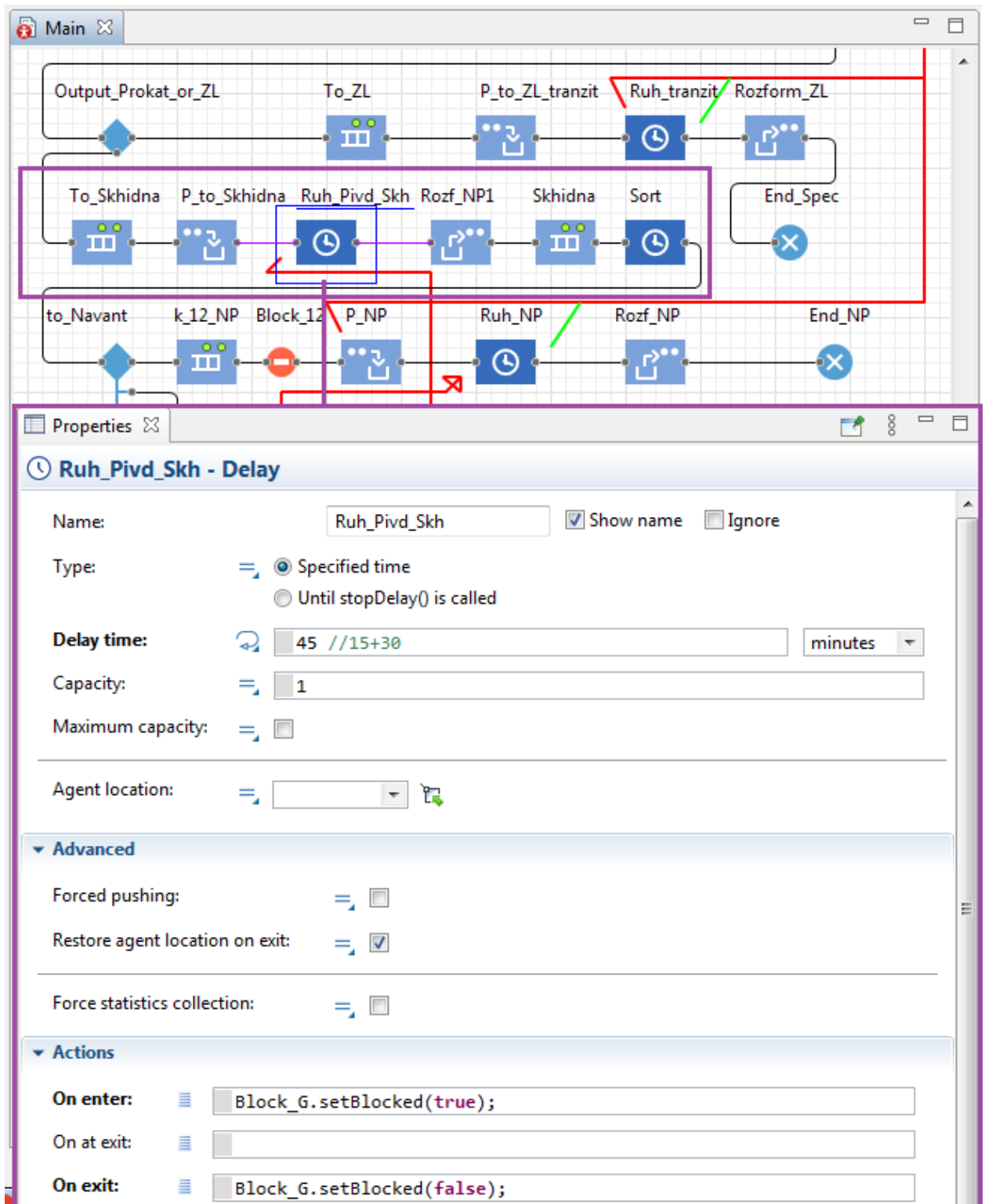


Рисунок 2.20 – Ланцюг просування потенційно придатних до навантаження вагонів

Після проходження даного ланцюга замовлення надходять до об'єкту `to_Navant`, що розподіляє їх за декількома напрямками (рисунок 2.21).

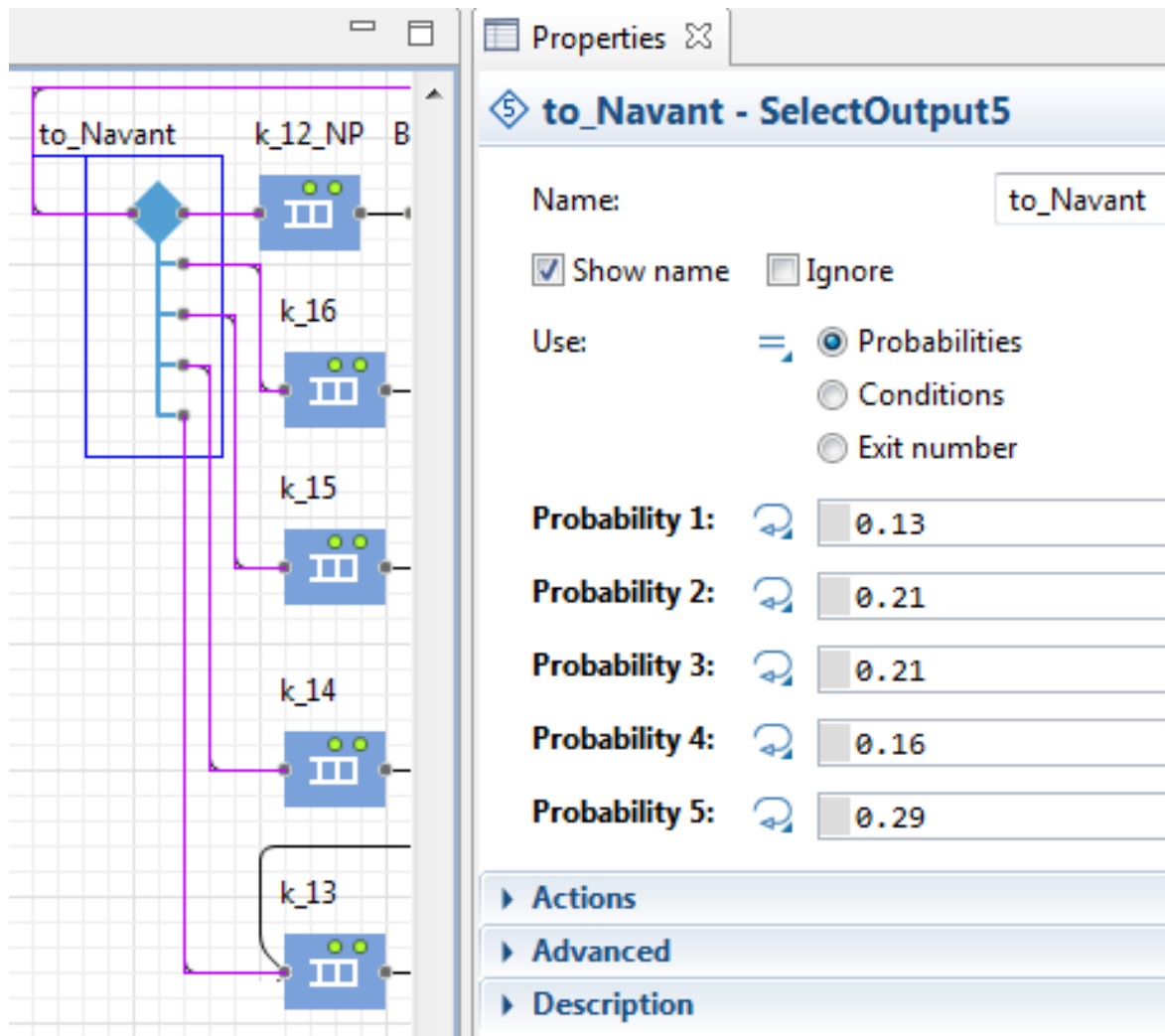


Рисунок 2.21 – Об'єкт розподілу to_Navant

Це напрямки по вхідних елементах:

- k_12_NP – імітує 12 колію Східної, що використовується для накопичення вагонів, не придатних за технічними параметрами для перевезення вантажів;
- k_16 – імітує 16 колію, куди потрапляють вагони для граншлаку та продукції не основних виробничих підрозділів;
- k_15 – імітує 15 колію, куди спрямовуються вагони для металопродукції ЦХП-1;
- k_14 – імітує 14 колію, куди спрямовуються вагони для металопродукції ЦГПТЛ;

- k_{13} – імітує 13 колію, куди спрямовуються вагони для формування збірних поїздів.

Ймовірності розподілу визначені за статистичними показниками роботи УЗТ підприємства.

Обробка по колії 12 передбачає наступні операції (рисунок 2.22).

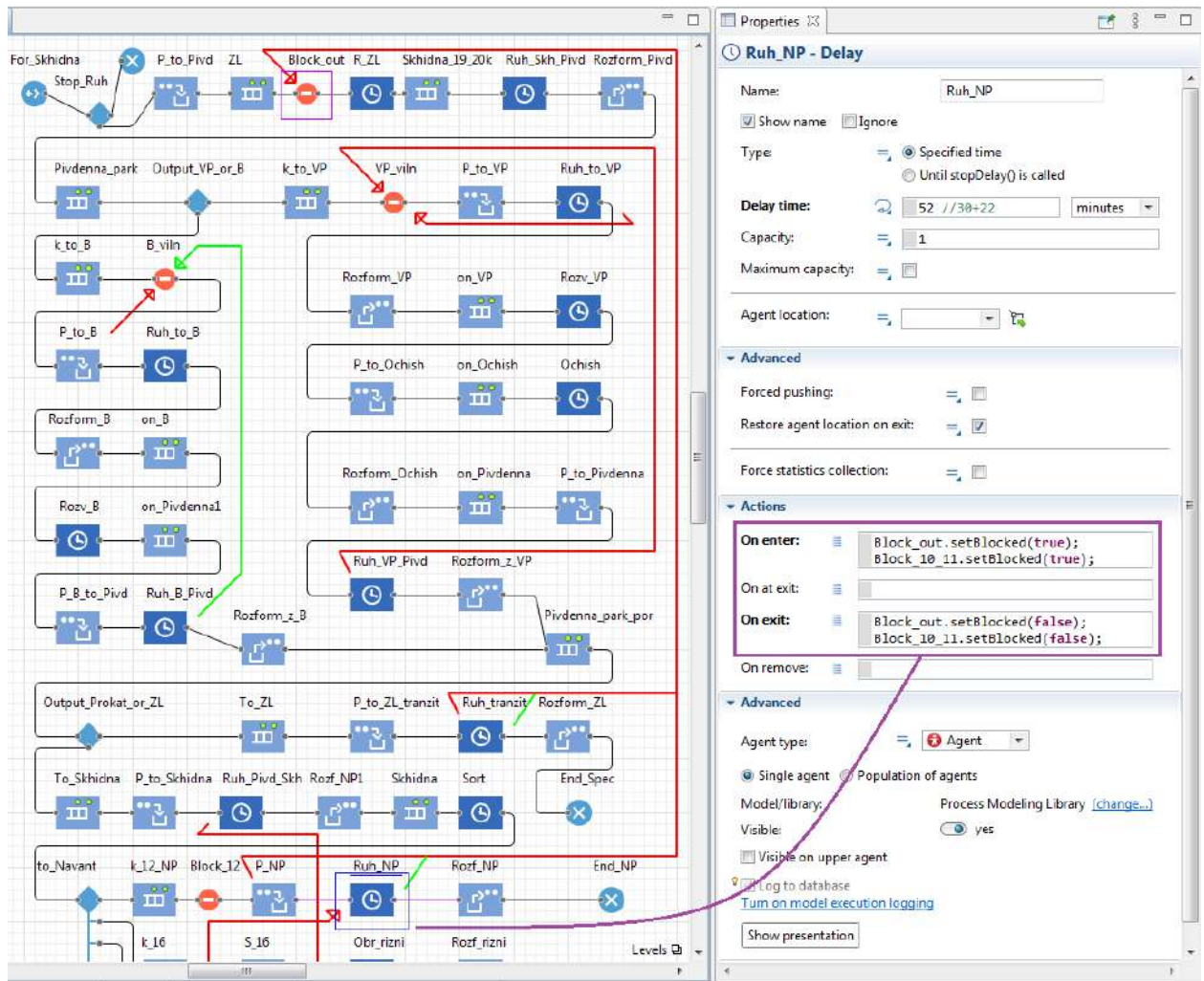


Рисунок 2.22 – Обробка по колії 12

Блокатор Block_12 не пропускає замовлення у випадку зайнятості перегону до Запоріжжя-Лівого іншими поїздами.

При його розблокуванні, формується поїзд (елемент P_NP), при відправленні блокується рух поїздів з інших колій на перегін (показано на рисунку 2.22 – об’єкт Ruh_NP).

Надалі – розгрупування замовлень (Rozf_NP) для подальшого розрахунку часу перебування (елемент End_NP – рисунок 2.23).

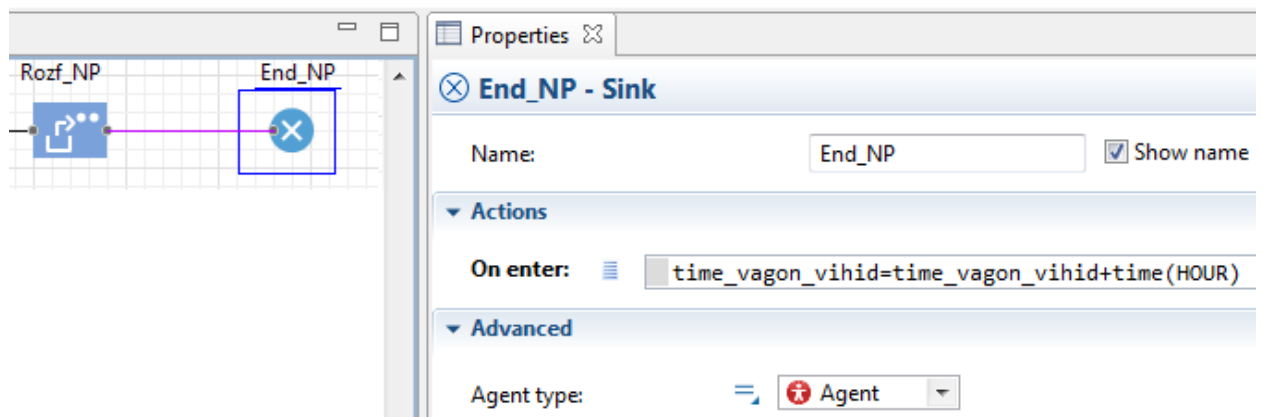


Рисунок 2.23 – Елемент End_NP

Ланцюг з початком на 16 колії має процедури накопичення, групування (S_16), навантаження, обробки (Obr_rizni) та розформування – Rozf_rizni (рисунок 2.24) – з подальшим додаванням на колію збірних поїздів №13 Східної.

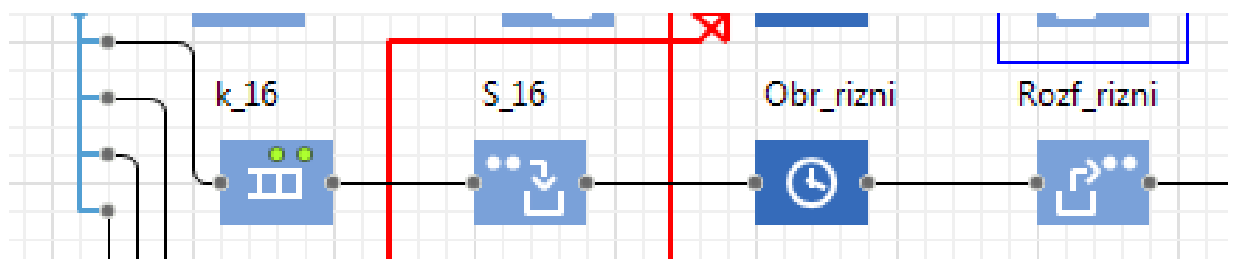


Рисунок 2.24 – Обробка вантажів не основного виробництва

Наступні два ланцюги обробки основної продукції відрізняються необхідністю сортування вагонів після забирання з фронтів навантаження, потрапляючи до об'єкту to_k_17_18 – рисунок 2.25.

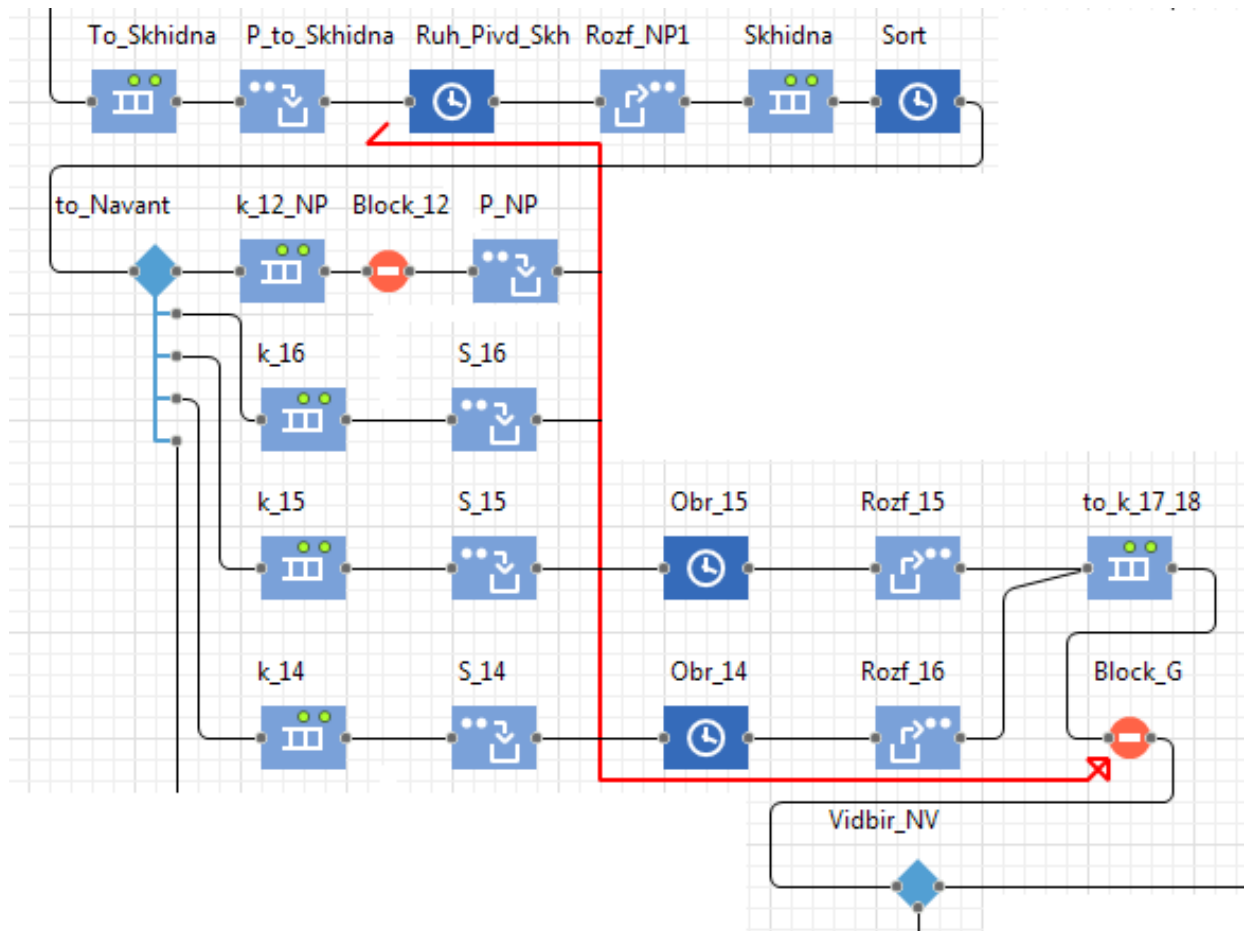


Рисунок 2.25 – Ланцюги проходження основної продукції

Цей об'єкт імітує роботу колій 17,18, замовлення затримуються у випадку відправлення приймання на них поїздів з Південної – об'єктом Block_G.

Об'єкт Vidbir_NV (рисунок 2.26) здійснює реалізацію відсортування вагонів, які через різні обставини не були завантажені (розділ 2.2), та будуть відправлені у порожньому стані, накопичуючись на колії 13 – рисунок 2.26, інші вагони – спрямовуються до колій 10, 11 накопичення маршрутних составів.

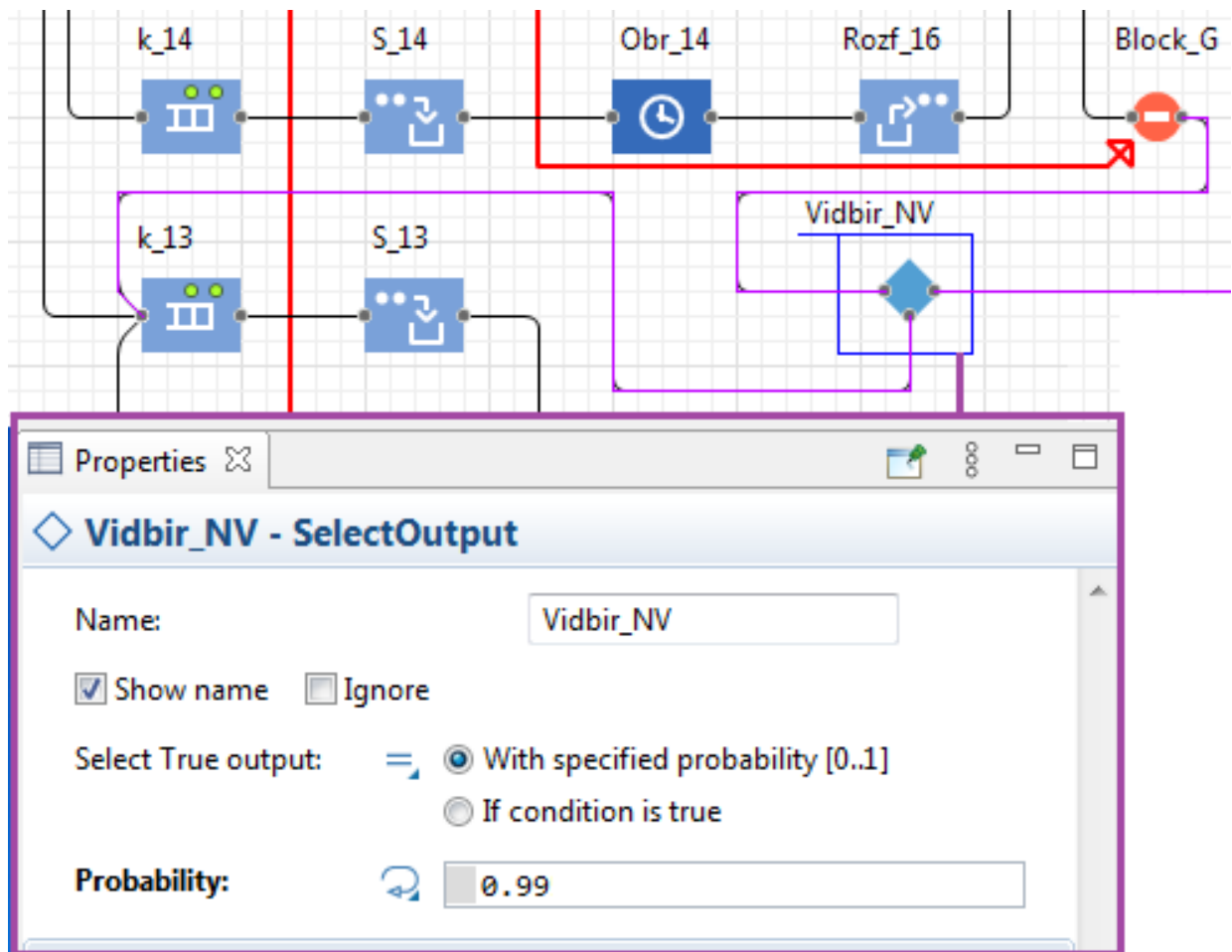


Рисунок 2.26 – Об'єкт Vidbir_NV

Вагони, які накопичуються на 13 та на 10-11 коліях формуються у состави – за допомогою об'єктів S_13 та S_10_11, які потім становляться до елементу S_10_11_13 з якого по черзі пропускаються через блокатор Block_10_11 (рисунок 2.27).

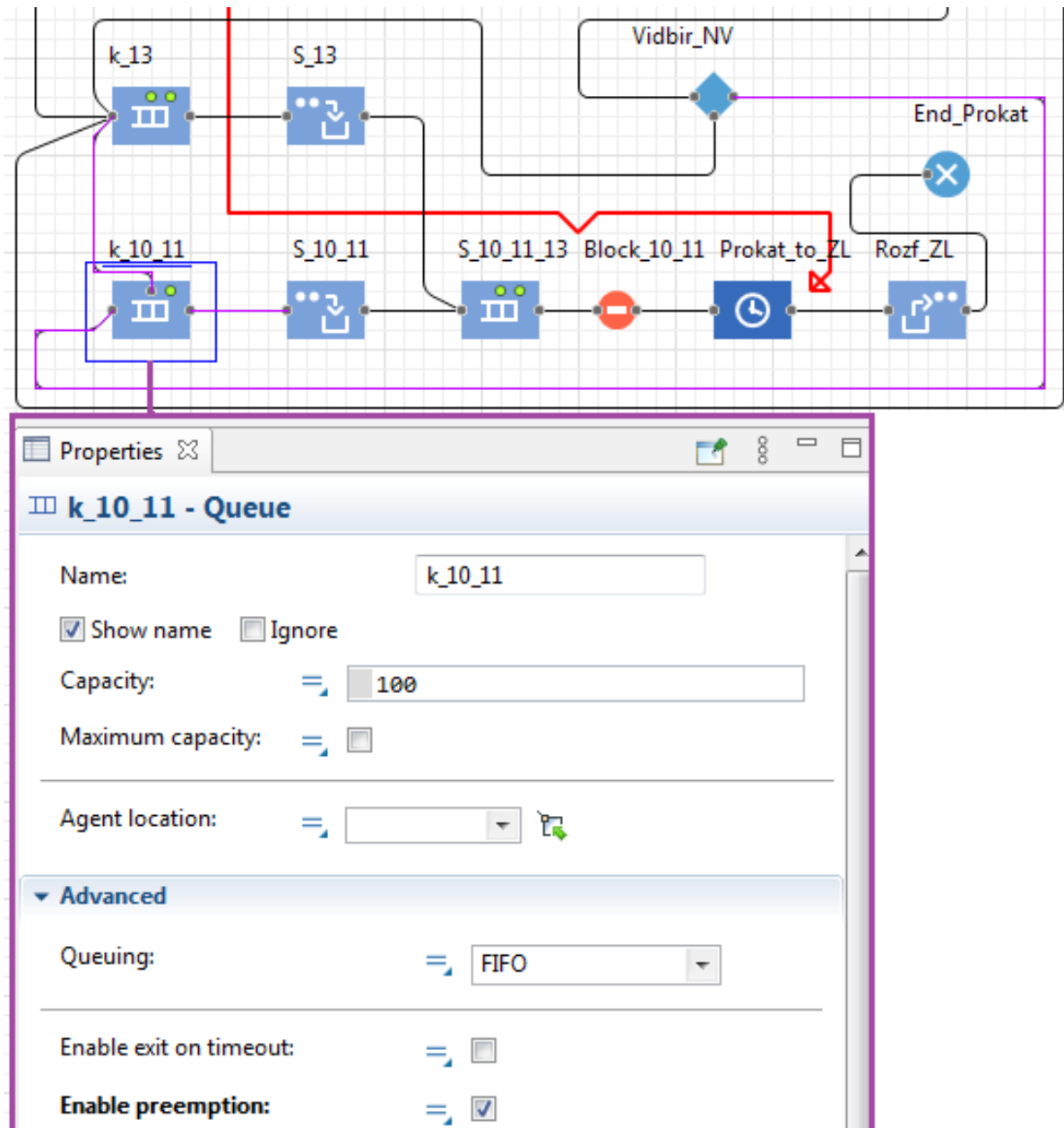


Рисунок 2.27 – Формування составів

Об'єкт затримки Prokat_to_ZL імітує процес перевезення до Запоріжжя-Лівого (рисунок 2.28).

Крім того, він виконує операції з блокування задля усунення конфліктів відправлення інших составів на перегін:

- при вході замовлень виконуються процедури
Block_out.setBlocked(true);
Block_12.setBlocked(true);

- при виході замовлень виконуються процедури:

`Block_out.setBlocked(false);`

`Block_12.setBlocked(false);`

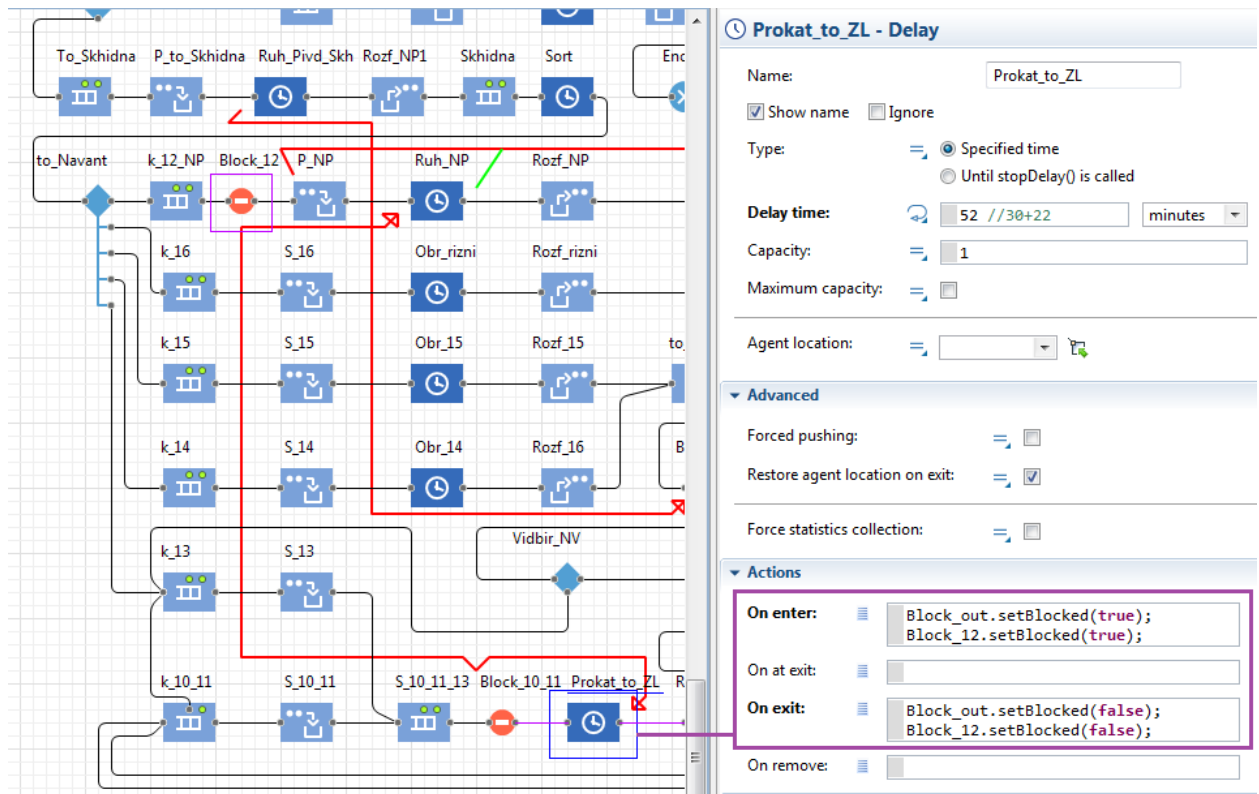
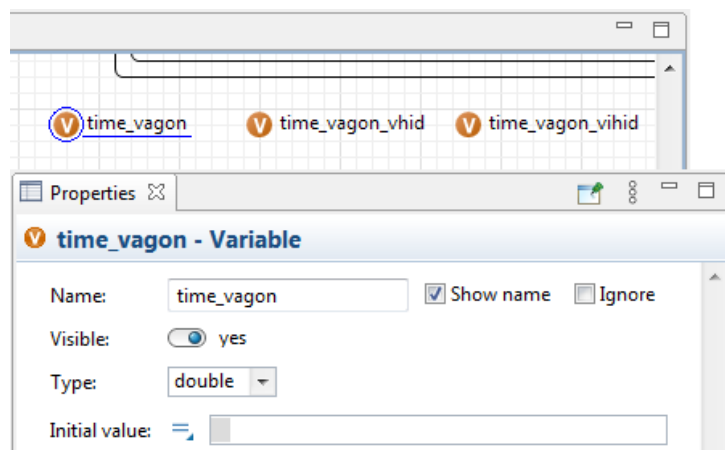


Рисунок 2.28 – Елемент Prokat_to_ZL

Змінні програми наведені на рисунку 2.29.



Рисунку 2.29 – Змінні програми

Загальний вигляд моделі – рисунок 2.30.

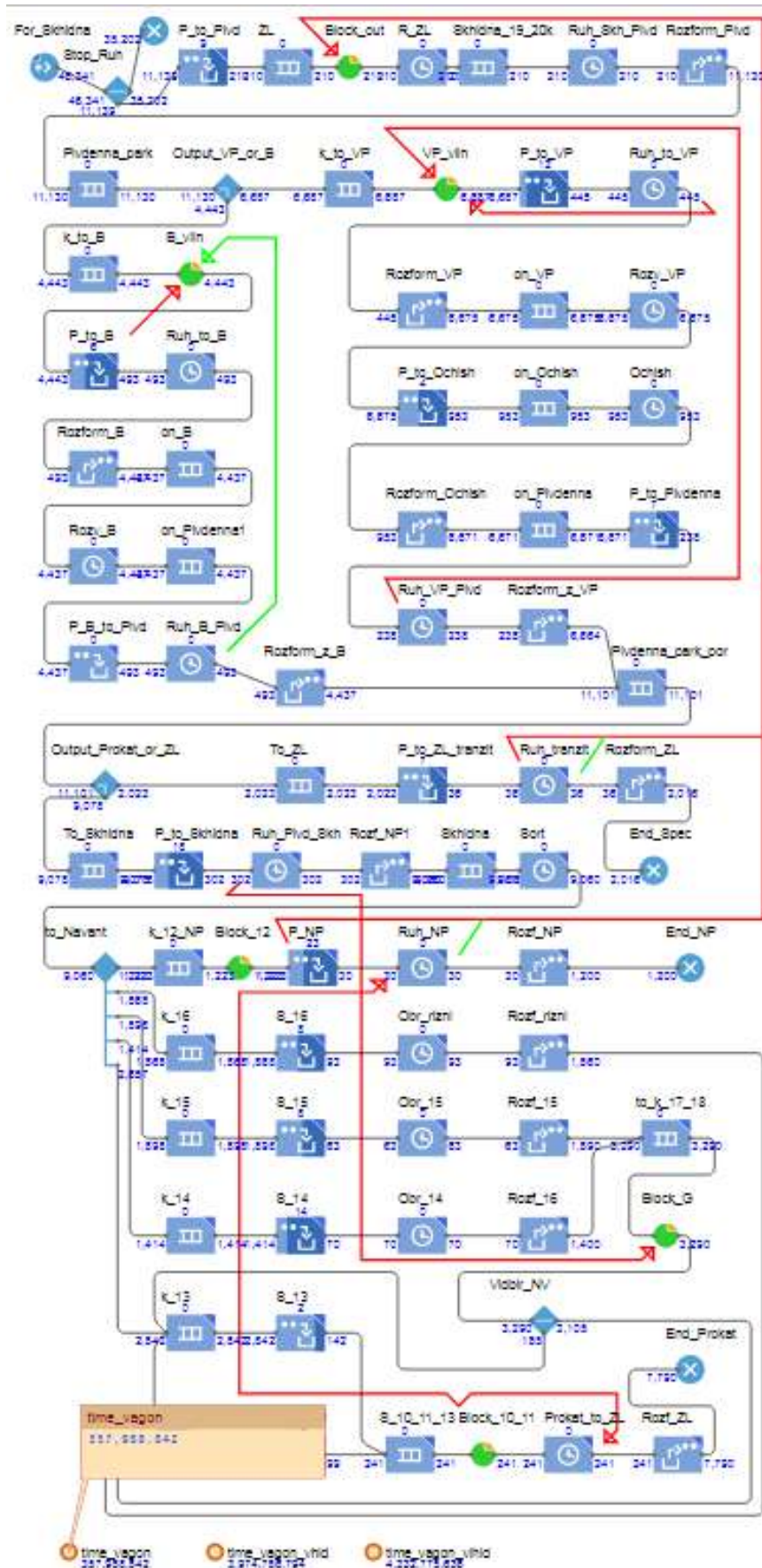


Рисунок 2.30 – Модель Skhidna

2.4 Експерименти на моделі

Виконаємо експерименти при зміні параметрів:

- інтервалів прибуття партій вантажів на підприємство в діапазоні від 3,7 до 5,7 годин з кроком 1 година;
- відсотку відправлених порожніх вагонів зі ст. Східна на Запоріжжя-Ліве в діапазоні від 18 до 30 відсотків з кроком 6 відсотків.

За результатами експериментів 1-5 отримані результати, наведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Результати експериментів 1-5

Показник	Експеримент				
	1	2	3	4	5
Інтервал прибуття, год	3,7	4,7	5,7	3,7	4,7
% відправлених порожніх вагонів зі ст. Східна	18	18	18	24	24
Загальне прибуття вантажів, вагонів	11130	9805	9024	11077	10025
Відправлення вантажів, вагонів	7790	6840	6310	7754	7018
Відправлення порожніх вагонів, од.	3340	2965	2714	3323	3007
Простій вагонів, год.	557989	422435	449010	434075	391935

Кінець таблиці 2.3

Показник	Експеримент				
	1	2	3	4	5
Простій на вагон, год.	50,13	43,08	49,76	39,19	39,1
Кількість вагонів, сформованих до відправлення на станції Південна, од.	2003	1765	1624	2658	2406
Кількість вагонів, сформованих до відправлення на станції Східна, од.	1337	1200	1090	665	601

За результатами експериментів 6-9 отримані наступні результати, наведені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Результати експериментів 6-9

Показник	Експеримент			
	6	7	8	9
Інтервал прибуття, год	5,7	3,7	4,7	5,7
% відправлених порожніх вагонів зі ст. Східна	24	30	30	30

Кінець таблиці 2.4

Показник	Експеримент			
	6	7	8	9
Загальне прибуття вантажів, вагонів	9116	11024	10070	8957
Відправлення вантажів, вагонів	6381	7503	6739	6055
Відправлення порожніх вагонів, од.	2735	3521	3331	2902
Простій вагонів, год.	412999	314843	399391	403766
Простій на вагон, год.	45,3	28,56	39,66	45,08
Кількість порожніх вагонів, сформо- ваних до відпра- влення на станції Південна, од.	2188	3307	3021	2687
Кількість порожніх вагонів, сформо- ваних до відпра- влення на станції Східна, од.	547	214	310	215

Переходимо до економічних розрахунків.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Вихідні дані для розрахунків

В роботі виконані дослідження системи обслуговування пунктів навантаження металопрокату Запоріжсталі, розроблено імітаційну модель, в алгоритмі якої враховано не завантаження певної кількості вагонів через невідповідності їх належності або технічного стану умовам для конкретного вантажу.

Було проведено 9 експериментів з різними значеннями двох параметрів, а саме - інтервалів прибуття партій вантажів на підприємство діапазоні від 3,7 до 5,7 годин з кроком 1 година, та відсотку відправлених порожніх вагонів зі ст. Східна на Запоріжжя-Ліве без переробки на станції Східна в діапазоні від 18 до 30 відсотків з кроком 6 відсотків.

У таблиці 3.1 наведено відібрані з результатів розрахунків попереднього розділу показники для виконання економічних розрахунків ефективності проєкту.

Таблиця 3.1 – Показники для економічних розрахунків, за місяць

Експе- римент	Інтервал прибуття вагонів з вантажами, год	Відсоток відпра- влених порожніх вагонів зі ст. Східна	Простій вагонів, год	Кількість порожніх вагонів, сформованих до відпра- влення на станції Східна, од.
1	3,7	18	557989	1337

Кінець таблиці 3.1

Експе- римент	Інтервал прибуття вагонів з вантажами, год	Відсоток відпра- влених порожніх вагонів зі ст. Східна	Простій вагонів, год	Кількість порожніх вагонів, сформованих до відпра- влення на станції Східна, од.
2	4,7	18	422435	1200
3	5,7	18	449010	1090
4	3,7	24	434075	665
5	4,7	24	391935	601
6	5,7	24	412999	547
7	3,7	30	314843	214
8	4,7	30	399391	310
9	5,7	30	403766	215

Надалі необхідно сформувати загальну методику розрахунку економічних показників та використати її для визначення витрат за кожним проведеним експериментом.

3.2 План виконання розрахунків

В залежності від змінних параметрів змінюється простій вагонів в системі та кількість порожніх вагонів, відправлених з більшими витратами на маневрову роботу на ст. Східна, а не транзитом з Південної через Східну до Запоріжжя-Лівого.

Загальні витрати $V_{опн_i}$ з обслуговування вантажних пунктів згідно традиційно відомих підходів [11-13], визначаємо за виразом:

$$V_{опн_i} = 12 (V_{чвв_i} + V_{дпер_i}), \quad (3.1)$$

де 12 – кількість місяців у році;

$V_{чвв_i}$ – витрати на плату за час використання вагонів, грн/міс.;

$V_{дпер_i}$ – витрати на додаткові перевезення порожніх вагонів, які не були використані для навантаження, на станції Східна, грн/міс.

Витрати $V_{чвв_i}$ на плату за час використання вагонів, грн/місяць, розрахуємо за виразом:

$$V_{чвв_i} = T_{чвв_i} C_{чвв}, \quad (3.2)$$

де $T_{чвв_i}$ – час використання за і-м експериментом магістрального парку вагонів, год/міс.;

$C_{чвв}$ – середня вартість години використання вагону [14], грн/год.

Витрати $V_{дпер_i}$ на додаткові перевезення порожніх вагонів, які не були використані для навантаження встановлюються відповідно до наступної формули, грн/міс.:

$$V_{\text{дпер}_i} = K_{\text{дпер}_i} T_{\text{дпер}} C_{\text{тг}}, \quad (3.3)$$

де $K_{\text{дпер}_i}$ – кількість додатково перевезених порожніх вагонів, од.;
 $T_{\text{дпер}}$ – середні витрати часу на перевезення, год./ваг.;
 $C_{\text{тг}}$ – вартість години роботи тепловозу, грн/год.

3.3 Розрахунки за першим варіантом

Витрати $V_{\text{дпер}_1}$ на додаткові перевезення порожніх вагонів по Східній згідно (3.3):

$$V_{\text{дпер}_1} = 1337 \cdot 0,4 \cdot 1021 = 546030,8 \text{ грн/міс.}$$

Витрати $V_{\text{чвв}_1}$ на плату за час використання вагонів згідно (3.2):

$$V_{\text{чвв}_1} = 557989 \cdot 38,28 = 21359818,92 \text{ грн/міс.}$$

Загальні витрати $V_{\text{опн}_1}$ з обслуговування вантажних пунктів згідно (3.1):

$$V_{\text{опн}_1} = 12 (21359818,92 + 546030,8) = 262870196,6 \text{ грн.}$$

Переходимо до визначення витрат, що відповідають параметрам другого варіанту.

3.4 Розрахунки за другим варіантом

Витрати $V_{\text{дпер}_2}$ на додаткові перевезення порожніх вагонів по Східній згідно (3.3):

$$V_{\text{дпер}_2} = 1200 \cdot 0,4 \cdot 1021 = 490080 \text{ грн/міс.}$$

Витрати $V_{\text{чвв}_2}$ на плату за час використання вагонів згідно (3.2):

$$V_{\text{чвв}_2} = 422435 \cdot 38,28 = 16170811,8 \text{ грн/міс.}$$

Загальні витрати $V_{\text{опн}_2}$ з обслуговування вантажних пунктів згідно (3.1):

$$V_{\text{опн}_2} = 12 (16170811,8 + 490080) = 199930701,6 \text{ грн.}$$

3.5 Розрахунки за третім варіантом

Витрати $V_{\text{дпер}_3}$ на додаткові перевезення порожніх вагонів по Східній згідно (3.3):

$$V_{\text{дпер}_3} = 1090 \cdot 0,4 \cdot 1021 = 445156 \text{ грн/міс.}$$

Витрати $V_{\text{чвв}_3}$ на плату за час використання вагонів згідно (3.2):

$$V_{\text{чвв}_3} = 449010 \cdot 38,28 = 17188102,8 \text{ грн/міс.}$$

Загальні витрати $V_{\text{опн}_3}$ з обслуговування вантажних пунктів згідно (3.1):

$$V_{\text{опн}_3} = 12 (17188102,8 + 445156) = 211599105,6 \text{ грн.}$$

3.6 Розрахунки за четвертим варіантом

Витрати $V_{\text{дпер}_4}$ на додаткові перевезення порожніх вагонів по Східній згідно (3.3):

$$V_{\text{дпер}_4} = 665 \cdot 0,4 \cdot 1021 = 271586 \text{ грн/міс.}$$

Витрати $V_{\text{чвв}_4}$ на плату за час використання вагонів згідно (3.2):

$$V_{\text{чвв}_4} = 434075 \cdot 38,28 = 16616391 \text{ грн/міс.}$$

Загальні витрати $V_{\text{опн}_4}$ з обслуговування вантажних пунктів згідно (3.1):

$$V_{\text{опн}_4} = 12 (16616391 + 271586) = 202655724 \text{ грн.}$$

3.7 Розрахунки за п'ятим варіантом

Витрати $V_{\text{дпер}_5}$ на додаткові перевезення порожніх вагонів по Східній згідно (3.3):

$$V_{\text{дпер}_5} = 601 \cdot 0,4 \cdot 1021 = 245448,4 \text{ грн/міс.}$$

Витрати $V_{\text{чвв}_5}$ на плату за час використання вагонів згідно (3.2):

$$V_{\text{чвв}_5} = 391935 \cdot 38,28 = 15003271,8 \text{ грн/міс.}$$

Загальні витрати $V_{\text{опн}_5}$ з обслуговування вантажних пунктів згідно (3.1):

$$V_{\text{опн}_5} = 12 (15003271,8 + 245448,4) = 182984642,4 \text{ грн.}$$

3.8 Розрахунки за шостим варіантом

Витрати $V_{\text{дпер}_6}$ на додаткові перевезення порожніх вагонів по Східній згідно (3.3):

$$V_{\text{дпер}_6} = 547 \cdot 0,4 \cdot 1021 = 223394,8 \text{ грн/міс.}$$

Витрати $V_{\text{чвв}_6}$ на плату за час використання вагонів згідно (3.2):

$$V_{\text{чвв}_6} = 412999 \cdot 38,28 = 15809601,72 \text{ грн/міс.}$$

Загальні витрати $V_{\text{опн}_6}$ з обслуговування вантажних пунктів згідно (3.1):

$$V_{\text{опн}_6} = 12 (15809601,72 + 223394,8) = 192395958,2 \text{ грн.}$$

3.9 Розрахунки за сьомим варіантом

Витрати $V_{\text{дпер}_7}$ на додаткові перевезення порожніх вагонів по Східній згідно (3.3):

$$V_{\text{дпер}_7} = 214 \cdot 0,4 \cdot 1021 = 87397,6 \text{ грн/міс.}$$

Витрати $V_{\text{чвв}_7}$ на плату за час використання вагонів згідно (3.2):

$$V_{\text{чвв}_7} = 314843 \cdot 38,28 = 12052190,04 \text{ грн/міс.}$$

Загальні витрати $V_{\text{опн}_7}$ з обслуговування вантажних пунктів згідно (3.1):

$$V_{\text{опн}_7} = 12 (12052190,04 + 87397,6) = 145675051,7 \text{ грн.}$$

3.10 Розрахунки за восьмим варіантом

Витрати $V_{\text{дпер}_8}$ на додаткові перевезення порожніх вагонів по Східній згідно (3.3):

$$V_{\text{дпер}_8} = 310 \cdot 0,4 \cdot 1021 = 126604 \text{ грн/міс.}$$

Витрати $V_{\text{чвв}_8}$ на плату за час використання вагонів згідно (3.2):

$$V_{\text{чвв}_8} = 399391 \cdot 38,28 = 15288687,48 \text{ грн/міс.}$$

Загальні витрати $V_{опн_8}$ з обслуговування вантажних пунктів згідно (3.1):

$$V_{опн_8} = 12 (15288687,48 + 126604) = 184983497,8 \text{ грн.}$$

3.11 Розрахунки за дев'ятим варіантом

Витрати $V_{дпер_9}$ на додаткові перевезення порожніх вагонів по Східній згідно (3.3):

$$V_{дпер_9} = 215 \cdot 0,4 \cdot 1021 = 87806 \text{ грн/міс.}$$

Витрати $V_{чвв_9}$ на плату за час використання вагонів згідно (3.2):

$$V_{чвв_9} = 403766 \cdot 38,28 = 15456162,48 \text{ грн/міс.}$$

Загальні витрати $V_{опн_9}$ з обслуговування вантажних пунктів згідно (3.1):

$$V_{опн_8} = 12 (15456162,48 + 87806) = 186527621,8 \text{ грн.}$$

3.12 Підсумки економічного аналізу

Підсумки економічного аналізу за усіма дев'ятьма варіантами зведемо до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Підсумки економічного аналізу

Варіант	Витрати на додаткові перевезення порожніх вагонів, млн грн/рік	Витрати на плату за час використання вагонів, млн грн/рік	Загальні витрати, млн грн/рік
1	0,55	21,36	262,87
2	0,49	16,17	199,93
3	0,45	17,19	211,6
4	0,27	16,62	202,66
5	0,25	15	182,98
6	0,22	15,81	192,4
7	0,09	12,05	145,68
8	0,13	15,29	184,98
9	0,09	15,46	186,53

Базовим варіантом є середній – п'ятий варіант.

Найбільшу річну економію $E_{\text{опн}}$ у порівнянні з ним отримуємо за сьомим варіантом:

$$\begin{aligned} E_{\text{опн}} &= B_{\text{опн}_5} - B_{\text{опн}_7} = 182984642,4 - 145675051,7 = 37309590,72 = \\ &= 37,3 \text{ млн грн.} \end{aligned}$$

Цей результат може бути отриманий за рахунок впровадження запропонованих організаційних рішень.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В даному розділі дипломного проекту Дослідження системи транспортного обслуговування пунктів навантаження металопрокату на ПАТ «Запоріжсталь» розглянутий аналіз потенційних небезпек, які можуть вплинути на дослідника й робітників [15-17]. Розроблені заходи по їх усуненню.

4.1 Аналіз потенційних небезпек

Найбільші небезпеки проявляються при навантаженні прокату на залізничний транспорт та перевезення вантажу до комбінату:

- при навантаженні вагонів металопрокатом можливо падіння вантажу з-за несправності стропів, траверс, гаків кранів, що призводить до травмуванню робітників;
- при навантажувальних роботах можливо падіння вантажу з-за не надійності кріплення останнього стропальниками, не виконання стропальниками встановленої системи сигналізації;
- інші небезпеки, які розглянуті в Додатку А.

В Додатку Б розроблені заходи по усуненню загальних небезпек та небезпек виробничої санітарії та гігієни праці.

В Додатку В зроблено розрахунок дослідження шкідливих факторів по виявленню класів небезпек виробничого середовища, значення яких були заміряні в лабораторії дослідника з ПК.

В підрозділі з Охорони праці розглянуті питання з цивільного захисту.

4.2 Заходи безпеки в надзвичайних ситуаціях

Перевезення підрозділів Оперативно-рятувальних служб (ОРС) ЦЗ здійснюється залізницею, морським (річковим), повітряним транспортом або комбінованим способом. Організовує перевезення керівник органу управління (підрозділу) ОРС ЦЗ.

Підрозділи перед завантаженням розташовуються з урахуванням розподілу їх по залізничних ешелонах (суднах, літаках) та з необхідності їх прибуття до місць призначення.

Перед завантаженням підрозділи, що перевозяться одним залізничним ешелоном (судном, літаком), виходять у район очікування, а після вивантаження - у район збору, які призначаються за 3-5 км (під час перевезення повітряним транспортом – 10-15 км) від місць завантаження (вивантаження).

Для комбінованого пересування керівник органу управління (підрозділу) ОРС ЦЗ визначає склад підрозділів, що перевозяться залізничним (морським, річковим, повітряним) транспортом, та тих, що здійснюють марш своїм ходом. При цьому залізничний (морський, річковий) транспорт планується насамперед для перевезення тягачів, гусеничних і важких інженерних машин, а також техніки з малим запасом ходу і низькими швидкостями руху.

Розрахунки на перевезення підрозділів комбінованим способом мають бути проведені так, щоб підрозділи ОРС ЦЗ, які здійснюють марш штатними транспортними засобами, і ті, які перевозяться (залізницею, морським, річковим або повітряним транспортом), прибули в район зосередження одночасно, а в разі припинення перевезення - мали можливість швидко об'єднатися.

Перевезення підрозділів ОРС ЦЗ, посадка (висадка) особового складу, завантаження (розвантаження) техніки, оснащення і матеріально-технічних

засобів проводяться відповідно до організаційно-розпорядчих документів, які регламентують порядок виконання зазначених заходів на залізничному, морському (річковому) або повітряному транспорті, та із суворим дотриманням установлених вимог безпеки.

Особовий склад підрозділів ОРС ЦЗ на весь строк перевезення забезпечується харчуванням і мінімально необхідними побутовими умовами з дотриманням санітарно-гігієнічних норм. Медичне забезпечення особового складу здійснюють працівники штатних пунктів охорони здоров'я підрозділів.

4.3 Заходи з пожежної безпеки

Одним з важливих елементів загальної безпеки залізничних транспортних засобів є пожежна безпека. Загоряння, яке виникає по тим чи іншим причинам, належать до надзвичайних ситуацій техногенного характеру, яке супроводжується неможливістю експлуатації транспортних засобів й доволі часто призводить до загибелі людей і значним матеріальним втратам. Тому проблема забезпечення протипожежного захисту на залізничному транспорті залишається дуже актуальною.

Усі транспортні засоби, виробничі та допоміжні приміщення повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння. Вимоги пожежної безпеки на залізничному транспорті повинні виконуватися відповідно Закону № 1322 від 21.12.2009 р. «Про пожежну безпеку на залізничному транспорті».

ВИСНОВКИ

В аналітичній частині було проаналізовано процеси просування транспортних засобів та продукції відповідно до логістичних ланцюгів і технології основного виробництва підприємства «Запоріжсталь». За даними минулих періодів роботи підприємства у довоєнний час була проаналізована інформація щодо вагонів, які подавались на фронти навантаження, але були вивезені звідти порожніми.

Зокрема, було встановлено головні особливості:

- співпадіння вхідного вагонопотоку та вантажопотоку до моменту закінчення вивантаження на вантажних фронтах доменного цеху та їх відокремлення один від одного у подальшому до моменту потрапляння до пунктів навантаження;
- значна частка порожніх вагонів не використовується для навантаження прокату (це пов'язано з конструктивними особливостями певного типу рухомого складу, зокрема, спеціалізованих вагонів-хоперів);
- невелика частка вагонів, які подаються до прокатних цехів, не використовуються для навантаження (це відбувається через обмеження, що можуть бути обумовлені як технічним станом вагону (рівнем зношення гребня колісної пари, наприклад), так і комерційним (зношеність розвантажувальних люків, які не витримують концентроване навантаження від металопрокату). Також, вагон може належати оператору, договірні відносини з яким не передбачають навантаження у певних напрямках, або використання багатооборотних засобів кріплення).

В основній частині було розроблено імітаційну модель, що врахувала усі вищевказані особливості обслуговування пунктів навантаження; та виконана серія експериментів із різними параметрами:

- відсотку відбирання порожніх вагонів для передавання залізниці зі станції Південна без переробки на Східній;
- різною інтенсивністю надходження вантажів, а, відповідно, і вагонів.

Було проведено 9 експериментів зі значеннями інтервалів прибуття партій вантажів на підприємство в діапазоні від 3,7 до 5,7 годин з кроком 1 година, та відсотку відправлених порожніх вагонів зі ст. Східна на Запоріжжя-Ліве без переробки на станції Східна в діапазоні від 18 до 30 відсотків з кроком 6 відсотків.

За отриманими у третьому розділі економічними показниками встановлено найбільш ефективний – сьомий варіант обслуговування пунктів навантаження.

Останній розділ роботи присвячено питанням охорони праці.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Запоріжсталь: велика історія. URL : <https://metinvest.media/ua/page/zaporozhstal-bolshaya-istoriya> (дата звернення: 17.09.2023).
2. Карта корисних копалин України. URL : <https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/2018/08/deposits.pdf> (дата звернення: 17.09.2023).
3. Офіційний сайт ПАТ «Запоріжсталь»: «Про підприємство». URL : <https://zaporizhstal.com/> (дата звернення: 01.10.2023).
4. GMK CENTER : «Запоріжсталь». URL : <https://gmk.center/ua/manufacturer/zaporizhstal/> (дата звернення: 02.11.2023).
5. «Запоріжсталь» вводить в експлуатацію доменну піч №2. GMK CENTER. URL : <https://gmk.center/ua/news/zaporizhstal-vvudit-v-ekspluataciju-domennu-pich-2/> (дата звернення: 02.11.2023).
6. Турпак, С. М. Логістичні системи управління залізничним транспортом металургійних підприємств [Текст]: монографія / С. М. Турпак. – Херсон : Грін Д. С., 2015. – 264 с.
7. ЄТП станції примикання Запоріжжя-Ліве та під'їзної колії ПАТ металургійний комбінат «Запоріжсталь». – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2021. – 180 с.
8. Технічно-розпорядчий акт станції Східна. – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2021. – 54с.
9. Міжцехова інструкція по взаємодії працівників ЦГПТЛ, ЦХП-1, ЦХП-3, ЦПВ, ЦШП, РБЦ, ТЕЦ, Обтискного цеху, складів УКБа, ЗМК, ЦРРС и ЦПУіРК Управління залізничного транспорту, ділянки вивантаження і очищення ЦЕ УЗТ з працівниками станції Східна ЦЕ УЗТ при обслуговуванні залізничними перевезеннями. – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2021. – 57с.

10. Лащенко О.А. Імовірнісні і статистико-експериментальні методи аналізу транспортних процесів і систем / О.А.Лащенко, О.Ф.Кузькін, С.В.Грицай. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2011. – 420 с.

11. Економіка залізничного транспорту [Текст]: підручник / за ред. Ю. В. Кулаєва, Ю. С. Бараша, М. В. Гненного; Дніпропетр. національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. - Дніпропетровськ, 2014. - 480 с.

12. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Основи економіки транспорту» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 275 «Транспортні технології» / Укл.: ст. викл. Харченко Т.В. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2021. – 36 с.

13. Колосок В.М. Економіка транспортних підприємств [Текст]: підручник. ПДТУ, 2016. – 186

14. Ставки плати за використання власних вагонів перевізника АТ "Укрзалізниця". URL : https://www.uz.gov.ua/cargo_transportation/tariff_conditions/stavky/stavky23/ (дата звернення 10.11.2023).

15. Лазуткін М. І., Журавель М. О. Дослідження шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, важкості і напруженості праці : методичні вказівки до лабораторного заняття з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі» : для студентів усіх спеціальностей та усіх форми навчання : Запоріжжя: ЗНТУ. Каф. ОП і НС.

16. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. [На заміну ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 ; чинний від 2014-05-30]. К. : МОЗ України, 2014. 37 с. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>. (Державні санітарні норми та правила).

17. ДСанПіН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. [Чинний від 1998-12-10]. К. : МОЗ України, 1998. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=2445>. (Державні санітарні правила та норми).

18. Правила охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт НПАОП 0.00-1.75-15. К. Міненерговугілля України, 2015. – URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0124-15>. – (Нормативно-правовий акт охорони праці)

ДОДАТОК А

АНАЛІЗ ДОДАТКОВИХ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК

Аналіз додаткових потенційних небезпек

- можливо падіння вантажу з-за переміщення вантажу понад норми від номіналу ваги упаковки металу;
- при недостатньому освітлені можливо не дотримання технології складування вантажу, що призведе до травмування робітників;
- багато травм відбуваються при виконанні робіт на полотні під час переходу через колії, під час перетинання колії перед наближенням рухомого складу, під час перетинання колії на якій стоять вагони;
- при не відповідних діях при зчепленні вагонів, не застосуванні башмаків, можливе відділення вагонів від головного поїзду, що призведе до аварій;
- при несправності електрообладнання та не герметичності системи живлення локомотива може виникнути пожежа;
- при застосуванні легкозаймистих й горючих речовин для очищення й миття двигунів може статися пожежа;
- під час навантажувальних робіт в холодну пору року можливе переохолодження робітників, що призводить до захворювання;
- при обробці даних на ПК на дослідника діє ряд шкідливих факторів таких як не відповідність мікроклімату приміщення, де знаходиться ПК, недостатня освітленість, підвищений рівень шуму та інше.

Для запобігання падіння вантажу, необхідно повірити стропи, траверси, гаки кранів. При завантаженні вантажу необхідно проводити звірку ваги вантажу з номіналом підймання кранами. На кожному виробі є «бірка» з визначенням його ваги.

Для запобігання травмування на накопичувальному майданчику, необхідно строго дотримуватися правил технологічної карти розміщення вантажу на накопичувальному майданчику.

ДОДАТОК Б

ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ

Перед вантажно-розвантажувальними роботами необхідно візуально перевіряти такелажні пристрої та періодично відправляти їх на перевірку. Відповідно «Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання» НПАОП 0.00-1.80-18. (Нормативно-правовий акт охорони праці).

Не дозволяється піднімати вантаж без перевірки надійності стропування та підтягувати вантаж косим натягом троса.

За кранами та іншими вантажопідіймальними механізмами закріплюються стропальники, які пройшли навчання, перевірку знань і мають відповідне посвідчення. Правила охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт НПАОП 0.00-1.75-15. (Нормативно-правовий акт охорони праці). Стропальники, під час роботи, користуються захисними касками, дослідник також повинен працювати в касці.

Стропальники, повинні знати та точно виконувати встановлену систему знакової та звукової сигналізації.

На місці виконання вантажно-розвантажувальних робіт мають бути схеми стропування та перелік вантажів з указівкою їх маси [18].

Під час виконання робіт краном на залізничному ходу мають бути чітко визначені умови переміщення стріли під контактною мережею.

При роботі козлових і стрілових кранів біля контактної мережі і повітряних ліній, що перебувають під напругою, має відповідати вимогам «Правил охорони електричних мереж» НПАОП 60.1-1.48-00. Для запобігання ураження електричним струмом, установка та робота крана ближче 40 м від крайнього проводу повітряної лінії електропередачі напругою більше 42 В

допускаються при наявності наряду-допуску на кран та письмового дозволу організації, що експлуатує цю лінію.

Забороняється перебігання колії перед рухомим складом, який наближається, а під час обходу вагонів, які стоять на колії, не дозволяється перетинання колії ближче 5 м від крайнього вагона, прохід між вагонами дозволяється при відстані між ними не менше 10 м.

ДОДАТОК В

ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ ВИРОБНИЧОЇ САНІТАРІЇ ТА ГІГІЄНИ ПРАЦІ

Для запобігання переохолодження робітників в холодну погоду не обхідно виділення теплого одягу відповідно Наказу № 62 від 12.05.2009 «Норми спец одягу, взуття та інших засобів індивідуального захисту»

У темний час доби завантаження металопродукції дозволяються при освітленості місця робіт не менше 20 лк, заміряної в горизонтальній площині на рівні землі працівниками санітарно-епідеміологічної служби МОЗ України на залізничному транспорті. Освітлення облаштовується прожекторне, які розташовані на щоглах. ДБН В.2.5-28-2018 «Природне та штучне освітлення»

Оцінку рівня умов, важкості та напруженості праці за бальною шкалою розглядається на прикладі оцінки факторів виробничого середовища для дослідника лабораторії обладнаної ПК.

У відповідності до вихідних даних, які замірялися в лабораторії, вносимо їх до таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Відповідно до додатків методичних вказівок [17], за витратами енергії, визначаємо категорію робіт для дослідника лабораторії обладнаної ПК. Умови праці, за витратами енергії, не перевищують 230 *Вт* та повинні відповідати легким фізичним роботам – категорії 2а.

З додатків [17], відповідно до категорії робіт 2а, розряду зорових робіт А-1 та виявлених показників умов та напруженості праці, визначаємо ГДК (ГДР) виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Таблиця В.1 – Результати оцінювання за бальною шкалою

Фактор (показник)	Виміряні показники $P_{вим}$	Час дії $год.(хв.)$	ГДК, ГДР, показники, $P_{доп}$	$X_{визн}$, бали	Клас умов праці	X_b , бали
1	2	3	4	5	6	7
Мікроклімат за ТНС-індексом, $t, ^\circ C$	26,5	10	22,0-25,1	3	3.3	3
Освітленість приміщення E , лк	430	10	500	—	3.1	1
Розряд і підрозряд зорових робіт, $З_{ор}$	A-1	—	—	—	—	—
Рівень шуму L , дБА	108	6	65	—	3.4	3
Загальні енергозатрати організму, Bm	350	8	290	0,21	4	4
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	61500	8	40000	1,54		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	78	8	75	1,04		
Тривалість робочого дня, $год.$	10	10	8	0,23		

Для окремих факторів і показників за методикою визначеною «Гігієнічною класифікацією праці», визначаємо розрахункові коефіцієнти $X_{визн}$ та вносять їх значення до стовпчика 5, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для гігієнічної оцінки мікроклімату використовуємо ТНС-індекс, додаток Б [17]. Розрахунковий коефіцієнт $X_{визн}$ при оцінка мікроклімату визначаємо в балах, за формулою 7.1:

$$X_{визн} = \frac{1 \cdot t_1 + 2 \cdot t_2 + 3 \cdot t_3 + 4 \cdot t_4}{T} = \frac{3 \cdot 10}{10} = 3$$

для показників важкості та напруженості праці розрахункові коефіцієнти визначаються за основними та допоміжними показниками, що є характерними для конкретного робочого місця, за формулою 7.2:

- загальні енергозатрати організму, $K_{\text{знач}} = 1,0$

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{доп}}} = \frac{350 \cdot 8 \cdot 1,0}{8 \cdot 290} = 1,21;$$

- стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), $K_{\text{знач}} = 1,0$

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{доп}}} = \frac{61000 \cdot 8 \cdot 1,0}{8 \cdot 40000} = 1,54;$$

- тривалість зосередження уваги (% від часу зміни), $K_{\text{знач}} = 1,0$

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{доп}}} = \frac{78 \cdot 8 \cdot 1,0}{8 \cdot 75} = 1,04;$$

- тривалість робочого дня (зміни), $K_{\text{знач}} = 0,15$

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{доп}}} = \frac{10 \cdot 10 \cdot 0,15}{8 \cdot 8} = 0,23;$$

Визначаємо клас та ступінь шкідливості умов праці для кожного з виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта $X_{\text{визн}} = 3$, з таблиці 7.2 [17] – 3 клас, 3 ступінь (3.3);

- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $P_{\text{вим}} = 430 \text{ лк}$, за додатками Г та табл. Г.1 [17] – 3 клас, 1 ступінь (3.1);

- для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму $P_{вим} = 108 \text{ дБА}$, за додатками Д та табл. Д.1 [17] – 3 клас, 4 ступінь (3.4);

- клас і ступінь важкості та напруженості праці визначаємо як суму розрахованих балів усіх показників $X_{визн}$ за формулою 7.3 [17]:

$$X_{сум} = \sum_{i=1}^n x_i = 1,21 + 1,54 + 1,04 + 0,23 = 4,02$$

З таблиці 7.3 [17] за значенням суми розрахованих балів показників $X_{сум} = 4,02$ – 4 клас, 4 ступінь (4.4);

В результаті досліджень, відповідно до розрахунків, встановлено, що умови праці на робочому місці дослідника лабораторії обладнаної ПК належать до 4 класу, 4 ступеню.

Оскільки при гігієнічній оцінці виявлена наявність шкідливих та особливо шкідливих, важких та особливо важких умов праці, проводимо дослідження фактичного стану умов праці, з метою визначення розмірів доплат за ступені шкідливості факторів виробничого середовища та показників важкості та напруженості праці за бальною шкалою, та вносимо їх значення до таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для оцінки впливу мікроклімату, виходимо з того що він відповідає 3 класу, 3 ступеню умов праці, а час його дії уже врахований, тому – $X_{cm} = X_i = 3$;

- при оцінці впливу освітленості, виходимо з того що вона відповідає 3 класу, 3 ступеню умов праці та діє протягом 10 годин, тому коректування не потрібно – $X_{cm} = X_i = 1$;

- для оцінки впливу шуму, виходимо з того, що його рівень відповідає 3 класу, 4 ступеню умов праці та діє протягом 6 годин, тому значення X_i визначаємо за формулою 7.4 [17]:

$$X_i = X_{cm} \cdot \frac{T}{8} = 1 \cdot \frac{4 \cdot 6}{8} = 3$$

- для оцінки впливу важкості та напруженості праці, виходимо з того що вони відповідають 3 класу, 4 ступеню умов праці, а час їх дії уже врахований, тому – $X_{cm} = X_i = 4$;

Для визначення конкретного розміру доплати, умови праці оцінюємо по сумі значень X_i , за формулою 7.5 [17]:

$$X_{\text{факт}} = 3 + 1 + 3 + 4 = 11.$$

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану – $X_{\text{факт}} = 11$, на підставі Типового положення «Про оцінку умов праці на робочих місцях і порядок застосування галузевих переліків робіт, на яких можуть установлюватися доплати робітникам за умови праці», з таблиці 7.4 [17]. Розмір доплати до тарифної ставки (окладу) – 24 %.

На підставі результатів загальної гігієнічної оцінки умов праці за ступенем шкідливості та небезпечності, а також дослідження фактичного стану умов праці робимо висновки та пропозиції.

1. Умови, важкості та напруженості праці на робочому місці дослідника лабораторії, згідно результатів досліджень, належать до 3 класу, 3 ступеню (особливо важкі та особливо шкідливі умови праці), що не відповідає вимогам Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» до даного робочого місця;

2. Відповідно до класифікації умови, важкість та напруженість праці на робочому місці -дослідника належать до категорії 2а, тому необхідно привести ці умови у відповідність до нормативних значень, які відповідають оптимальним параметрам для категорії 2а, а саме:

- мікрокліматичні умови, за інтегральним показником теплового навантаження середовища - ТНС-індексом - 19,2-21,9°C;

- освітленість приміщення для роботи з дисплеями відповідає розряду зорових робіт А-1, нормована загальна освітленість якого, на робочих столах – $E = 500$ лк;

- рівень шуму в робочий зоні дослідника – 65 дБА;

- загальні енергозатрати організму, до 232 Вт;

- стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), до 40000;

- тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни), до 100%;

- тривалість робочого дня 8 год.

3. Для приведення умов, важкості та напруженості праці до вищезазначених показників необхідно передбачити комплекс заходів які забезпечать нормалізацію умов праці, наприклад:

- для приведення мікрокліматичних умов до відповідності, необхідно забезпечити припливно-витяжну механічну вентиляцію та кондиціонування приміщення;

- для забезпечення нормованої освітленості приміщення яка відповідає розряду зорових робіт необхідно провести додаткові розрахунки та визначитися з потужністю ламп, типом ламп та світильників та їх раціональним розміщенням;

- для зниження рівня шуму в робочий зоні дослідника необхідно замість матричних принтерів застосувати лазерні; з метою зниження зовнішнього шуму замінити вікна на пластикові з трикамерним склопакетом;

- для зменшення загальних енергозатрат організму, необхідно скоротити тривалість робочого дня 8 год

- для зменшення напруженості праці від стереотипних рухів за зміну при локальному навантаженні кистей рук та пальців необхідно передбачити перерви, не менш 15 хвилин, кожні 1-2 години;

- для зменшення тривалості зосередження уваги, необхідно скоротити тривалість робочого дня, передбачити додаткові перерви.

4. Якщо, з об'єктивних причин, вищезазначені заходи неможливо виконати, необхідно забезпечити доплати до тарифної ставки (окладу) за особливо шкідливі та особливо важкі умови праці, відповідно до таблиці 7.4 [17], у розмірі 24%.