

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний, транспортний
(повне найменування інституту, факультету)

«Транспортні технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

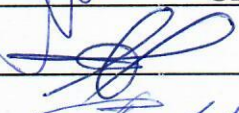
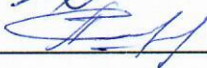
магістра
(ступінь вищої освіти)

на тему ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНОГО
ОБСЛУГОВУВАННЯ БУНКЕРІВ ДОМЕННОГО ЦЕХУ НА ПРИКЛАДІ
ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»

Виконав: студент ІІ курсу, групи Тз-810м

Спеціальності 275 Транспортні технології
(на залізничному транспорті)
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
Транспортні технології
(на залізничному транспорті)

		Євгенія КУЗЬМІНА (прізвище та ініціали)
Керівник		Сергій ТУРПАК (прізвище та ініціали)
Рецензент		Андрій СОСИК (прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет _____ машинобудівний, транспортний
 Кафедра _____ «Транспортні технології»
 Ступінь вищої освіти _____ магістр
 Спеціальність _____ 275 Транспортні технології
 (на залізничному транспорті)
 (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) _____ Транспортні технології
 (на залізничному транспорті)
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«Транспортні технології»

Сергій ТУРПАК

« 01 » 10 2021 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Кузьміної Євгенії Геннадіївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Підвищення ефективності транспортного обслуговування бункерів доменного цеху на прикладі ПАТ «Запоріжсталь»
 керівник проєкту (роботи) Турпак Сергій Миколайович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «05» листопада 2021 р. №425

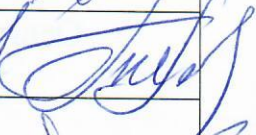
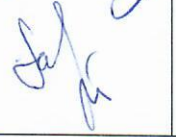
2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 30.11.2021 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) існуюча ТТС вантажопереробки та перевезення коксу, генеральний план підприємства, існуючі обсяги перевезень коксу, існуюча мережа транспортних зв'язків Південного залізничного району

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина. 2. Основна частина. 2.1 Дослідження структури та інтенсивності вантажопотоку коксу до бункерів доменних печей. 2.2 Дослідження інтенсивності вантажопотоку коксу з підприємства ПАТ «Запоріжжкокс». 2.3 Розробка імітаційної моделі транспортної системи доставки коксу доменного до бункерів доменних печей. 2.4 Постановка експерименту. 2.5 Аналіз результатів досліджень. 3. Економічна частина. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Презентація магістерської роботи.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Аналітична частина	Турпак С.М., зав. каф.		
Основна частина	Турпак С.М., зав. каф.		
Економічна частина	Харченко Т.В., ст. викл.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Лазуткін М.І., доцент		

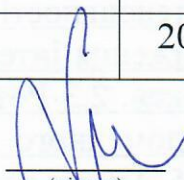
7. Дата видачі завдання «01» жовтня 2021 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналітична частина	18.10-30.10	
2	Основна частина	01.11-13.11	
3	Економічна частина	15.11-20.11	
4	Охорона праці	22.11-26.11	
5	Оформлення МР	27.11-30.11	
6	Перевірка МР на плагіат	01.12-10.12	
7	Отримання зовнішніх рецензій	13.12-18.12	
8	Захист магістерських робіт	20.12-24.12	

Студент(ка)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

Євгенія КУЗЬМІНА
(прізвище та ініціали)


(підпис)

Сергій ТУРПАК
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ : 70 с., 23 рис., 14 табл., 11 джерел.

ДОМНА, ЗАЛІЗНИЧНА КОЛЯ, КОКСОВОЗ, ПРИЙМАЛЬНИЙ БУНКЕР, ТЕПЛОВОЗ

Об'єкт дослідження – приймальні бункера коксу доменного цеху ПАТ «Запоріжсталь».

Мета роботи – удосконалення транспортної технології обслуговування бункерів коксу доменного цеху.

Методи дослідження – аналітичний аналіз, імітаційне моделювання транспортних процесів при організації вивантаження коксу, графо-аналітичний аналіз.

В роботі досліджено оригінальний підхід до організації вивантаження коксу на бункерах доменного цеху із відчепленням не повністю розвантажених вагонів та вивільненням тепловозу для роботи на інших ділянках підприємства. Розроблено імітаційну модель, виконано експерименти, результати яких проаналізовано графічним методом та надано економічно обґрунтовані рекомендації щодо практичного використання на Запоріжсталі.

ЗМІСТ

	с.
Завдання на проєкт	2
Реферат.....	4
Зміст	5
Вступ	7
1 Аналітична частина	9
1.1 Характеристика транспорту Південного залізничного району.....	9
1.2 Організація вантажних робіт на бункерах доменного цеху	14
1.3 Особливості технічного забезпечення руху поїздів на станції Аглофабрика	20
1.4 Недоліки існуючого положення та постановка задач дослідження	24
2 Основна частина	26
2.1 Дослідження структури та інтенсивності вантажопотоку коксу до бункерів доменних печей	26
2.2 Дослідження інтенсивності вантажопотоку коксу з підприємства ПАТ «Запоріжжкокс»	31
2.3 Розробка імітаційної моделі транспортної системи доставки коксу доменного до бункерів доменних печей	34
2.4 Постановка експерименту	44
2.5 Аналіз результатів досліджень	48
3 Економічна частина	51
3.1 Розрахунок експлуатаційних витрат по базовому варіанту	51
3.2 Розрахунок експлуатаційних витрат за проєктними варіантами	55

4 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	65
4.1 Аналіз потенційних небезпек	66
Висновки	67
Перелік посилань	69

ВСТУП

На підприємстві Запоріжсталь [1] функціонує значна кількість пунктів навантаження та вивантаження сировини та матеріалів.

Якщо розглядати вантажні фронти, які обслуговує залізничний транспорт, то необхідно відзначити наступні основні фактори зміни технології вантажних робіт:

- особливості функціонування виробництва у поєднанні з вантажоприймальними пристроями;
- зміна вантажопідіймальних машин, які використовуються;
- зміна типу рухомого складу;
- зміна технології управління та контролю за процесами вантажних робіт.

Так, якщо порівняно нещодавно основним видом вагонів, які використовувались для перевезень на металургійних підприємствах, були універсальні напіввагони, то тепер використовується достатньо широкий спектр рухомого складу:

- хопери с різноманітною конструкцією кузову та розвантажувальних люків (коксовози, вуглевози, окатишовози та ін.);
- платформи з контейнерами;
- лісовози та ін.

Виконання вантажних робіт стає більш зручним та ефективним у порівнянні з традиційними методами.

В роботі обрано об'єкт дослідження – бункера доменного цеху, де здійснюється вивантаження вагонів з коксом.

Ця ділянка потребує постійної наявності на фронті вивантаження (над приймальними бункерами) локомотиву, який здійснює переміщення вагонів між печами.

Тривала практика роботи показала можливість використання в окремих випадках нестандартних підходів. Так, при тимчасовому зниженні потребі у коксі виробництва, є можливим залишати на певних бункерах не повністю розвантажених вагонів з відкритими люками. Це дозволяє вивільнити локомотив для виконання інших видів робіт, але такий підхід змінює технологію організації вантажних робіт та потребує дослідження його ефективності.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика транспорту Південного залізничного району

Характерною рисою функціонування залізничного транспорту Південного району є найбільший на підприємстві за обсягом перевезень рух поїздів вагонами уперед.

Це обумовлено ухилами, які сформовані через необхідність постановки вагонів на достатньо високих за конструктивними та технологічними особливостями бункерах доменного цеху [2].

Характеристика перегінних колій Південного залізничного району надана у таблиці 1.1 [3].

Таблиця 1.1 - Характеристика перегінних колій Південного залізничного району

Ділянка	Локо- мотив	Ухил, ‰	Дов- жина пере- гону, км	Вагова норма поїзду, т		Норма вклю- чення гальм, %	Норма авто- мати- чних гальм на 100т ваги поїз- ду, т	Макси- маль- на довжина поїзду, ваг.	Встановлена довжина поїзду у вагонах		Максимальна вага с негаль- мівними вагонами
				непар- ного	пар- ного				пар- ного	непар- ного	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Південна- Східна	ТЭМ	9.1	3.1	-	2712	100	33	60 хп.	60 хп.	-	1350, V=15
	ТГМ				2575			56 пв.	56 пв.		900, V=10
Східна- Південна	ТЭМ	-5.7		5320	-			60 хп.	-	60 хп.	1350, V=15
	ТГМ			4664				56 пв.	56 пв.	900, V=10	

Кінець таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Південна-Рудна	ТЭМ	21.1	0.5	1365	-			15	-	15	1365	вагона-ми	
	ТГМ			919					919	уперед			
Рудна-Південна	ТЭМ	-14.7		-	1350			20 ва-гонів	60	60	-	455, V=10	
	ТГМ												273, V=10
Південна - Аглофаб-рика	ТЭМ	17.8	0.6	850		100		18	-	18	850	вагона-ми упе-ред	
	ТГМ			450						450	на 1 т-3		
Аглофаб-рика – Південна	ТЭМ	-18.7		-				850	30	-	30	364, V=10	
	ТГМ			450								273, V=10	
Південна - Доменна	ТГМ	11.6	0.39	630	-	Не вмикаються		20	-	20	630	вагона-ми упе-ред	
Доменна-Південна	ТГМ	-4.6		-	990				20	-	900, V=5		
Південна - СХЧ	ТЭМ	15.1	0.62	900	-	100	33	10	-	10	630		
	ТГМ										450		
СХЧ-Південна	ТЭМ	-7.3		-	1800			20	20	-	630		
	ТГМ									450			

Примітка. 1. У холодну пору року у ваговій нормі, зазначеній у стовпцях 5 та 6, а також у кількості вагонів, зазначених у стовпці 9, не враховується 1 вагон –прикриття тепловозу (необхідне для забезпечення безпеки складача поїздів при постановці вагонів у гараж розморожування).

2. У стовпці 9 вказано кількість вагонів з урахуванням подачі на окремих перегонах двома локомотивами.

У таблиці 1.2 наведена характеристика маневрових районів станції Південна [3].

Таблиця 1.2 - Спеціалізація районів роботи маневрових локомотивів

Район роботи	Витяжна колія	Характер робіт	Серії локомотивів	Керівник маневрів, його місце-знаходження	Наявність радіостанції на локомотивах
Перший район	Колія № 23 від М 11 до упору	Формування та розформування составів	ТЭМ-2,18 ТГМ-4	Помічник машиніста-складач поїздів	Є в наявності
Другий район	Колія № 24 від М 3 до упору				
Третій район	Колії за направленням перегонів непарного напрямку				
Четвертий район	Колія № 4 (парк гаражу розморожування від СП № 56 до сигналу М 110)	Постановка, прибирання вагонів			

Кінець таблиці 1.2

Район роботи	Витяжна колія	Характер робіт	Серії локомотивів	Керівник маневрів, його місце знаходження	Наявність радіостанції на локомотивах
П'ятий район	З'єднувальна колія до граничного ствopчика СП-82 ПрАТ «Запоріжжкокс»	Навантаження-вивантаження вагонів	ТЭМ-2,18 ТГМ-4	Помічник машиніста-складач поїздів	Є в наявності

На рисунку 1.1 показана схема колійного розвитку станції Аглофабрика, на якій виконується вивантаження коксу доменного (колія 2П парку Бункери).

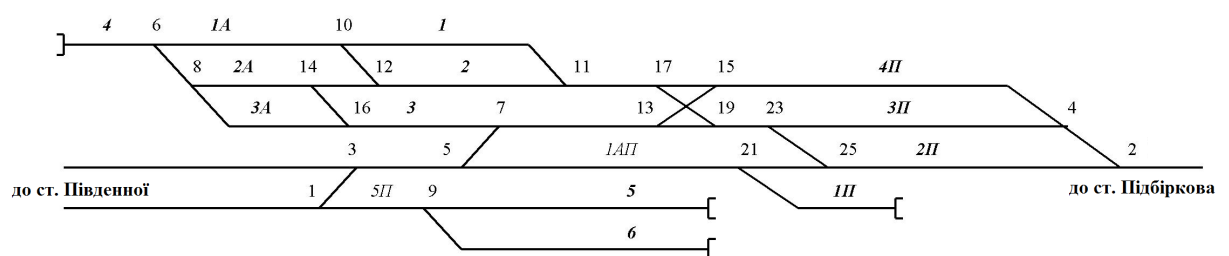


Рисунок 1.1 – Схема колійного розвитку станції Аглофабрика

На рисунку 1.2 показана схема станції Південна, на якій здійснюється формування вантажних поїздів на станцію Аглофабрика, та розформування составів із порожніми вагонами, які надходять зі станції Аглофабрика.

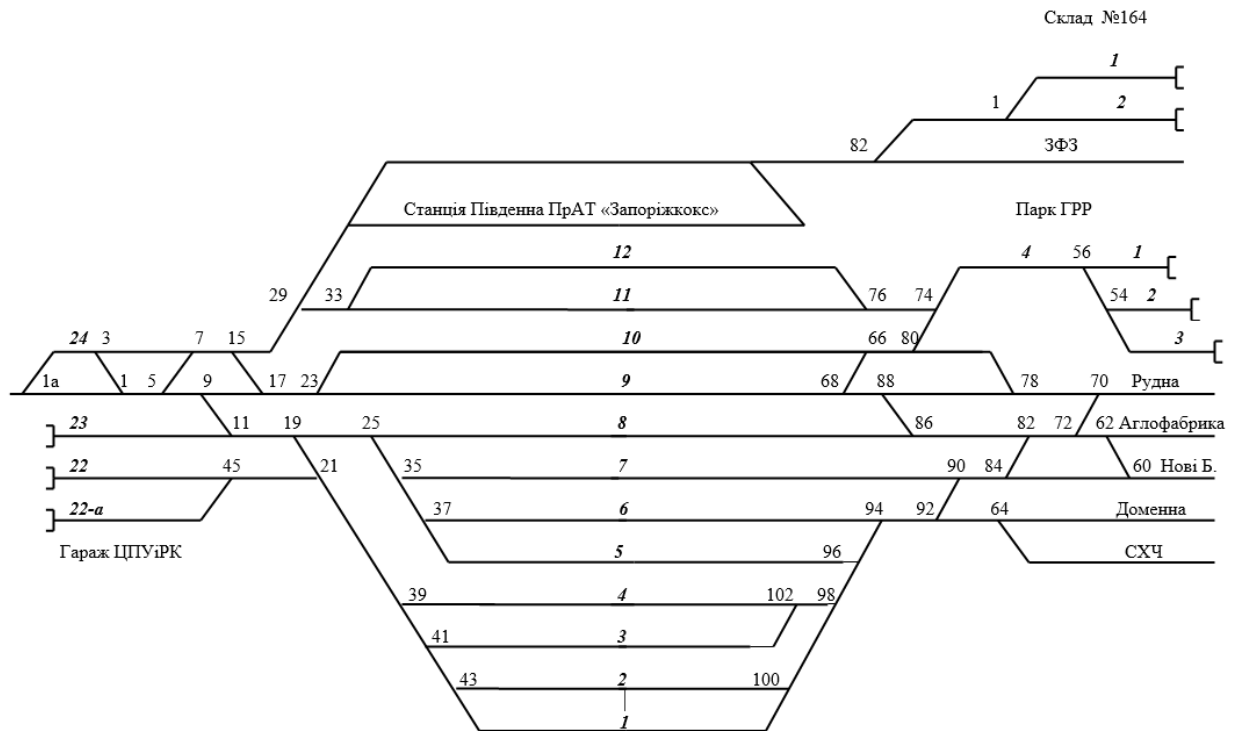


Рисунок 1.2 – Схема станції Південна

За даною схемою організація подавання коксу доменного з колій Запоріжжкоксу є можливим через витяжну колію №24 та, надалі, по будь-які колії станції Південна з №1 по №10. Але, зазвичай, використовується маршрут із найменшим викривленням шляху прямування для реалізації найбільшого набору швидкості перед підйомом на бункери доменного цеху (колії 7,8,9).

При відсутності відхилень в технологічному процесі взаємодії Запоріжсталі та Запоріжжкоксу, в холодну пору року розморожування коксу не потрібне. За технологічних умов він не встигає змерзатись. Окремі типи коксовозів (з нарощеними бортами) неможливо поставити до гаражу розморожування.

1.2 Організація вантажних робіт на бункерах доменного цеху

На підприємстві встановлено наступний порядок розвантаження вагонів на бункерах доменного цеху [4].

Черговість подачі сировини та її кількість під розвантаження на бункера доменного цеху встановлює бригадир бункерів та дає заявку на його подання складачу поїздів – черговому посту «Бункери».

Бригадир бункерів перед визначенням схеми розміщення вагонів відповідно доменним печам на бункерах виконує наступні регламентні роботи:

- забезпечує відсутність людей та механізмів у зоні маневрів;
- заздалегідь погоджує роботу рудно-грейферного перевантажувача (далі - РГП) на ділянці колій, де планується виконання маневрів із бригадиром рудного двору, останній передає інформацію машиністам грейферних кранів.

Порядок виконання робіт в процесі вивантаження вагонів-хоперів та коксовозів по 2-й, 3-й та 4-й коліях бункерів наступний.

Керівник маневрів подає ручні сигнали, або, в умовах поганої видимості, команди по радіозв'язку, машиністу тепловозу щодо пересування составу та здійснює подачу стислого повітря в кантувальну магістраль спеціалізованих вагонів лише по факту отримання дозволу бригадира ділянки вивантаження та очищення вагонів, чи призначеного ним старшим одного з вантажників, особисто переконавшись у наявності фронту вивантаження.

Бригадир ділянки вивантаження та очищення вагонів (старший вантажник) перед тим, як дати вказівку на пересування залізничного составу, забезпечує прибирання з зони виконання маневрових робіт вантажників та очищення залізничних колій від залишків вантажу, вивантаження яких здійснювалось раніше.

Перед початком вивантаження составу по четвертій колії парку «Бункери» (колія є консольною), машиніст тепловоза зобов'язаний подати сигнал сповіщення. Машиністи екскаваторів та бульдозера, що працюють на рудному дворі та виконують роботи з формування штабеля вапняку та висвободжають фронт вивантаження по даній колії, після постановки хоперів на фронт вивантаження та отримання сигналу тепловозу повинні зупинити роботу до моменту закінчення вивантаження і прибирання вагонів з вантажного фронту [4].

При вивантаження напіввагонів, якщо відбувається надходження коксу з магістральних ліній Укрзалізниці, по другій колії бункерів, є пені особливості.

Спочатку здійснюється відпускання автоматичних гальм вагонів, яке виконується помічником машиніста тепловоза на другій або на сьомій колії, безпосередньо перед подаванням вагонів на бункери та їх вивантаження.

Розташування вагонів по доменних печах здійснюється локомотиво-складацькою бригадою згідно вказівок чергового по посту, який завчасно здійснює узгодження цих дій з бригадиром бункерів.

Кожна група вагонів закріплюється гальмівними башмаками з обох сторін составу вагонів. Допускається укладання двох башмаків під один візок одного з вагонів з обох його сторін (перед відчеплення локомотиву). Якщо виникає ситуація із неможливості виконання закріплення составів на перехідних майданчиках, дозволяється заходити на вивантажувальні решітки, при цьому виконуючі наступні запобіжні заходи:

- до проходження на решітки бункерів складач поїздів візуально оглядає їх на наявність ушкоджень - тріщин, зламів та інших механічних пошкоджень, завеликого зносу по товщині (при виявленні вказаних ознак - на решітки забороняється виходити);

- необхідно попередньо виконати очищення підшв взуття від бруду, снігу та інших матеріалів.

- при знаходженні на решітці, необхідно ставати серединою підошви взуття тільки на місця з'єднання її осередків;
- під час перебування на решітках, необхідно постійно дотримуватись підвищеної уважності та особистої обережності.

По встановленню та закріпленню вагонів тепловоз відчеплюється та відводиться на відстань не ближче 15 метрів до составу [5]. Локомотивно-складацька бригада не з'єднує тепловоз із вагонами до отримання дозволу від бригадиру вантажників.

У окремих випадках, якщо розміри приймальних бункерів є меншими за довжину кузову вагону, дозволяється не виконувати відчіплення тепловозу. За таких умов локомотивно-складацькій бригаді забороняється виконувати процедуру підтягування вагонів, якщо відповідна команда не надійшла від бригадира вантажників (або призначеного ним старшого вантажника).

Перед дачею такої команди на підтягування составу вагонів, бригадир переконується у відсутності працівників у вагонах та/або зоні проведення маневрів, очищенні залізничних колій у межах потрібного габариту для руху составу від залишків вантажу, який розвантажуються.

Керівник маневрів переконується у відсутності працівників у зоні виконання маневрових операцій та у рухомому складі, у наявності габаритів, після чого дає сигнал машиністу тепловоза на підтягування вагонів. Надалі вагони закріплюються гальмівними башмаками після зупинки.

Після виконання операцій по вивантаженню, очищенню, закриттю люків вагонів та очищення залізничних колій від вантажу, бригадир вантажників (старший вантажник) виводить вантажників із зони виконання маневрової роботи, доповідає про час закінчення вивантаження вагонів черговому посту «Бункери».

Черговий посту «Бункери» при заступанні на зміну, та на протязі зміни, особисто або шляхом опитування помічника машиніста тепловозу-

складача поїздів, після вивантаження кожного составу із сировиною на вантажних фронтах бункернів, переконується у наявності габаритів для руху составів по залізничних коліях.

Якщо на коліях виявлено залишки вантажів, про це повідомляється бригадир виробничої ділянки по вивантаженню і очищенню вагонів та робиться запис у «Журналі прийому та здачі зміни бригадира на ділянках основного виробництва (змінного) ділянки вивантаження та очищення вагонів». Цей журнал знаходиться у технічному приміщенні вантажників, розташованому поблизу парку «Бункери». Також зазначається місце відсутності габаритів та прізвище відповідальної особи, яку було сповіщено про дані обставини.

Маневрова робота на бункерній естакаді провадиться лише за умови наявності відповідної вказівки складача поїздів - чергового посту «Бункери», після отримання підтвердження від вантажника ділянки вивантаження та очищення вагонів про очищення габаритів від залишків вантажу, що розвантажуються.

У випадку, якщо габарити не приводяться у відповідність до вимог Правил технічної експлуатації (ПТЕ), складач поїздів – черговий посту «Бункери» доповідає про це начальнику зміни УЗТ та робить відповідний запис у «Журналі прийому та здачі зміни чергового посту Бункера» [4].

У разі, якщо вивантажений вантаж за своїм обсягом перевищує місткість бункера і вантажникам немає можливості очистити колії для забезпечення операцій з прибирання вагонів від вантажного фронту, складач поїздів складає акт про виникнення початку непродуктивного простою вагонів, в якому зазначається час та причини простою. Акт підписується бригадиром бункерів доменного цеху. Состав вагонів не переміщується до приведення габаритів у відповідності до (ПТЕ).

Бригадир бункерів забезпечує наявність і справність гальмівних башмаків, які використовуються для закріплення вагонів в зоні розташування

бункерів. Крім того, він контролює своєчасне очищення жолобів між рейками та пішохідним переходом в міжколійному просторі другої та третьої колій.

За потреби переміщення грейферів РГП через колії бункерної естакади колії - 2,3,4, з метою виключення можливості зіткнення вантажозахоплюючих пристосувань РГП з рухомим складом або падіння частин вантажу на рухомий склад, бригадир рудного двору зобов'язаний повідомити про такі роботи чергового по станції Аглофабрика. Після закінчення переміщення грейферів РГП у зазначеній зоні, також повідомити про це чергового по станції Аглофабрика.

Черговий по станції Аглофабрика попереджає про роботи машиніста тепловозу, який повинен переміщатися з маневровим складом у зоні роботи РГП. Машиніст тепловоза слідує з маневровим складом до зони роботи РГП, зупиняє склад перед першою опорою РГП і подає сигнал великої гучності. Після переконання в тому, що машиніст РГП сприйняв сигнал (грейфер зупинився і не переміщається), машиніст продовжує рух з маневровим складом. У разі, якщо машиніст РГП продовжує роботу, машиніст тепловоза зобов'язаний подавати оповіщувальний сигнал доти, поки машиніст РГП не припинить роботу.

Машиніст РГП, почувши оповіщення при роботі в зоні бункерної естакади, повинен зупинити переміщення грейфера на час проїзду маневрового складу, після чого продовжити роботу. При роботі машиніст РГП зобов'язаний виконувати вимоги габариту наближення будівель, не допускаючи переміщення грейфера в зону рухомого складу і над рухомим складом, що рухається (за винятком виконання передбачених і узгоджених вантажних операцій зі стоїть рухомим складом).

Черговому станції Аглофабрика забороняється давати вказівку на приготування маршруту на колію 3 бункерів з боку станції Підбіркова до отримання повідомлення від бригадира бункерів про зняття тупикових упорів

з цього шляху.

Під час вивантаження, підтягування вагонів по другій колії бункерів, складач знаходиться на пішохідному містку з боку галереї ПУТ, в зоні видимості вантажників і машиніста тепловоза.

При необхідності, пропуск составу з агломератом (тобто при нестандартній або аварійній ситуації) по другій або четвертій коліях бункерів, така зміна технології здійснюється за дозволом чергового по станції Аглофабрика після погодження з бригадиром бункерів.

При необхідності дозволяється вивантаження на третій колії хоперів з окатишами, флюсами, металододобавками за заявкою бригадира бункерів. У цьому випадку вивантаження забезпечує вантажник ділянки вивантаження та очищення вагонів. Керівник маневрів у цьому випадку знаходиться на пішохідному містку між шляхами №2 і №3 біля вантажника в зоні видимості машиніста. Після вивантаження вагону, складач поїздів переконується у наявності габаритів, після чого дає сигнал машиністу тепловозу на рух составу [4].

Хопера з розміткою Ш-2 з металодобавками подаються на третю колію для вивантаження на доменну піч №2 (ДП-2) - не більше одного хопера одночасно. Якщо подача хоперів проводиться з боку ДП-5, бригадир бункерів зобов'язаний прибрати трансферкар за перший бункер ДП-2 з боку установки ПУТ. Перед осадженням хопера на ДП-2 вантажники з боку тепловозу готують хопер до вивантаження (відкривають кулісу й гачок) з майданчика перед агломераційними бункерами, а сам хопер повинен знаходитись над першим аглобункером. Після підготовки хопера до вивантаження, осадження на бункер вивантаження складач поїздів здійснює з готовністю зупинки у разі неконтрольованого відкриття розвантажувального люку. На фронті вивантаження вантажники проводять вивантаження вдвох, при цьому один вантажник відкриває другу сторону хопера з майданчика, що знаходиться за бункером для металодобавок і пропускає металодобавки з

боку 3-ї колії, а другий вантажник відкриває хопер і пропускає металодобавки з боку 4-го шляху.

Можливе непередбачене відкриття хопера (підготовленого для вивантаження) при пересуванні над бункерами з агломератом на ДП-2, що не вважається порушенням технологічного процесу.

Закриття розвантажувальних люків хопера проводиться вантажниками на майданчику між бункерами. У закритті люків хопера на гачки і куліси складач переконується поза меж бункерів.

1.3 Особливості технічного забезпечення руху поїздів на станції Аглофабрика

Контроль зайнятості ділянок колій станції Аглофабрика тривалий час був неможливим через кріплення колій до металевих частин бункерів. Завдяки впровадженню системи контролю зайнятості ділянок колій (СКЗД) через підрахунок осей вагонів це стало можливим [3].

В її основу закладений принцип підрахунку числа вагонів, які проходять по станції.

У разі необхідності, система здатна примусово звернути увагу чергового по станції Аглофабрика до виникнення аварійної ситуації (поява «вікна» на екрані, звукова сигналізація та ін.).

Система надає можливість перегляду архівних подій із ситуації руху составів.

СКЗД реалізує функції по аналогії функціонування рейкових ланцюгів, крім однієї з них - контролювання цілісності рейок колії. Застосовується у випадках, коли реальні умови експлуатації рейкових

ланцюгів неможливі (висока токопровідність баластової основи, рейкові ділянки на металевій основі та ін.)

Дія СКЗД заснована на принципі підрахунку й порівнянні числа колісних пар, які проходять через датчик підрахунку, що встановлюється з входу та виходу ділянки колій. Система здатна контролювати у безперервному режимі стан ділянок колій (вільні або зайняті рухомим складом), відстежувати положення та напрямок руху составів на станції.

У таблиці 1.3 наведена характеристика колій станції Аглофабрика, оснащених СКЗД [3].

Таблиця 1.3 - Характеристика колій станції Аглофабрика

Номера колій	Призначення	Стрілки, що обмежують		Корисна довжина, м	Місткість, вагонів	Наявність рейкових ланцюгів або контактної мережі	
		від	до			Рейкові ланцюги	Контактна мережа
5	Операції по вивантаженню вагонів	9	упор	75	6	СКЗД	немає
6	Операції по вивантаженню вагонів	9	упор	75	6	СКЗД	немає
5П	Прийом та відправлення составів	1	9	110	7	СКЗД	немає

Продовження таблиці 1.3

Номера колій	Призначення	Стрілки, що обмежують		Корисна довжина, м	Місткість, вагонів	Наявність рейкових ланцюгів або контактної мережі	
		від	до			Рейкові ланцюги	Контактна мережа
1П	Операції по вивантаженню вагонів	21	упор	185	12	СКЗД	немає
2П	Операції по вивантаженню вагонів	25	2	590	37	СКЗД	немає
3П	Операції по вивантаженню та навантаженню вагонів	23	4	660	41	СКЗД	тролеї
4П	Операції по вивантаженню та навантаженню вагонів	15	4	720	45	СКЗД	немає
1А П	Прийом та відправлення составів	5	21	187	12	СКЗД	немає
1	Операції по навантаженню вагонів	11	10	130	12	СКЗД	немає

Кінець таблиці 1.3

Номера колій	Призначення	Стрілки, що обмежують		Корисна довжина, м	Місткість, вагонів	Наявність рейкових ланцюгів або контактної мережі	
		від	до			Рейкові ланцюги	Контактна мережа
2	Операції по навантаженню вагонів	11	12	130	12	СКЗД	немає
3	Виставочний	16	7	75	6	СКЗД	немає
4	Витягування составів вагонів	6	упор	103	8	немає	немає
1А	Зважування вагонів	10	6	38	2	немає	немає

В ході аналізу транспортно-виробничих процесів споживання доменного коксу на ПАТ «Запоріжсталь» встановлено, що до основних факторів, які обумовлюють витрату коксу, як пального, на тону чавуну, можна віднести наступні:

- технологічно обумовлена ступінь використання тепла та відновлювальної здатності газів у доменних печах;
- нагрівання дуття;
- хімічний склад чавуну, виробництво якого здійснюється в доменних печах;

- процеси шлакоутворення, його основність тощо;
- обсяг надходження металодобавок зі станції Підбіркова;
- якість коксу.

Таким чином, можна стверджувати, що характер споживання коксу значною мірою є випадковим. Для дослідження таких процесів успішно може бути використаний метод імітаційного моделювання із використанням сучасних програмних продуктів.

1.4 Недоліки існуючого положення та постановка задач дослідження

В аналітичній частині проаналізовано існуючу технологію доставки доменного коксу від ПрАТ «Запоріжжкокс» до кінцевого споживача – доменного цеху Запоріжсталі, та його особливостей. Виявлені наступні особливості:

- процес транспортування значною мірою обумовлений технологічними вимогами виробничих процесів доменного цеху;
- за наявності чотирьох доменних печей процес споживання коксу суттєво залежить від випадкових факторів.

З урахуванням виявлених особливостей пропонується розглянути всі можливі варіанти зміни технології вивантаження коксу, які не призводять до ускладнення транспортно-виробничих процесів та можуть підвищити ефективність перевезень:

- для врахування стохастичного характеру транспортних процесів пропонується розробити імітаційну модель доставки та вивантаження коксу на приймальних бункерах у доменні печі;

- виконати експерименти із урахуванням можливості залишення частини вагонів з составу під вивантаженням та забиранням їх при наступному подаванні завантажених вагонів (після розвантаження);

- проаналізувати отримані результати роботи моделі, визначити найбільш ефективну транспортну технологію за економічними показниками функціонування транспортної системи.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Дослідження структури та інтенсивності вантажопотоку коксу до бункерів доменних печей

Технологічний процес доставки доменного коксу до кінцевого споживача – доменного цеху «Запоріжсталі» сформовано під впливом багатьох факторів [5].

По-перше, головна роль у цьому процесі відводиться розташованому поруч підприємству – ПАТ «Запоріжжкокс». Це обумовлено історичним ходом будівництва промислового майданчику міста Запоріжжя. «Запоріжжкокс» вже багато років виготовляє кокс для потреб сусіднього підприємства з вугілля, яке надходить з зовнішньої мережі залізничних шляхів.

По-друге, через певні технологічні чинники, доцільним є використання доменного коксу з інших підприємств. Наприклад, через менший вміст в ньому сірки та інших елементів. Крім того, використання доменного коксу інших виробників може бути обумовленим економічними причинами та, навіть політичними.

Задачі дослідження, які поставлені в даній роботі, не виходять за сферу функціонування транспортної системи обслуговування парку «Бункери» станції «Аглофабрика», тож, ґрунтуються на аналізі вагонопотоку без розмежування на його склад. Оскільки для вирішення поставлених задач використовується метод імітаційного моделювання, таке спрощення припустиме, але це не означає, що інші дослідники не можуть продовжити даний напрямок роботи із більш високим рівнем деталізації певних підсистем.

Технологією, яка формувалась десятиріччями, передбачається подавання коксу доменного зі станції «Південна» до парку «Бункери» станції «Аглофабрика» партіями по дев'ять вагонів.

Статистичні дані інтервалів часу між черговими подачами коксу наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Статистичні дані інтервалів часу між черговими подачами коксу

№ з/п	Інтервал між подаванням, хв.	№ з/п	Інтервал між подаванням, хв.
1	121	21	102
2	231	22	82
3	121	23	91
4	121	24	94
5	145	25	202
6	100	26	115
7	163	27	202
8	153	28	154
9	111	29	62
10	72	30	50
11	123	31	91
12	55	32	102
13	93	33	181
14	114	34	224
15	142	35	131
16	224	36	101
17	115	37	111
18	113	38	132
19	85	39	92
20	103	40	164

Продовження таблиці 2.1

№ з/п	Інтервал між подаванням, хв.	№ з/п	Інтервал між подаванням, хв.
41	131	66	83
42	92	67	90
43	131	68	144
44	114	69	101
45	113	70	223
46	173	71	91
47	181	72	111
48	235	73	175
49	135	74	44
50	202	75	162
51	72	76	114
52	223	77	92
53	164	78	92
54	115	79	115
55	90	80	115
56	164	81	81
57	112	82	171
58	124	83	174
59	125	84	65
60	155	85	94
61	114	86	93
62	155	87	112
63	94	88	90
64	115	89	104
65	111	90	114

Кінець таблиці 2.1

№ з/п	Інтервал між подаванням, хв.	№ з/п	Інтервал між подаванням, хв.
91	51	96	144
92	54	97	111
93	124	98	114
94	132	99	113
95	94	100	52

Таким чином, маємо вибірку зі 100 значень: 121, 231, 121, 121, 145, 100, 163, 153, 111, 72, 123, 55, 93, 114, 142, 224, 115, 113, 85, 103, 102, 82, 91, 94, 202, 115, 202, 154, 62, 50, 91, 102, 181, 224, 131, 101, 111, 132, 92, 164, 131, 92, 131, 114, 113, 173, 181, 235, 135, 202, 72, 223, 164, 115, 90, 164, 112, 124, 125, 155, 114, 155, 94, 115, 111, 83, 90, 144, 101, 223, 91, 111, 175, 44, 162, 114, 92, 92, 115, 115, 81, 171, 174, 65, 94, 93, 112, 90, 104, 114, 51, 54, 124, 132, 94, 144, 111, 114, 113, 52.

Варіаційний ряд: 44, 50, 51, 52, 54, 55, 62, 65, 72, 72, 81, 82, 83, 85, 90, 90, 90, 91, 91, 91, 92, 92, 92, 92, 93, 93, 94, 94, 94, 94, 100, 101, 101, 102, 102, 103, 104, 111, 111, 111, 111, 111, 112, 112, 113, 113, 113, 114, 114, 114, 114, 114, 114, 115, 115, 115, 115, 115, 115, 121, 121, 121, 123, 124, 124, 125, 131, 131, 131, 132, 132, 135, 142, 144, 144, 145, 153, 154, 155, 155, 162, 163, 164, 164, 164, 171, 173, 174, 175, 181, 181, 202, 202, 202, 223, 223, 224, 224, 231, 235.

Виконаємо статистичний аналіз в середовищі Statistica [6].

Аналіз щільності розподілу ймовірності випадкової величини інтервалів подавання коксу доменного до парку «Бункери» наведено на рисунку 2.1.

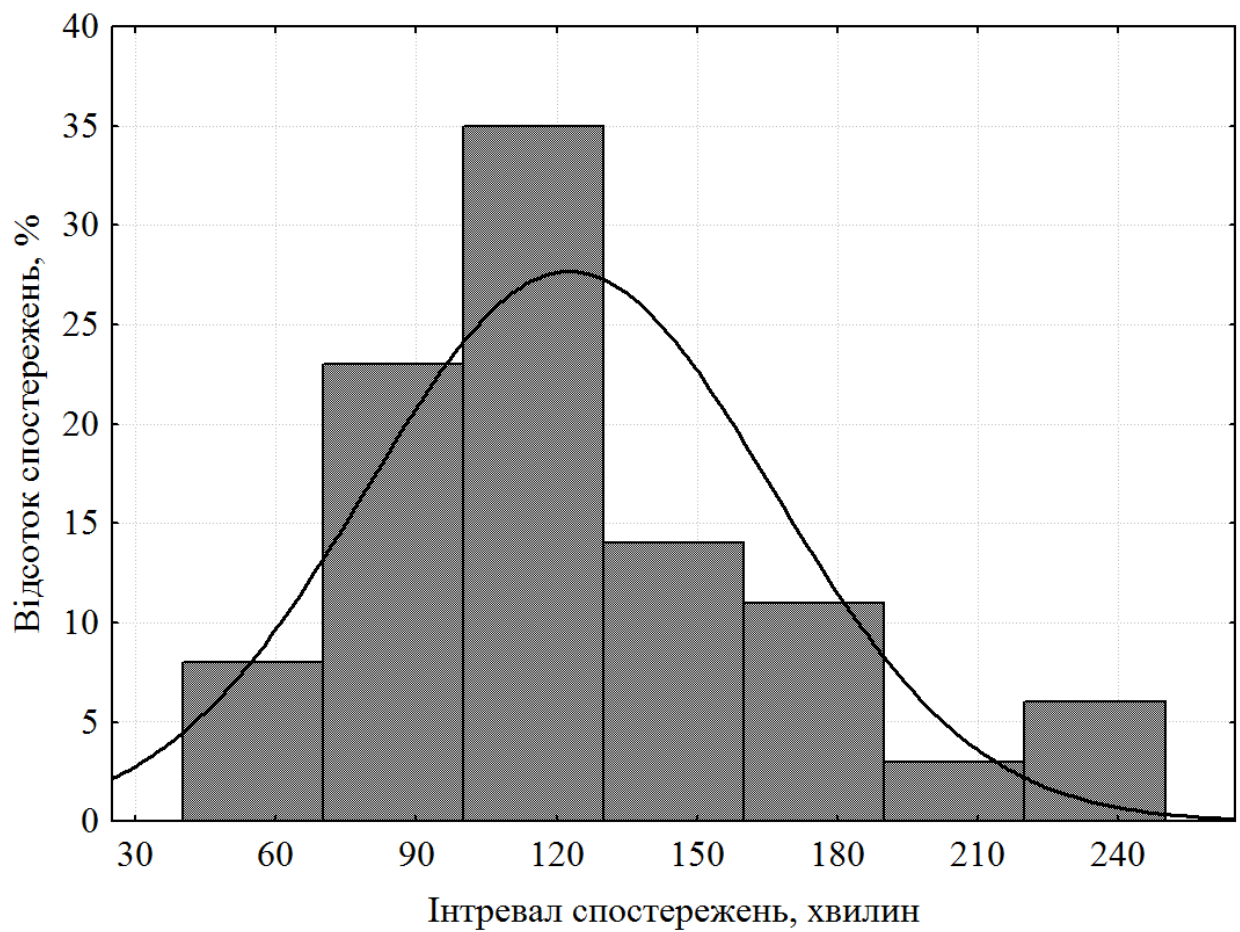


Рисунок 2.1 – Аналіз випадкової величини інтервалів подавання коксу доменного до парку «Бункери»

З аналізу на рисунку 2.1 можна стверджувати, що за формою розподіл найбільшою мірою відповідає нормальному.

Для використання в імітаційній моделі визначимо всі необхідні параметри:

- мінімальне значення: 44 хвилини;
- середнє значення: 122,7 хвилини;
- максимальне значення: 235 хвилин;
- стандартне відхилення: 43,2 хвилини.

2.2 Дослідження інтенсивності вантажопотоку коксу з підприємства ПАТ «Запоріжжкокс»

Дані щодо періодичності надходження партій вагонів із доменним коксом із ПАТ «Запоріжжкокс» наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Дані щодо періодичності надходження партій вагонів із доменним коксом із ПАТ «Запоріжжкокс»

№ з/п	Інтервал між подаванням, хв.	№ з/п	Інтервал між подаванням, хв.
1	128	16	121
2	108	17	111
3	116	18	139
4	127	19	129
5	129	20	93
6	136	21	121
7	130	22	112
8	118	23	123
9	121	24	132
10	121	25	134
11	117	26	103
12	123	27	129
13	125	28	103
14	127	29	121
15	114	30	141

Кінець таблиці 2.2

№ з/п	Інтервал між подаванням, хв.	№ з/п	Інтервал між подаванням, хв.
31	119	46	137
32	124	47	124
33	118	48	128
34	119	49	126
35	108	50	129
36	127	51	113
37	129	52	129
38	106	53	116
39	115	54	137
40	119	55	124
41	128	56	113
42	138	57	135
43	130	58	114
44	124	59	131
45	108	60	103

Маємо вибірку з 60 значень: 128, 108, 116, 127, 129, 136, 130, 118, 121, 121, 117, 123, 125, 127, 114, 121, 111, 139, 129, 93, 121, 112, 123, 132, 134, 103, 129, 103, 121, 141, 119, 124, 118, 119, 108, 127, 129, 106, 115, 119, 128, 138, 130, 124, 108, 137, 124, 128, 126, 129, 113, 129, 116, 137, 124, 113, 135, 114, 131, 103.

Варіаційний ряд: 93, 103, 103, 103, 106, 108, 108, 108, 111, 112, 113, 113, 114, 114, 115, 116, 116, 117, 118, 118, 119, 119, 119, 121, 121, 121, 121, 121, 123, 123, 124, 124, 124, 124, 125, 126, 127, 127, 127, 128, 128, 128, 129, 129, 129, 129, 129, 130, 130, 131, 132, 134, 135, 136, 137, 137, 138, 139, 141.

Аналіз щільності розподілу ймовірності випадкової величини інтервалів надходження коксу доменного на комбінат «Запоріжсталь» наведено на рисунку 2.2.

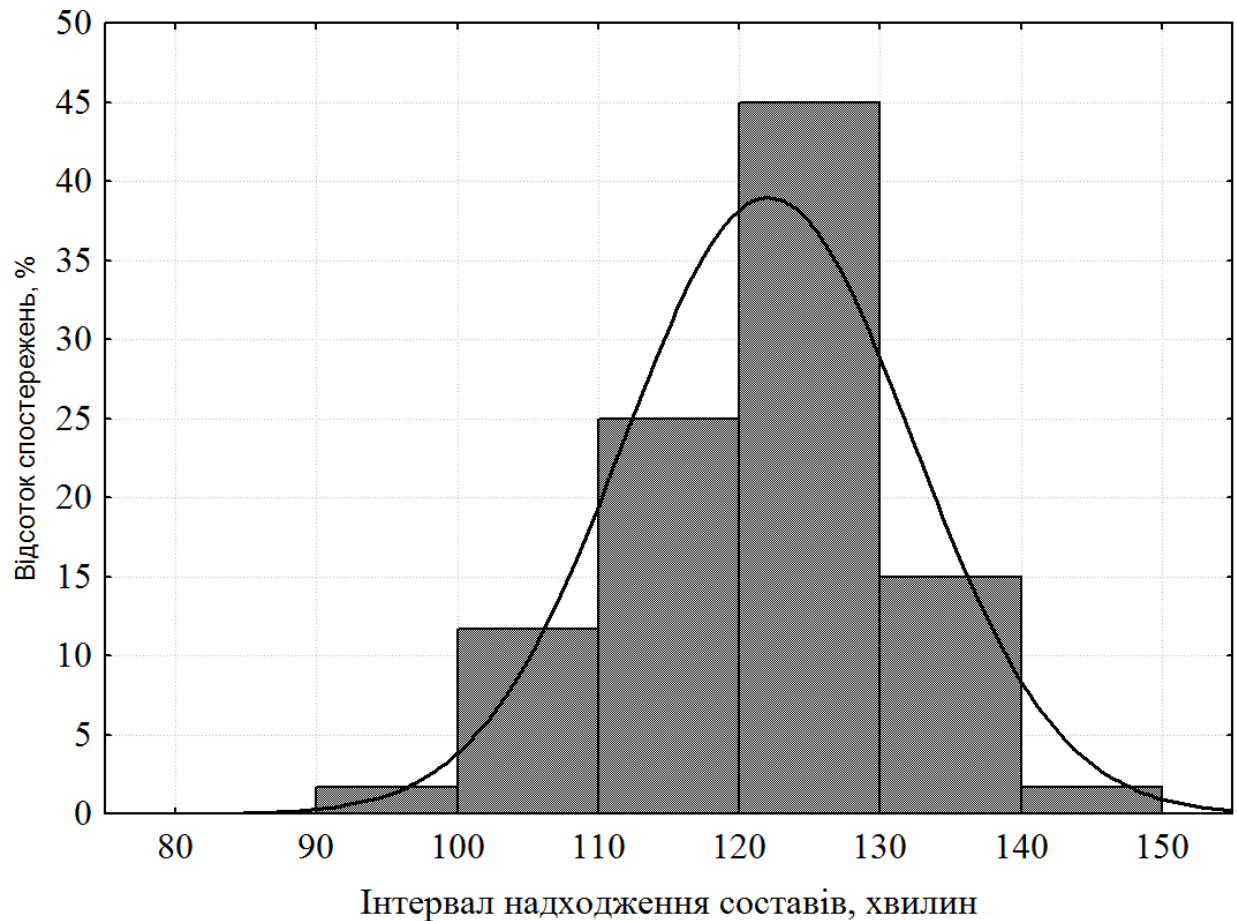


Рисунок 2.2 – Аналіз випадкової величини інтервалів подавання інтервалів надходження коксу доменного на комбінат «Запоріжсталь»

Згідно рисунку 2.1 також можна стверджувати, що за формою розподіл найбільшою мірою відповідає нормальному.

Додаткові параметри для моделювання:

- мінімальне значення: 93 хвилини;
- середнє значення: 122,1 хвилини;
- максимальне значення: 141 хвилин;
- стандартне відхилення: 10,2 хвилини.

2.3 Розробка імітаційної моделі транспортної системи доставки коксу доменного до бункерів доменних печей

Розробку моделі виконаємо за допомогою програми Енілоджик [6,7]. Для цього скористаємось таким різновидом моделей, як дискретно-подійна. Для більшого розуміння поставленої задачі, чітко визначимо процес, який буде моделюватись та певні спрощення реальних процесів.

Модель створюється для імітації процесу подавання составів із коксом зі станції «Південна» до парку «Бункери» станції «Аглофабрика», їх вивантаження, руху у зворотному напрямку, передавання на «Запоріжжкокс» та навантаження коксом із наступним поверненням на станцію «Південна» для чергового вивантаження.

Врахування надходження вагонів з коксом з зовнішньої мережі враховано шляхом додавання цих об'ємів до загального обсягу перевезень.

Головна мета створення моделі – оцінка ефективності використання технології, за якою частина не вивантажених вагонів залишається на бункерах доменного цеху з відкритими розвантажувальними люками, а локомотив з порожніми вагонами прямує на станцію «Південна», де може використовуватись для виконання інших видів робіт. З стандартною технологією роботи, тривалості інтервалів вільного часу в роботі локомотиву, який задіяний на перевезенні коксу, недостатньо для цих робіт.

Структурою моделі бажано передбачити можливість моделювання процесу виконання усіх видів маневрової та поїзної роботи на Південному залізничному районі. Реалізація такої задачі можлива в наступних кваліфікаційних роботах магістрів.

На рисунку 2.3 наведено структурну схему транспортної мережі, яка відображає усі станції Південного залізничного району.



Рисунок 2.3 - Структурна схема транспортної мережі

Можливість використання локомотиву на інших ділянках передбачена блоком «Інші роботи».

Для налагодження моделі після розробки зручно використовувати анімацію процесів, для ресурсів «локомотив» та «вагони» скористайтесь їх умовними зображеннями (рисунок 2.4).

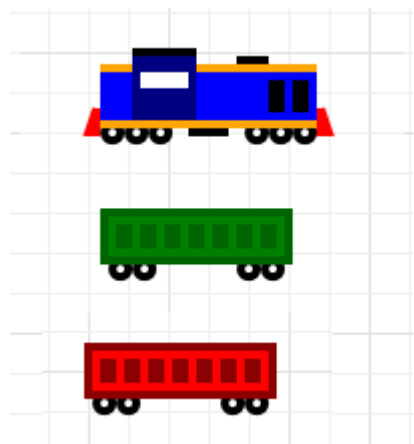


Рисунок 2.4 – Умовні позначення ресурсів моделі

Послідовно зображені ресурси - локомотив, вільний ресурс – зелений вагон, зайнятий ресурс – червоний вагон.

Основна частина моделі представлена на рисунку 2.5

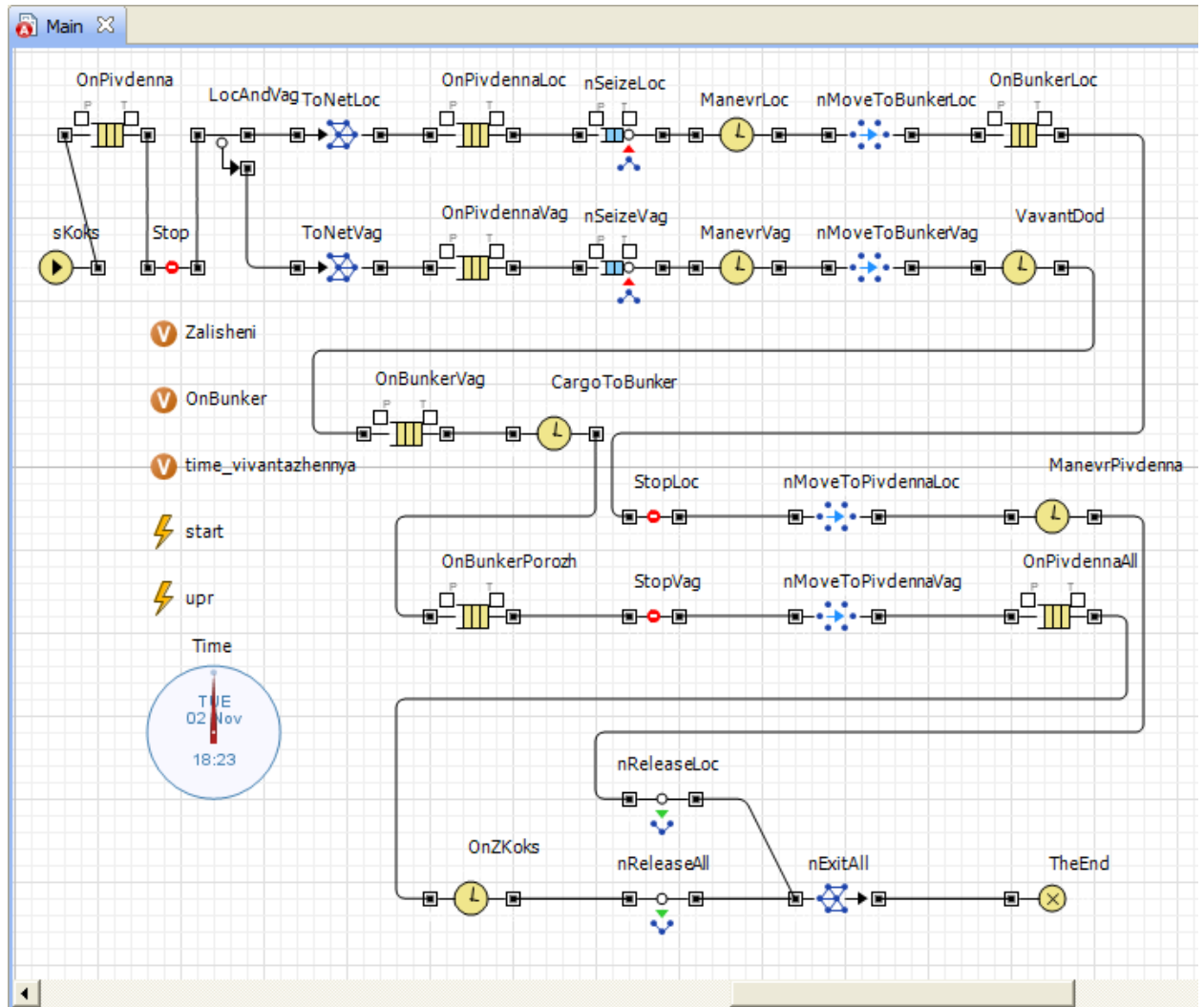


Рисунок 2.5 - Основна частина моделі

До початкового елементу sKoks задаємо параметри вхідного потоку замовлень на подавання составів до парку «Бункери» (рисунок 2.6). Наступні елементи (черга onPivdenna та блокатор Stop) забезпечують зупинку замовлень до наявності вільного ресурсу – локомотива.

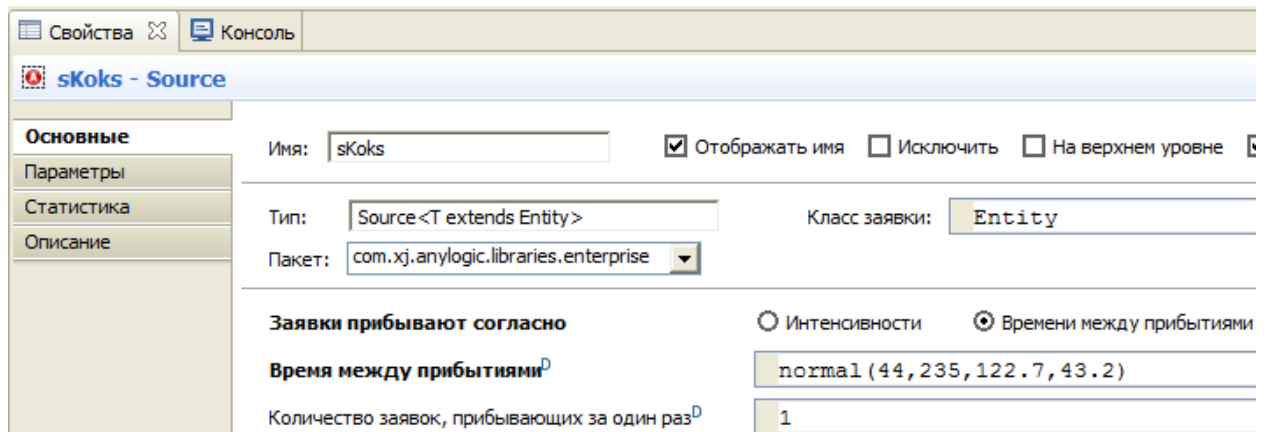


Рисунок 2.6 – Параметры начаткового элемента sKoks

Наступним у ланцюгу процесів моделі є елемент LocAndVag (рисунок 2.7), який з одного замовлення здійснює копіювання додатково 9 замовлень. Копії призначені для відтворення процесів просування вагонів, оригінал – локомотиву.

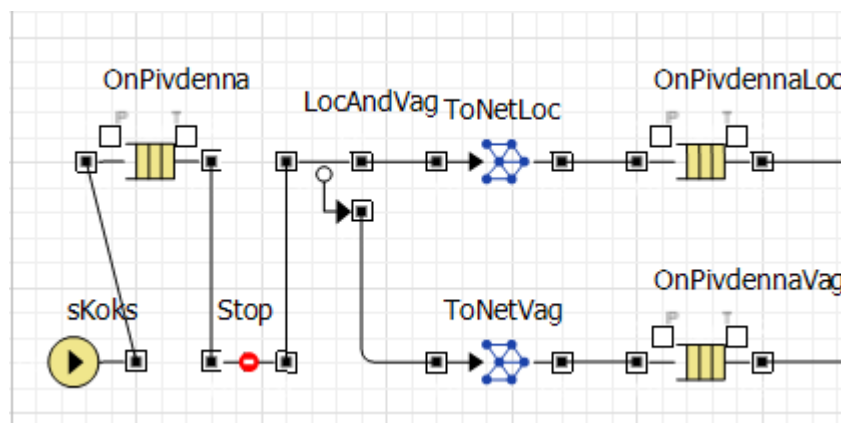


Рисунок 2.7 – Елементи введення замовлень до мережі програми

Замовлення-оригінал вводиться елементом ToNetLoc до мережі програми, копії вводяться елементом ToNetVag. Настпним етапом замовлення потрапляють відповідно до черг OnPivdennaLoc та OnPivdennaVag.

Надалі (рисунок 2.8) замовлення-оригінал захоплює ресурс-локомотив ($n\text{SeizeLoc}$), затримується на час, потрібний на виконання маневрової роботи з формування поїзду призначенням на станцію «Аглофабрика» (ManevrLoc), який переміщується у мережі моделі до парку «Бункери» ($n\text{MoveToBunkerLoc}$), де замовлення потрапляє до черги (OnBunkerLoc).

Аналогічно паралельно переміщуються замовлення-копії ($n\text{SeizeLoc}$, ManevrLoc , $n\text{MoveToBunkerLoc}$).

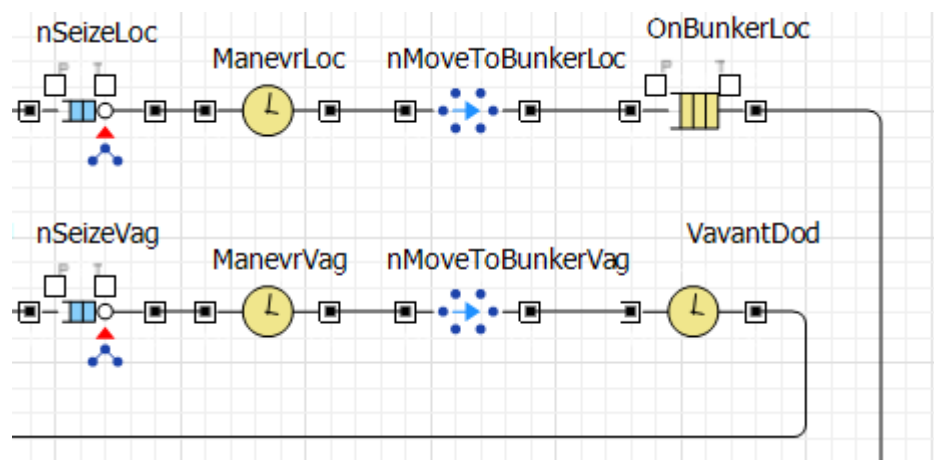


Рисунок 2.8 – Фрагмент програми, що імітує рух замовлень до парку «Бункери»

Надалі замовлення-локомотив затримується елементом StopLoc на час, який визначається в ланцюгові руху замовлень-копій.

Елемент VavantDod затримує состав на час, який додатково необхідно врахувати у випадку залишення не вивантажених вагонів з відкритими люками над бункерами, через наступні обставини.

Состав з коксом подається вагонами уперед до бункерів на 2 колію. У випадку вільності цієї колії, швидкість його більша, ніж у випадку приймання на колію, яка зайнята раніше залишеними вагонами. Крім, того, чим їх більше, тим триваліше час просування составу.

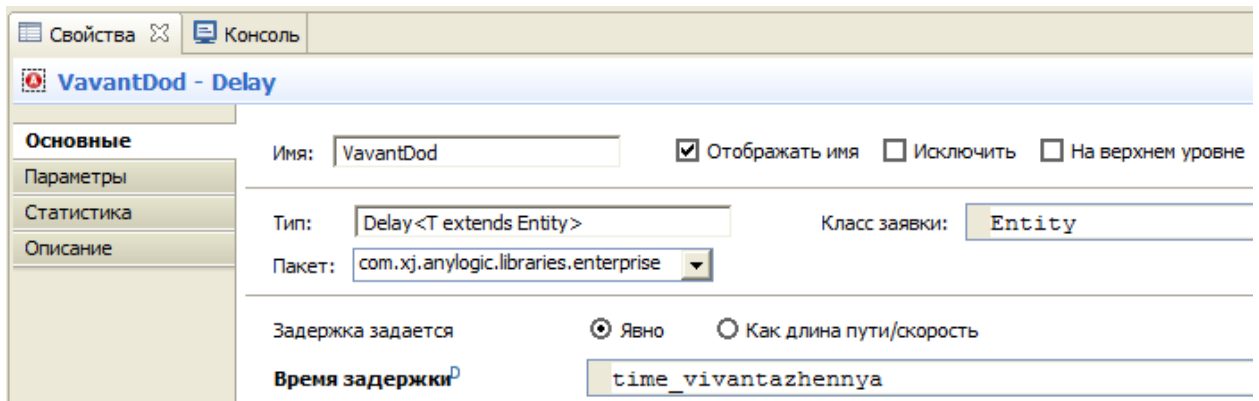


Рисунок 2.9 – Элемент VavantDod

Час затримки розраховується елементом Start (рисунок 2.10) при запуску програми, в залежності від параметру, яким задається кількість «залишених» вагонів.

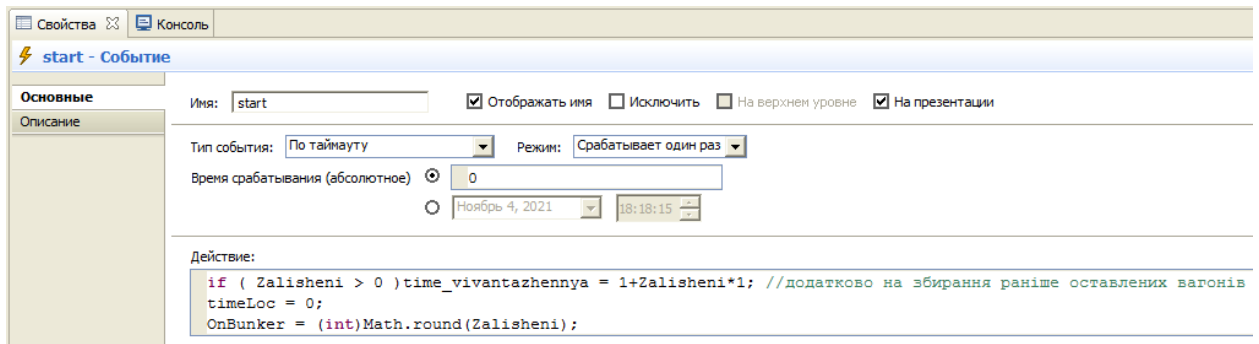


Рисунок 2.10 – Элемент Start

Після елементу VavantDod замовлення-копії (рисунок 2.11) потрапляють до черги OnBunkerVag та затримуються елементом CargoToBunker на час вивантаження (на час вивантаження суттєво впливає наповненість бункерів, середнє значення – 7 хвилин на вагон).

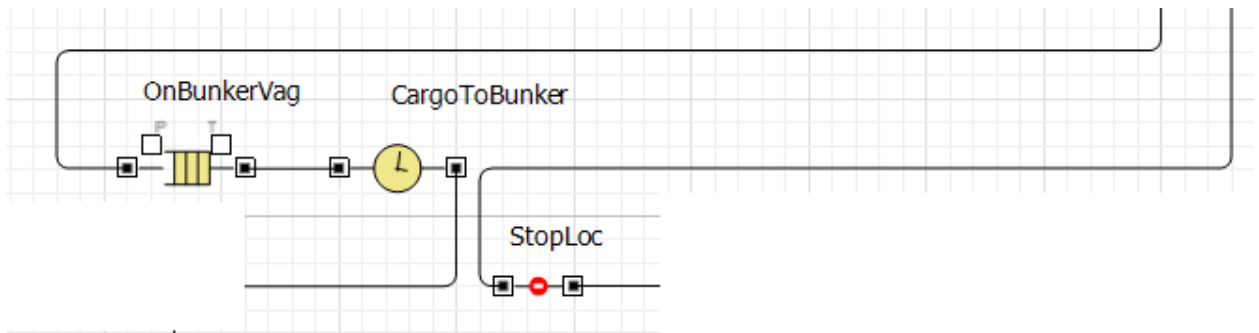


Рисунок 2.11 - Элементы имитации процесса вантаження

В наступному елементі OnBunkerPorozh (рисунок 2.12) передбачені умови розблокування руху замовлення-оригіналу та замовлень-копій (рисунок 2.13).

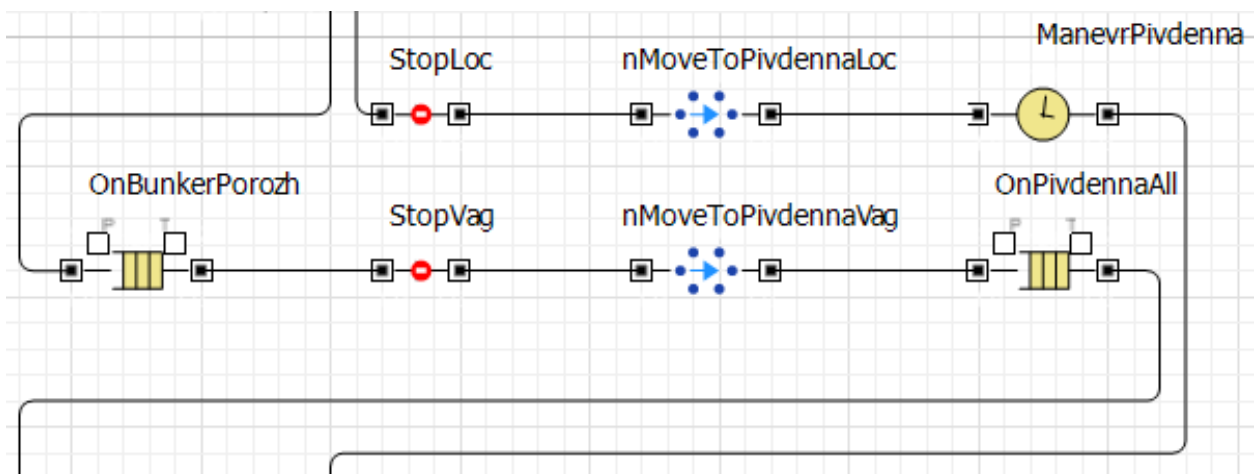


Рисунок 2.12 – Фрагмент імітації руху составів до станції «Південна»

OnBunkerPorozh - Queue	
Основные	Имя: OnBunkerPorozh ☒ Отображать имя ☐ Исключить ☐ На верхнем уровне ☒ На презентации Создать презент.
Параметры	Тип: Queue<T extends Entity> Клас заявки: Entity
Статистика	Пакет: com.xj.anylogic.libraries.enterprise
Описание	Максимальная вместимость ☒
Действие при входе ^D	<pre> if (OnBunkerPorozh.size() > (8-OnBunker)) StopVag.setBlocked(false); if (OnBunkerPorozh.size() > (8-OnBunker)) StopLoc.setBlocked(false); </pre>
Действие при подходе к выходу ^D	
Действие при выходе ^D	

Рисунок 2.13 - Элемент OnBunkerPorozh

Таким чином, локомотив та всі вагони, окрім тих, які залишаються над різними бункерами з відкритими люками, рухаються за заданим маршрутом.

При наступному поверненні локомотива, він забирає усі вагони. Для виконання маневрів з метою залишання чергових вагонів на бункерах необхідно долучати ще один локомотив з боку станції Підбіркова, оскільки парк «Бункера» має значні ухили з боку обох горловин на перегони. Це важко реалізувати з технологічних обставин, та, очевидно, не є економічно доцільним. Тож у моделі, в елементі, який звільняє ресурс-локомотив після виконання ним всіх необхідних процедур із замовленням, прописана умова, якою визначається кількість замовлень-вагонів, які будуть забиратись кожного разу з парку «Бункери» (рисунок 2.14). Кількість вагонів, які залишаються, віднімається з розрахункового розміру складу, а потім, при наступному прибиранні вагонів – навпаки, додається. Крім того, в елементі nReleaseLoc фіксується момент початку вільного часу локомотива (вираз `timeLoc = time();`).

nReleaseLoc - NetworkRelease

Имя: ☒ Отображать имя ☐ Исключить ☐ На верхнем у

Тип: Класс заявки:

Пакет:

Освобождать ☒ Заданные ресурсы ☐ Все захваченные ресурсы

Список ресурсов { pool1, ... }^D

Движущиеся ресурсы ☒ Возвращаются в базовое местоположение ☐ Остан

Действие при входе^D

Действие при выходе^D

Рисунок 2.14 – Элемент nReleaseLoc

Управління блокаторами замовлень, переважно, реалізовано елементом типу «подія» upr (рисунок 2.15)

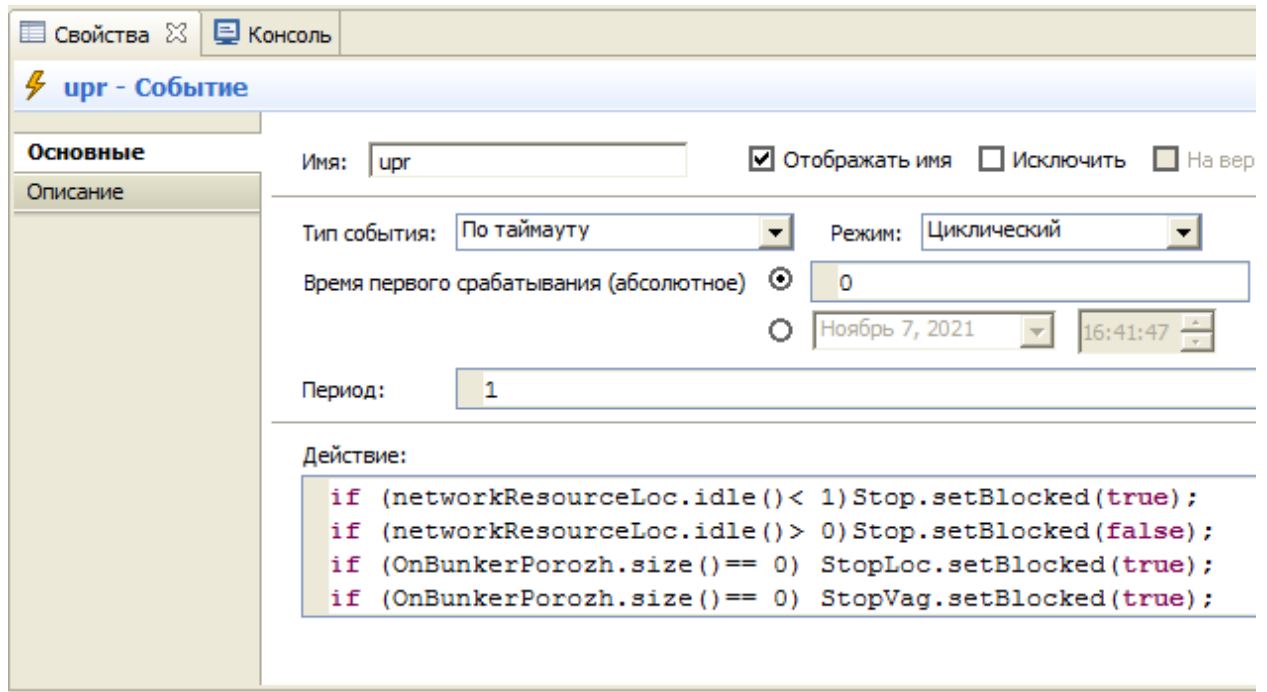


Рисунок 2.15 – Элемент управления подиями upr

Завершальною частиною логіки моделі є фрагмент, наведений на рисунку 2.16.

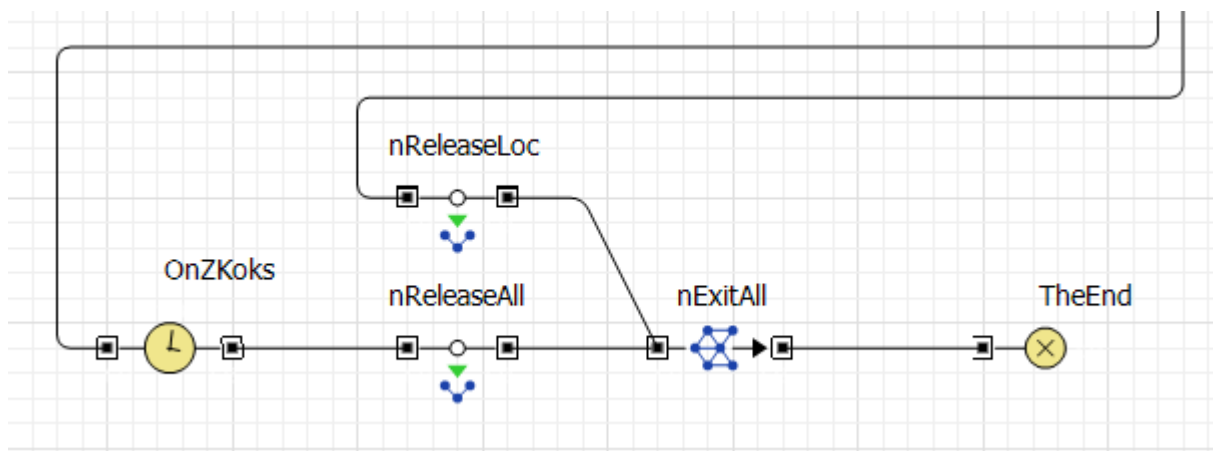


Рисунок 2.16 – Завершальный фрагмент программы

Елемент OnZKoks забезпечує імітацію затримки вагонів на коліях «Запоріжжюксу», елементи nReleaseLoc та nReleaseAll – забезпечують звільнення ресурсів перед виведенням замовлень з мережі елементом nExitAll та знищення елементом TheEnd.

Для збирання основних результатів використано діаграми, на яких фіксується вільний час роботи локомотиву, кількість використаних вагонів, відсоток використання локомотиву. Приклад результатів роботи моделі наведено на рисунку 2.17.

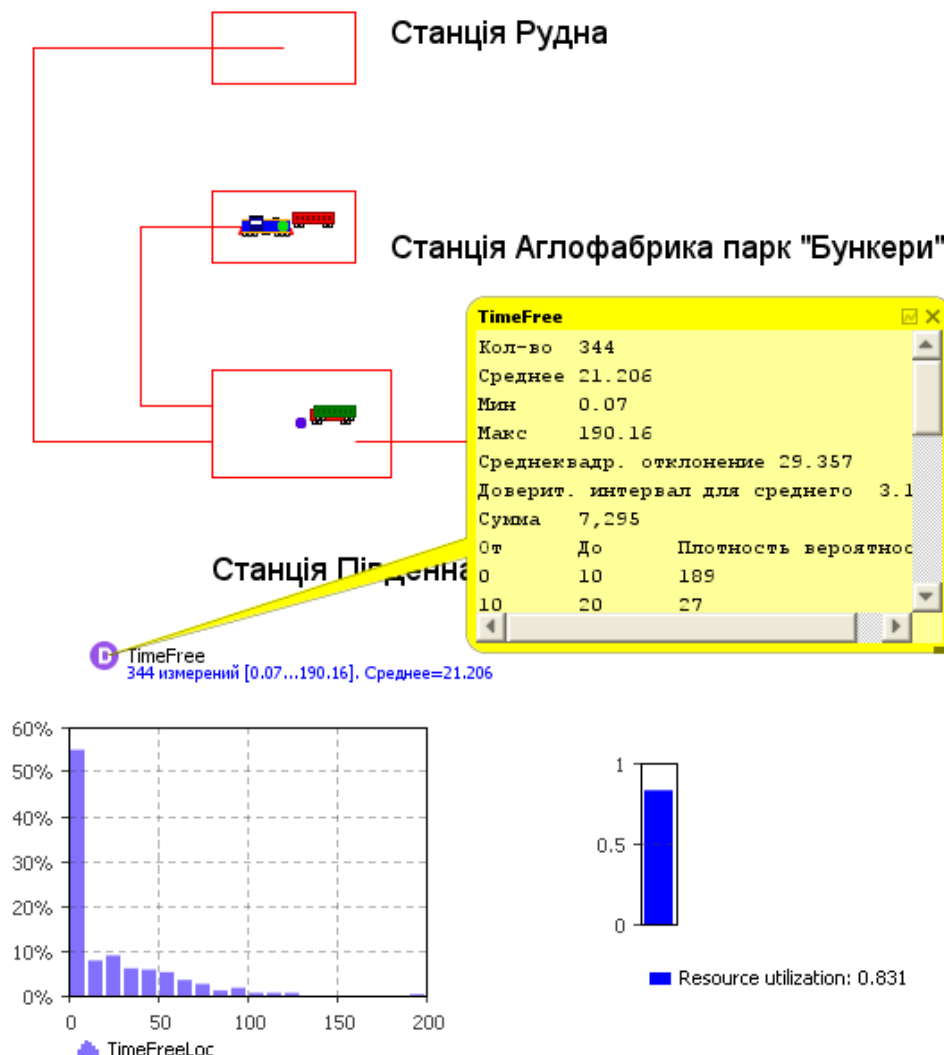


Рисунок 2.17 – Результати роботи моделі

2.4 Постановка експерименту

В моделі параметром, яким може управляти дослідник, є кількість вагонів N_3 , які залишаються під розвантаженням на бункерах доменного цеху. Враховуючи кількість доменних печей, максимальне значення параметру становить – 4 вагони (по одному над кожною піччю).

Мінімальне значення параметру – «0» – відповідає усталеному порядку виконання роботи.

Послідовно змінюючи даний параметр, отримуємо наступні результати.

При $N_3 = 0$ – результати представлені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати при параметрі $N_3 = 0$

Вільний час, хв.		Відсоток від загального вільного часу, %	Відсоток інтервалів понад 30 хв. від загального вільного часу, %
від	до		
0	10	56,1	-
10	20	8,0	-
20	30	9,2	-
30	40	6,2	6,2
40	50	5,9	5,9
50	60	5,3	5,3
60	70	3,6	3,6
70	80	2,7	2,7
80	90	1,2	1,2
90	100	1,8	1,8
Разом:		100,0	26,7

При $N_3 = 1$ – результати представлені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Результати при параметрі $N_3 = 1$

Вільний час, хв.		Відсоток від загального вільного часу, %	Відсоток інтервалів понад 30 хв. від загального вільного часу, %
від	до		
0	10	54,5	-
10	20	8,6	-
20	30	8,6	-
30	40	6,0	6,0
40	50	5,7	5,7
50	60	6,3	6,3
60	70	4,5	4,5
70	80	2,1	2,1
80	90	1,2	1,2
90	100	2,7	2,7
Разом:		100,0	28,5

Як бачимо, відсоток інтервалів понад 30 хв. від загального вільного часу роботи локомотива зростає. Але зростає також кількість вагонів робочого парку. Ці показники будуть приведені нижче для порівняння різних варіантів організації роботи.

При $N_3 = 2$ – результати представлені у таблиці 2.5.

При $N_3 = 3$ – результати представлені у таблиці 2.6.

Таблиця 2.5 – Результати при параметрі $N_3 = 2$

Вільний час, хв.		Відсоток від загального вільного часу, %	Відсоток інтервалів понад 30 хв. від загального вільного часу, %
від	до		
0	10	49,7	-
10	20	10,8	-
20	30	7,2	-
30	40	7,8	7,8
40	50	6,3	6,3
50	60	6,3	6,3
60	70	5,4	5,4
70	80	2,4	2,4
80	90	1,8	1,8
90	100	2,4	2,4
Разом:		100,0	32,4

Таблиця 2.6 – Результати при параметрі $N_3 = 3$

Вільний час, хв.		Відсоток від загального вільного часу, %	Відсоток інтервалів понад 30 хв. від загального вільного часу, %
від	до		
0	10	49,4	-
10	20	7,6	-
20	30	8,5	-
30	40	7,6	7,6
40	50	7,6	7,6
50	60	5,8	5,8

Кінець таблиці 2.6

Вільний час, хв.		Відсоток від загального вільного часу, %	Відсоток інтервалів понад 30 хв. від загального вільного часу, %
від	до		
60	70	5,8	5,8
70	80	4,2	4,2
80	90	1,2	1,2
90	100	2,4	2,4
Разом:		100,0	34,6

При $N_3 = 4$ – результати представлені у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Результати при параметрі $N_3 = 4$

Вільний час, хв.		Відсоток від загального вільного часу, %	Відсоток інтервалів понад 30 хв. від загального вільного часу, %
від	до		
0	10	45,9	-
10	20	7,3	-
20	30	9,8	-
30	40	6,1	6,1
40	50	9,5	9,5
50	60	7,0	7,0
60	70	6,1	6,1
70	80	4,0	4,0
80	90	2,1	2,1
90	100	2,1	2,1
Разом:		100,0	36,9

2.5 Аналіз результатів досліджень

Отримані результати досліджень на моделі доставки коксу представлені у вигляді таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Результати досліджень на моделі доставки коксу

Параметр N_3 , од.	Резерв роботи тривалістю понад 30 хв., %	Використання локомотива, %	Робочій парк вагонів, од.	Резерв вільного продуктивного часу роботи локомотиву за рік, год.
0	26,7	83,1	36	1903
1	28,5	82	37	2005
2	32,4	80,1	38	2226
3	34,6	78,2	39	2321
4	36,9	76,2	40	2412

З отриманих результатів можна зробити висновок, щодо збільшення вільного часу роботи локомотиву при зростанні значення параметру залишених вагонів N_3 . Характер залежності показано на рисунку 2.18.

Як видно з рисунку, в діапазоні зміни параметру від 1 до 4 залежність має лінійний характер.

На рисунку 2.19 відображено характер зміни вільного продуктивного часу роботи локомотиву за рік.

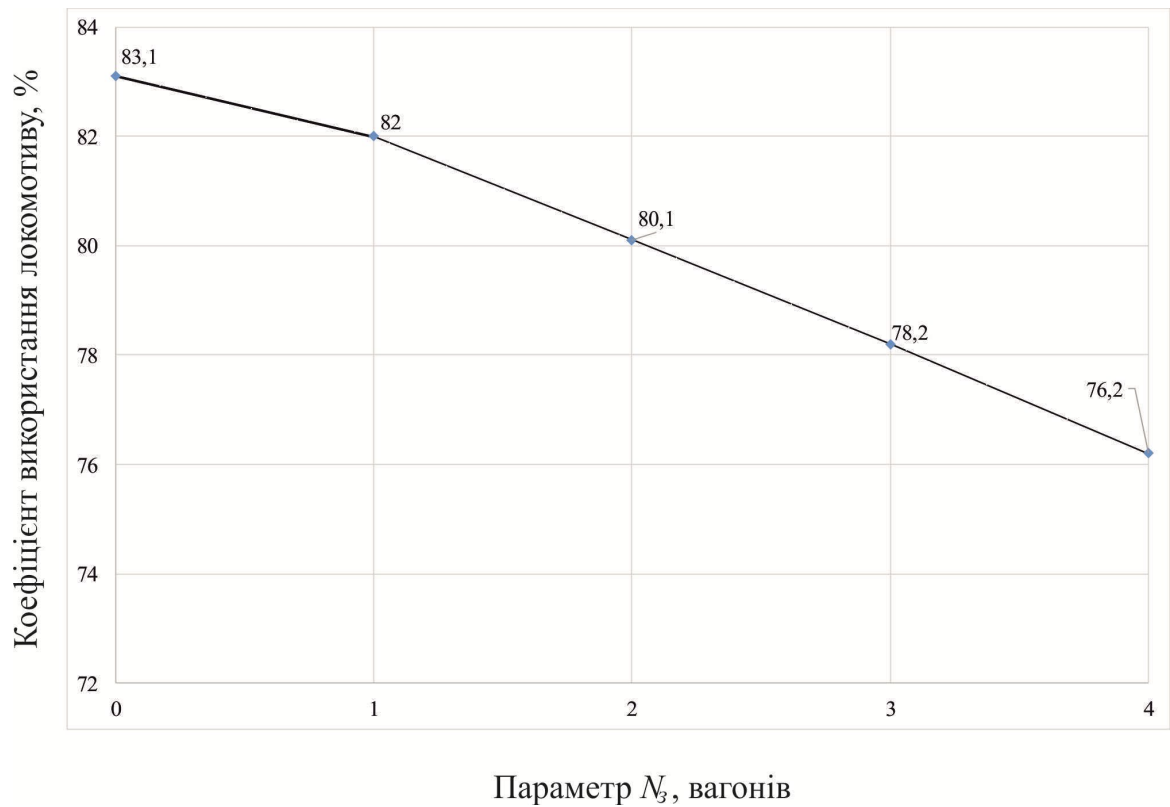


Рисунок 2.18 – Залежність коефіцієнту використання локомотиву від параметру N_3

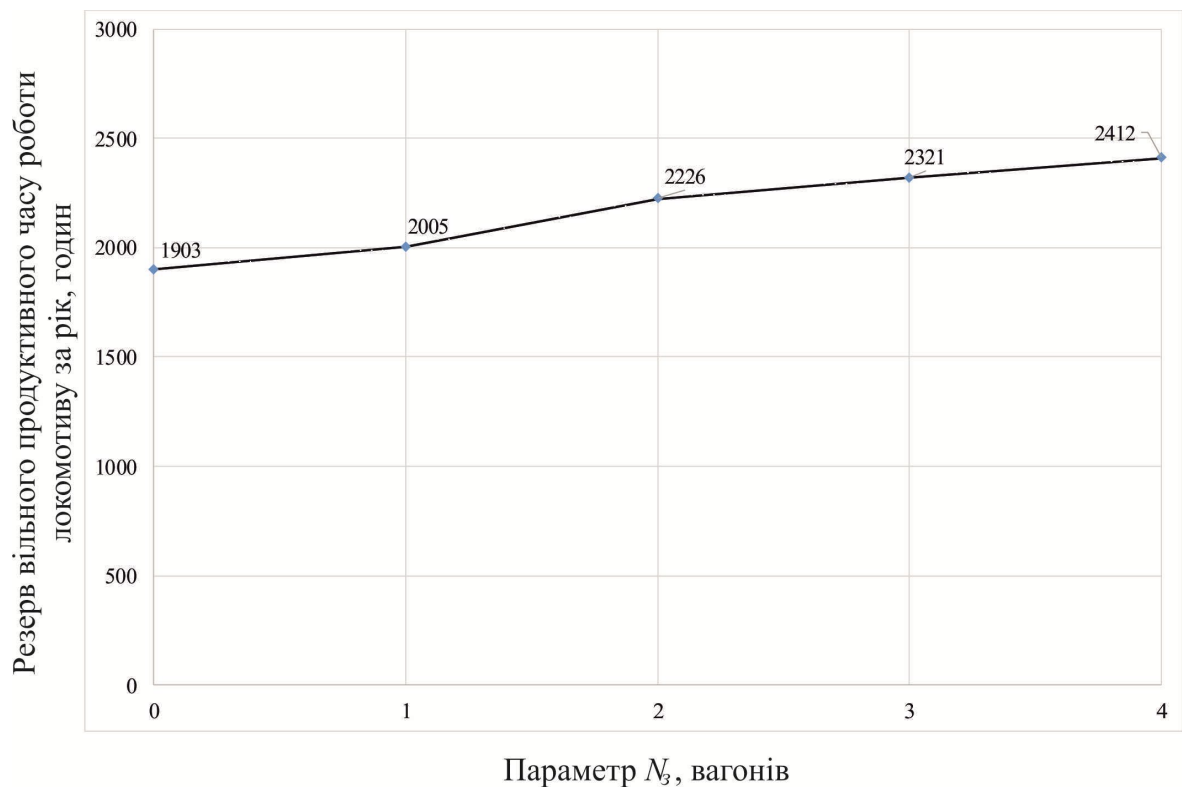


Рисунок 2.19 – Залежність зміни вільного продуктивного часу роботи локомотиву за рік в залежності від параметру N_3

Таким чином, необхідно виконати економічні розрахунки для визначення найбільш ефективного варіанту організації робіт з огляду на наступні технологічні результати дослідження: при збільшенні параметру N_3 покращуються показники використання локомотиву але збільшується потрібна кількість вагонів робочого парку.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

На основі досліджень процесу вивантаження коксу із використанням технології залишання частини вагонів з составу в очікуванні вільності приймальних бункерів на імітаційній моделі були отримані технічні показники при різних варіантах організації робіт.

При збільшенні параметру N_z (кількості залишених вагонів) обсяг вільного продуктивного часу роботи локомотиву збільшується, але збільшується також потрібний робочий парк вагонів.

Подальші економічні розрахунки дозволять визначити найбільш доцільну стратегію організації вантажних робіт.

3.1 Розрахунок експлуатаційних витрат по базовому варіанту

Базовий варіант передбачає переміщення та повне вивантаження составу, який обертається між «Запоріжсталлю» та «Запоріжжкоксом».

Експлуатаційні витрати визначаються за формулою [8]:

$$B_{\text{ек}}^{\text{б}} = B_{\text{трс}}^{\text{б}} + B_{\text{кв}}^{\text{б}} + B_{\text{звб}}^{\text{б}} + B_{\text{св}}^{\text{б}} + B_{\text{нв}}^{\text{б}}, \quad (3.1)$$

де $B_{\text{трс}}^{\text{б}}$ – витрати на роботу тягового рухомого складу (за собівартістю локомотиво-години роботи), грн;

$B_{\text{кв}}^{\text{б}}$ – витрати на утримання коксовозів, грн;

$B_{\text{звб}}^{\text{б}}$ – зарплата вантажника на бункерах доменного цеху, грн;

$B_{\text{св}}^{\text{б}}$ – відрахування на соціальне страхування, грн;

$B_{\text{нв}}^{\text{б}}$ – накладні витрати, грн;

Витрати на роботу тепловозів при доставці на бункери коксу розраховуємо за формулою [8,9]:

$$B_{\text{трс}}^{\circ} = N_{\text{тк}} \cdot T_{\text{тк}}^{\circ} \cdot C_{\text{тк}}, \quad (3.2)$$

де $N_{\text{тк}}$ – кількість тепловозів, які здійснюють доставку коксу, од.

$T_{\text{тк}}$ – час роботи, год;

$C_{\text{тк}}$ – собівартість роботи, грн/год.

За базовим варіантом доставки коксу на бункери:

- $N_{\text{тк}} = 1$;

- $C_{\text{тк}} = 797,65$ грн/год.

Час роботи тепловозу на доставці коксу до бункерів розраховується за формулою [8]:

$$T_{\text{тк}}^{\circ} = 365 \cdot 24 - t_{\text{рвпч}}^{\circ}, \quad (3.3)$$

де $t_{\text{рвпч}}^{\circ}$ – резерв вільного продуктивного часу роботи локомотиву, визначений у розділі 2, год/рік.

Виконаємо розрахунки за (3.3):

$$T_{\text{тк}}^{\circ} = 365 \cdot 24 - 1903 = 6857 \text{ год.}$$

Виконаємо розрахунки за (3.2):

$$B_{\text{трс}}^{\circ} = 1 \cdot 6857 \cdot 797,65 = 5469486,05 \text{ грн.}$$

Витрати на утримання коксовозів визначаються за формулою:

$$B_{\text{кв}}^{\circ} = 365 \cdot N_{\text{кв}}^{\circ} \cdot C_{\text{кв}}^{\circ}, \quad (3.4)$$

де $N_{\text{кв}}^6$ – кількість коксовозів у роботі, од.;
 $C_{\text{кв}}^6$ – добова вартість утримання коксовозу, грн.

Виконаємо розрахунки за (3.4):

$$B_{\text{кв}}^6 = 365 \cdot 36 \cdot 85,00 = 1116900,000 \text{ грн.}$$

Витрати на зарплату вантажникам, зайнятим на розвантаженні коксу, розраховується за формулою (3.5), враховується лише час вивантаження за винятком часу очікування розвантаження вагонів, які за проектними варіантами залишаються під саморозвантаженням (окрім часу, який відводиться на відкриття та закривання люків - 1 хвилина на вагон):

$$B_{\text{звб}}^6 = N_{\text{звб}}^6 \cdot k_{\text{пр}} \cdot C_{\text{звб}} [\Phi_p (7/6 + k_{\text{кл}} + k_{\text{шкв}}) + \Phi_{\text{св}}], \quad (3.5)$$

де $N_{\text{звб}}^6$ – кількість працівників на бункерах, які зайняті на розвантаженні коксу, $N_{\text{звб}}^6 = 4$;

$k_{\text{пр}}$ – коефіцієнт, що враховує премію;

$C_{\text{звб}}$ – тарифна ставка, грн/год;

Φ_p – фонд робочого часу;

7/6 – коефіцієнт, що враховує доплату за роботу у вечорі та у нічний час (20 процентів – з 18 до 22 години, 40 процентів – з 22 до 6 ранку);

$k_{\text{кл}}$ – коефіцієнт доплати за класність;

$k_{\text{шкв}}$ – коефіцієнт доплати за роботу у шкідливих умовах;

$\Phi_{\text{св}}$ – час роботи у свята (додатково – й на день робітника металургійної галузі), приймаємо 12/365 від Φ_p .

Значення $N_{\text{кв}}^6$, $t_{\text{рвпч}}^6$, Φ_p при різних варіантах організації робіт наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Параметри для розрахунку економічних показників

Параметр N _з , од.	Робочій парк вагонів, од.	Резерв вільного продуктивного часу роботи локомотиву за рік, год.	Час роботи вантажника, год/рік
0	36	1903	3066
1	37	2005	2774
2	38	2226	2482
3	39	2321	2190
4	40	2412	1898

Виконаємо розрахунки за формулою (3.5):

$$B_{звб}^6 = 4 \cdot 1,3 \cdot 96,73 [766,5(7/6 + 0 + 0,11) + 25,2] = 504889,78 \text{ грн.}$$

На соціальне страхування відраховується 22 відсотки від зарплатні:

$$B_{св}^6 = 0,22 \cdot 504889,78 = 111075,75 \text{ грн.}$$

Накладні витрати приймаємо у розмірі 34 відсотків від фонду оплати праці:

$$B_{нв}^6 = 0,34 \cdot 504889,78 = 171662,53 \text{ грн.}$$

Загальні витрати за базовим варіантом за (3.1) становлять:

$$B_{ек}^6 = 5469486,05 + 1116900,00 + 504889,78 + 111075,75 + \\ + 171662,53 = 7374014,11 \text{ грн.}$$

3.2 Розрахунок експлуатаційних витрат за проєктними варіантами

Дані витрати по варіантах визначимо за формулою [9]:

$$B_{\text{ек}}^{\text{пр}i} = B_{\text{трс}}^{\text{пр}i} + B_{\text{кв}}^{\text{пр}i} + B_{\text{звб}}^{\text{пр}i} + B_{\text{св}}^{\text{пр}i} + B_{\text{нв}}^{\text{пр}i}, \quad (3.6)$$

де $B_{\text{трс}}^{\text{пр}i}$ – витрати на роботу тягового рухомого складу за i -м проєктним варіантом (за собівартістю локомотиво-години роботи), грн;

$B_{\text{кв}}^{\text{пр}i}$ – витрати на утримання коксовозів за i -м проєктним варіантом, грн;

$B_{\text{звб}}^{\text{пр}i}$ – зарплата вантажника на бункерах доменного цеху за i -м проєктним варіантом, грн;

$B_{\text{св}}^{\text{пр}i}$ – відрахування на соціальне страхування за i -м проєктним варіантом, грн;

$B_{\text{нв}}^{\text{пр}i}$ – накладні витрати за i -м проєктним варіантом, грн.

Розрахунок складових виразу (3.6) виконаємо аналогічно їх визначенню в підрозділі 3.1.

Час роботи за варіантом 1 (3.3):

$$T_{\text{тк}}^1 = 365 \cdot 24 - 2005 = 6755 \text{ год.}$$

Витрати на роботу тепловозів за варіантом 1 (3.2):

$$B_{\text{трс}}^1 = 1 \cdot 6755,00 \cdot 797,65 = 5388125,75 \text{ грн.}$$

Витрати на утримання коксовозів за варіантом 1 (3.4):

$$B^1_{\text{KB}} = 365 \cdot 37 \cdot 85,00 = 1147925,00 \text{ грн.}$$

Витрати на зарплату вантажникам за варіантом 1 (3.5):

$$B^1_{\text{ЗВБ}} = 4 \cdot 1,3 \cdot 96,73 [693,5(7/6 + 0 + 0,11) + 22,8] = 456805,04 \text{ грн.}$$

На соціальне страхування за варіантом 1:

$$B^1_{\text{СВ}} = 0,22 \cdot 456805,04 = 100497,11 \text{ грн.}$$

Накладні витрати за варіантом 1:

$$B^1_{\text{НВ}} = 0,34 \cdot 456805,04 = 155313,71 \text{ грн.}$$

Загальні витрати за варіантом 1 (3.6) становлять:

$$B^1_{\text{ЕК}} = 5388125,75 + 1147925,00 + 456805,04 + 100497,11 + 155313,71 = 7248666,61 \text{ грн.}$$

Час роботи за варіантом 2 (3.3):

$$T^2_{\text{ТК}} = 365 \cdot 24 - 2226 = 6534 \text{ год.}$$

Витрати на роботу тепловозів за варіантом 2 (3.2):

$$B^2_{\text{ТРС}} = 1 \cdot 6534,00 \cdot 797,65 = 5211845,10 \text{ грн.}$$

Витрати на утримання коксовозів за варіантом 2 (3.4):

$$B_{\text{KB}}^2 = 365 \cdot 38 \cdot 85,00 = 1178950,00 \text{ грн.}$$

Витрати на зарплату вантажникам за варіантом 2 (3.5):

$$B_{\text{ЗВБ}}^2 = 4 \cdot 1,3 \cdot 96,73 [620,5(7/6 + 0 + 0,11) + 20,4] = 408720,3 \text{ грн.}$$

На соціальне страхування за варіантом 2:

$$B_{\text{СВ}}^2 = 0,22 \cdot 408720,30 = 89918,47 \text{ грн.}$$

Накладні витрати за варіантом 2:

$$B_{\text{НВ}}^2 = 0,34 \cdot 408720,30 = 138964,90 \text{ грн.}$$

Загальні витрати за варіантом 2 (3.6) становлять:

$$B_{\text{СК}}^2 = 5211845,10 + 1178950,00 + 408720,30 + 89918,47 + 138964,90 = 7028398,77 \text{ грн.}$$

Час роботи за варіантом 3 (3.3):

$$T_{\text{ТК}}^3 = 365 \cdot 24 - 2321 = 6439,00 \text{ год.}$$

Витрати на роботу тепловозів за варіантом 3 (3.2):

$$B_{\text{ТРС}}^3 = 1 \cdot 6439,00 \cdot 797,65 = 5136068,35 \text{ грн.}$$

Витрати на утримання коксовозів за варіантом 3 (3.4):

$$B^3_{KB} = 365 \cdot 39 \cdot 85,00 = 1209975,00 \text{ грн.}$$

Витрати на зарплату вантажникам за варіантом 3 (3.5):

$$B^3_{ЗВБ} = 4 \cdot 1,3 \cdot 96,73 [547,5(7/6 + 0 + 0,11) + 18] = 360635,56 \text{ грн.}$$

На соціальне страхування за варіантом 3:

$$B^3_{CB} = 0,22 \cdot 360635,56 = 79339,82 \text{ грн.}$$

Накладні витрати за варіантом 3:

$$B^3_{HB} = 0,34 \cdot 360635,56 = 122616,09 \text{ грн.}$$

Загальні витрати за варіантом 3 (3.6) становлять:

$$B^3_{ек} = 5136068,35 + 1209975,00 + 360635,56 + 79339,82 + 122616,09 = 6908634,82 \text{ грн.}$$

Час роботи за варіантом 4 (3.3):

$$T^4_{TK} = 365 \cdot 24 - 2412 = 6348,00 \text{ год.}$$

Витрати на роботу тепловозів за варіантом 4 (3.2):

$$B^4_{Tpc} = 1 \cdot 6348,00 \cdot 797,65 = 5063482,20 \text{ грн.}$$

Витрати на утримання коксовозів за варіантом 4 (3.4):

$$B_{\text{KB}}^4 = 365 \cdot 40 \cdot 85,00 = 1241000,00 \text{ грн.}$$

Витрати на зарплату вантажникам за варіантом 4 (3.5):

$$B_{\text{ЗВБ}}^4 = 4 \cdot 1,3 \cdot 96,73 [474,5(7/6 + 0 + 0,11) + 15,6] = 312550,82 \text{ грн.}$$

На соціальне страхування за варіантом 4:

$$B_{\text{СВ}}^4 = 0,22 \cdot 312550,82 = 68761,18 \text{ грн.}$$

Накладні витрати за варіантом 4:

$$B_{\text{НВ}}^4 = 0,34 \cdot 312550,82 = 106267,28 \text{ грн.}$$

Загальні витрати за варіантом 4 (3.6) становлять:

$$\begin{aligned} B_{\text{ЕК}}^4 &= 5063482,20 + 1241000,00 + 312550,82 + 68761,18 + 106267,28 = \\ &= 6792061,48 \text{ грн.} \end{aligned}$$

3.3 Розрахунок економічної ефективності проєкту

Капітальні витрати на придбання програми Енілоджік становлять близько 350 000 грн.

Економія за рік від впровадження найбільш ефективного проєктного рішення визначається виразом [9]:

$$E_{\text{річ}} = B_{\text{е}}^{\text{б}} - B_{\text{макс}}^{\text{пр}}, \quad (3.7)$$

Найбільш ефективне рішення визначимо за графіком, наведеним на рисунку 3.1.

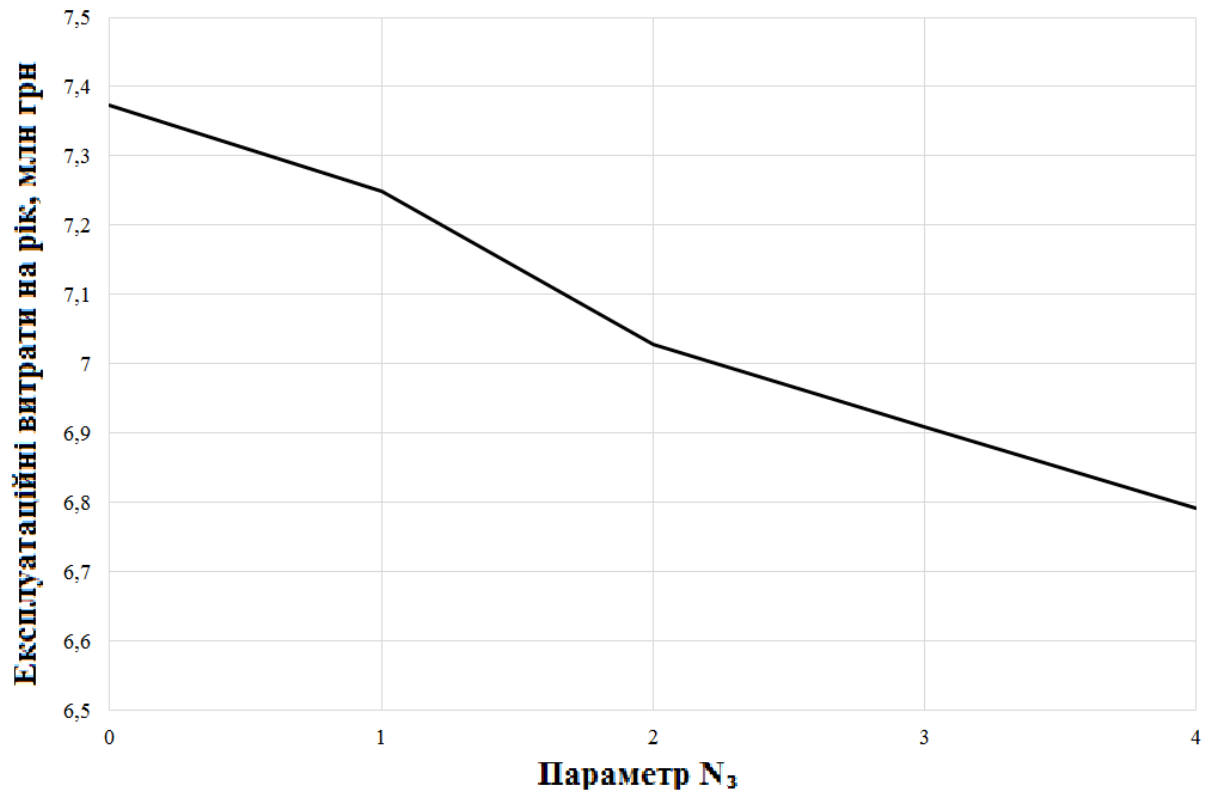


Рисунок 3.1 – Порівняльний аналіз економічної ефективності проєктних рішень

Згідно графіку на рисунку 3.1 – найменші витрати отримуються за проєктним варіантом 4 ($N_3 = 4$).

Виконаємо розрахунки за виразом (3.7):

$$E_{\text{річ}} = 7374014,11 - 6792061,48 = 581952,63 \text{ грн.}$$

Таким чином, річний економічний ефект встановлено у розмірі 581952,63 грн.

Термін окупності визначимо за формулою [9]:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{д}}}{E_{\text{річ}}}, \quad (3.8)$$

де $K_{\text{д}}$ - капітальні витрати на придбання програми Енілоджік, грн.

$$K_{\text{доо}} = 350000 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунки за формулою (3.10):

$$T_{\text{ок}} = 350000 / 581952,63 = 0,6 \text{ року.}$$

Чиста поточна вартість проєкту визначається за виразом, наведеним нижче [9]:

$$NVP = \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}, \quad (3.9)$$

де B_t - річні вигоди від проєкту, грн;

C_t - витрати на його реалізацію, грн;

i - ставка дисконту;

n - термін життя проєкту, 5 років.

Розрахунок чистої поточної вартості проєкту представлено у вигляді таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Чиста поточна вартість проектного рішення номер 4

Капвитрати за четвертим проектним варіантом	Вигоди	Коефіцієнт дисконтування	Чиста поточна вартість NPV
350000	581952,63	1	231952,63
	581952,63	0,87	506298,79
	581952,63	0,76	442284
	581952,63	0,66	384088,74
	581952,63	0,57	331713
			1896337,16

Економічні показники представимо в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Техніко-економічні показники

№ з/п	Показники	Базовий варіант	Проектний варіант №4
1	Витрати на роботу тепловозів, грн	5469486,05	5063482,20
2	Витрати на утримання коксовозів, грн	1116900,00	1241000,00
3	Витрати на зарплату вантажникам, грн	504889,78	312550,82
4	Витрати на соціальне страхування, грн	111075,75	68761,18

Кінець таблиці 3.3

№ з/п	Показники	Базовий варіант	Проектний варіант №4
5	Накладні витрати, грн	171662,53	106267,28
6	Загальні витрати, грн	7374014,11	6792061,48
7	Економія експлуатаційних витрат, грн/рік	-	581952,63

В ході досліджень було розглянуто також вплив економічної політики в сфері залізничних перевезень на формування певних проектних рішень, зокрема, рішення, представленого в магістерській роботі. Так, враховуючи різке зростання вартості плати за користування вагонами, слід розраховувати на майбутнє переосмислення вартості вагоно-добі власних вантажних вагонів підприємств, які не мають права виходу на зовнішню мережу магістральних шляхів сполучення.

Наприклад, у разі зростання цієї вартості до рівня 425 грн/добу (у п'ять разів) на вагон, економічна доцільність проектних рішень буде виглядати наступним чином (рисунок 3.2).

Дана вартість більшою мірою відповідає цінам на ринку власних вантажних вагонів.

За таких умов найбільш ефективним є варіант 2 із залишанням на бункерах доменного цеху не 4, а 2-х коксовозів.

Ці обставини ще раз підкреслюють економічну природу транспортних технологій та їх суттєву залежність від економічних факторів.

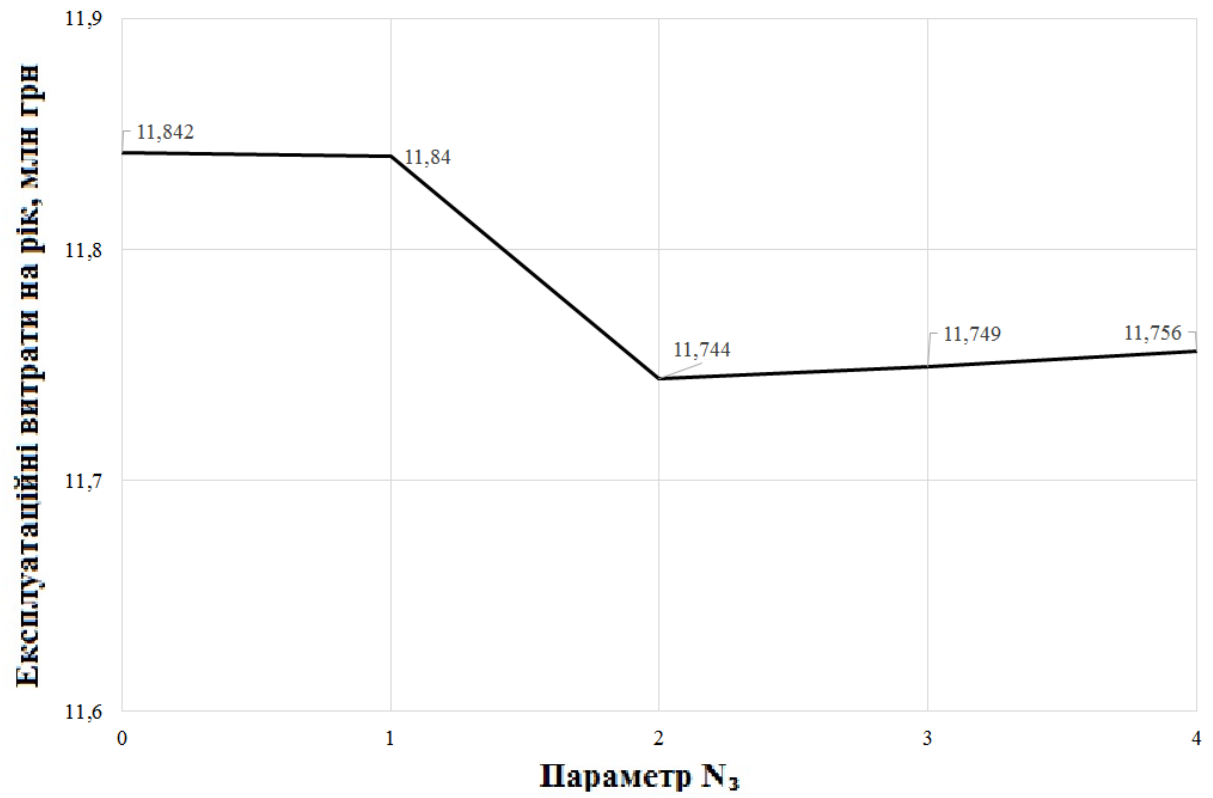


Рисунок 3.2 - Порівняльний аналіз економічної ефективності проєктних рішень у разі зростання вартості утримання вагонів-коксовозів

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В даному розділі роботи, спрямованої на підвищення ефективності транспортного обслуговування бункерів доменного цеху на прикладі ПАТ «Запоріжсталь» розглядаються потенційні небезпеки при виконанні дослідницьких робіт, можливого негативного впливу санітарно-гігієнічних факторів в робочих зонах дослідницької лабораторії, заходи з пожежної безпеки та захист персоналу в умовах надзвичайних ситуацій.

Бункери розміщені у ряди вздовж завантаження осі доменних печей. Для навантаження матеріалів з рудного двору застосовується рудний трансферкар (рухомий електровагон). Зверху его навантажують матеріалом и направляють у піч, бункери естакади поділяються на коксові та рудні.

Скіп - підйом, саморозвантажувальна коробка, що служить для підйому сипучих вантажів, що рухаються за допомогою канатів на направляючих пристроях скіпового підйомника. Скіпи використовуються для завантаження шихти в доменні печі.

Бункерна естакада призначена для прийому основної маси шихтових матеріалів до доменної печі, створювання запасів матеріалів біля печі, механізації їх подачі до скіпового підйомнику.

Подача коксу у скіпи підйомника з коксових бункерів відбувається за допомогою вібраційного грохоту та вагової воронки.

З огляду на процеси бункерного завантаження, можливо зробити застереження з охорони праці [10, 11].

4.1 Аналіз потенційних небезпек

Виявлено наступні потенційні небезпеки:

- можливо потрапляння робітників під транспорт на проїзному залізничному шляху;
- при перевищенні швидкості при подачі вагонів можливо наїзди на робітників, та зіткнення грейфера з вагоноперекидачем;
- при розвантаженні вагонів можливо падіння шихтових матеріалів з люків вагонів, що розвантажуються, що не повинно бути;
- при роботі стрічкового конвеєру можливо схід стрічки конвеєру з барабанів та роликів підпорок, що призводить до аварій та травмуванню людей;
- при русі вагону-вагів, можливо попадання під вагони сторонніх предметів, що призвести до зупинки технологічного процесу;
- при транспортуванні чавуну та шлаку у ковшах, можливо їх перекидання, що призводить до опіків робітників;
- можливі наїзди на робітників на путях шлакового відвалу, які зв'язані з роботою по зливу шлаку;
- при недостатньому освітлені ліній шлакового відвалу, можливі наїзди на робітників на цих путях;
- при навантаженні вантажу в холодний період, робітники можуть отримати переохолодження та захворіти;
- при обробці статистичних даних на комп'ютері можливо виникнення шкідливих факторів санітарно-гігієнічного характеру, такі як не задовільнено освітлення, порушення норм мікроклімату, підвищений шум та інше, що може визивати напруженість праці.

Заходи по забезпеченню безпеки та по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці наведено на слайдах презентації.

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі на основі досліджень процесу вивантаження коксу із використанням технології залишання частини вагонів з составу в очікуванні вільності приймальних бункерів на імітаційній моделі були отримані технічні показники при різних варіантах організації робіт.

При збільшенні параметру кількості залишених вагонів обсяг вільного продуктивного часу роботи локомотиву збільшується, але збільшується також потрібний робочий парк вагонів.

Подальші економічні розрахунки дозволили визначити найбільш доцільну стратегію організації вантажних робіт.

Виконано техніко-економічні розрахунки, які обґрунтовують доцільність запропонованих рішень.

Економія складає 581952 грн/рік лише за рахунок заходів організаційного характеру.

В ході досліджень розглянуто вплив економічної політики в сфері залізничних перевезень на формування певних проєктних рішень.

Враховуючи різке зростання вартості плати за користування вагонами, слід передбачити у майбутньому перегляд вартості вагоно-добы власних вантажних вагонів підприємства Запоріжсталь (зокрема - коксовозів), які не мають права виходу на зовнішню мережу магістральних шляхів сполучення України.

Так, у разі зростання цієї вартості до рівня 425 грн/добу (у п'ять разів) на вагон, економічна доцільність проєктних рішень буде іншою. За таких умов найбільш ефективним буде варіант 2 із залишанням на бункерах доменного цеху не 4, а 2-х коксовозів.

Дослідження підтверджують економічну природу транспортних технологій та їх суттєву залежність від економічних факторів.

Було також розроблено заходи з охорони та санітарії праці, безпеки у надзвичайних ситуаціях.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Офіційний сайт ПАТ «Запоріжсталь» [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Запоріжжя : ПАТ «Запоріжсталь», 2021. – Режим доступу: <https://www.zaporizhstal.com> (дата звернення 14.10.2021) – «ПАТ «Запоріжсталь». Наша продукція – в основі споруд по всьому світу, наша соціальна відповідальність – у сталому розвитку Запорізького регіону».
2. Угрюмов, Л.К. Организация движения поездов на промышленном железнодорожном транспорте / Л.К. Угрюмов. – К.: Донецк Высшая школа, 1986. – 207с.
3. Технічно-розпорядчий акт станції Аглофабрика. – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2018. – 27с.
4. Міжцехова інструкція по взаємодії працівників доменного, агломераційного цехів, гаража рудорозморожування ЦРРС УЗТ, ЦПВ, робітників ОБВО, ВТК, ЦТВС з працівниками Південного залізничного району ЦЕ УЗТ при обслуговуванні залізничними перевезеннями. – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2018. – 41с.
5. Бабушкін, Г.Ф. Технологія та організація транспортно-складських робіт на промисловому транспорті : Навч. посібник. – К.: ІСДО, 1993. – 190 с.
6. Турпак, С. М. Логістичні системи управління залізничним транспортом металургійних підприємств [Текст]: монографія / С. М. Турпак. – Херсон : Грін Д. С., 2015. – 264 с.
7. Вавилов, А. А. Імітаційне моделювання промислових систем/ А. А. Вавилов, Д. Х. Імаєв, Б. Ф. Фомін. – М.; Высш.шк., 1989. – 347 с.
8. Економіка залізничного транспорту [Текст]: підручник / за ред. Ю. В. Кулаєва, Ю. С. Бараша, М. В. Гненного; Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. - Дніпропетровськ, 2014. - 480 с.

9. 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, 2018. – 36 с.

10. 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 : Каф. ОП і НС, 2018. – 44 с.

11. 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).