

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний
(повне найменування факультету)

«Транспортні технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

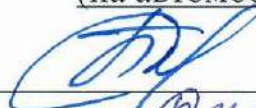
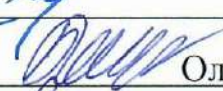
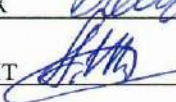
магістра
(ступінь вищої освіти)

на тему: ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДОСТАВКИ МЕТАЛОПРОКАТУ
ДО ПрАТ «ВІННИЦЬКИЙ ЗАВОД «МАЯК»

Виконала: студентка ІІ курсу, групи Т-322м

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

Освітня програма (спеціалізація)
275.03 «Транспортні технології
(на автомобільному транспорті)»

		Павло МОРОЗ (прізвище та ініціали)
Керівник		Олена ПАДЧЕНКО (прізвище та ініціали)
Рецензент		Андрій ЩЕРБИНА (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) 275.03 «Транспортні технології (на _____
автомобільному транспорті)» _____
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«Транспортні технології»

Сергій ТУРПАК

«01» листопада 2023 року

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

МОРОЗА Павла Володимировича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Підвищення ефективності доставки металопрокату до ПрАТ «Вінницький завод «Маяк»

керівник проєкту (роботи) ПАДЧЕНКО Олена Олександрівна

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «21» листопада 2023 року №450

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

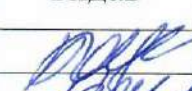
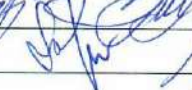
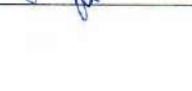
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) існуючі схеми розміщення вантажних пунктів-отримувачів та відправників металопрокату; вантажооборот; відстань перевезень; час вантажних операцій.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина, 2. Основна частина, 2.1 Дослідження ефективності використання вантажопідйомності автотранспорту в умовах підприємства. 2.2 Модель навантаження транспорту. 2.3 Експерименти на моделі. 2.3.1 Параметри експериментів. 2.3.2 Результати експериментів. 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	ПАДЧЕНКО О.О., старш. викл.		
2	ПАДЧЕНКО О.О., старш. викл.		
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)

Павло МОРОЗ

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

Олена ПАДЧЕНКО

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 75 с., 32 рис., 8 табл., 14 джерел.

АВТОМОБІЛЬ, ВАНТАЖ, ДОСТАВКА, ЗАВОД, МІСЦЕ РОЗВАНТАЖЕННЯ, МІСТКОВИЙ КРАН, НАВАНТАЖЕННЯ, ОДЕРЖУВАЧ, ПРОГРАМА, ПРОКАТ СТАЛІ, РЕЙС, РУЛОННИЙ ПРОКАТ, СКЛАД, СОБІВАРТІСТЬ, СТАЛЬ, ЦЕХ.

Об'єкт дослідження – процес постачання металопрокату у рулонах виробництва комбінату ПАТ «Запоріжсталь» автотранспортом одержувачу ПрАТ «Вінницький завод «Маяк».

Мета роботи – удосконалення технології доставки та вантажопереробки металопрокату в рулонах до ПрАТ «Вінницький завод «Маяк».

Методи дослідження – аналітичний аналіз, імітаційне моделювання, графічний аналіз.

В роботі проаналізована технологія організації доставки та вантажопереробки металопрокату в рулонах в умовах ПАТ «Запоріжсталь». Розроблена модель, визначені параметри її функціонування, виконані відповідні техніко-економічні розрахунки та обрано найефективніший варіант організації транспортних технологій.

ЗМІСТ

	с.
Завдання на проєкт	2
Реферат.....	4
Зміст	5
Вступ	7
1 Аналітична частина	8
1.1 Характеристика ПрАТ «Вінницький завод «Маяк»	8
1.2 Характеристика та асортимент холоднокатаної сталі в рулонах	14
1.3 Особливості виконання вантажних робіт на автомобільному транспорті	16
1.4 Фактори вибору оптимального виду автотранспорту та навантажувально-розвантажувальних механізмів	18
1.5 Особливості виконання вантажних робіт на автомобільному транспорті	20
1.6 Недоліки системи доставки холоднокатаної рулонної сталі	24
2 Аналітична частина	26
2.1 Дослідження ефективності використання вантажопідйомності автотранспорту в умовах підприємства	26
2.2 Модель навантаження транспорту	30
2.3 Експерименти на моделі	52
2.3.1 Параметри експериментів	52
2.3.2 Результати експериментів	52
3 Економічна частина	54
3.1 Визначення економічних показників	54
3.2 Витрати за першим варіантом	56
3.3 Витрати за другим варіантом	56
3.4 Витрати за третім варіантом	57

3.5 Ефективність варіантів	58
4 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	59
Висновки	61
Перелік джерел посилань	63
Додаток А	65
Додаток Б	67
Додаток В	69

ВСТУП

До війни Україна була провідним виробником металопрокату в Європі та світі, деяким металургійним підприємствам вдалось продовжити займатися виробництвом і донині. Розвиток виробництва прокату у вигляді рулонів на сьогодні залишається перспективним напрямком.

Незважаючи на наявність технологічних обмежень, які обмежують масу злитків об'ємом виливниць, багато компаній все ще використовують зварювальні технології для зварювання смуг і транспортувальних валків з подвоєною і потроєною масою. Основними тенденціями виробництва холоднокатаного прокату є використання станів безперервної дії з формуванням рулонів вагою до 60 тонн.

Для перевезення вантажних місць такої маси доцільно використовувати залізничний або водний види транспорту, але певна частка українських споживачів не мають можливості скористатись такими видами транспорту. Крім того, для переміщення таких великовагових вантажів потрібне відповідне вартісне вантажопідйомне обладнання.

До таких підприємств, зокрема, відноситься ПрАТ «Вінницький завод «Маяк», до якого у довоєнні роки здійснювались постачання металопрокату у рулонах виробництва комбінату ПАТ «Запоріжсталь» автотранспортом вантажопідйомністю 20...22 тонни.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика ПрАТ «Вінницький завод «Маяк»

Перша назва при створенні підприємства у 1968 році – «Вінницький завод радіотехнічної апаратури». Десятиріччями підприємство активно розвивалось – до 1991 року.

У 1994-му році підприємство обрало новий основний вектор розвитку – виготовлення теплових електричних приладів [1].

Більша частина прибутків направляється на технічне оснащення новим обладнанням, зокрема, були придбані:

- сучасні електроерозійні верстати, що використовуються у інструментальному комплексі;
- гідравлічний прес, що використовується у 7-му цеху підприємства;
- термопластавтомати, що використовується у 3-му цеху.

Завдяки інноваційному підходу, підприємство [2] освоїло випуск понад 45-ти видів електротехнічної продукції, зокрема:

- електричні конвектори;
- електроплитки;
- теплові завіси;
- електрокотли;
- агрегати повітряного опалювання;
- радіатори масляного типу;
- обігрівачі з інфрачервоним випромінюванням;
- радіатори стаціонарного опалення, тощо.

Вся продукція отримує сертифікати, які свідчать про виконання стандартів безпеки, у тому числі міжнародним вимогам якості [2].

Прибуток підприємства постійно зростав у довоєнний період, він становив [2]:

- 2015 рік – близько 179 млн грн;
- 2016 та 2017 роки – понад 206 млн грн;
- 2018 рік – близько 262 млн грн;
- 2019 рік – 250 млн грн.

Реалізація продукції на експорт поступово збільшувалась, зокрема, за результатами 2020 року – на 12% (близько половини усього обсягу виробництва). Серед головних споживачів:

- Польща – 22%;
- Німеччина – 5%;
- Велика Британія – 0,5%;
- Молдова – 0,4%.

Підприємство має необхідні для виробництва потужності (рисунок 1.1), станом на цей рік на підприємстві задіяно 470 робітників [3].



Рисунок 1.1 – Виготовлення сталевих елементів продукції

В останні роки перед військовим вторгненням було розпочате серійне виробництво таких продуктів [2]:

- конвектор «Оптима+» 0,5 та 1 кВт з електронним термостатом;
- конвектор «Оптима» потужністю 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 кВт класу «Економ» та «Комфорт»;
- котел електричні бюджетного варіанту виконання потужністю 4,5 та 6 кВт, низькошумні;
- керамічні обігрівачі-панелі.

1) електричні котли класу «Економ», незважаючи на невисоку вартість мають досить низький рівень шуму та діапазон потужностей від 4,5 кВт до 15,0 кВт . Згідно наказу №375 від 19.10.2020 п.7 плану НТ на 2021 рік було виготовлено 2762 одиниць;

2) електроконвектори серії «Оптіма +» потужністю 2,5 кВт (наказ № 411 від 02.11.2020) вироблено 5206 шт.;

3) ряд електроконвекторів «Оптіма +» та «Оптіма», обладнаних термостатом Т121, (який обладнаний з сенсорними кнопками, дисплеєм LCD та дистанційним управлінням з вбудованим WiFi) (наказ № 128 від 30.03.2021 р.) виготовлено 300 одиниць;

4) ряд електроконвекторів «Оптіма +» та «Оптіма» ІР 24 з іксподібним нагрівачем, який виготовлений із якісного алюмінію та має нову конструкцію основи (наказ №475 від 17.12.2020 р.) виготовлено 11137 одиниць.



Рисунок 1.2 – Процес виготовлення сталевих елементів



Рисунок 1.3 – Робоче місце в цеху виготовлення виробів



Рисунок 1.4 – Штампувальна установка



Рисунок 1.5 – Ангар №1 загальною площею 365 м²



Рисунок 1.6 – Стелажне обладнання ангару №1



Рисунок 1.7 – Ангар №2 загальною площею 450 м²

1.2 Характеристика та асортимент холоднокатаної сталі в рулонах

Холодні катані рулони різняться за своїми розмірами (вагою), марками, асортиментом та призначенням, до того ж їх стандарти та вимоги до складу та технічного стану в різних країнах може відрізнятися. Рулонна сталь може мати різноманітну якість поверхні та рівень механічних властивостей.

До основних стандартів можна віднести: EN 10130, EN 10209, EN 10268, ASTM A 1008/A 1008 M , ДСТУ 2834 тощо [4;5].

В Європі користуються стандартами EN 10130, EN 10209, EN 10268. Ними керуються при виробництві (холодна обробка тиском) сталі з низьким вмістом вуглецю під марками: DC01, DC03, DC04, DC05, DC06, DC07. Такий метал має ширину 600 мм, а товщину – не менш 0,35мм [6].

Приклади асортименту сталі наведені в таблиці 1.1.

В машинобудівній промисловості та при виробництві техніки найчастіше користуються холоднокатаною рулонною сталлю. З неї виготовляють елементи для автомобілів (наприклад, кузов, корпус, різноманітні елементи та агрегати). До якості та технічних властивостей прокату висуваються наступні вимоги: пластичність, гнучкість, наявність сталі з різною товщиною, якість та чистота (самої поверхні) [6].

Наприклад, при виробництві автомобілів до основних характеристик сталі додаються такі, як вимоги до дотримання певних геометричних параметрів (наприклад, за товщиною бути в межах 1/2 - 1/4 нормальних допусків за EN, спеціальні допуски по ширині тощо), стану поверхонь холоднокатаних рулонів (відсутність дефектів на поверхні, глянцева поверхня, відсутність подряпин та плям).

Таблиця 1.1 – Європейські стандарти холоднокатаного рулонного прокату

Умовні позначення	Характеристика сталі
B	Сталі після термозміцнення (HC180B, HC220B, HC260B, HC300B), які демонструють певне підвищення умовної межі текучості після їхнього нагрівання в районі 170°C протягом 20 хвилин.
LA	Сталі низьколеговані / мікролеговані (HC260LA, HC300LA, HC340LA, HC380LA, HC420LA, HC460LA, HC500LA), до складу яких входить один або кілька легуючих елементів, наприклад, ніобій, ванадій і титан, для досягнення необхідного рівня умовної межі текучості.
Y	Сталі без атомів втручання (HC180Y, HC220Y, HC260Y), склад яких контролюється з метою поліпшення показників ступеня пластичної деформації r і деформаційного зміцнення n .
I	Ізотропні сталі (HC220I, HC260I, HC300I) з помірним показником пластичної деформації r .

Якщо прокат потрібен для виробництва техніки (їх корпусу), сталь повинна мати високий ступінь гнучкості, високу якість та мати лише невеликі розбіжності в товщині.

Холоднокатану рулонну сталь використовують для різних потреб та галузей. Але основними споживачами продукції є сервісні центри металу. З цих центрів метал транспортується одержувачам різних галузей промисловості: машинобудування, будівництво тощо.

1.3 Особливості виконання вантажних робіт на автомобільному транспорті

Для здійснення перевезень автомобільним рухомим складом необхідно визначитися з типом та кількістю рухомого складу. Це залежить, в першу чергу, від об'ємів (кількість тонн вантажу) та особливостей перевезень.

На перевізника покладена задача з своєчасного надання автомобілів у справному та готовому до перевезень стані. Зазвичай перевезення можуть бути організовані централізованим способом або за разовими замовленнями.

В залежності від системи організації доставки вантажів на перевізника або замовника можуть бути покладені виконання всіх (або частини) наступних функцій:

- подача автомобілів у зазначений термін;
- раціональне розміщення автомобілів в пунктах навантаження (розвантаження);
- за можливості завантаження автомобілів у попутному (прямому чи зворотному) напрямку;
- облік вантажу;
- визначення часу прибуття та відправлення автомобіля;

- перевірка технічного стану автомобілів.

Одержувач вантажу має право відмовитись від перевезення у разі, якщо рухомий склад ушкоджений або порушена якість та цілісність вантажу. Таке порушення фіксується складанням відповідного акту.

Основними схемами розстановки автомобілів на ділянках виконання вантажних робіт є:

- бокова, яка передбачає виконання навантажувально-розвантажувальних через боковий борт транспортного засобу. Недоліком схеми вважається те, що для цього необхідна велика площа ділянки для того, щоб розмістити всі автомобілі по довжині. В якості переваг слід зазначити швидкість виконання вантажних операцій;

- торцева, яка передбачає розвантаження та завантаження через задній борт автомобіля. При такому способі автомобілі займають менше місця, але час на виконання навантажувально-розвантажувальних робіт збільшується;

- косокутний спосіб розстановки дозволяє здійснювати навантаження та розвантаження через обидва боки. Така схема скорочує час на вантажні операції та площадка для автомобілів не потребує багато місця.

Приклад розміщення автомобілів на вантажних майданчиках наведений на рисунку 1.8

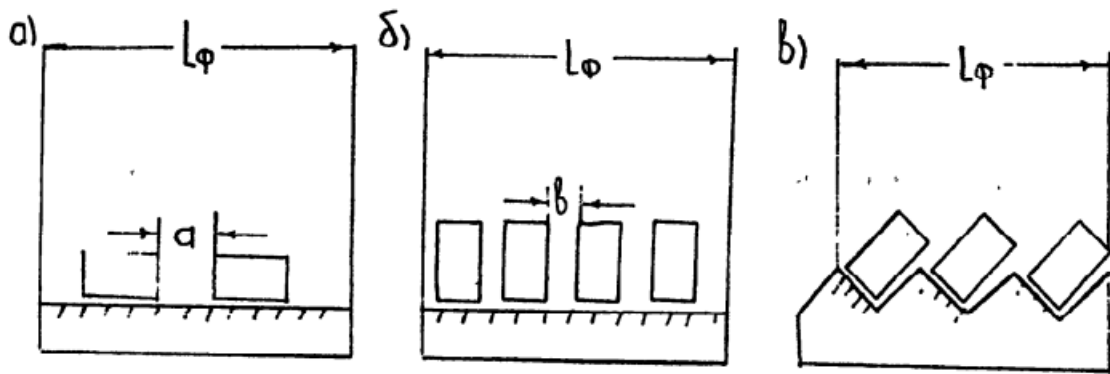


Рисунок 1.8 – Схема розташування автотранспорту в місцях виконання вантажних робіт: а) бокова схема; б) торцева схема; в) косокутна схема

1.4 Фактори вибору оптимального виду автотранспорту та навантажувально-розвантажувальних механізмів

Для вибору раціонально виду рухомого складу та ефективного його використання слід вантажовідправнику слід враховувати наступні фактори:

- технічні;
- економічні;
- екологічні.

При розгляданні технічних факторів береться до уваги:

- тип вантажу або вантажів, які перевозяться;
- об'єм перевезень, який безпосередньо впливає на вантажопідйомність автомобіля, який можна застосувати;
- типи та потужність навантажувально-розвантажувальних механізмів та можливість координування їх роботи з автомобільним транспортом;
- можливість використання автомобілів зі зворотним завантаженням;

- відповідність рухомого складу тарі та упаковки, в якій транспортується вантаж;
- відстань, на яку здійснюється транспортування вантажів (зазвичай, на дальні відстані використовують автомобілі великої вантажопідйомності, а на малі – меншої);
- коефіцієнт використання вантажопідйомності (чим вищий, тим краще та ефективніше використовується рухомий склад);
- технічний стан автомобіля (нові автомобілі мають більший відсоток завантаження).

До економічних факторів належать:

- вартість транспортних засобів (балансова вартість або вартість одного кілометра пробігу/перевезення однієї тонни вантажу);
- річні експлуатаційні витрати. До них належать витрати на заробітну плату водія (водіїв) транспортних засобів, витрати на паливо та паливно-мастильні матеріали, витрати на ремонт, автомобільні шини та гаражні потреби, а також відсоток від заробітної плати на накладні витрати та соціальні внески.

Екологічні фактори мають визначне значення. Наприклад, сипкі вантажі не перевозяться на відкритому рухомому складі насипом; у закритих приміщеннях забороняється використовувати автомобілі та автотранспортувачі з причини шкідливих викидів вихлопних газів, тощо.

Врахування розглянутих груп факторів дозволяє вибрати найвигідніший варіант транспортних засобів та знизити витрати на доставку.

1.5 Вибір рухомого складу за технічними характеристиками та вантажопідйомністю

У випадку, коли стає питання з вибору автомобільного рухомого складу в першу чергу треба визначити оптимальну вантажопідйомність. На вибір вантажопідйомності впливають наступні параметри:

- кількість вантажу (вантажних місць);
- періодичність перевезення;
- вага окремого вантажного місця (наприклад, при заданих умовах перевезень максимальна маса брутто одного вантажного місця складає 16 т; це означає, що автомобілі меншої вантажопідйомності розглядати недоцільно);
- можливість під'їзду автомобілів на ділянки навантаження та розвантаження;
- спосіб виконання вантажних робіт (механізований за допомогою мостового крану).

Виходячи з заданих умов перевезень розглянемо наступні марки автотранспорту для перевезення рулонів сталі різної вантажопідйомності (рис. 1.9, 1.10, 1.11).

Автомобіль вантажопідйомністю до 20 т (82 м³)



Висота:	2.45 м
ширина:	2.45 м
довжина:	13.6 м
об'єм:	82 м ³
вантажопідйомність:	20 - 22 т

Рисунок 1.9 – Автотранспорт 20 - 22 т (перший варіант)

«Єврофура» (об'єм 92 м³)



Висота:	2.45 - 2.72 м
ширина:	2.45 м
довжина:	13.6 м
об'єм:	82 - 92 м ³
вантажопідйомність:	20 - 22 т

Рисунок 1.10 – Автотранспорт 20 - 22 т (другий варіант)

Автопоїзд «MEGA» (об'єм 100 м ³)	
	
висота:	2.78 - 3 м
ширина:	2.45 м
довжина:	13.6 м
об'єм:	100 м ³
вантажопідйомність:	20 - 22 т

Рисунок 1.11 – Автотранспорт 20 - 22 т (третій варіант)

Незважаючи на те, що автомобілі мають однакову вантажопідйомність, вони відрізняються за об'ємом кузова. Тому, в залежності від того, до якого класу належить вантаж, можна обрати відповідну марку автомобіля.

При організації вантажних перевезень автотранспортом перевізники користуються таким поняттям, як питома об'ємна питома вантажопідйомність – це відношення максимальної вантажопідйомності до повного об'єму кузова транспортного засобу та вимірюється в т/м³.

У зв'язку з цим, можна виділити три випадки, як використовується об'ємна вантажопідйомність.

Таблиця 1.2 – Питома об'ємна вантажопідйомність (можливі випадки)

Питома об'ємна вантажопідйомність кузова автомобіля	Опис та значення показників
$q_1 < q_{nut}$	місткість кузова використовується повністю, а вантажопідйомність повністю бути використана не може;
$q_1 = q_{nut}$ -	повністю використовується вантажопідйомність та місткість кузова;
$q_1 > q_{nut}$	повне використання вантажопідйомності досягається навіть при неповному використанні місткості кузова.

Аналогічним чином, розглядається й такий показник, як питома площа кузова автомобіля – показник, що визначається відношенням вантажопідйомності транспортного засобу до корисної площі підлоги; вона вимірюється в т/м².

Розглянемо випадки фактичного завантаження автомобіля на кожний квадратний метр.

Таблиця 1.3 – Питома площа кузова (можливі випадки)

Питома площа кузова автомобіля	Опис та значення показників
$f_1 < f_{num}$	вантажопідйомність повністю не використовується, незалежно від повного використання корисної площі
$f_1 = f_{num}$	повністю використовується вантажопідйомність та корисна площа
$f_1 > f_{num}$	повне використання вантажопідйомності досягається навіть при неповному використанні корисної площі кузова.

1.6 Недоліки системи доставки холоднокатаної рулонної сталі

Основний недолік існуючого положення полягає в тому, що рулонна сталь доставляється прямо з цеху без попереднього підгрупування відправок. Це призводить до того, що транспортні засоби використовуються нерационально – бувають випадки коли вони виїжджають перевантажені, іноді ж автомобілі недовантажені і автомобіль проходить весь рейс в напівзавантаженому стані.

Це призводить до наступного:

- збільшення кількості автотранспорту для доставки рулонної сталі одержувачам та кількості рейсів;
- неефективне та нерівномірне завантаження автомобілів;
- висока собівартість перевезення та вантажопереробки рулонної сталі;

- нераціональна система організації перевезень.

Для ліквідування недоліків та удосконалення процесу перевезень в магістерській роботі пропонується за допомогою розробки математичного моделювання в програмі ««Енілоджік»» (алгоритм Best-fit-decreasing) створити таку систему доставки, яка дозволяє підгрупувати вантажі (спочатку автомобіль завантажуються рулоном, який має максимальну вагу, потім довантажуються тим рулоном, який має максимальну вагу, яку можна довантажити в даний автомобіль). Це дозволить раціонально використовувати вантажопідйомність рухомого складу.

В якості проєктного рішення пропонується спроектувати біля цеху критий склад з холоднокатаною рулонною сталлю для її накопичування та розподілення по автомобілях, а для вантажно-розвантажувальних робіт задіяти мостовий кран.

2 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

2.1 Дослідження ефективності використання вантажопідйомності автотранспорту в умовах підприємства

У довоєнні часи наша країна займала провідне місце у Європі та світі серед інших індустріально розвинених країн-виробників металопрокату, певні підприємства продовжують свою роботу навіть під час військових дій. На сьогоднішній день залишається стабільний попит на листовий металопрокат у рулонах.

Технологія виробництва на багатьох підприємствах, передбачає зварювання полоси прокатної сталі, що надає можливість відправлення споживачам прокату у рулонах, які є поєднанням двох або, навіть, трьох рулонів. Сучасними тенденціями виробництва холоднокатаного прокату у вигляді рулонів є орієнтованими на використання безперервних прокатних станів з вагою рулонів до 60 т [6;7;8].

Більшість українських споживачів, зокрема ті, у кого не передбачалось облаштування залізничних під'їзних колій, не можуть приймати рулонний металопрокат з такими великими показниками ваги. Але вищезазначені тенденції створюють суттєві розбіжності ваги вантажних місць, зокрема, в умовах комбінату «Запоріжсталь» - від 2 до 16 тонн при широкому використанні на перевезеннях автомобільних транспортних засобів вантажопідйомністю у діапазоні 20 - 22 тонни [9].

За даних умов важливим є вирішення задачі раціонального розміщення металопрокату у рулонах на вантажних автомобілях із максимальним використанням вантажопідйомності.

Розглянемо реальні дані минулих років відвантаження металопрокату ПАТ «Запоріжсталь» до підприємства «Маяк», яке виготовляє побутову техніку, електрообігрівальні прилади і радіатори опалення [2].

У таблиці 2.1 наведено дані щодо фактичного відвантаження автомобілів.

Таблиця 2.1 – Дані щодо фактичного відвантаження

Номер авто-мобіля	Вага вантажу, т	Коеф. викорис-тання вантажо-підйомності, K_v	Вага окремих вантажних місць брутто, т							
1	21,22	0,96	3,15	2,21	2,35	2,21	2,35	2,83	2,46	3,66
2	20,05	0,91	11,33	3,8	4,92	-	-	-	-	-
3	20,37	0,93	7,9	4,22	8,25	-	-	-	-	-
4	21,64	0,98	5,51	5,64	5,22	5,27	-	-	-	-
5	21,6	0,98	4,65	4,48	4,12	4,35	4	-	-	-
6	17,18	0,78	4,89	3,06	1,18	3,16	4,89	-	-	-
7	19,62	0,89	3,22	2,66	3,92	4,74	3,12	1,96	-	-

На основі наведених даних таблиці 2.1 проаналізуємо ефективність використання алгоритму First-fit-decreasing [10].

Вхідними параметрами для даного алгоритму є перелік маси вантажних місць. Упорядковуємо їх вагу від найбільшої до найменшої та заповнюємо автомобіль послідовно вантажними місцями з цього ряду, починаючи з найбільшого за масою.

При неможливості додавання наступного рулону через перевищення вантажопідйомності транспортного засобу, додаємо максимально можливе вантажне місце з ряду, використовуючи алгоритм Best-fit-decreasing.

Отримуємо наступні результати (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Реалізація алгоритму Best-fit-decreasing

Показники	Номер автомобіля						
	1	2	3	4	5	6	7
Вага вантажних місць, т	11,33	7,9	5,27	4,89	4,35	3,8	2,83
	8,25	5,64	5,22	4,74	4,22	3,66	2,66
	2,21	5,51	4,92	4,65	4,12	3,16	2,46
	-	-	4,89	4,48	4	3,15	2,35
	-	-	1,18	3,22	3,92	3,12	2,35
	-	-	-	-	-	3,06	2,21
	-	-	-	-	-	1,96	-
$Q_{\text{в}}, \text{т}$	21,79	19,05	21,48	21,98	20,61	21,91	14,86
$K_{\text{в}}$	0,99	0,866	0,976	0,999	0,937	0,996	0,675

У таблиці виділено показники для автомобіля №7, який є останнім за порядком навантаження, обсяг недовантаження його становить:

$$22 - 14,86 = 7,14 \text{ тонн,}$$

що свідчить про ущільнення завантаження загальної партії вантажу на третину вантажопідйомності автомобіля.

За умов даного прикладу – при порівняно невисокій інтенсивності відвантаження металопродукції, достатньо застосувати експертний метод, щоб підвищити ефективність перевезень.

Серед представлених у таблиці коефіцієнтів використання вантажопідйомності порівняно невисоким є показник – 0,866 для другого автомобіля.

Замінюємо останнє вантажне місце цього транспортного засобу рулоном вагою 5,51 тонни на інші, заплановані до розміщення у автомобілі №7, де наявні більш легковагові рулони (2,83 тонни, 2,66 тонни та 2,46 тонни) та отримуємо удосконалений план навантаження транспортних засобів – таблиця 2.3 (зміни виділено).

Таблиця 2.3 – Удосконалений варіант навантаження автомобілів

Показники	Номер автомобіля						
	1	2	3	4	5	6	7
Вага вантажних місць, т	11,33	7,9	5,27	4,89	4,35	3,8	5,51
	8,25	5,64	5,22	4,74	4,22	3,66	2,35
	2,21	2,83	4,92	4,65	4,12	3,16	2,35
	-	2,66	4,89	4,48	4	3,15	2,21
	-	2,46	1,18	3,22	3,92	3,12	-
	-	-	-	-	-	3,06	-
	-	-	-	-	-	1,96	-
$Q_{\text{в}}, \text{т}$	21,79	21,49	21,48	21,98	20,61	21,91	12,42
$K_{\text{в}}$	0,99	0,977	0,976	0,999	0,937	0,996	0,565

Через таку оптимізацію, резерв навантаження склав:

$$22 - 12,42 = 9,58 \text{ тонни,}$$

що практично сягає половини вантажопідйомності автомобіля.

Тож, переходимо до аналізу можливості реалізації сучасних оптимізаційних методів на основі імітації процесів навантаження автотранспортних засобів.

2.2 Модель навантаження транспорту

Реалізуємо алгоритми, досліджені у попередньому розділі в імітаційній моделі, яку створимо на основі середовища популярної та перспективної програми «Енілоджік» [9].

В основу структури моделі буде закладено логічна послідовність переміщення замовлень-рулонів прокату:

- на ділянку пакування;
- переміщення мостовим краном до ділянки формування замовлення відправки;
- процес навантаження автотранспортних засобів.

Початком є генерація вхідного потоку рулонів на пакувальну ділянку, для чого створюємо джерело замовлень – Metal (source), що показано на рисунку 2.1.

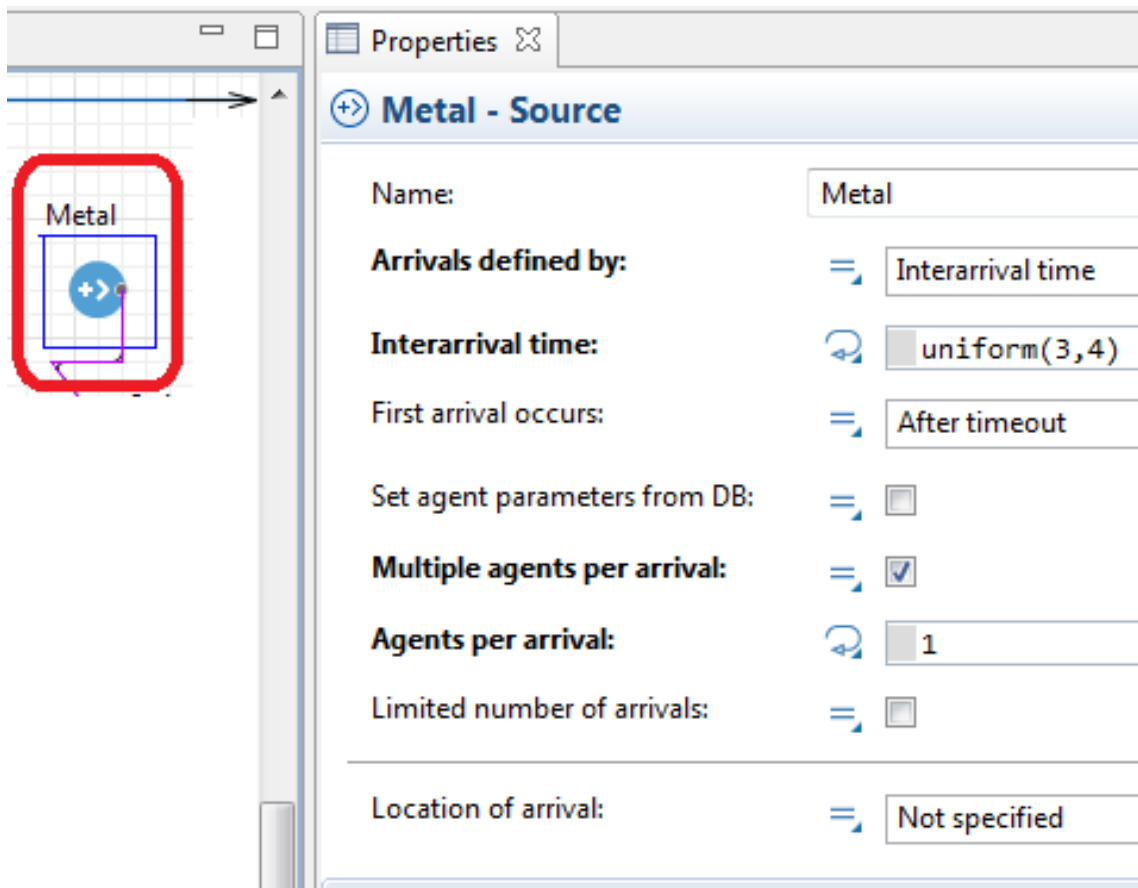


Рисунок 2.1 – Джерело замовлень – Metal (source)

Інтенсивність задаємо за рівномірним законом розподілу надходження рулонів відповідно до статистичних даних:

$\text{uniform}(3,4)$,

де 3 – мінімальний, а 4 – максимальний інтервал часу між надходженням окремих рулонів.

Тривалість роботи програми обмежуємо одним місяцем через відхилення згенерованих замовлень до елементу знищення Out_system, по закінченню відповідного періоду часу – 720 годин, що показано на рисунку 2.2.

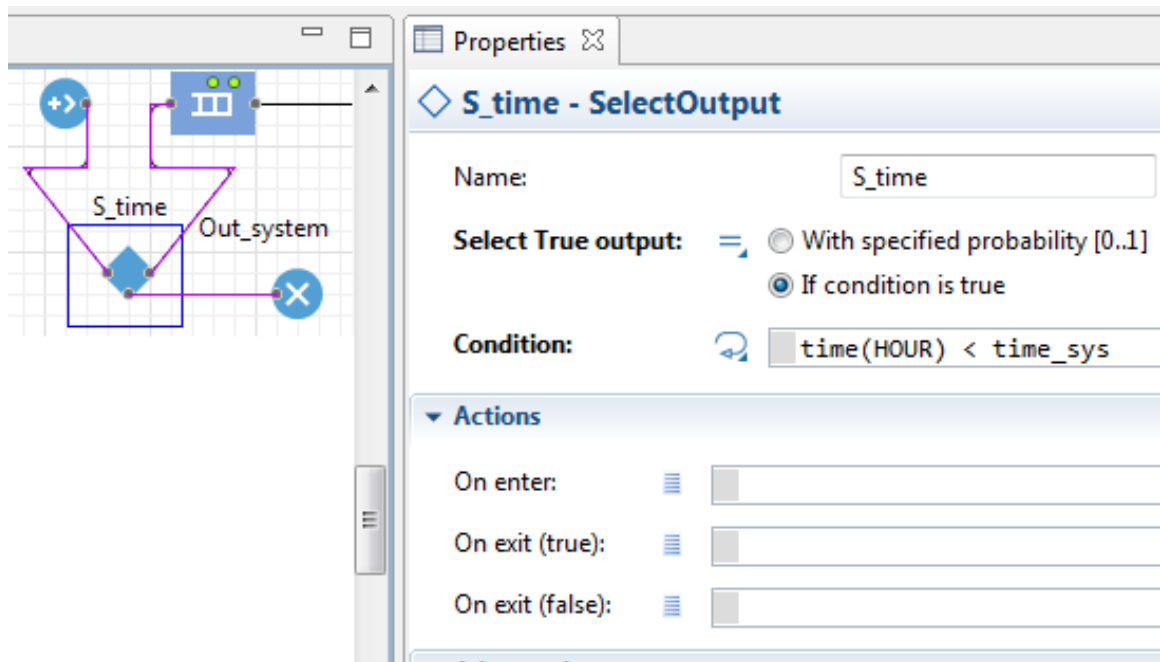


Рисунок 2.2 – Встановлення часу моделювання

Параметр `time_sys` встановлений на розмір 720 годин, які відраховуються функцією `time (HOUR)`.

Замовлення приймаються до черги `D_rakuv` з алгоритмом поводження-першим зайшов – першим вийшов, максимальної місткості – задля усунень можливих збоїв у програмі.

У даній черзі замовлення зупиняються об'єктом `V_rakuv` типу `Hold`, для затримки перед подаванням до умовної черги рулонів `Q_kran`, яка обробляється мостовим краном.

Даний ланцюг показаний на рисунку 2.3.

Надалі замовлення захоплюються елементом типу `Seize` – `S_Kran`, який пов'язаний із об'єктом, який імітує функціонування ресурсів – `ResourcePool R_most_kran` (рисунок 2.4).

Тип ресурсу прийнято статичним.

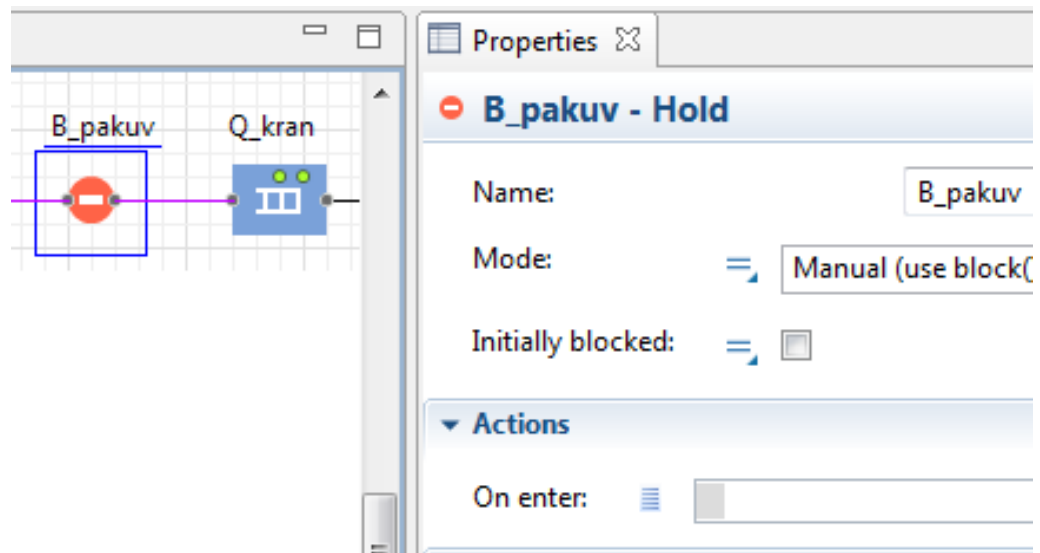


Рисунок 2.3 – Об'єкти B_pakuv типу Hold та Q_kran типу Queue

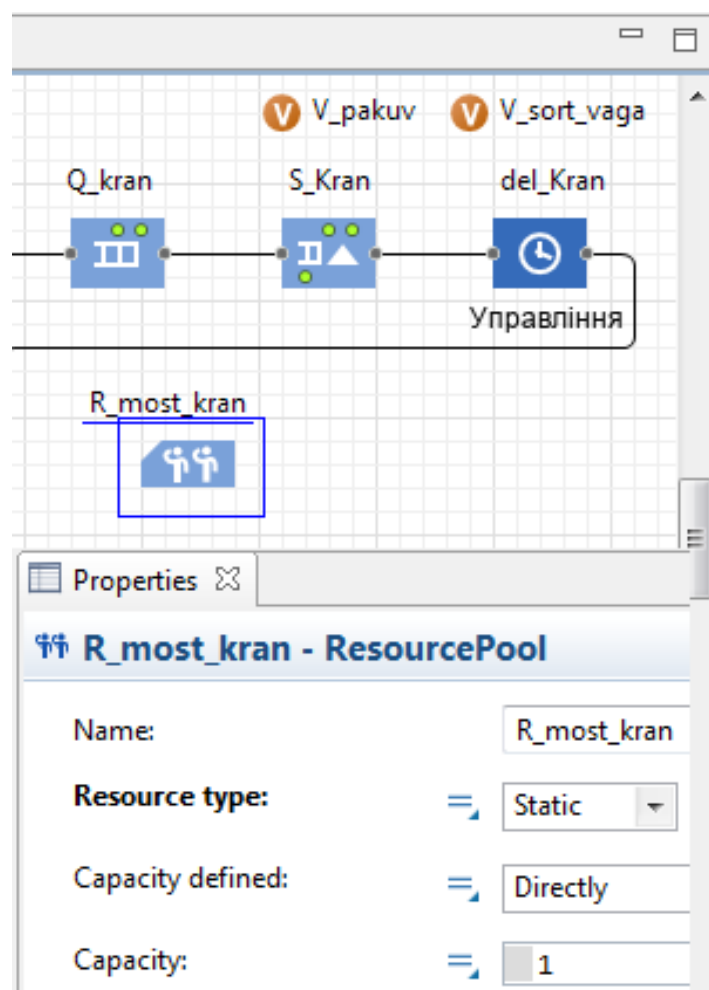


Рисунок 2.4 – Об'єкт R_most_kran

Наступний етап – імітація переміщення рулонів прокату мостовим краном (рисунок 2.5) потребує наступних процесів.

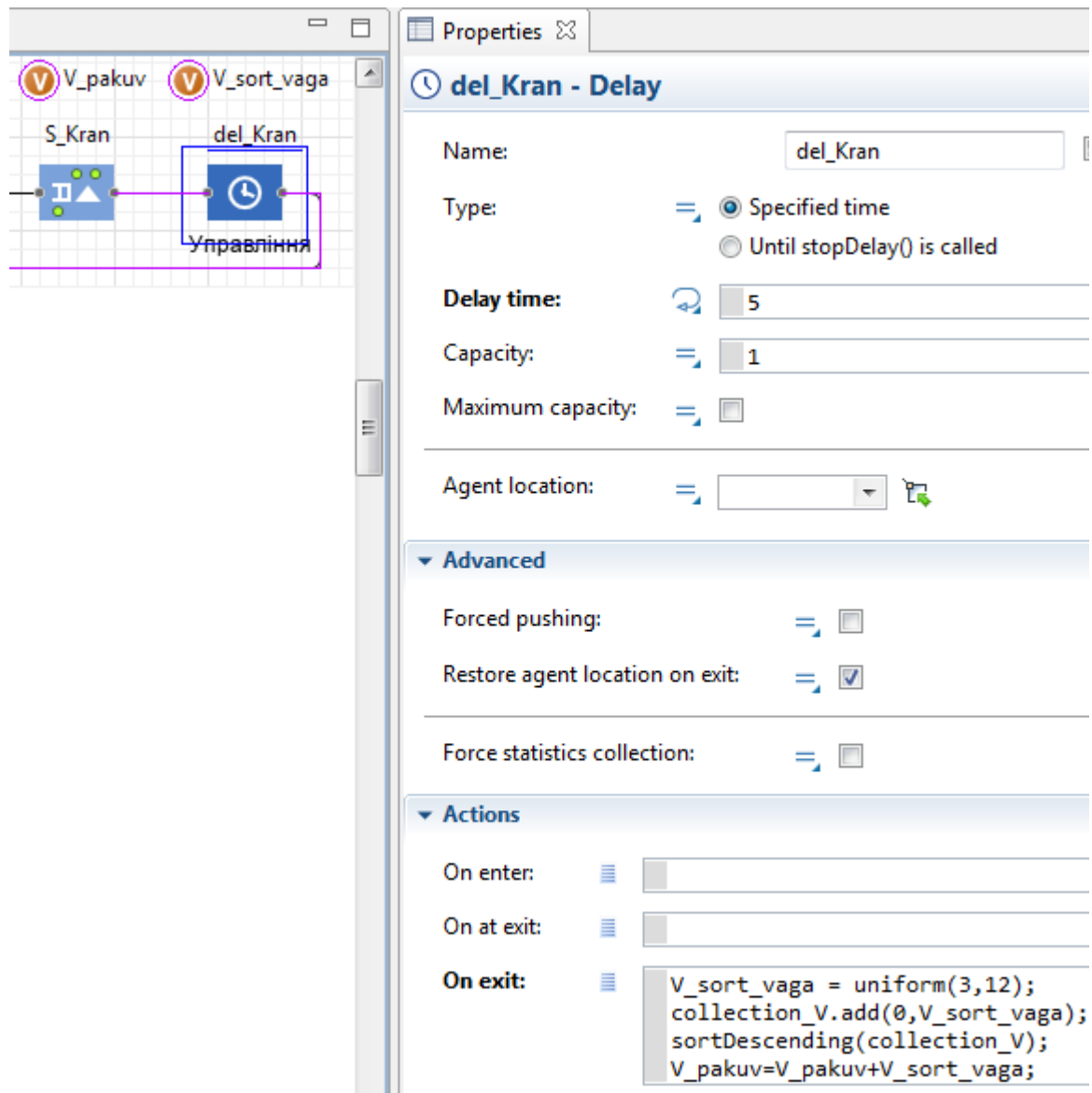


Рисунок 2.5 – Імітація переміщення рулонів прокату мостовим краном

Встановлюємо тривалість переміщення рулонів у полі «Delay time» у розмірі 5 хвилин.

Місткість «Capacity» - 1 рулон.

При виході замовлення з даного елемента програми встановлюється ймовірнісна вага вантажного місця:

$$V_sort_vaga = \text{uniform}(3,12);$$

рівномірно розподілена у діапазоні від 3 до 12 тонн (рисунок 2.6).

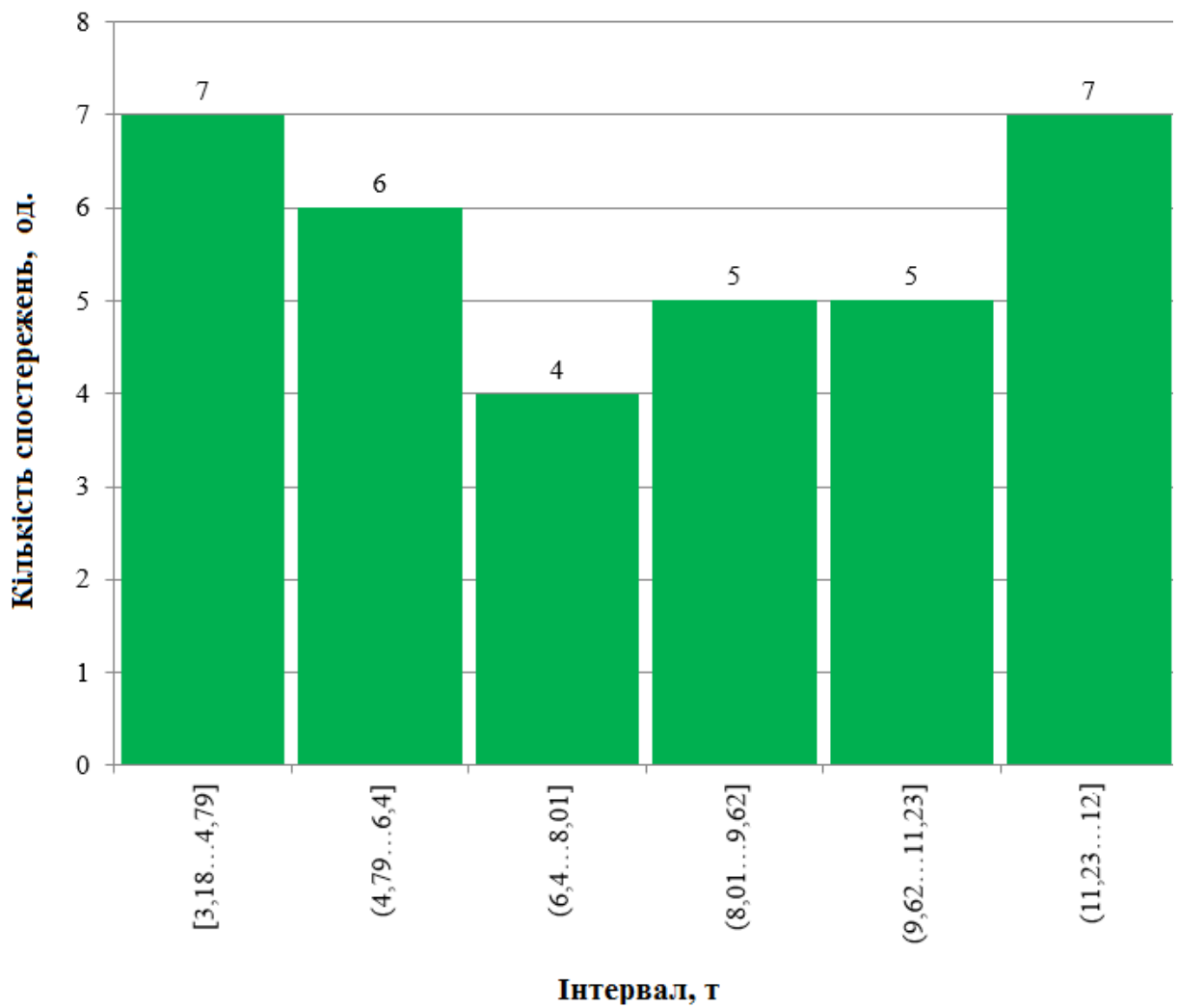


Рисунок 2.6 – Розподіл ваги рулонів

Згенеровані дані додаємо до колекції:

$$\text{collection_V.add}(0, V_sort_vaga);$$

де у якості параметрів задаються номер елемента колекції, починаючи з нульового, та відповідна вага рулону.

Для реалізації оптимізаційного методу необхідно виконувати сортування даних у колекції у порядку зменшення:

$$\text{sortDescending}(\text{collection_V});$$

для чого використовується метод `sortDescending`.

Розмір черги – пакувального майданчику збільшується:

$$V_pakuv = V_pakuv + V_sort_vaga;$$

у відповідності до маси надходжень вантажу.

Продовження руху замовлень здійснюється через такі наступні етапи (рисунок 2.7).

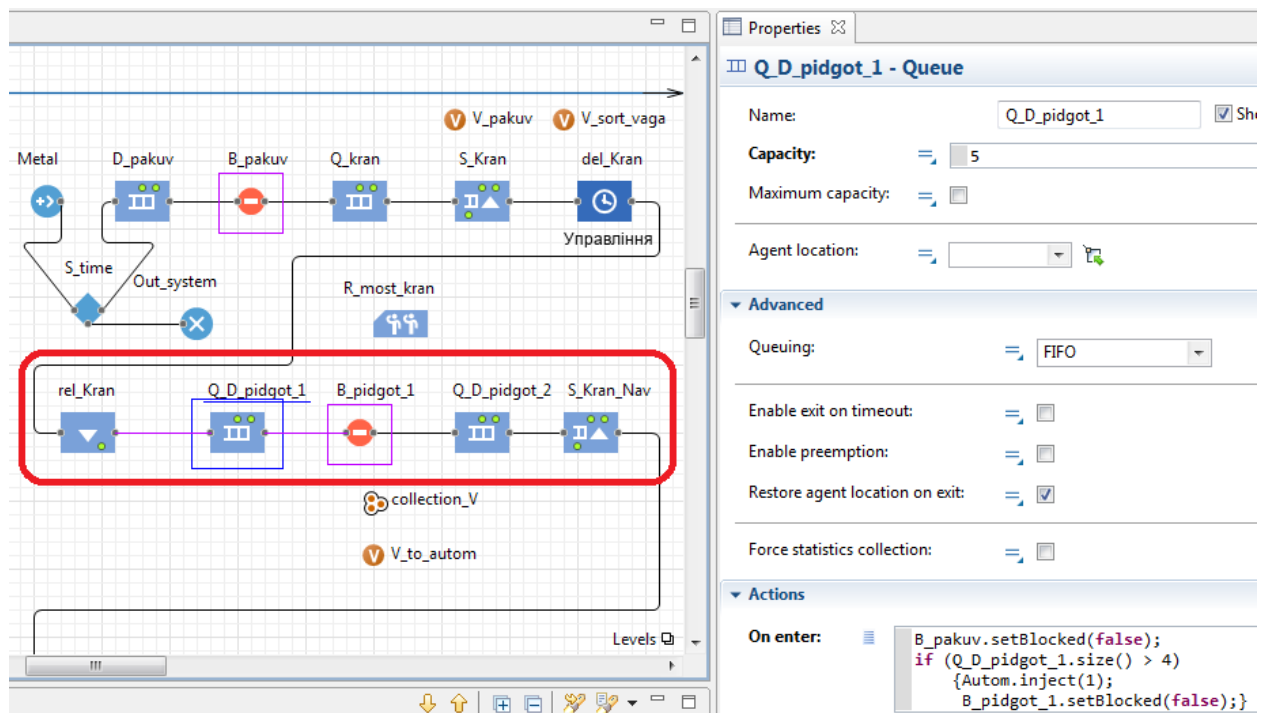


Рисунок 2.7 – Ланцюг імітації переміщення рулонів з ділянки пакування до ділянки формування відправлень

Об'єкт rel_Kran типу Release звільняє ресурс від замовлення, оскільки рулони потрапляють на ділянку підготовки Q_D_pidgot_1 типу «черга», де, після цього здійснюється розблокування руху чергового рулону:

```
B_pakuv.setBlocked(false);
```

та, за наявності достатньої кількості вантажу для завантаження автомобіля:

```
if (Q_D_pidgot_1.size() > 4),
```

здійснюється виклик автомобіля:

```
{Autom.inject(1);
```

та розблокування потоку рулонів з підготовчої ділянки до транспортного засобу:

```
B_pidgot_1.setBlocked(false);}.
```

Наступний елемент типу «черга» Q_D_pidgot_2 організовує формування партій вантажу із урахуванням оптимізаційного алгоритму, описаному у попередньому розділі.

Для цього при вході кожного замовлення, у полі On enter присутній відповідний програмний код, що показано на рисунку 2.8.

Спочатку обнуляємо змінні:

```
Count=0;
```

```
P=0;
```

```
V=0.
```

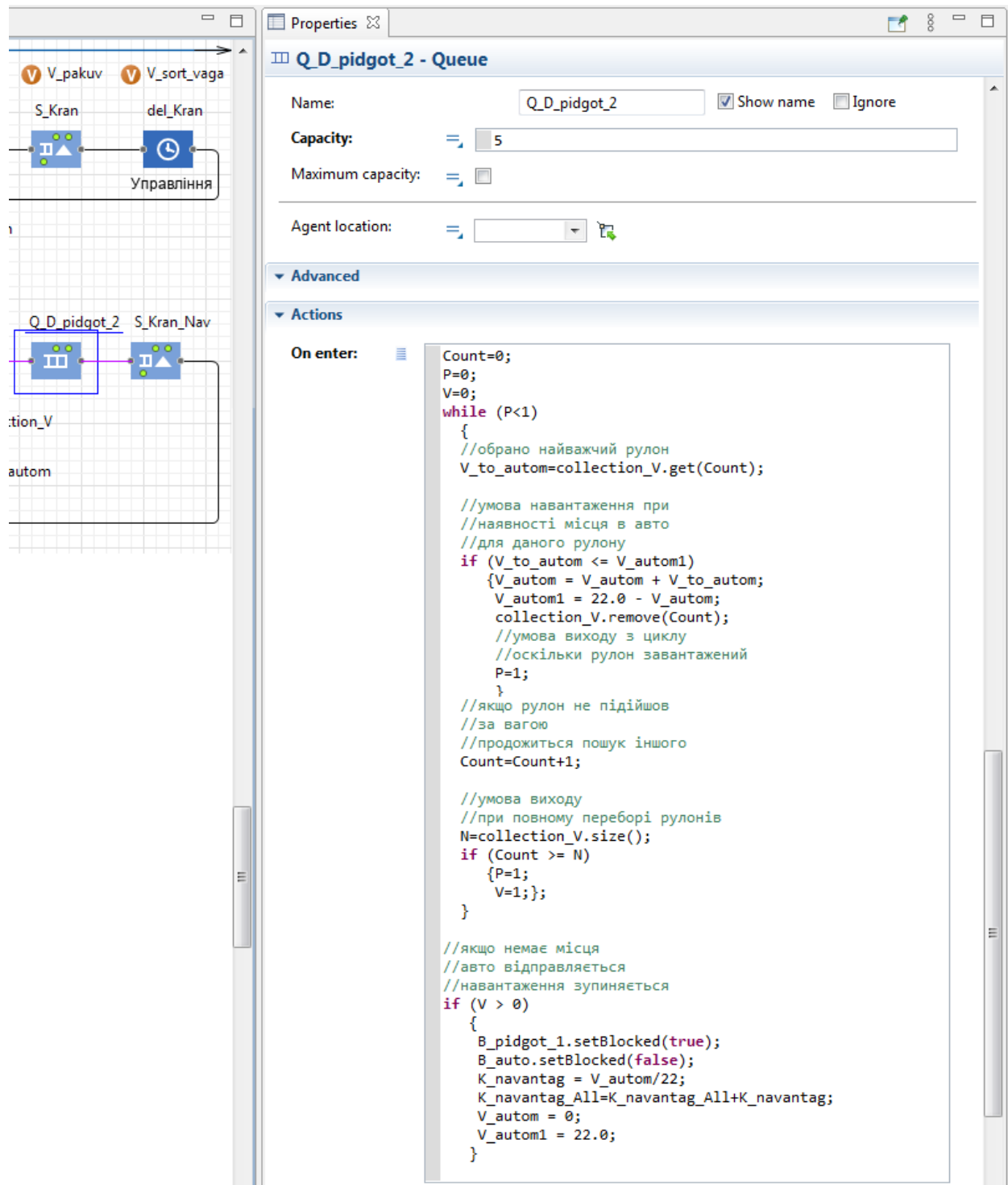


Рисунок 2.8 – Управління процесом навантаження рулонів у автомобілі

Надалі працює цикл while (умова виходу з циклу) {«тіло» циклу}:

```

while (P<1)
{
//обрано найважчий рулон
V_to_autom=collection_V.get(Count);

//умова навантаження при
//наявності місця в авто
//для даного рулону
if (V_to_autom <= V_autom1)
{V_autom = V_autom + V_to_autom;
V_autom1 = 22.0 - V_autom;
collection_V.remove(Count);
//умова виходу з циклу
//оскільки рулон завантажений
P=1;
}
//якщо рулон не підійшов
//за вагою
//продожиться пошук іншого
Count=Count+1;

//умова виходу
//при повному переборі рулонів
N=collection_V.size();
if (Count >= N)
{P=1;
V=1;};
}
кінець циклу.

```

Раніше, як було зазначено вище, рулони за згенерованою масою сортуються та зберігаються у колекції через відповідний метод `sortDescending(collection_V);`.

Тож у циклі обирається найважчий рулон:

$$V_to_autom = collection_V.get(Count);$$

оскільки індекс `Count` дорівнює нулю, та вказує на перше і, відповідно, найбільше значення у колекції.

Виконується умова перевірки, чи є місце для даного рулону у автомобілі:

$$\text{if } (V_to_autom \leq V_autom1),$$

де V_to_autom – змінна, що відповідає обраному рулону;

V_autom1 – місце, що є вільним у автомобілі.

Якщо умова виконується, реалізується код:

$$V_autom = V_autom + V_to_autom; \text{ --}$$

вага вантажу у автомобілі збільшується на розмір ваги даного вантажного місця;

$$V_autom1 = 22.0 - V_autom; \text{ --}$$

вільне місце для наступних рулонів у кузові відповідно зменшується;

$$collection_V.remove(Count); \text{ --}$$

обрана для використання позиція у колекції знищується.

Також, у разі виконання умови, виконується присвоєння змінній

$$P=1;$$

що дозволяє здійснити вихід з циклу підбору рулонів.

Якщо рулон не підходить через брак місця у кузові для нього, цикл не переривається та збільшується значення лічильника для відбору чергової за зменшенням позиції у колекції:

$$\text{Count}=\text{Count}+1;.$$

Останньою у циклі є умова:

```
N=collection_V.size();
if (Count >= N)
{P=1;
V=1;};
```

яка контролює закінчення перебору усіх вантажних місць та присвоює змінним відповідні значення.

При цьому змінна P при значенні 1 свідчить про необхідність виходу з циклу підбору рулонів, а V – про повний перебір усіх варіантів та необхідність блокування виходу замовлень з черги очікування навантаження та подачі чергового автомобіля:

```
if (V > 0)
{
B_pidgot_1.setBlocked(true);
```

```

B_auto.setBlocked(false);
K_navantag = V_autom/22;
K_navantag_All=K_navantag_All+K_navantag;
V_autom = 0;
V_autom1 = 22.0;
}

```

Обнуляється змінна рівня завантаження автомобіля: $V_{\text{autom}} = 0$;

Змінній місткості автомобіля, навпаки, присвоюється максимальне можливе значення вантажопідйомності:

$$V_{\text{autom1}} = 22.0;$$

Також фіксується значення коефіцієнту використання вантажопідйомності:

$$K_{\text{navantag}} = V_{\text{autom}}/22;$$

$$K_{\text{navantag_All}} = K_{\text{navantag_All}} + K_{\text{navantag}};$$

Наступна частина ланцюга проходження замовлень та параметри об'єкту типу «колекція» приведена на рисунку 2.9.

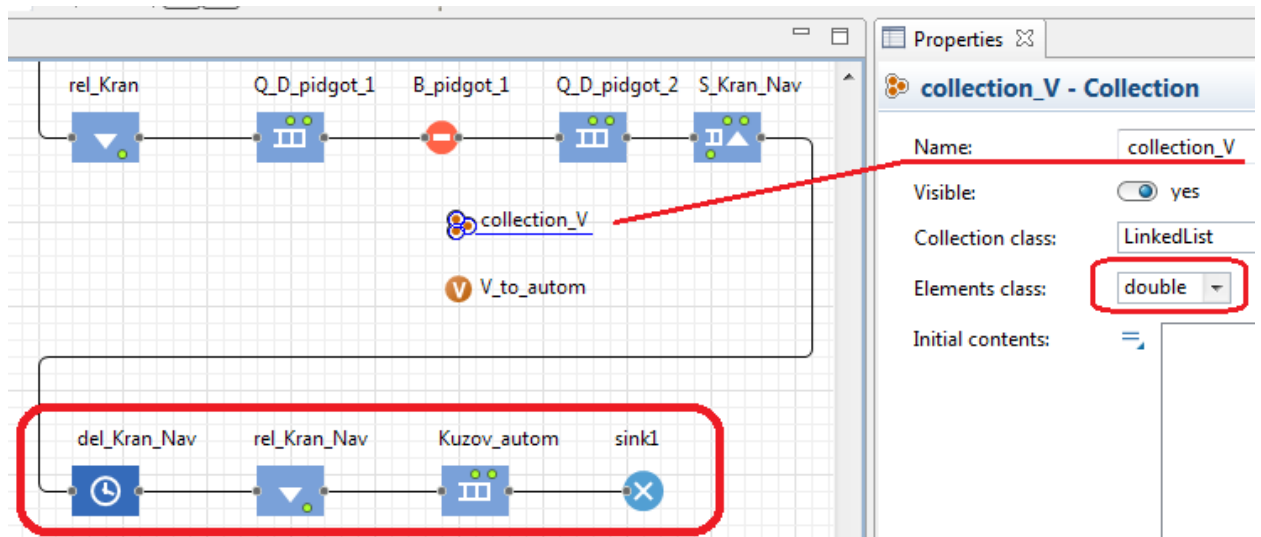


Рисунок 2.9 – Параметри об'єкту collection_V

Об'єкт `del_Kran_Nav` здійснює затримку замовлень, імітуючи переміщення рулонів до кузову автомобіля (рисунок 2.10).

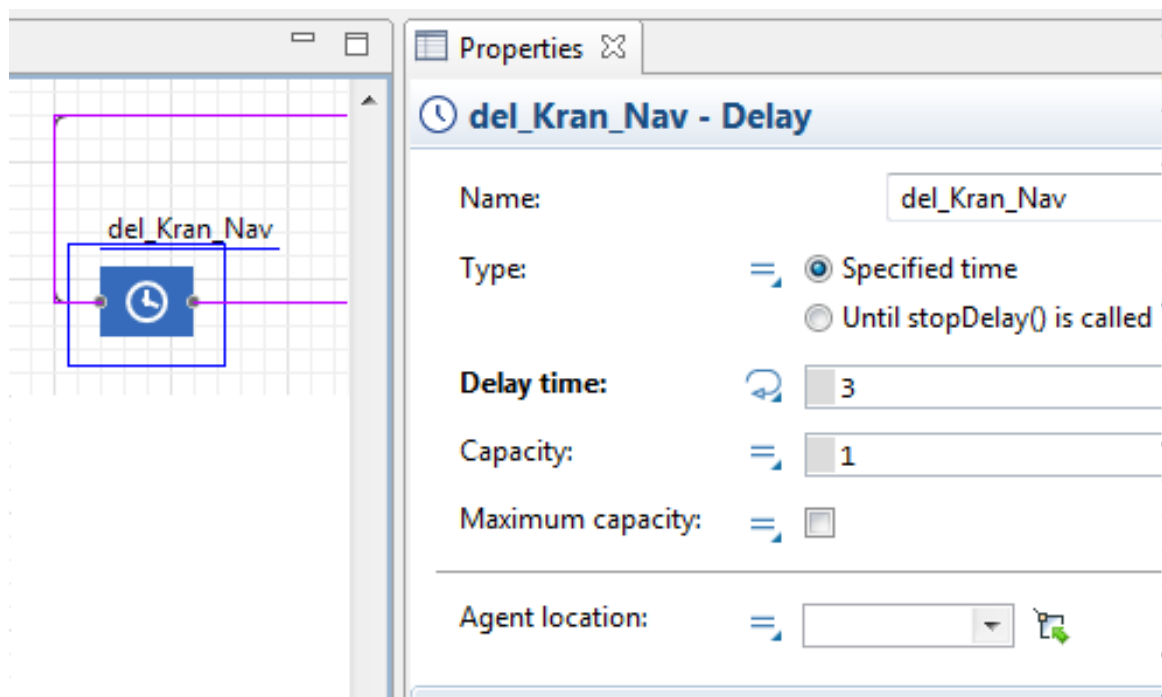


Рисунок 2.10 – Об'єкт del_Kran_Nav

На рисунку 2.11 показаний елемент `rel_Kran_Nav`, що звільнює ресурс-кран для подальшого його використання на інших ланках процесів.

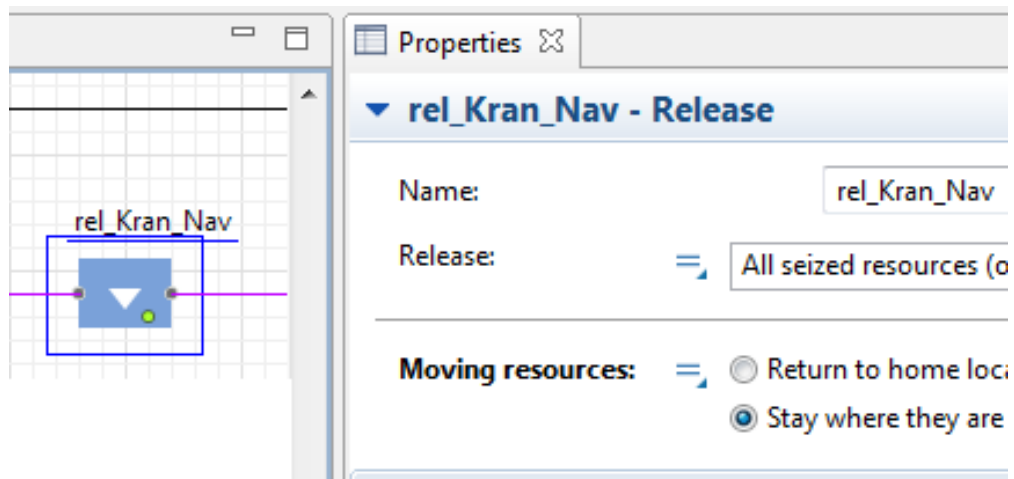


Рисунок 2.11 – Елемент rel_Kran_Nav

Наступний об'єкт Kuzov_autom імітує чергу накопичення рулонів у кузові автомобіля, при входженні замовлення розблоковує ділянку пакування рулонів для надання можливості подачі рулонів до ділянки формування партії вантажу:

```
B_pakuv.setBlocked(false);
```

що показано на рисунку 2.12.

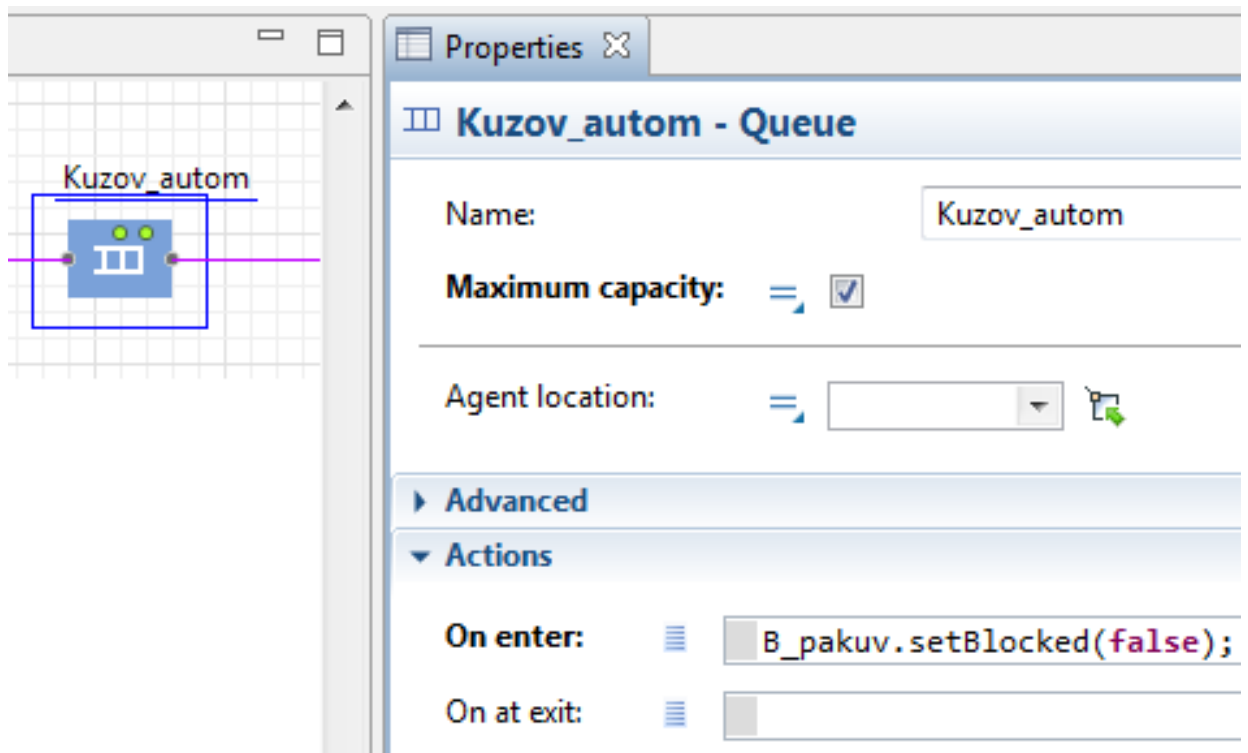


Рисунок 2.12 – Об'єкт Kuzov_autom

Об'єкт sink1 здійснює знищення замовлень – рисунок 2.13.

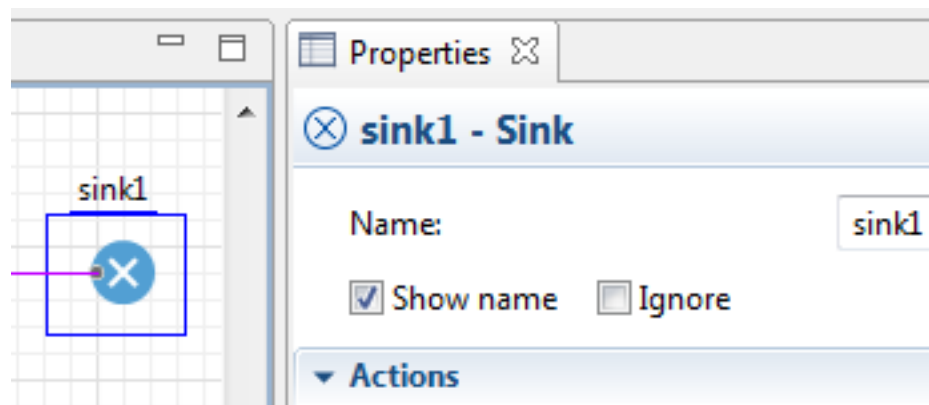


Рисунок 2.13 – Об'єкт sink1

Завершальна частина програми показана на рисунку 2.14.

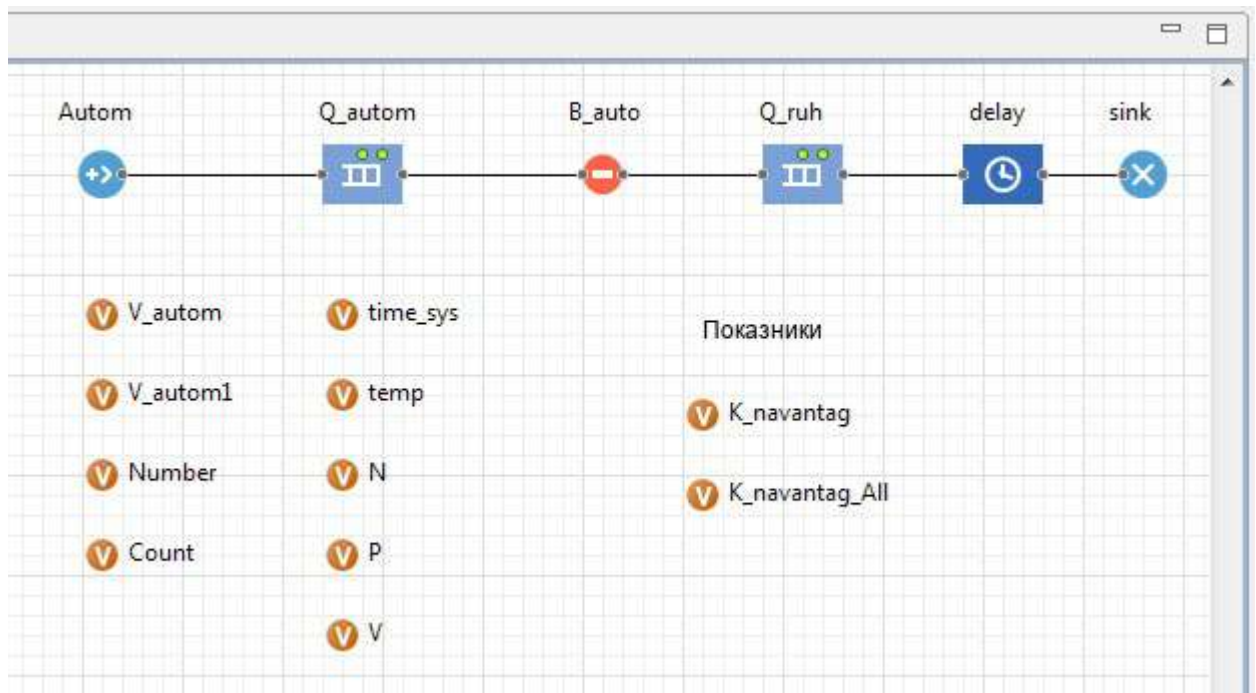


Рисунок 2.14 – Завершальна частина програми

Серед представлених на рисунку 2.14 елементів – генератор замовлень-автомобілів Autom (рисунок 2.15), які викликаються методом «Call of inject() function»;

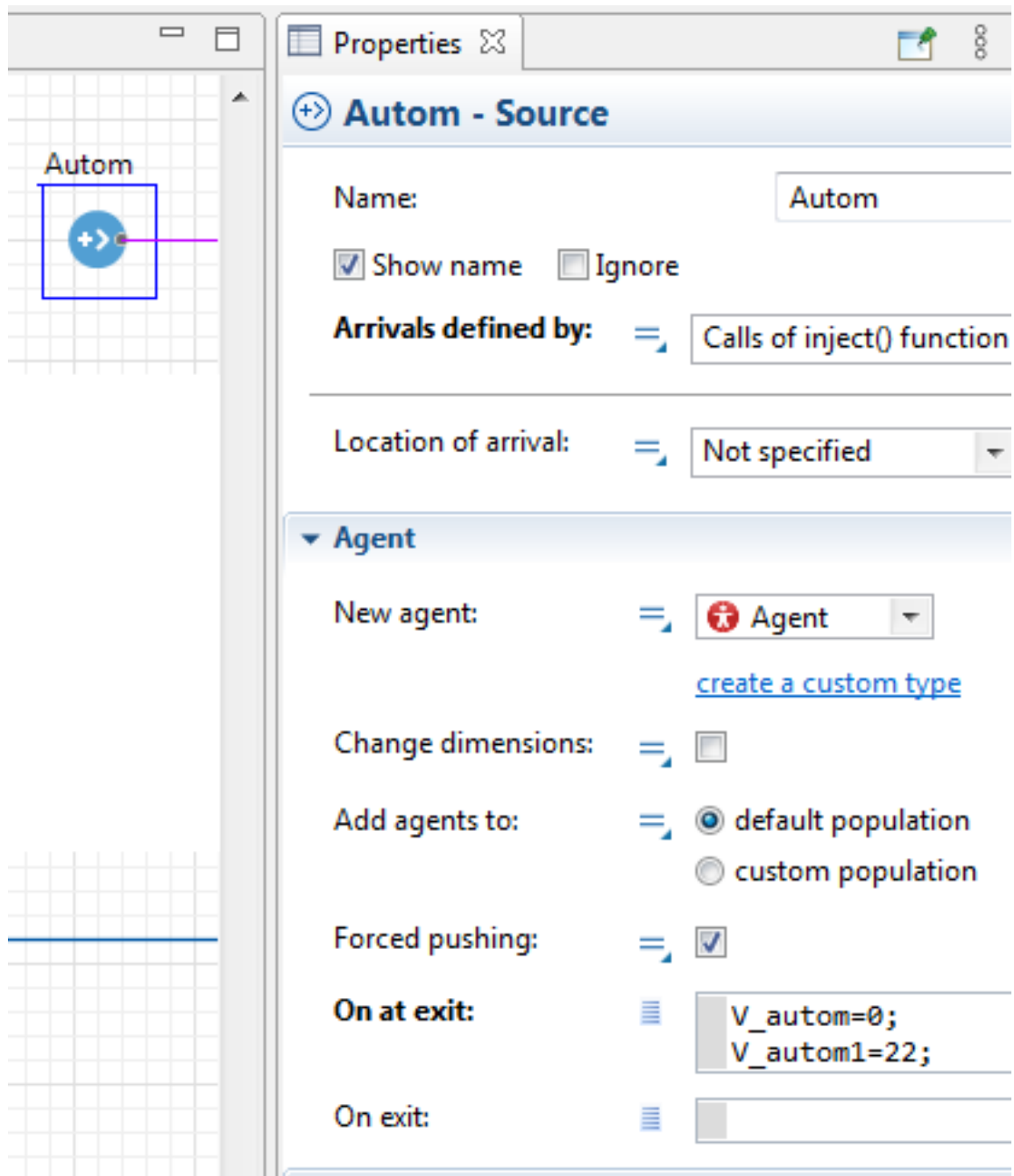


Рисунок 2.15 – Генератор замовлень-автомобілів Autom

При вході замовлень до цього об'єкту приводяться під вихідні значення початку навантаження змінні:

V_autom=0;
V_autom1=22;.

В черзі навантаження автомобілів Q_autom при входженні замовлень виконується розблокування елементу B_pidgot_1 руху чергових рулонів до ділянки підготовки вантажу (рисунок 2.16):

`B_pidgot_1.setBlocked(false);`

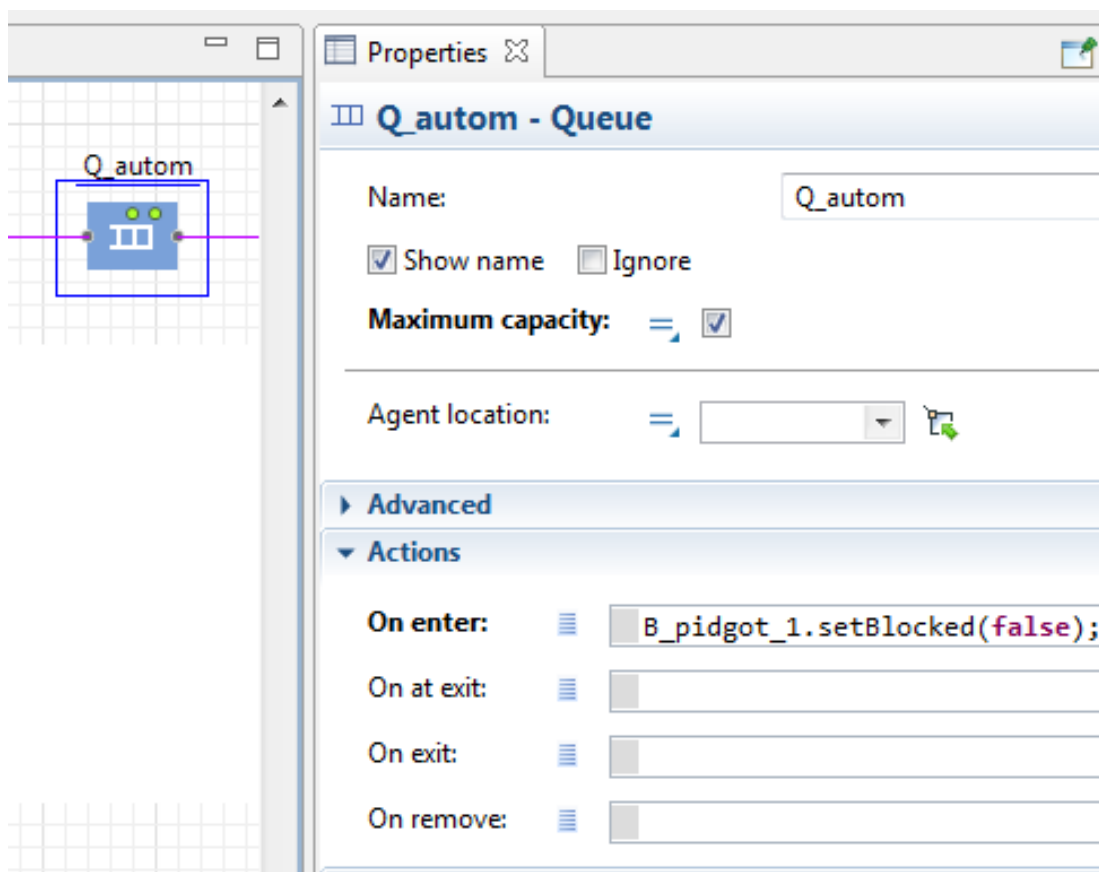


Рисунок 2.16 – Об’єкт Q_autom

На рисунку 2.17 – наступний елемент B_auto, він виконує функції блокування – зупинки автомобілів під вантажними операціями, при вході замовлення:

`B_auto.setBlocked(true);`

блокуючи себе самого.

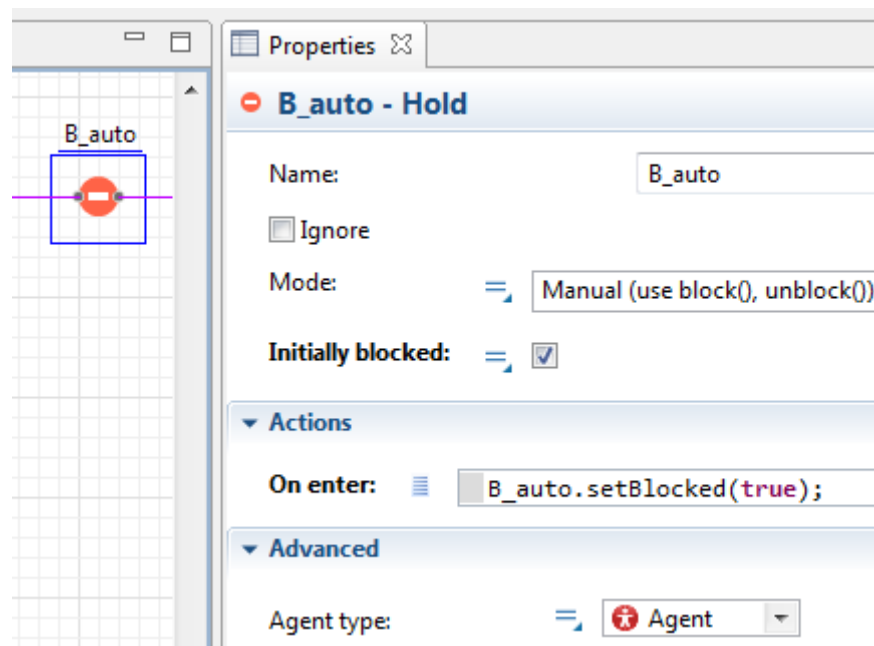


Рисунок 2.17 – Блокатор B_auto

Елемент Q_ruh накопичує автотранспорт для подальшого перевезення, при входженні замовлень блокується елемент B_pidgot_1:

B_pidgot_1.setBlocked(true);.

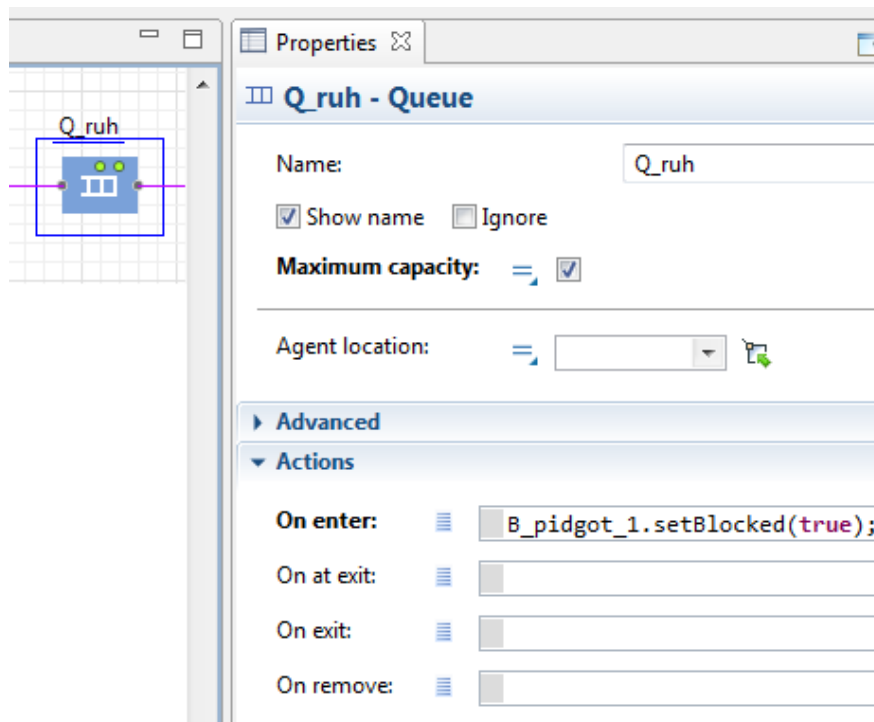


Рисунок 2.18 – Елемент Q_ruh

Останні два елементи delay – затримує замовлення-автомобілі, імітуючі рух з Запоріжжя до Вінниці та sink – знищує замовлення по закінченню процесу доставки – рисунок 2.19.

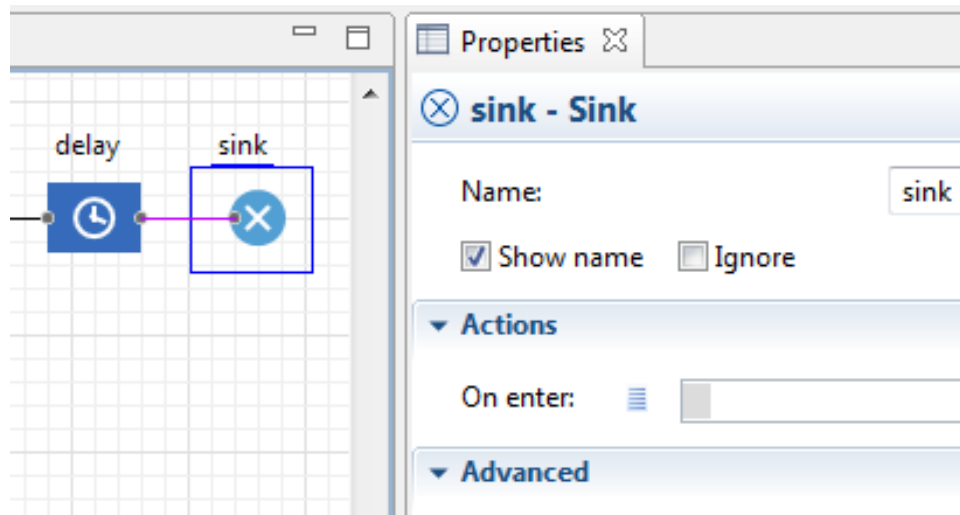


Рисунок 2.19 – Елементи delay та sink

Змінні, які використовуються в програмі, наведені на рисунку 2.20.

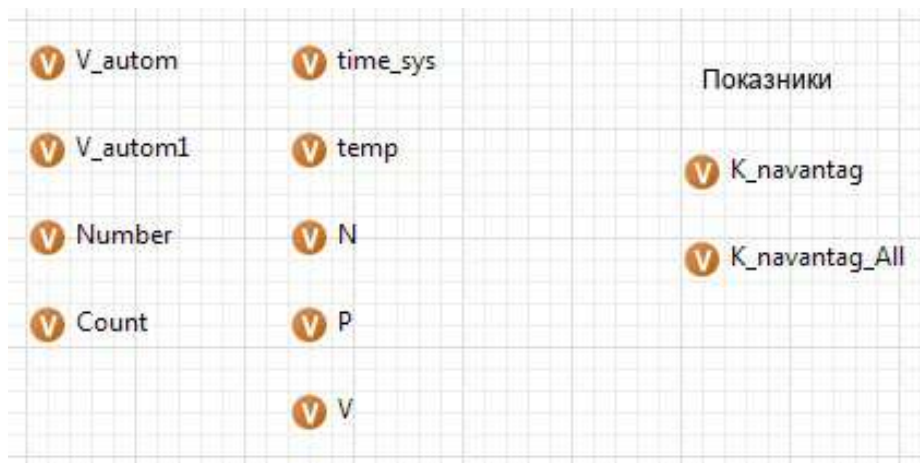


Рисунок 2.20 – Змінні програми

Змінні V_autom, V_autom1, time_sys, temp, K_navantag, K_navantag_All типу «double», інші – типу «int».

Загальний вигляд програми Rozm_vantag представлений на рисунку 2.21.

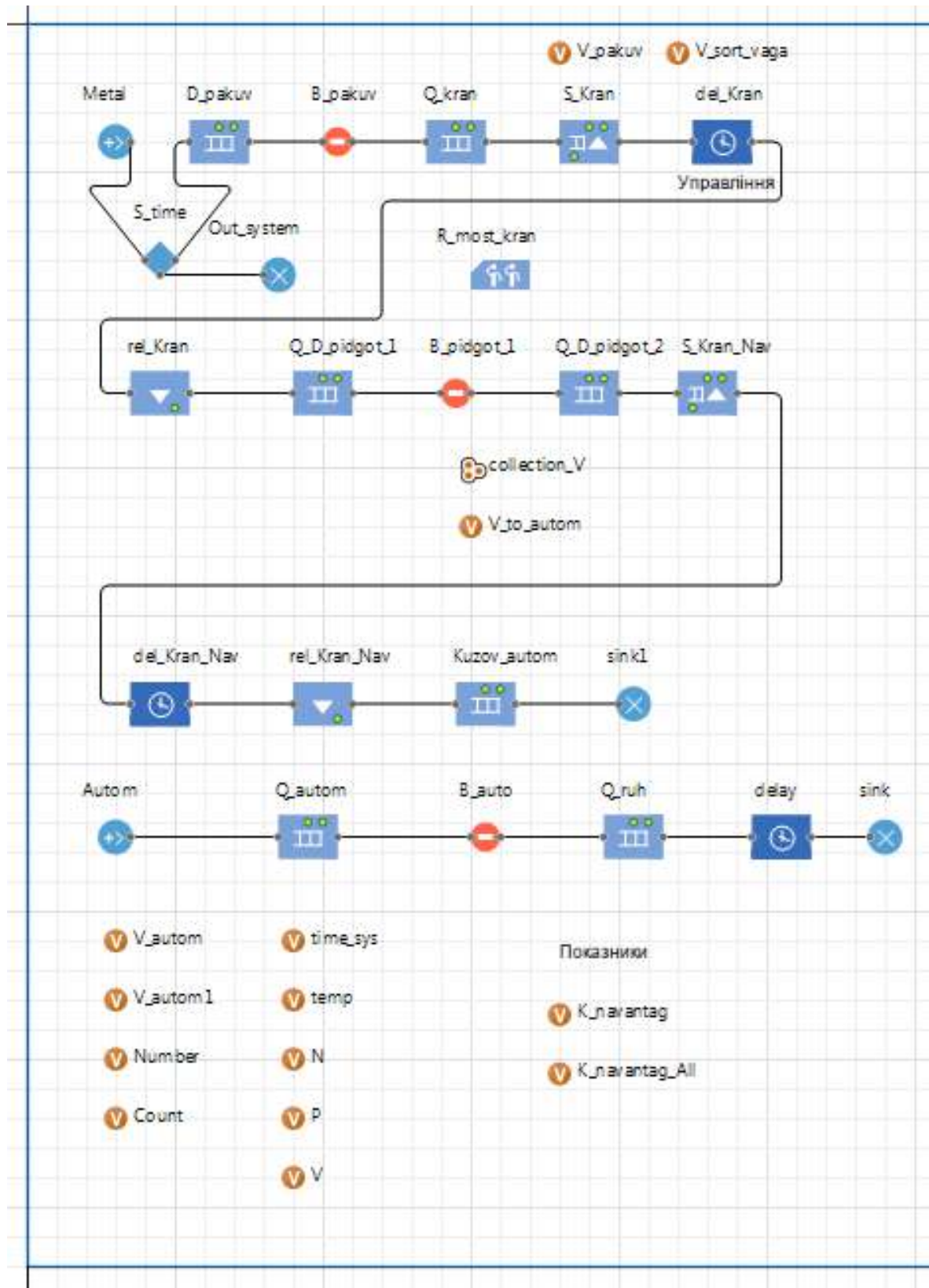


Рисунок 2.21 – Програма Rozm_vantag

2.3 Експерименти на моделі

2.3.1 Параметри експериментів

Параметри для експериментів наступні – таблиця 2.4. Управління здійснюється розміром ділянки, на якій можна розміщувати вантаж, а при навантаженні – здійснювати відбір рулонів згідно алгоритму, що використовується. За першим експериментом кран працює без використання даної ділянки.

Таблиця 2.4 – Параметри експериментів

Експеримент	Обсяг ділянки підготовки вантажу, м ²	Обсяг ділянки підготовки вантажу, рулонів	Примітка
1	0	0	Сортування рулонів не відбувається
2	20	10	-
3	40	20	-

2.3.2 Результати експериментів

У таблиці 2.5 наведені результати експериментів на моделі Rozm_vantag за змінними параметрами, наведеними у таблиці 2.4.

Таблиця 2.5 – Результати експериментів на моделі Rozm_vantag,
за місяць

Експе- римент	Обсяг ділянки підготовки вантажу, рулонів	Коефіцієнт використання вантажо- підйомності автомобіля	Кількість рейсів завантажених автомобілів, од.	Час роботи мостового крану, год.
1	0	79,3	72	17
2	10	95,0	60	27
3	20	98,5	58	27

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В роботі завдяки використанню підготовчої ділянки для комплектування вантажу для Вінницького заводу «Маяк» за алгоритмом First-fit-decreasing. За цим алгоритмом відбираються найважчі вантажні місця з даної ділянки та перевіряється можливість їх розміщення у транспортному засобі. Базовий варіант №1 не передбачає наявності такої ділянки. За результатами моделювання у середовищі Anylogic отримані результати роботи за місяць, переводимо їх у річні показники (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Результати експериментів, за рік

Експеримент	Обсяг ділянки підготовки вантажу, м ²	Коефіцієнт використання вантажо-підйомності автомобіля	Кількість рейсів завантажених автомобілів, од.	Час роботи мостового крану, год.
1	0	79,3	864	204
2	20	95,0	720	324
3	40	98,5	696	324

3.1 Визначення економічних показників

На основі [11] формула для розрахунків витрат за *i*-м варіантом проєкту виглядає наступним чином:

$$B_i = B_{\text{діл}_i} + B_{\text{перев}_i} + B_{\text{кран}_i}, \text{ грн} \quad (3.1)$$

де $B_{\text{діл}_i}$ – витрати на утримання підготовчої ділянки, грн;
 $B_{\text{перев}_i}$ – витрати на перевезення вантажу автомобільним транспортом, грн;
 $B_{\text{кран}_i}$ – витрати на експлуатацію мостового крану, грн.

Витрати $B_{\text{діл}_i}$ визначимо за виразом:

$$B_{\text{діл}_i} = S_{\text{діл}_i} c_m, \quad (3.2)$$

де $S_{\text{діл}_i}$ – площа ділянки, м^2 ;
 c_m – вартість утримання 1 м^2 складу.

Витрати $B_{\text{перев}_i}$ визначимо за виразом:

$$B_{\text{перев}_i} = N_{\text{авт}_i} L_{\text{дост}} c_{\text{км}}, \quad (3.3)$$

де $N_{\text{авт}_i}$ – кількість виконаних рейсів, од.;
 $L_{\text{дост}}$ – відстань перевезення вантажу, км;
 $c_{\text{км}}$ – вартість перевезення 1 тонни вантажу, $c_{\text{км}} = 55$ грн/км.

Витрати на експлуатацію мостового крану $B_{\text{кран}_i}$ визначимо за виразом:

$$B_{\text{кран}_i} = T_{\text{кран}_i} c_{\text{гкр}}, \quad (3.4)$$

де $T_{\text{кран}_i}$ – тривалість роботи крану, год./рік;
 $c_{\text{гкр}}$ – вартість краногодини, грн/год.

3.2 Витрати за першим варіантом

Витрати $V_{\text{кран}_1}$ згідно (3.4):

$$V_{\text{кран}_1} = 204 \cdot 1446,4 = 295065,6 \text{ грн.}$$

Витрати $V_{\text{перев}_1}$ згідно (3.3):

$$V_{\text{перев}_1} = 864 \cdot \cdot 650 \cdot 55 = 30888000 \text{ грн.}$$

Витрати $V_{\text{діл}_1}$ згідно (3.2):

$$V_{\text{діл}_1} = 0 \cdot 600 = 0 \text{ грн.}$$

Загалом витрати за 1-м варіантом згідно (3.1):

$$V_1 = 295065,6 + 30888000 + 0 = 31183065,6 \text{ грн} = 31,2 \text{ млн грн.}$$

3.3 Витрати за другим варіантом

Витрати $V_{\text{кран}_2}$ згідно (3.4):

$$V_{\text{кран}_2} = 324 \cdot 1446,4 = 468633,6 \text{ грн.}$$

Витрати $V_{\text{перев}_2}$ згідно (3.3):

$$B_{\text{перев}_2} = 720 \cdot 650 \cdot 55 = 25740000 \text{ грн.}$$

Витрати $B_{\text{діл}_2}$ згідно (3.2):

$$B_{\text{діл}_2} = 20 \cdot 600 = 12000 \text{ грн.}$$

Загалом витрати за 2-м варіантом згідно (3.1):

$$B_2 = 468633,6 + 25740000 + 12000 = 26220633,6 \text{ грн} = 26,2 \text{ млн грн.}$$

3.4 Витрати за третім варіантом

Витрати $B_{\text{кран}_3}$ згідно (3.4):

$$B_{\text{кран}_3} = 324 \cdot 1446,4 = 468633,6 \text{ грн.}$$

Витрати $B_{\text{перев}_3}$ згідно (3.3):

$$B_{\text{перев}_3} = 696 \cdot 650 \cdot 55 = 24882000 \text{ грн.}$$

Витрати $B_{\text{діл}_3}$ згідно (3.2):

$$B_{\text{діл}_3} = 40 \cdot 600 = 24000 \text{ грн.}$$

Загалом витрати за 3-м варіантом згідно (3.1):

$$B_3 = 468633,6 + 24882000 + 24000 = 25374633,6 \text{ грн} = 25,4 \text{ млн грн.}$$

3.5 Ефективність варіантів

Результати економічних розрахунків наведені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати економічних розрахунків

Показник	Варіант		
	1	2	3
Вартість роботи крану, грн	295065,6	468633,6	468633,6
Вартість перевезення вантажу, грн	30888000	25740000	24882000
Вартість утримання ділянки підготовки вантажу до навантаження, грн	0	12000	24000
Загалом:	31183065,6	26220633,6	25374633,6

Таким чином, з трьох запропонованих варіантів, варіант №3 має менші економічні витрати, які складають 25 374 633,6 грн за рік.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У дипломному проєкті «Підвищення ефективності доставки металопрокату до ПрАТ «Вінницький завод «Маяк» проведено аналіз потенційних небезпек, які можуть виникнути під час вантажних робіт та перевезення прокату та розроблено заходи щодо їх усунення.

Зазначені небезпеки детально описані в Додатку А.

У Додатку Б наведено заходи, що спрямовані на усунення загальних небезпек, а також ризиків у виробничій санітарії та гігієні праці.

Додаток В містить розрахунок дослідження шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, напруженості праці, які були виміряні в лабораторії.

В розділі з охорони праці розглядаються питання цивільного захисту, зокрема заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях та заходи з пожежної безпеки.

Комплекс заходів з пожежної безпеки для накопичувального майданчика розроблено відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» [13]. Для запобігання займанню ізоляції на майданчику рекомендується захистити електропроводку від пошкодження, розмістивши її в товстостінні труби або застосувавши повітряний підвіс згідно з вимогами ДСТУ 7237:2011 «Система стандартів безпеки праці. Електробезпека». Клас можливої пожежі визначено як «В», а категорія приміщення складу по пожежній безпеці – «Г». Згідно НАПБ 03.001-2004 «Типові норми належності вогнегасників» вибрано 7 порошкових вогнегасників ВП-8. Первинні засоби пожежогасіння мають бути розташовані при майданчику на пожежному щиті.

Відповідно до нормативів щодо пожежної безпеки в приміщенні, де розташовані ПК, на кожні 20 м² повинен бути один вогнегасник. Для гасіння електрообладнання, включаючи ПК, застосовується порошковий вогнегасник.

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі детально розглянута система доставки сталі в рулонах, вантажопідйомності від 2 до 16 тонн з підприємства ПАТ «Запоріжсталь» до вінницького підприємства «Маяк».

Доставка здійснюється автомобільним транспортом у зв'язку з відсутністю під'їзних шляхів у підприємства-одержувача. В роботі для перевезення були вибрані транспортні засоби вантажопідйомністю 22 т, що є оптимальним при заданому вантажообігу підприємства ПАТ «Запоріжсталь».

Задача, яка була вирішена в роботі, полягає в мінімізації кількості виконаних рейсів, зменшення річного пробігу транспортних засобів, раціоналізації завантаження автомобілів таким чином, щоб максимально завантажувати автомобілі з коефіцієнтом використання вантажопідйомності, який близький до одиниці.

Для вирішення цих питань була розроблена модель, яка дає можливість підгруповувати рулонну сталь, враховуючи, що рулони різні за своєю вагою, таким чином, щоб в автомобіль завантажувалися спочатку рулони з максимального вагою, а потім довантажувалися ті рулони, які мають максимальну вагу, яку можна розмістити в автомобілі.

Імітаційна модель була розроблена за допомогою програми «Енілоджік» за алгоритмом First-fit-decreasing. Вихідними даними для розробки моделі стали дані відвантажень рулонів (вантажних місць) за попередній (довоєнний період).

Структура імітаційної моделі включає в себе логічну послідовність руху замовлень сталі в рулонах (замовлень).

Спочатку рулони з цеху доставляються на ділянку для пакування, після чого за допомогою мостового крану вони транспортуються до ділянки, на

якій формуються замовлення відправки, після чого відбувається завантаження рулонів прокату одержувачу.

Таким чином, в роботі в якості проєктного варіанту була спроектована підготовча ділянка для комплектування рулонів для підприємства-отримувача Вінницького заводу «Маяк». Це дало можливість відбирати найважчі рулони з даної ділянки та перевірити можливість їх розташування у транспортному засобі. 1-й варіант не передбачає таку ділянку, 2-й та 3-й передбачають додаткові витрати на утримання цієї ділянки.

Впровадження проєктних рішень доцільне та економічно обґрунтоване, ефективність варіанту №3 складає 25 374 633,6 грн, тоді як 1-й варіант – 31 183 065,6 грн, а 2-й – 26 220 633,6 грн.

ПЕРЕЛІК ДЖЕЛЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Заводу «МАЯК» – 50 років: 33-й канал. URL: <https://33kanal.com/news/37691.html>.
2. ПРАТ «ВІННИЦЬКИЙ ЗАВОД "МАЯК"»: інформація про підприємство. URL: <http://vinmayak.pat.ua/emitents/reports/year/2021>.
3. Вінницький завод «Маяк» святкує 55-річний ювілей. URL: <https://lenta.vn.ua/news/article/331172/%D0%92%D1%96%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9-%D0%B7%D0%B0%D0%B2%D0%BE%D0%B4-%C2%AB%D0%9C%D0%B0%D1%8F%D0%BA%C2%BB-%D1%81%D0%B2%D1%8F%D1%82%D0%BA%D1%83%D1%94-55-%D1%80%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D1%8E%D0%B2%D1%96%D0%BB%D0%B5%D0%B9>
4. ПрАТ «Вінницький завод «МАЯК». URL: <https://termia.com.ua/contacts/>.
- 5 Офіційний сайт ПАТ «Запоріжсталь» [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Запоріжжя : ПАТ «Запоріжсталь», 2022. – Режим доступу: <https://zaporizhstal.com/pres-centr/novini/> (дата звернення 13.10.2022) – «Новини».
6. Класифікація, сортамент і властивості холоднокатаної рулонної сталі. Офіційний сайт ТОВ «Метінвест Холдинг». URL: <https://metinvestholding.com/ua/products/steel-coils/cold-rolled-coils> (дата звернення: 01.10.2023).
7. Турпак С.М. Логістичні системи управління залізничним транспортом металургійних підприємств : монографія. Херсон : Грін Д. С. 2015. 264 с.
8. Турпак С.М., Падченко О.О., Мороз П.В. Удосконалення автомобільних перевезень металопродукції шляхом оптимізації розміщення

вантажних місць у транспортних засобах. Матеріали XVI-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту» (23-25 жовтня 2023 року, м. Вінниця). С. 352-354.

9. Серeda Б.П. Підвищення експлуатаційної стійкості та ефективності роботи промислового транспорту в умовах металургійного підприємства: монографія / Б.П. Серeda, С.М. Турпак, І.В. Кругляк, О.О. Острогляд, Д.Я. Муковська, Д.Б. Серeda, Д.О. Кругляк. – Кам'янське: ДДТУ, 2021. – 272 с.

10. Coffman, Jr., E. G.; Garey, M. R.; Johnson, D. S. (1978). «An Application of Bin-Packing to Multiprocessor Scheduling». SIAM Journal on Computing. 7 (1): 1–17.

11. 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.

12. 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.

13. 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)

14. Стеблюк М. І. Цивільна оборона та цивільний захист : навчальний посібник для вузів. К. : Знання, 2013. - 487 с.

Аналіз потенційних небезпек

При перевезенні металопрокату в рулонах, упакований у пачках, металевий профіль виявлені наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, здатні привести до травм або ушкодження здоров'я працівників:

- при завантаженні металовиробів на автотранспорт, можливо їх падіння з-за несправності стропів, траверс, гаку та через перевищення вантажу від номіналу ;
- при невірному складуванні металопродукції на накопичувальному майданчику, можливо обрушення виробів, що приводить до травмування робітників;
- при перевезенні металовиробів можливе падіння рулонів з кузова через невірне їх кріплення, що призведе до травмування сторонніх людей;
- при перевезенні металевого профілю, можливо його падіння з кузова автомобіля, що призведе до аварії;
- при завантаженні металовиробів при не достатньому освітлені, можливо порушення технології навантаження вантажу, що призведе до зсуву металу з кузова, і, як наслідок, до аварій;
- при подачі автомобіля до навантаження заднім ходом можливі наїзди на робітників, що призведе до травмування;
- при вантажних роботах можливо переохолодження робітників в холодний час року, що призводить до простудних захворювань;
- травмування водія під час навантаження металевої продукції, що може обрушитися на кабінку;
- при перевезенні продукції до ПрАТ «Вінницький завод «Маяк» можливо відбутися ДТП, що призведе до падіння вантажу з кузова і - до травмування людей;

- ураження робітників електричним струмом від не ізольованих чи пошкоджених кабелів кранів, що призводить до електричної травми чи виникненню пожежі;
- 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 інші.

Заходи по забезпеченню безпеки

Для запобігання травмування водія при вантажних роботах, необхідно щоб водій покинув кабіну й відійшов від неї на безпечну відстань. Водій повинен знаходитися поза зоною дії вантажного механізму НПАОП 0.00-1.75-15 «Правила охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт».

Для запобігання ДТП необхідно перед виїздом транспортного засобу провести технічний огляд, водій повинен пройти медичний огляд та з ним повинні провести інструктаж з правил дорожнього руху та небезпек які можуть виникнути під час перевезень на даному маршруті відповідно НПАОП «Правила охорони праці на автомобільному транспорті».

Для запобігання ураження електричним струмом необхідно перед початком робіт ретельно перевіряти підводячі електричні кабелі кранів на стан пошкодження. В випадку пошкодження, негайно викликати службу по їх ремонту.

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.

Рулони металопрокату перевозяться у кузові автомобіля з підкладанням під вантаж упорів з закріпленням спеціальними розтяжками. При перевезенні такого вантажу, швидкість транспортного засобу повинна бути відповідна небезпечному вантажу – мінімальна.

Профіль металевий повинен бути добре зв'язаний металевими дротами, щоб не допустити розсипання профілю.

Задній хід автомобіля у зоні робіт повинен виконуватися водієм тільки за сигналом одного з працівників, зайнятих на цих роботах та з обов'язковою подачею сигналу. «Правила охорони праці під час навантажувальних-розвантажувальних робіт» Наказ № 21 від 19.01.2015.

Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці

Для забезпечення нормативного рівня освітленості на накопичувальних майданчиках, при навантаженні вантажу, передбачається, відповідно ДБН В.2.5-28-2018 «Природне та штучне освітлення», застосування лампи типу ДРЛ-400, які мають високу світлову віддачу, тривалий термін служби та стійкість до коливань мережевої напруги міцністю 80 кВт. Висота підвісу буде більш 6 м. Робоча освітленість становить 50 лк.

Для запобігання переохолодження в холодний період часу, робітники повинні бути одягнуті в теплий одяг та взуття. Обов'язково повинні бути спеціальні кімнати для обігріву робітників, сушіння одягу. відповідно ДСТУ 7339:2011 «Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту».

На робочому місці дослідника лабораторії обладнаної ПК з ВДТ (ЕП), були проведені дослідження та виміри показників шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, результати яких занесені до таблиці 1 до стовпчиків 1, 2, 3, таблиці

Відповідно до додатків методичних вказівок [12], за витратами енергії, визначаємо категорію робіт для дослідника лабораторії обладнаної ПК. Умови праці, за витратами енергії, не перевищують 140 Вт ($90\text{-}120 \text{ ккал/год.}$) та повинні відповідати легким фізичним роботам – категорії 1б.

З додатків [12], відповідно до категорії робіт 1б, розряду зорових робіт Б-2 та виявлених показників умов та напруженості праці, визначаємо ГДК (ГДР) виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 4, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Таблиця 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_i , бали
1	2	3	4	5	6	7
Мікроклімат за ТНС-індексом, t , °C	27,9	7	22,9-25,8	3	3.3	3
Освітленість приміщення E , лк	180	7	200	—	1-2	0
Розряд і підрозряд зорових робіт, $З_{ор}$	Б-2	—	—	—	—	—
Рівень шуму L , дБА	94	6	50	—	3.2	1,25
Загальні енергозатрати організму, Вт	290	7	290	0,88	3.3	3
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	49000	7	40000	1,07		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	86	7	75	1,0		
Тривалість робочого дня, год.	7	7	8	0,11		

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 [12]. Розрахунковий коефіцієнт $X_{визн}$ при оцінка мікроклімату визначаємо в балах, за формулою 7.1:

$$X_{визн} = \frac{1 \cdot t_1 + 2 \cdot t_2 + 3 \cdot t_3 + 4 \cdot t_4}{T} = \frac{3 \cdot 7}{7} = 3$$

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:

а.) Загальні енергозатрати організму, $K_{знач} = 1,0$

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{290 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 290} = 0,88;$$

б.) Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), $K_{знач} = 1,0$

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{49000 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 40000} = 1,07;$$

в.) Тривалість зосередження уваги (% від часу зміни), $K_{знач} = 1,0$

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{80 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 75} = 1,0;$$

г.) Тривалість робочого дня (зміни), $K_{знач} = 0,15$

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{7 \cdot 7 \cdot 0,15}{8 \cdot 8} = 0,11;$$

5. Визначаємо клас та ступінь шкідливості умов праці для кожного з виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 6, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта $X_{визн} = 3$, з таблиці 7.2 [12] – 3 клас, 3 ступінь (3.3);

- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $P_{вим} = 180 \text{ лк}$, за додатками Г та табл. Г.1 [12] – 2 клас ;

- для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму $P_{вим} = 94 \text{ дБА}$, за додатками Д та табл. Д.1 [12] – 3 клас, 2 ступінь (3.2);

- клас і ступінь важкості та напруженості праці визначаємо як суму розрахованих балів усіх показників $X_{вим}$ за формулою 7.3 [12]:

$$X_{сум} = \sum_{i=1}^n X_i = 0,88 + 1,07 + 1,0 + 0,11 = 3,07$$

З таблиці 7.3 [12] за значенням суми розрахованих балів показників $X_{сум} = 3,07$ – 3 клас, 3 ступінь (3.3);

В результаті досліджень, відповідно до розрахунків, встановлено, що умови праці на робочому місці дослідника лабораторії обладнаної ПК належать до 3 класу, 3 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 стовпчика 7, 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 умовам праці та діє протягом 7 годин, тому коректування не потрібно – $X_{cm} = X_i = 0$;

- для оцінки впливу шуму, виходимо з того, що його рівень відповідає 3 класу, 2 ступеню умов праці та діє протягом 5 годин, тому значення X_i визначаємо за формулою 7.4 [12]:

$$X_i = X_{cm} \cdot \frac{T}{8} = 1 \cdot \frac{2 \cdot 5}{8} = 1,25$$

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

Для визначення конкретного розміру доплати, умови праці оцінюємо по сумі значень X_i , за формулою 7.5 [12]:

$$X_{факт} = \sum_{i=1}^n X_i = 3 + 0 + 1,25 + 3 = 7,25$$

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану $X_{факт} = 7,25$, 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 [12]. Розмір доплати до тарифної ставки (окладу) – 16 %.

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 1б, тому необхідно привести

ці умови у відповідність до нормативних значень, які відповідають оптимальним параметрам для категорії 1б, а саме:

- мікрокліматичні умови, за інтегральним показником теплового навантаження середовища - ТНС-індексом - 20,2-22,8°C;

- освітленість приміщення для роботи з дисплеями й відеотерміналами відповідає розряду зорових робіт Б-2, нормована загальна освітленість якого, на робочих столах – $E = 200$ лк;

- рівень шуму в робочій зоні дослідника – 50 дБА;

- загальні енергозатрати організму, до 175 Вт;

- стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), до 20000;

- тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни), до 50%;

- тривалість робочого дня, 6 або 7 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 кондиціювання приміщення;

- для забезпечення нормованої освітленості – відповідає нормованим умовам

- для зниження рівня шуму в робочій 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 6 або 7 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 [12], у розмірі 16%.