

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 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УЗГОДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ
ТРАНСПОРТНО-ВИРОБНИЧОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯ РІДКОГО
ЧАВУНУ НА ПРИКЛАДІ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»

Виконав: студент ІІ курсу, групи T-822м

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

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

		Андрій БРАЦИЛО (прізвище та ініціали)
Керівник		Сергій ТУРПАК (прізвище та ініціали)
Рецензент		Ольга ДУДАРЕНКО (прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«Транспортні технології»

Сергій ТУРПАК

«01» листопада 2023 року

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

БРАЦИЛА Андрія Васильовича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Дослідження ефективності узгодження параметрів транспортно-виробничої системи перевезення рідкого чавуну на прикладі ПАТ «Запоріжсталь»

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

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

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

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

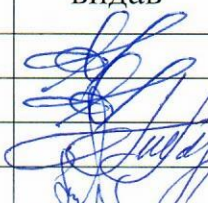
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) існуючі обсяги вантажоперевезень рідкого чавуну, існуюча транспортно-виробнича система підприємства, існуючий технологічний процес перевезення

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина, 1.1 Доменне виробництво, 1.2 Перевезення рідкого чавуну, 1.3 Характеристика колійного розвитку, 1.4 Постановка задач дослідження, 2. Основна частина, 2.1 Створення моделі та вибір структури програми Domna, 2.2 Моделювання обслуговування доменної печі №4, 2.3 Моделювання обслуговування доменної печі №3, 2.4 Моделювання обслуговування доменної печі №2, 2.5 Елементи управління моделлю, 2.6 Експерименти на програмі Domna, 3 Економічна частина, 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

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

Презентація магістерської роботи

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

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

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

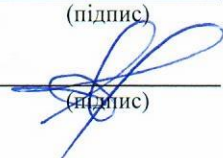
№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналітична частина	30.10.2023-06.11.2023	
2	Основна частина	07.11.2023-20.11.2023	
3	Економічна частина	21.11.2023-27.11.2023	
4	Охорона праці	28.11.2023-01.12.2023	
5	Оформлення МР, перевірка МР на плагіат,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

Студент(ка)


(підпис)

Андрій БРАЦИЛО
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

Сергій ТУРПАК
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ : 87 с., 60 рис., 8 табл., 16 джерел.

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ, РІДКИЙ ЧАВУН, ПРОМИСЛОВИЙ ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ, ТЕПЛОВОЗ

Об'єкт дослідження – транспортна система перевезень рідкого чавуну металургійного підприємства.

Мета роботи – аналіз можливості удосконалення технології доставки та вантажопереробки рідкого чавуну через укрупнення розміру чавуновозних составів на прикладі металургійного підприємства.

Методи дослідження – аналітичний та статистичний аналіз, імітаційне моделювання.

В роботі на основі наближених до реальних даних та на базі металургійного підприємства «Запоріжсталь» проаналізована можливість удосконалення технології доставки та вантажопереробки рідкого чавуну через укрупнення розміру чавуновозних составів. Шляхом зміни параметрів роботи імітаційної виконана оцінка ефективності роботи транспортної системи.

ЗМІСТ

	с.
Завдання на проєкт	2
Реферат.....	4
Зміст	5
Вступ	7
1 Аналітична частина	8
1.1 Доменне виробництво	8
1.2 Перевезення рідкого чавуну	12
1.3 Характеристика колійного розвитку	18
1.4 Постановка задач дослідження	19
2 Основна частина	21
2.1 Створення моделі та вибір структури програми Domna	21
2.2 Моделювання обслуговування доменної печі №4	27
2.3 Моделювання обслуговування доменної печі №3	38
2.4 Моделювання обслуговування доменної печі №2	46
2.5 Елементи управління моделлю	51
2.6 Експерименти на програмі Domna	56
2.6.1 Постановка першого типу експериментів	56
2.6.2 Постановка другого типу експериментів	58
2.6.3 Аналіз результатів роботи програми Domna	61
3 Економічна частина	63
3.1 Параметри варіантів організації робіт	63
3.2 Економічна ефективність	64
3.3 Витрати за варіантом доставки чавуну №1	65
3.4 Витрати за варіантом доставки чавуну №2	66
3.5 Витрати за варіантом доставки чавуну №3.....	66
3.6 Вибір найбільш ефективного варіанту	67

4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	69
4.1 Аналіз потенційних небезпек	69
4.2 Заходи з пожежної безпеки	70
Висновки	72
Перелік посилань	74
ДОДАТОК А. ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	77
ДОДАТОК Б. ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ	79
ДОДАТОК В. ФАКТОРИ САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНОГО ХАРАКТЕРУ	81

ВСТУП

В даний час через воєнний стан у країні металургійні підприємства [1], які залишилися на неокупованій території, працюють у нестабільних умовах. Наприклад, комбінат «Запоріжсталь» з початку військового вторгнення був змушений зупинити виробництво, потім поступово відновлював його.

До роботи долучались – спочатку одна доменна піч, потім друга, а зараз працюють три з чотирьох доменних печей, підтримуючи економіку країни у часи, коли така підтримка дуже потрібна [2,3].

В роботі планується розглянути теоретичну можливість організації взаємодії доменного виробництва та транспорту в контексті узгодження випусків чавуну з метою укрупнення чавуновозних составів.

За реальних умов наявна значна кількість зовнішніх факторів, через які таке узгодження не завжди є можливим. Але, з точки зору транспортника, важливо розуміти, яка ефективність може бути отримана через реалізацію такого підходу та які складнощі виникають при організації перевізного процесу.

Дослідження буде корисним для подальшого розвитку промислового залізничного транспорту.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Доменне виробництво

Доменне виробництво є достатньо масштабним. По-перше, воно потребує значних відкритих площ для зберігання сировини. Вона розміщується на рудному дворі.

Зазвичай, рудний двір розташовується вздовж доменних печей, які розташовуються лінійно у ряд.

На прикладі ПАТ «Запоріжсталь», яке є класичним прикладом історично сформованого металургійного підприємства з повним металургійним циклом роботи, було в різні часи від п'яти до чотирьох доменних печей.

Поперек рудного двору розташовують 4-5 рудно-козлових перевантажувача – потужних козлових кранів.

Крім того, між рудним двором та блоком доменних печей розміщують приймальні бункери значної місткості. Над ними переміщуються агломерат, вапняк, вугілля, кокс та інші вантажі у залізничному рухомому складі.

Поруч розташовується аглофабрика, яка підвищує продуктивність виробництва завдяки попередньому спіканню окремих складових у шихті – головним чином вапняку, залізної руди, концентрату руд. При цьому у якості палива використовуються низькорентабельні сорти вугілля, коксовий дріб'язок [1].

До доменного цеху відносяться розливні машини, які дозволяють йому, за необхідності, бути повністю автономним виробництвом, та склад холодного чавуну, через який здійснюється реалізація цієї продукції.

Великі обсяги вивантаження на рудному дворі передбачає наявність вагоноперекидача.

Процес вивантаження вагонів показний на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Процес вивантаження вагонів на вагоноперекидачі

На рисунку 1.2 показаний процес насування вагонів на вагоноперекидач.



Рисунок 1.2 – Процес насування вагонів на вагоноперекидач

Сировина з приймальної траншеї пересувається козовими кранами до штабелів, де змішується з вапном [1]. Потім ця шихта навантажується у трансферкاري, які рухаються по залізничній колії уздовж приймальної траншеї вагоноперекидача до приймальних бункерів аглофабрики, що показано на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 – Навантаження трансферкару рудно-козовим перевантажувачем

З приймальних бункерів аглофабрики сировина подається стрічковими конвеєрами до агломашин, де, у суміші з паливом здійснюється спікання.

Спичений агломерат подається у вагонах до приймальних бункерів доменного цеху, розташованих з іншого, від приймальної траншеї вагоноперекидача, боку рудного двору.

Шихта подається до доменних печей, де здійснюється плавка матеріалів та випуск чавуну та шлаку [4].

Ливарний двір сучасної доменної печі показаний на рисунку 1.4.



Рисунок 1.4 – Ливарний двір сучасної доменної печі

Через процеси цифровізації та комп'ютеризації, які впроваджуються в усі виробничі процеси в світі [3], управління роботою печей стає більш контрольованою та ефективною – рисунок 1.5.



Рисунок 1.5 – Управління процесами роботи доменної печі

1.2 Перевезення рідкого чавуну

Ритм роботи доменних печей залежить від плану виробництва, доставки сировини та взаємодії з мартенівським виробництвом. Зазвичай, випуски чавуну орієнтовані на забезпечення рівномірності виробництва

Проте, кожна піч може працювати відповідно до конструктивних особливостей, проектної потужності та інших факторів.

На Запоріжсталі злиття чавуну відбувається через двопохилу ванну. Вона забезпечує безперервність наливу ковшів чавуновозних составів: при наповненні ковшу основного составу для переміщення наступного потрібно перехилити ванну до окремо встановленого ковшу, щоб мати можливість його підведення до точки наливу електроштовхачем [4].

Процес наливу чавуну показаний на рисунку 1.6.



Рисунок 1.6 – Процес наливу чавуну

Кількість основної партії ковшів, зазвичай, становить від 3 до 5 чавуновозів. Ківш, який встановлюється окремо, наповнюється через 2-3 послідовні плавки. Його теж треба вчасно прибирати, щоб чавун не охолодився та застиг.

Тобто, при нормальній роботі печей, розмір составу може становити 5 чавуновозів.

Рух чавуновозів здійснюється по головній колії, ручні стрілки мають нормальне положення за напрямком цієї колії [5].

На рисунку 1.7 показані чавуновозні состави.



Рисунок 1.7 – Чавуновозні состави

Для роз'їзду зустрічних (порожніх та завантажених составів) необхідні маневри із заїзду одного з составів на вільні колії під якоюсь з печей.

Основні пункти зливання рідкого чавуну на металургійному підприємстві на кшталт Запоріжсталі є:

- міксерне відділення мартенівського цеху або окрема мартенівська піч;
- розливні машини (виготовлення чушкового чавуну);
- ливарний цех.

Процес зливання у міксерному відділенні є основним та найбільш масовим процесом (рисунок 1.8).



Рисунок 1.8 – Зливання чавуну у міксер мартенівського цеху

Цей процес передбачає зняття чавуновозних ковшів з лафетів та підняття їх на значну висоту (рисунок 1.9).



Рисунок 1.9 – Процес зняття та підйому ковшів для зливання

Процес розливу рідкого чавуну на розливних машинах показаний на рисунку 1.10.



Рисунок 1.10 – Зливання чавуну на розливній машині

По-суті, розливна машина є пластинчастим конвеєром, ланцюгові елементи якого є нічим іншим, як формами для заливання чавуну. Охолодження водою дозволяє здійснити формування чушок чавуну, які одразу потрапляють до великотоннажного рухомого залізничного складу на виході з цього конвеєру.

Конструкція чавуновозного ковша дозволяє його переміщення як краном, так і зачеплення за пристрої розливної машини з подальшим перевертання через зачеплення за спеціальні нижні виступи.

З часом використання чаша ковшу зашлаковується, що ускладнює вантажні роботи з ним – рисунок 1.11.



Рисунок 1.11 – Зашлакована чаша ковшу чавуновозу

Періодично ковш потребує обробки та ремонту. В середині він є футерованим вогнетривкими матеріалами. В доменному цеху є ділянка ремонту чавуновозних ковшів.

Даний рухомий склад є спеціальним та знаходиться на балансі доменного цеху.

1.3 Характеристика колійного розвитку

Характеристика колійного розвитку [5] чавунної сторони доменного цеху наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристика колій

№ колії	Призначення колії	Довжина, м	Місткість, вагонів
7	Розвантажувальна	127	9
8	Колія вагової	102	9
9	Ходовий	431	30
10	Навантажувальна	170	12
10а	Відстою вагонів	14	1
11	Ремонтний	40	3
13	Відстою вагонів		
14	Відстою вагонів	38	2
14а	Відстою вагонів	56	4
15	Ходовий	108	7
17	Навантажувальна	102	7
21	Ремонтний	14	1
25	Навантажувальна	150	11
26	Навантажувальна	30	1
30	Навантажувальна	90	6
31	Навантажувальна	126	9
32	Навантажувальна	133	10
33	Навантажувальна	81	6

Кінець таблиці 1.1

№ колії	Призначення колії	Довжина, м	Місткість, вагонів
1	Відстою і ремонту чав. ковшів	151	11
34	Навант.-розвантажувальна	42	2
33а	Ходова	135	10
35	Навантажувальна	55	4
43	Розвантажувальна	101	7
44	Навант.-розвантажувальна	83	6
45	Розвантажувальна	98	7
46	Колія вагової	35	2
49	Навантажувальна	345	26
50	Навант.-розвантажувальна	101	7
54	Ходова	35	2
56	Розвантажувальна	22	1
58	Розвантажувальна	86	6
60	Навант.-розвантажувальна	36	2

1.4 Постановка задач дослідження

Робота металургійних підприємств країни у нестабільних умовах воєнного стану стимулює необхідність розгляду теоретичних можливостей економії транспортних витрат за рахунок більш ефективного узгодження параметрів взаємодії транспорту та виробництва [6,7], зокрема при перевезеннях рідкого чавуну.

В роботі необхідно виконати наступні завдання:

- відокремити транспортно-виробничу підсистему доставки рідкого чавуну до міксерного відділення мартенівського цеху (основний вантажопотік);
- розробити імітаційну модель організації перевезень рідкого чавуну у даній підсистемі;
- врахувати можливість зміни параметрів очікування завантаження составом наливу чавуну у інший состав на іншій доменній печі;
- оцінити вплив зміни графіку випусків чавуну в контексті згущення моментів часу закінчення випусків;
- надати економічну оцінку різни варіантам роботи з доставки чавуну до міксерного відділення.

Дослідження спирається на реально можливі параметри випуску чавуну та буде корисним для подальшого розвитку промислового залізничного транспорту.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Створення моделі та вибір структури програми Domna

Не зважаючи на компактність території залізничних колій, які призначені для обслуговування доменного цеху в сфері доставки чавуну до міксерного відділення мартенівського цеху, ця транспортна система є досить складною [8,9].

Для її дослідження створюємо модель Domna в середовищі Енілоджік – рисунок 2.1.

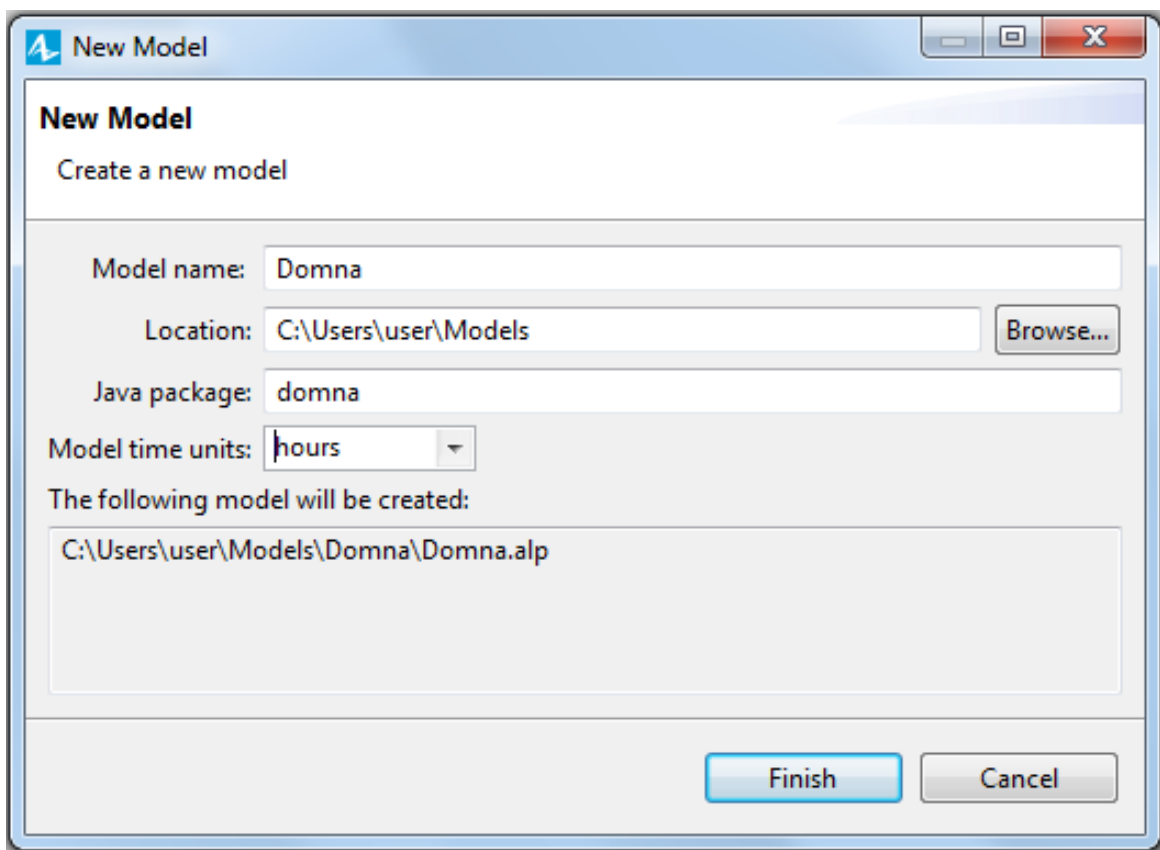


Рисунок 2.1 - Модель Domna

З огляду на попередній розділ уточнюємо ланцюг проходження чавуновозних ковшів на ділянці «доменні печі – міксерне відділення».

Початком логістичного ланцюга можна вважати отримання замовлення на постановку порожніх чавуновозів до пунктів наливу чавуну з доменної печі.

Печі розташовані лінійно, тобто локомотив із порожніми ковшами може проїжджати повз одну піч задля обслуговування іншої [8].

Враховуючі, що тягові характеристики тепловозу можуть дозволити перевезення ковшів у кількості потреби двох доменних печей, а також той факт, що час, який відводиться на постановку, тобто час між закінченням випуску чавуну та початком нового є досить тривалим (зазвичай, не менше години), це можна використовувати для зменшення обсягу маневрової роботи.

Але інтервали випусків чавуну печами можуть бути різними, як і моменти початку та закінчення випусків.

Головна чавуновозна колія на станції є одночасно двостороннім шляхом руху составів, при необхідності роз'їзду зустрічних составів, один з них змушений відїзжати на колії найближчої доменної печі, пропускаючи інший.

Скористаємось відомим способом імітації даного процесу, ділянки колій між печами будемо умовно вважати статичними ресурсами одиничної місткості (для одного локомотиву з ковшами).

Таких ділянок в даній роботі враховуємо три:

- між міксерним відділенням та доменною піччю №4;
- між доменною піччю №4 та №3;
- між доменною піччю №3 та №2.

Піч №5 не працює в даний час, відправлення чавуну до інших вантажних пунктів в даній роботі не враховується.

Тож створюємо три пули статичних ресурсів, що показані на рисунках 2.2, 2.3, 2.4.

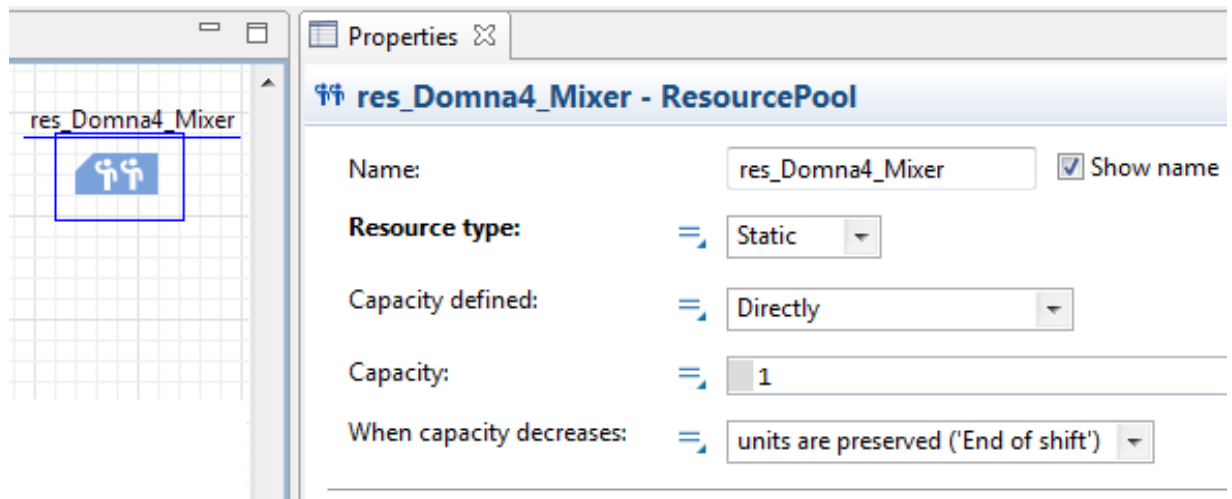


Рисунок 2.2 – Пул ресурсів res_Domna4_Mixer

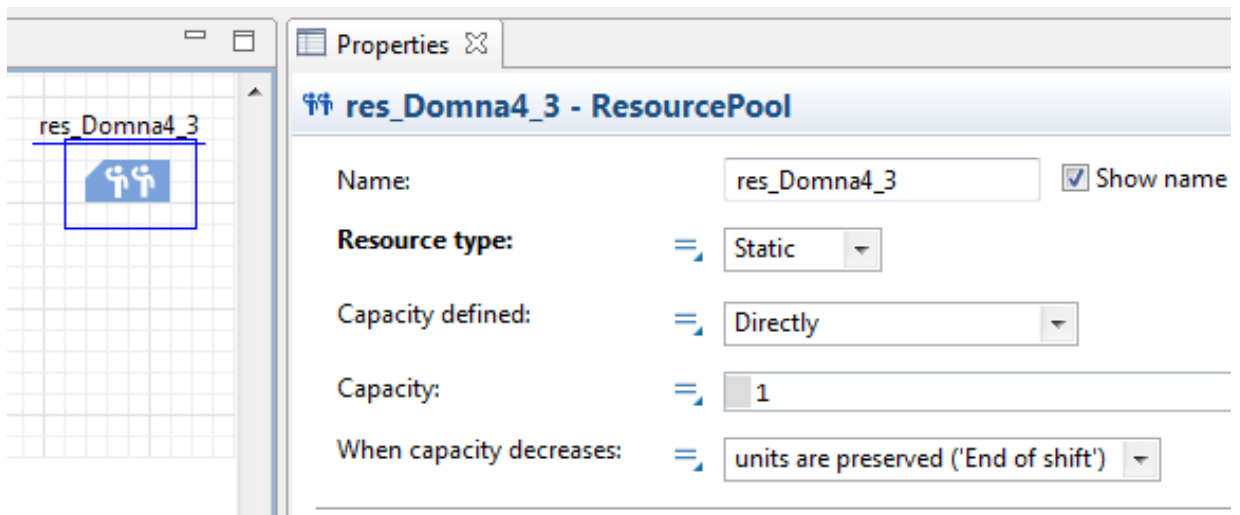


Рисунок 2.3 – Пул ресурсів res_Domna4_3

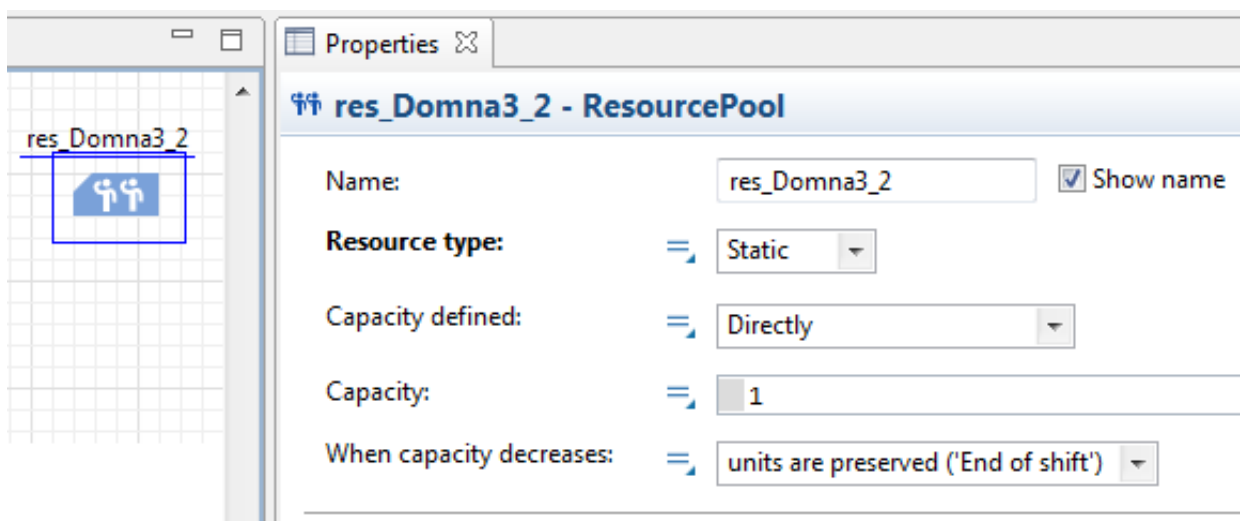


Рисунок 2.4 – Пул ресурсів res_Domna3_2

Ключовий початковий блок програми представлений на рисунку 2.5.

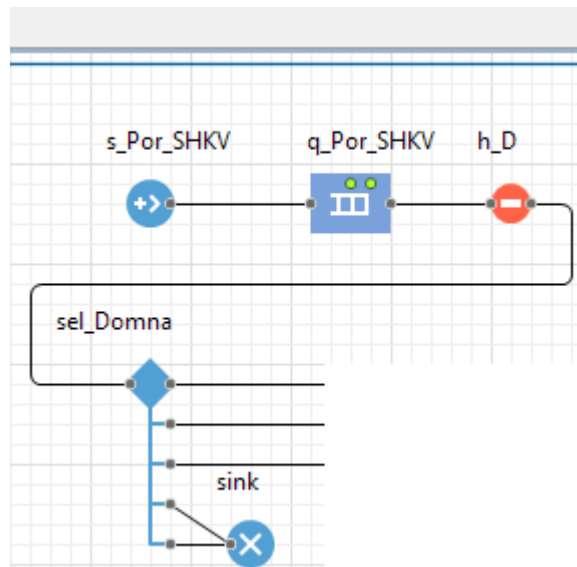


Рисунок 2.5 – Початковий блок програми Domna

Цей блок методом виклику генерує замовлення на подачу порожніх ковшів до фронтів наливу чавуну – елемент `s_Por_SHKV` (рисунок 2.6).

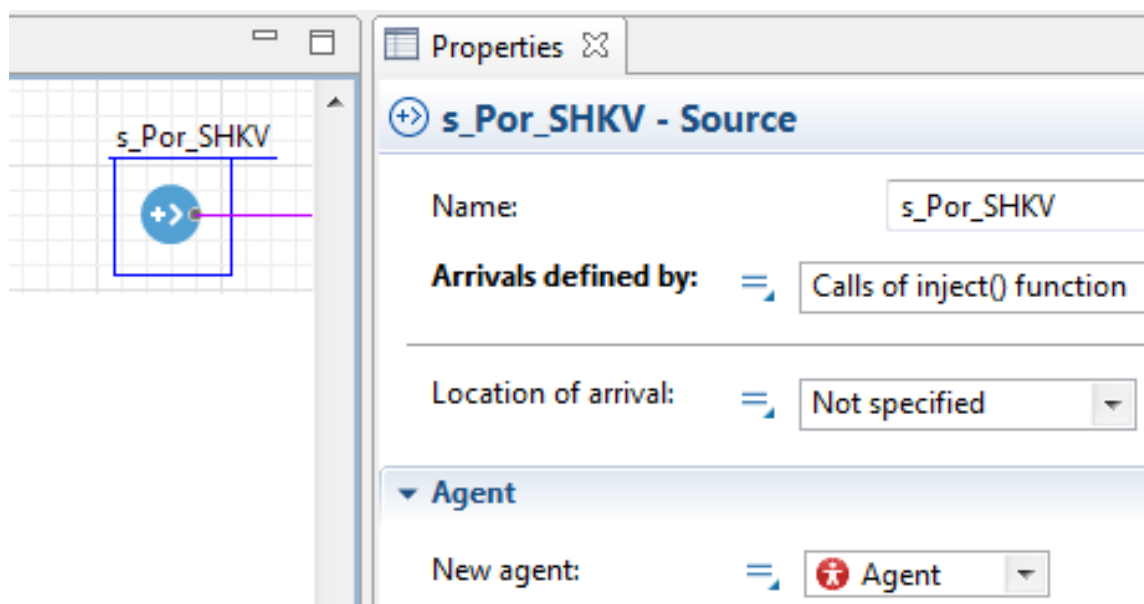


Рисунок 2.6 – Елемент `s_Por_SHKV`

Черга `q_Por_SHKV` (рисунок 2.7) накопичує замовлення, оскільки їх тут блокує наступний елемент - `h_D` (рисунок 2.8.).

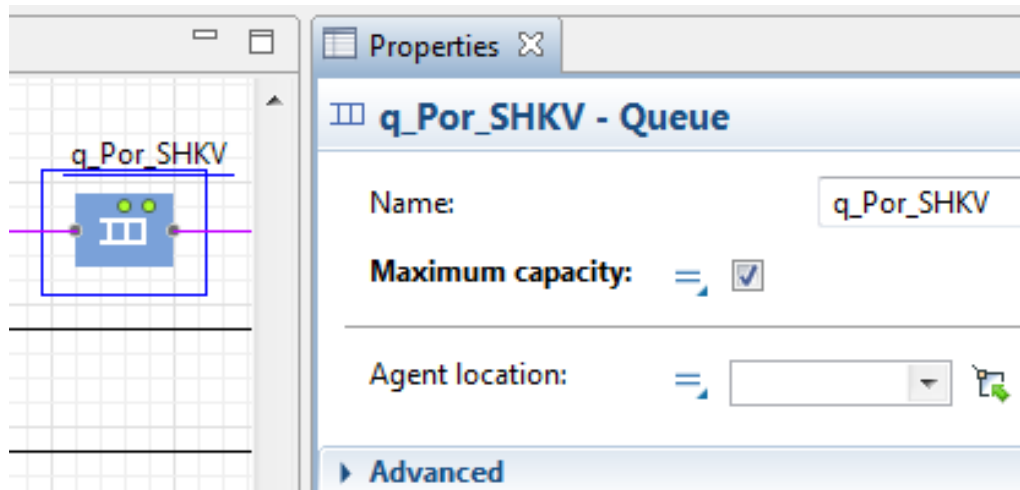


Рисунок 2.7 – Черга `q_Por_SHKV`

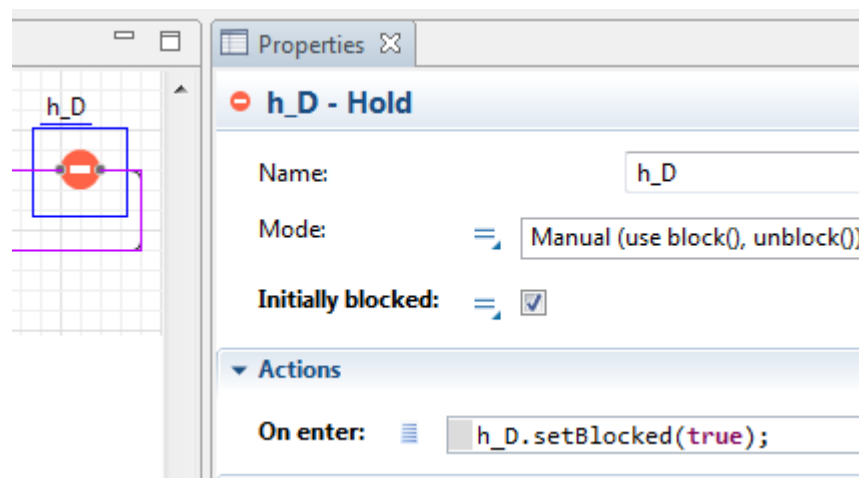


Рисунок 2.8 – `h_D`

Розблокування відбувається після чергового закінчення випуску чавуну та потребі у порожніх чавуновозах, що буде розглянуто пізніше.

Надалі відбувається сортування замовлень по ланцюгах подальшого просування (рисунок 2.9).

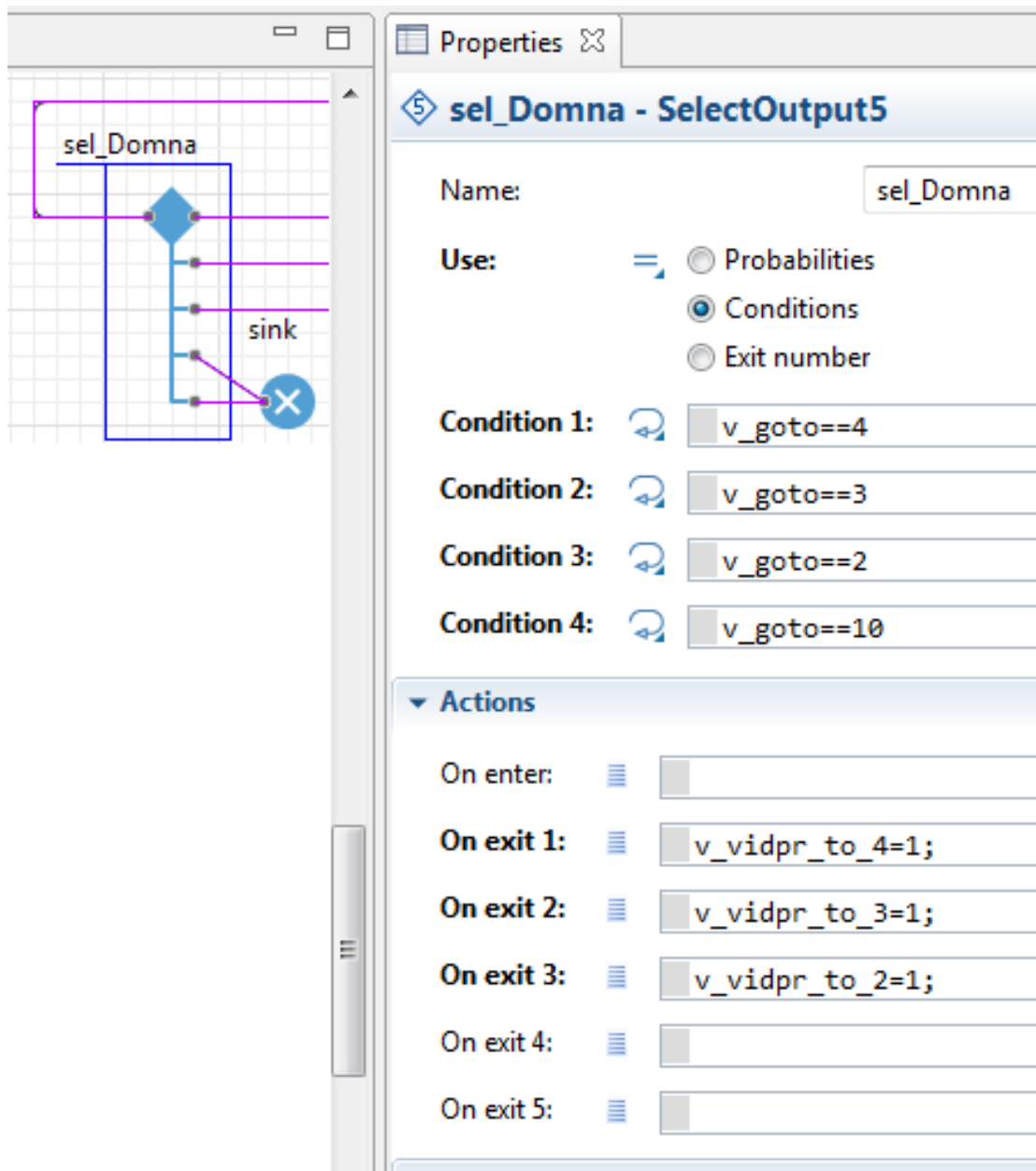


Рисунок 2.9 – Розподіл замовлень по ланцюгах просування

Елемент типу SelectOutput5 розрахований на максимальну кількість напрямків – 5. Тож зайві 2 одразу від’єднуємо до стоку sink.

Перший шлях передбачає просування до доменної печі №4, другий – до печі №3, третій – до другої.

Умова розподілу по цих шляхах визначається змінною `v_goto` – рисунок 2.10.

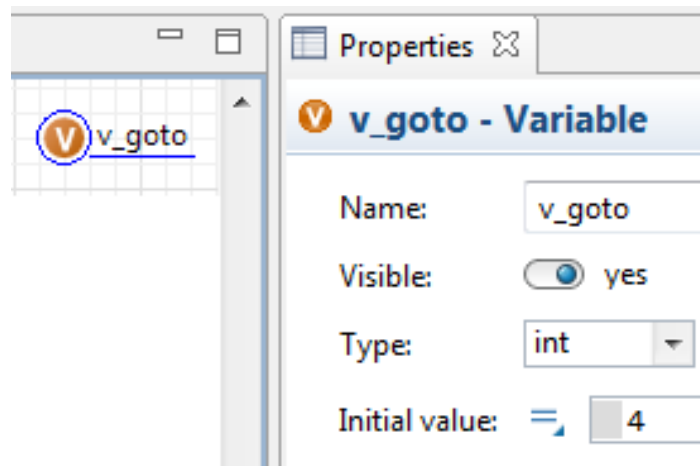


Рисунок 2.10 – Змінна v_goto

2.2 Моделювання обслуговування доменної печі №4

Блок транспортного обслуговування доменної печі №4 представлений на рисунку 2.11.

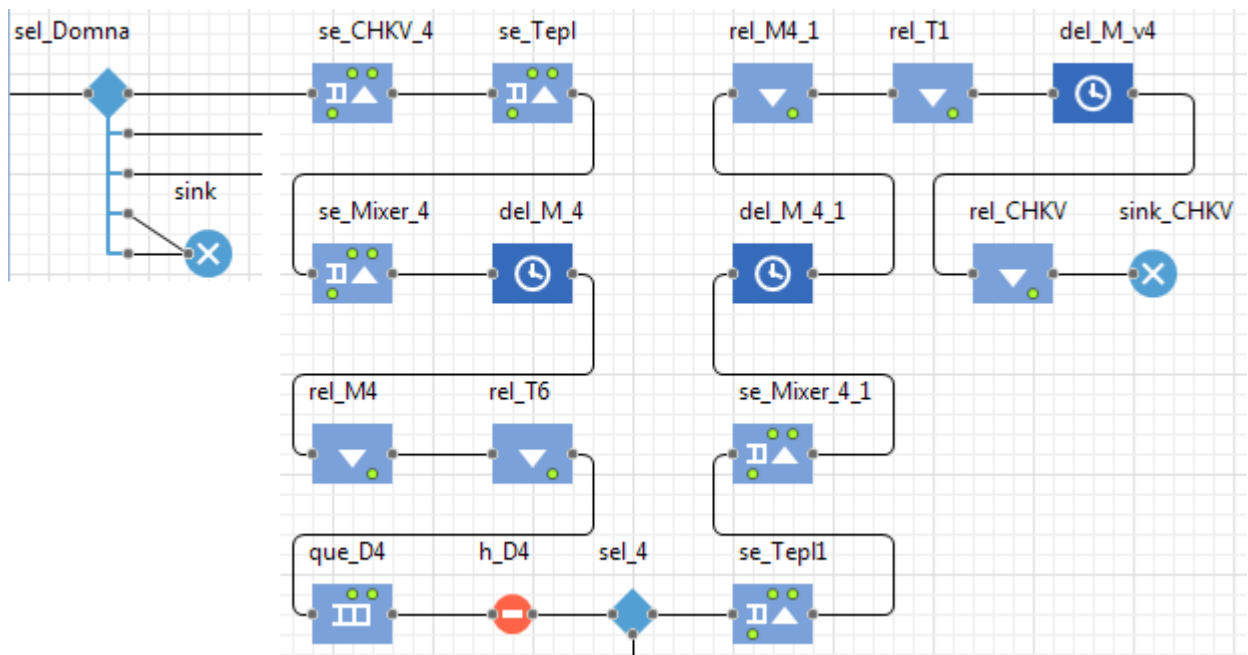


Рисунок 2.11 – Блок обслуговування доменної печі №4

Перший елемент блоку se_CHKV_4 приєднує до замовлень состав порожніх чавуновозів – рисунок 2.12.

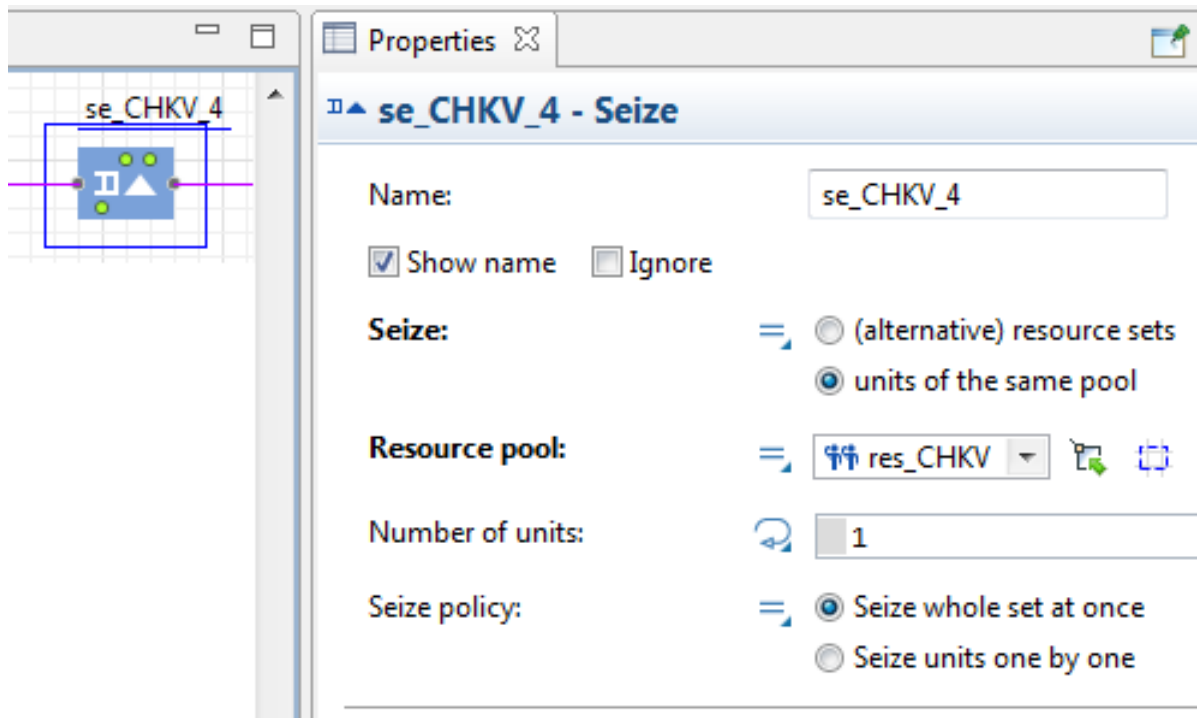


Рисунок 2.12 – Елемент se_CHKV_4

Цей елемент приєднує до будь-якої кількості замовлень один ресурс – состав чавуновозів.

Наступний елемент se_Ter1 (рисунок 2.13) приєднує до замовлень ще один ресурс – локомотив.

Надалі необхідним кроком є захоплення ресурсу – частки колійного розвитку – від міксера мартенівського цеху, звідки рухаються порожні вагони, до доменної печі №4.

Дану операцію здійснює черговий елемент se_Mixer_4. Не залежно від того, скільки составів рухається – всі вони приєднуються до даного ресурсу ,що показано на рисунку 2.14.

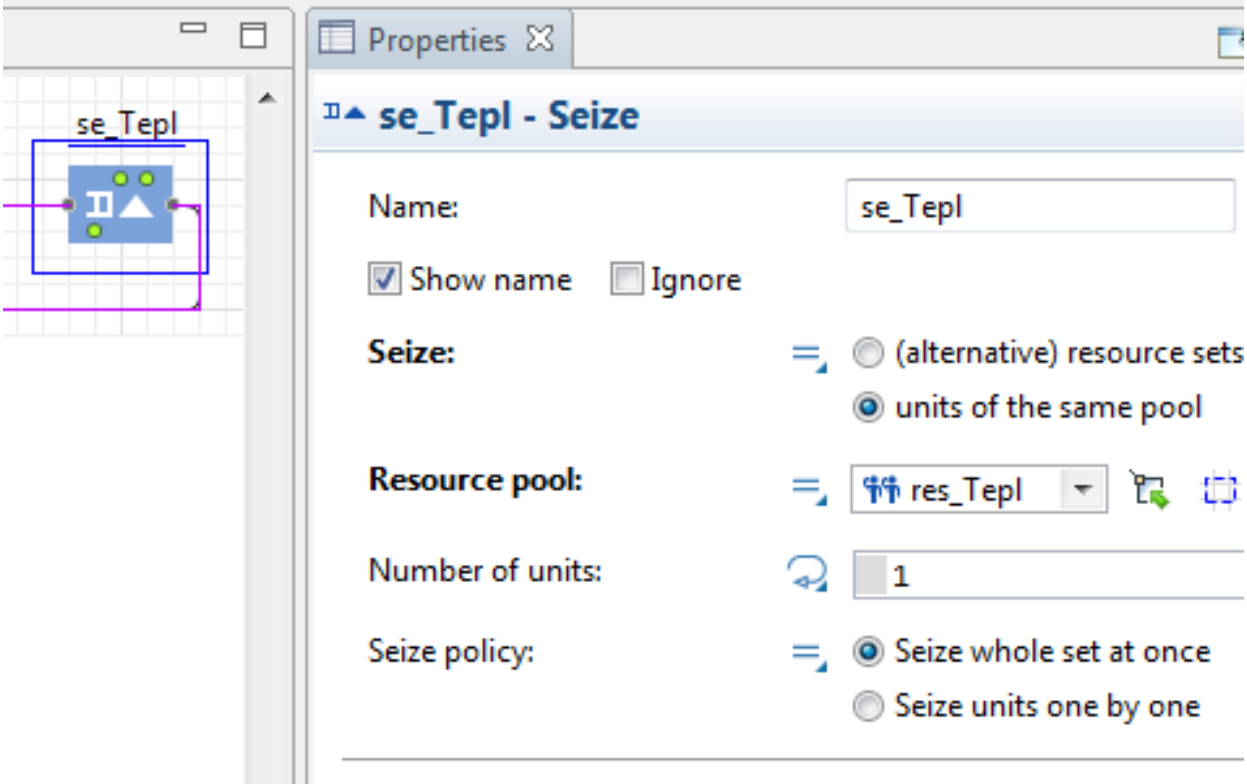


Рисунок 2.13 – Элемент se_Tepl

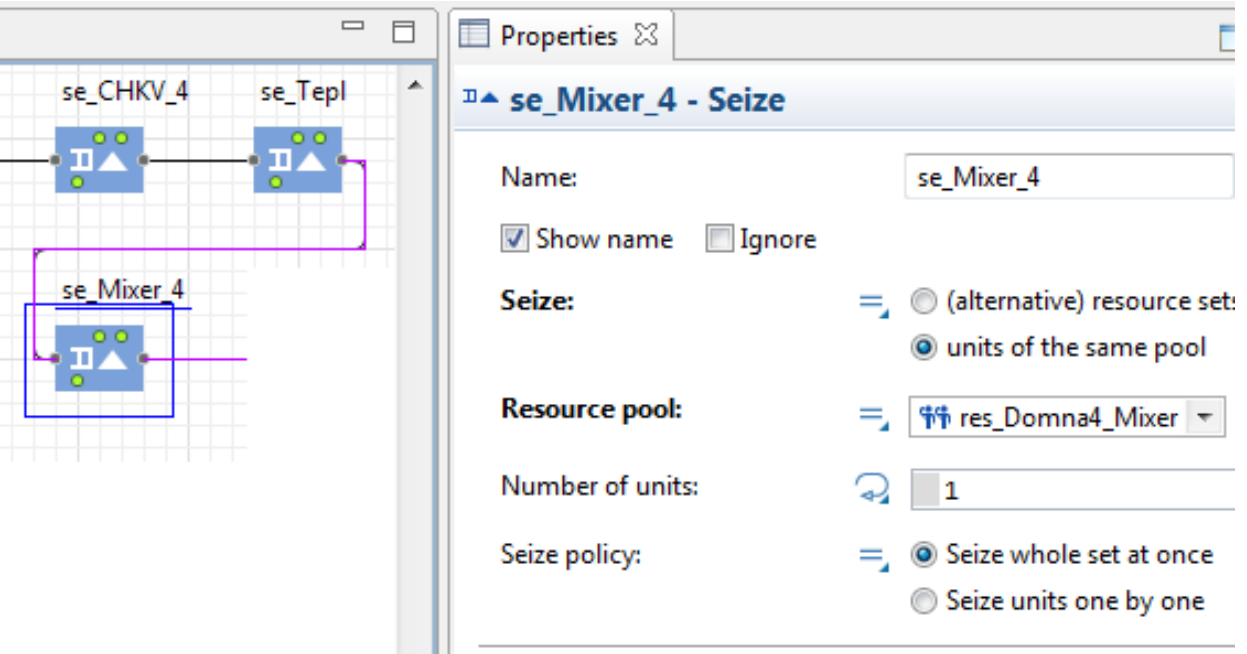


Рисунок 2.14 – Элемент se_Mixer_4

Затримка часу на перевезення составу згідно нормативним даним є імітацією цього процесу – рисунок 2.15 – елемент del_M_4.

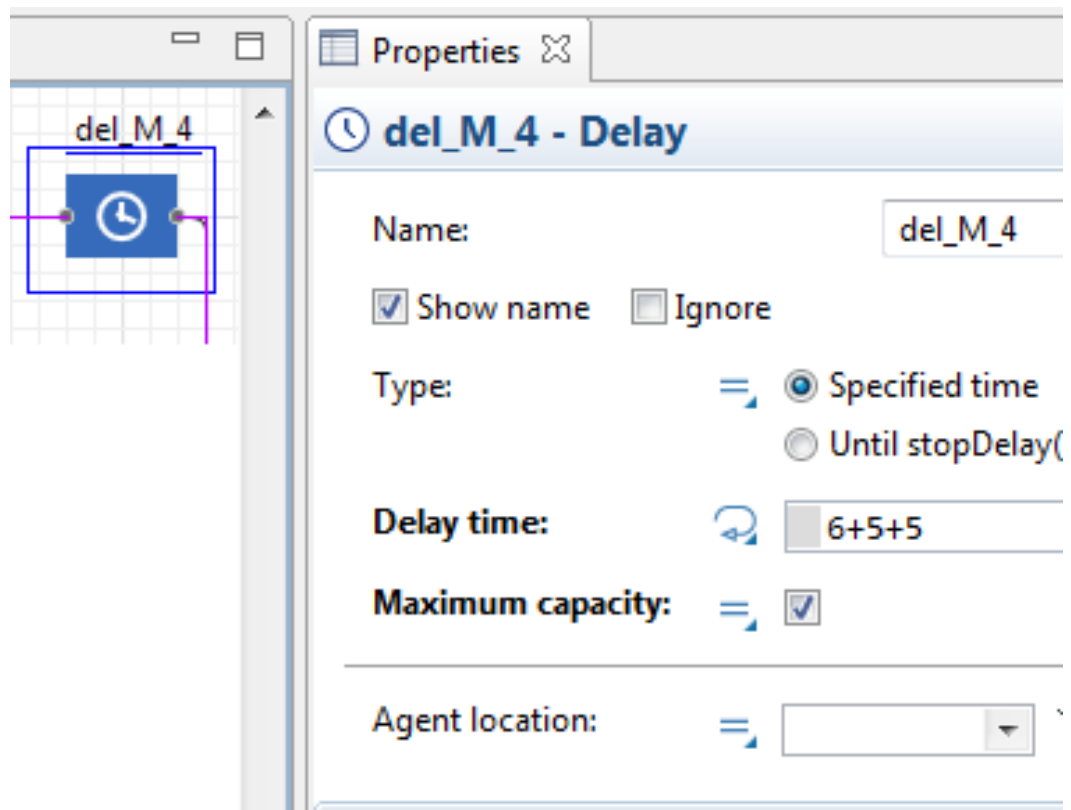


Рисунок 2.15 – Елемент del_M_4

Тривалість часу затримки складається з двох складових:

- тривалості руху у 6 хвилин;
- тривалості зважування составу – 5 хвилин;
- тривалості постановки вагонів на фронт навантаження – 5 хвилин.

Після затримки, спочатку звільнюється ресурс rel_M4 – залізнична колія між міксерним відділенням та доменної піччю №4, що показано на рисунку 2.16.

Потім звільнюється ресурс – локомотив, що виконує елемент rel_T6 – рисунок 2.17.

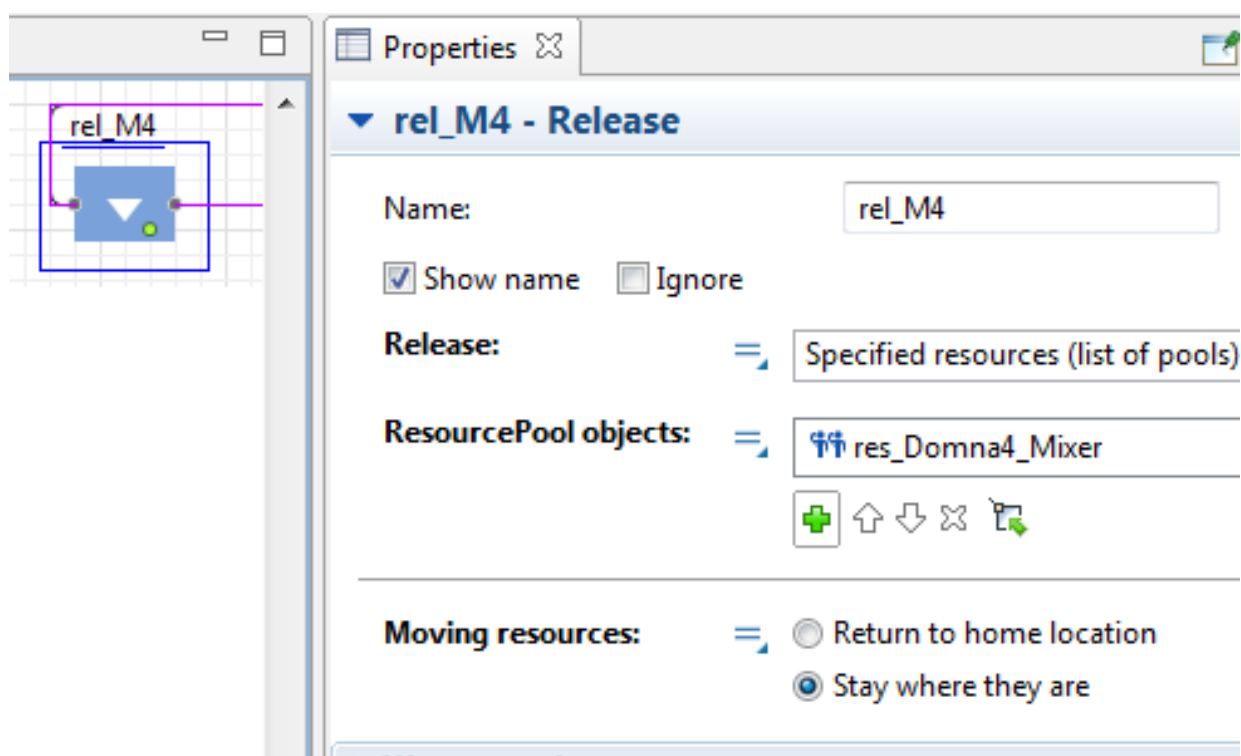


Рисунок 2.16 – Элемент rel_M4

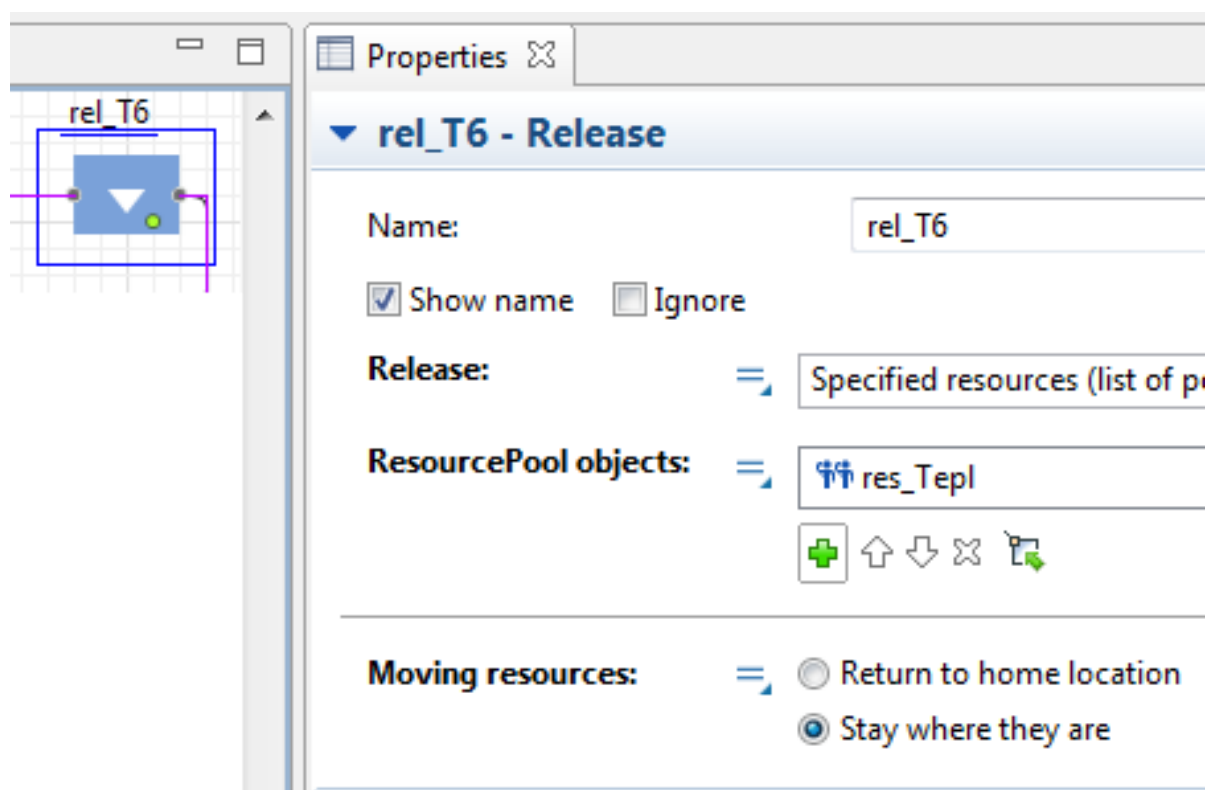


Рисунок 2.17 – Элемент rel_T6

Після цього порожні ковші є такими, що знаходяться в очікуванні наливу – перебувають у черзі que_D4 – рисунок 2.18.

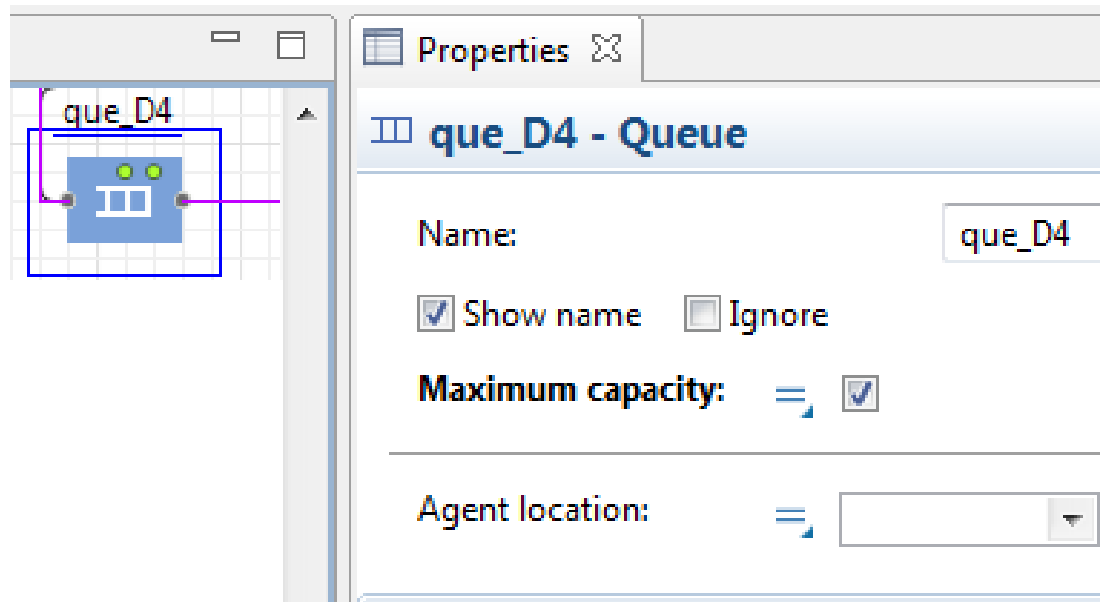


Рисунок 2.18 – Черга que_D4

Їх блокує елемент h_D4 – рисунок 2.19.

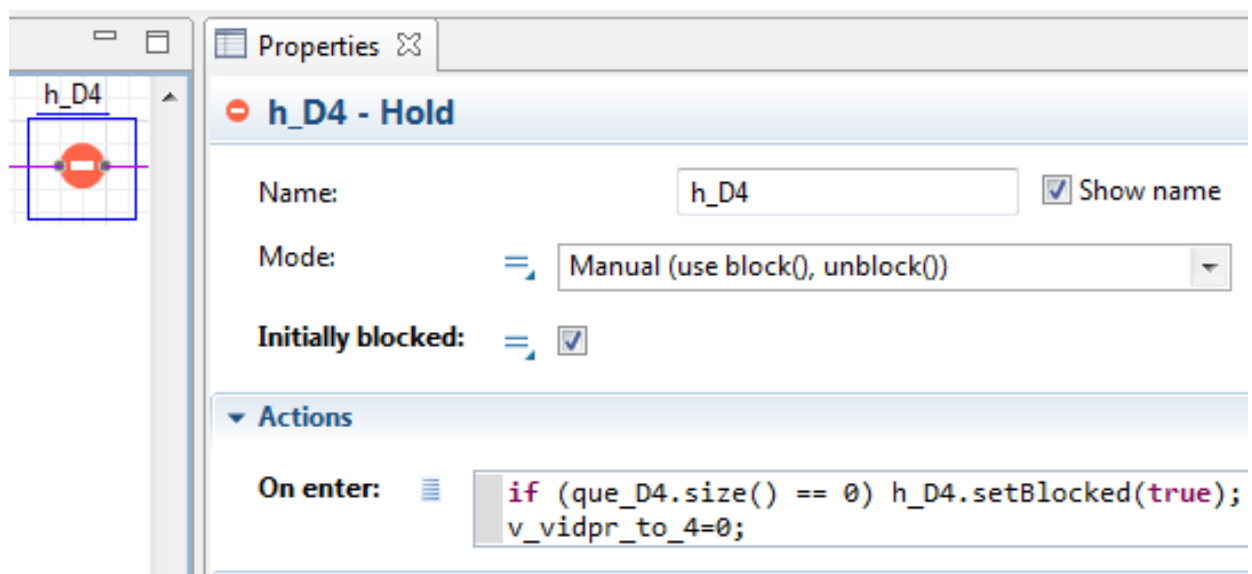


Рисунок 2.19 – Елемент h_D4

Даний елемент, при входженні замовлень, блокує їх проходження при виконанні умови повної відсутності їх у черзі (умова – всі замовлення пройшли):

```
if (que_D4.size() == 0) h_D4.setBlocked(true);  
v_vidpr_to_4=0;
```

та присвоює змінній v_vidpr_to_4 значення, що відповідає можливості надсилання нових порожніх составів до даної печі.

У наступному елементі sel_4 виконується перевірка умови просування завантажених чавуновозів окремим составом (рисунок 2.20):

```
v_vibir4==1,
```

або умовне приєднання їх до іншої партії вагонів, процес визначення такої можливості буде розглянутий пізніше.

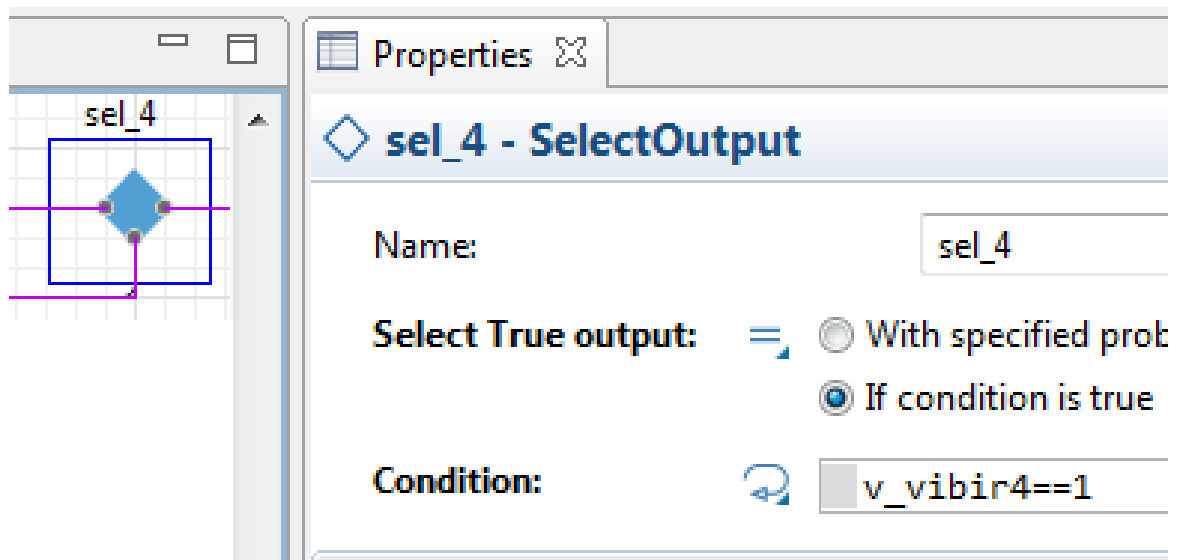


Рисунок 2.20 - Елемент sel_4

Надалі захоплюється локомотив для перевезення до міксерного відділення – що здійснює елемент se_Tep11 – рисунок 2.21.

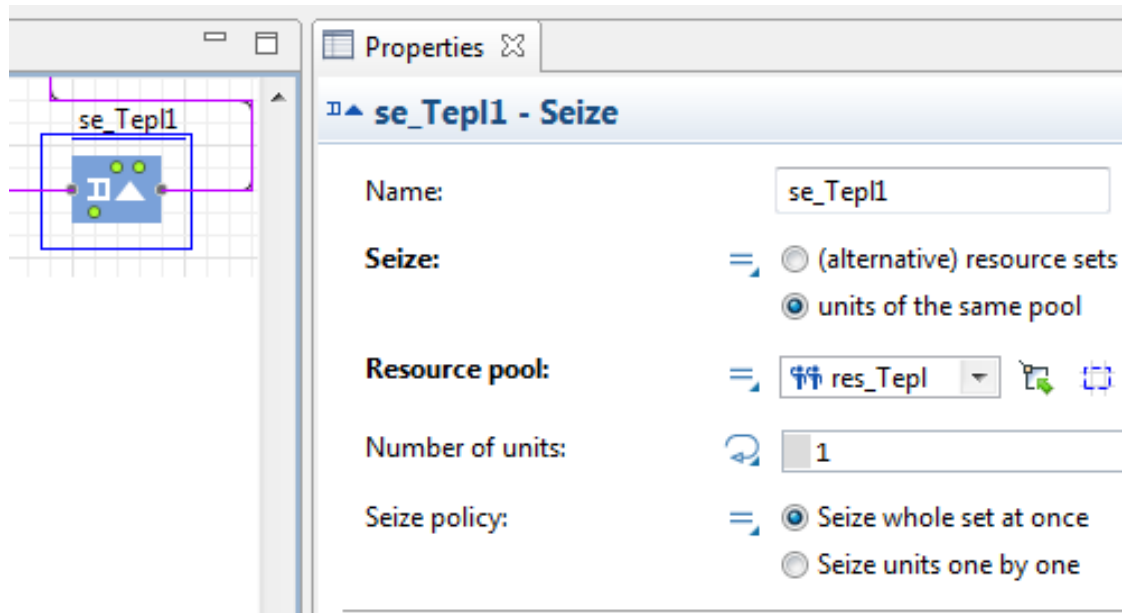


Рисунок 2.21 – Елемент se_Tep11

Захоплюється ділянка колії елементом se_Mixer_4_1 – рисунок 2.22.

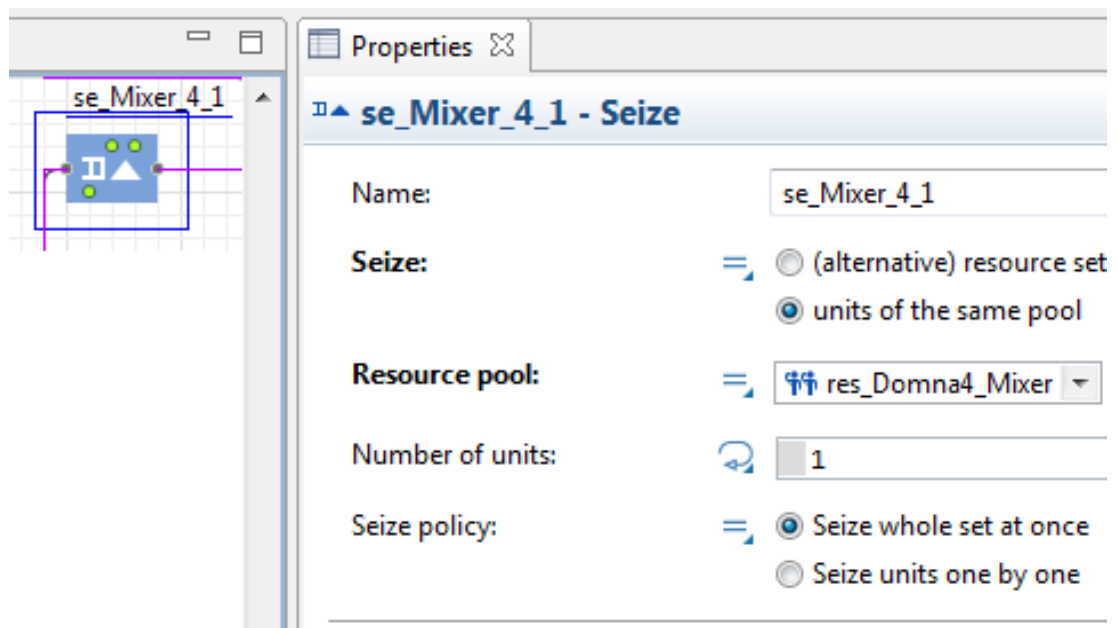


Рисунок 2.22 – Елемент se_Mixer_4_1

Елемент del_M_4_1 здійснює затримку на час 5 хвилин з прибирання ковшів, 6 – рух до міксерного відділення та 5 – на зважування составу (рисунок 2.23).

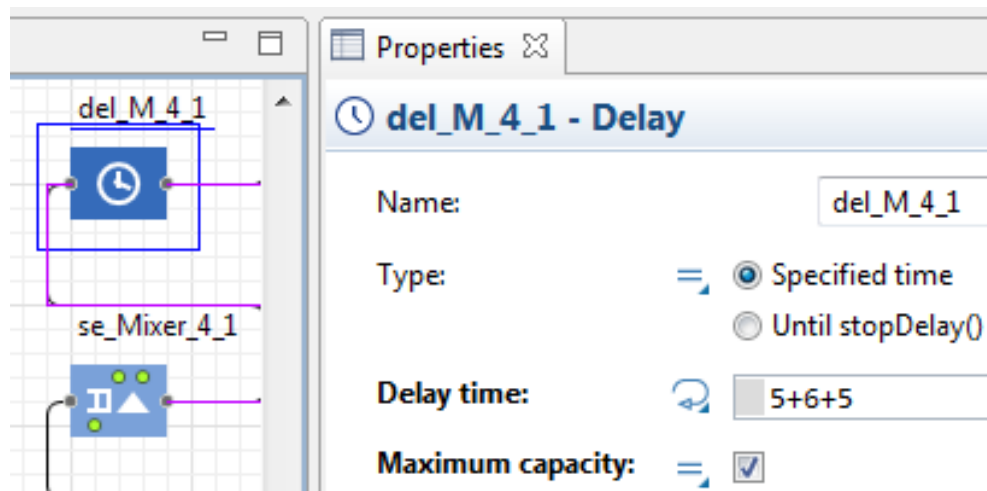


Рисунок 2.23 – Елемент del_M_4_1

Потім звільнюється ділянка колії елементом rel_M4_1 – рисунок 2.24.

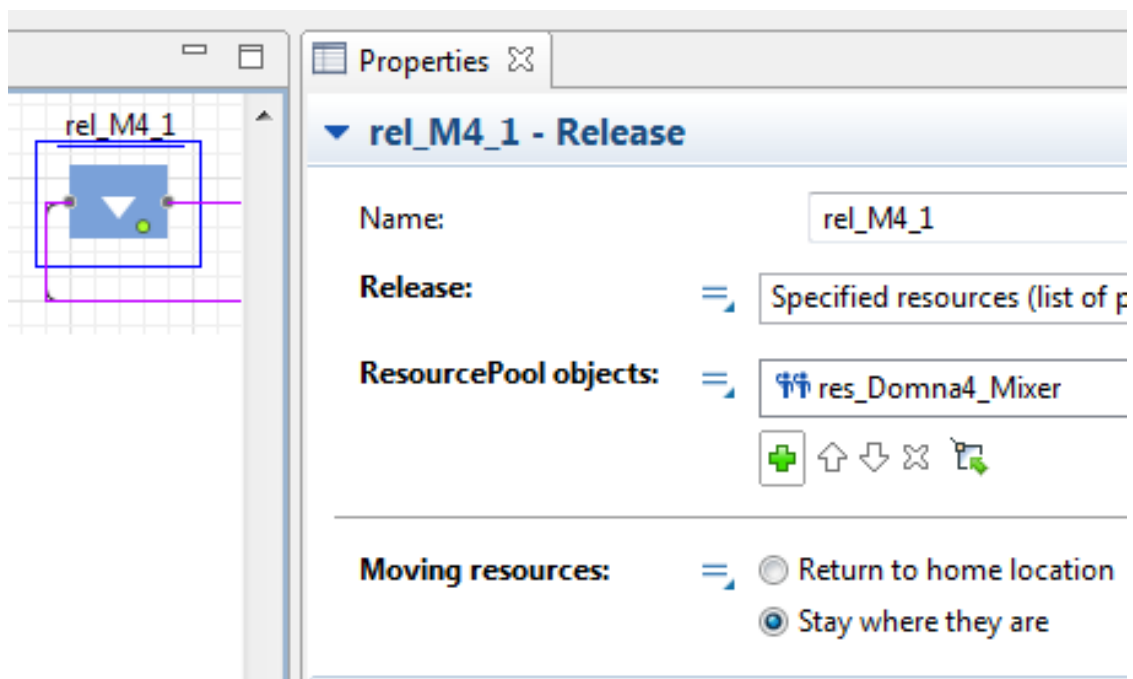


Рисунок 2.24 – Елемент rel_M4_1

Надалі звільнюється локомотив елементом rel_T1 – рисунок 2.25.

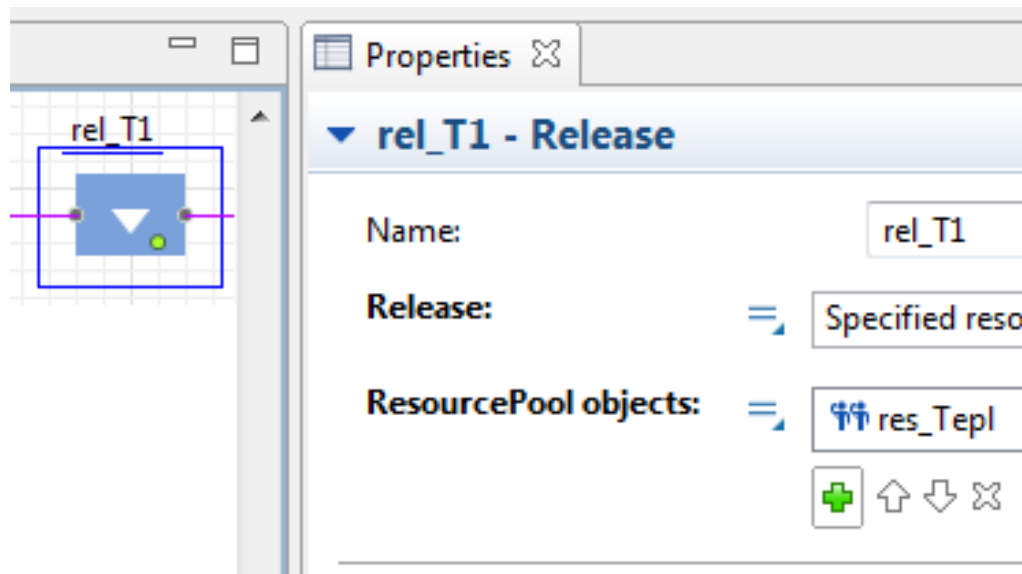


Рисунок 2.25 – Елемент rel_T1

Елемент del_M_v4 здійснює затримку составу задля імітації зливання ковчів у міксерному відділенні – рисунок 2.26.

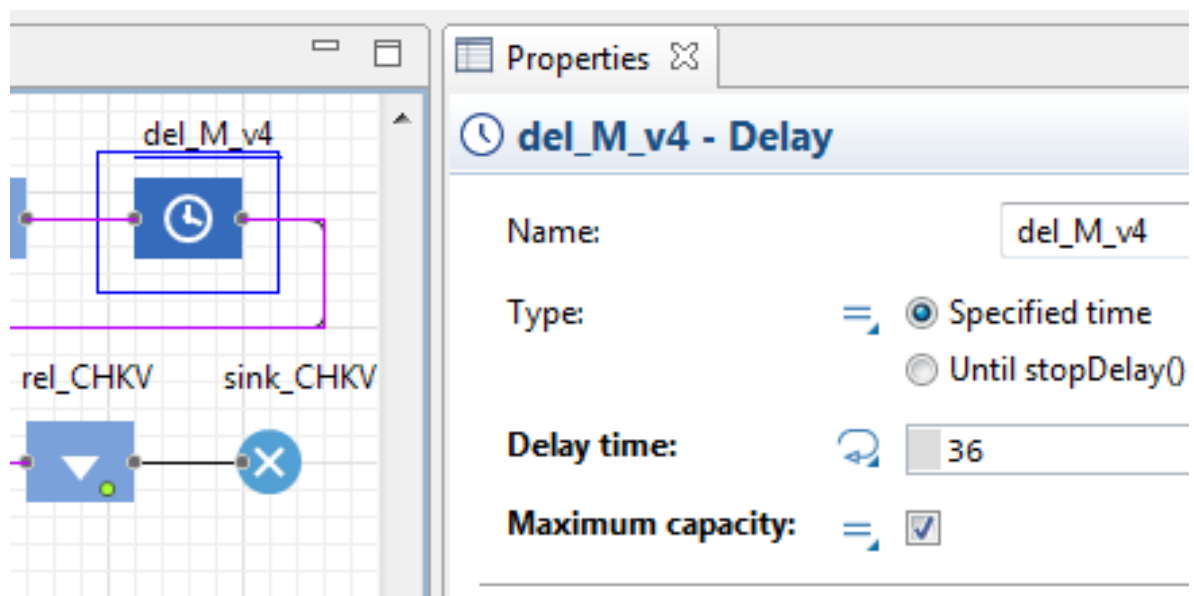


Рисунок 2.26 – Елемент del_M_v4

Після цієї процедури ресурси-ковші звільнюються елементом rel_CHKV – рисунок 2.27.

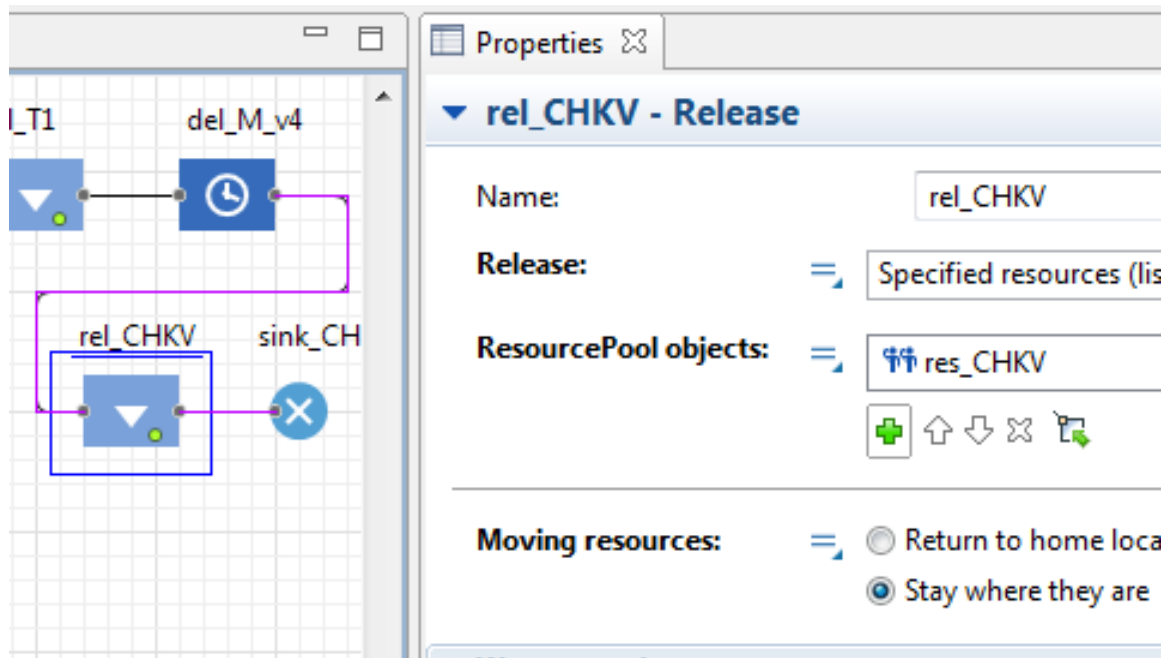


Рисунок 2.27 – Елемент rel_CHKV

Після цього замовлення знищуються – рисунок 2.28 – елемент sink_CHKV.

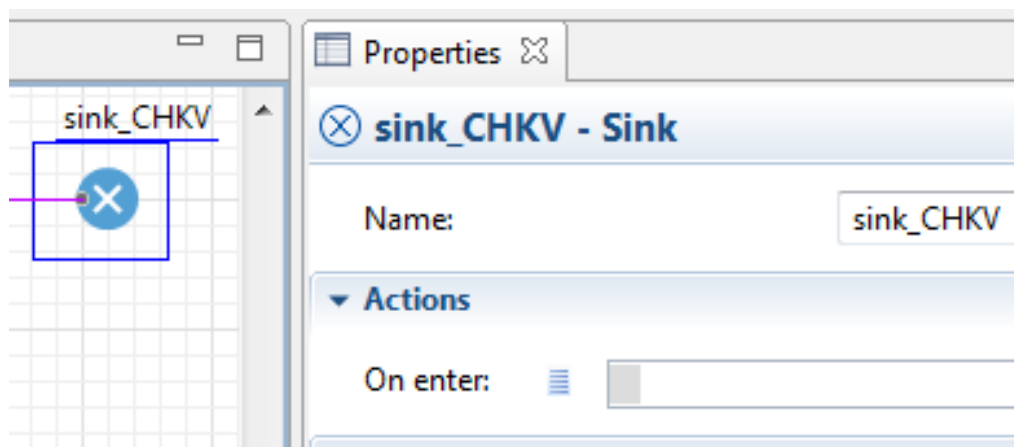


Рисунок 2.28 – Елемент sink_CHKV

2.3 Моделювання обслуговування доменної печі №3

Блок транспортного обслуговування доменної печі №3 показаний на рисунку 2.29.

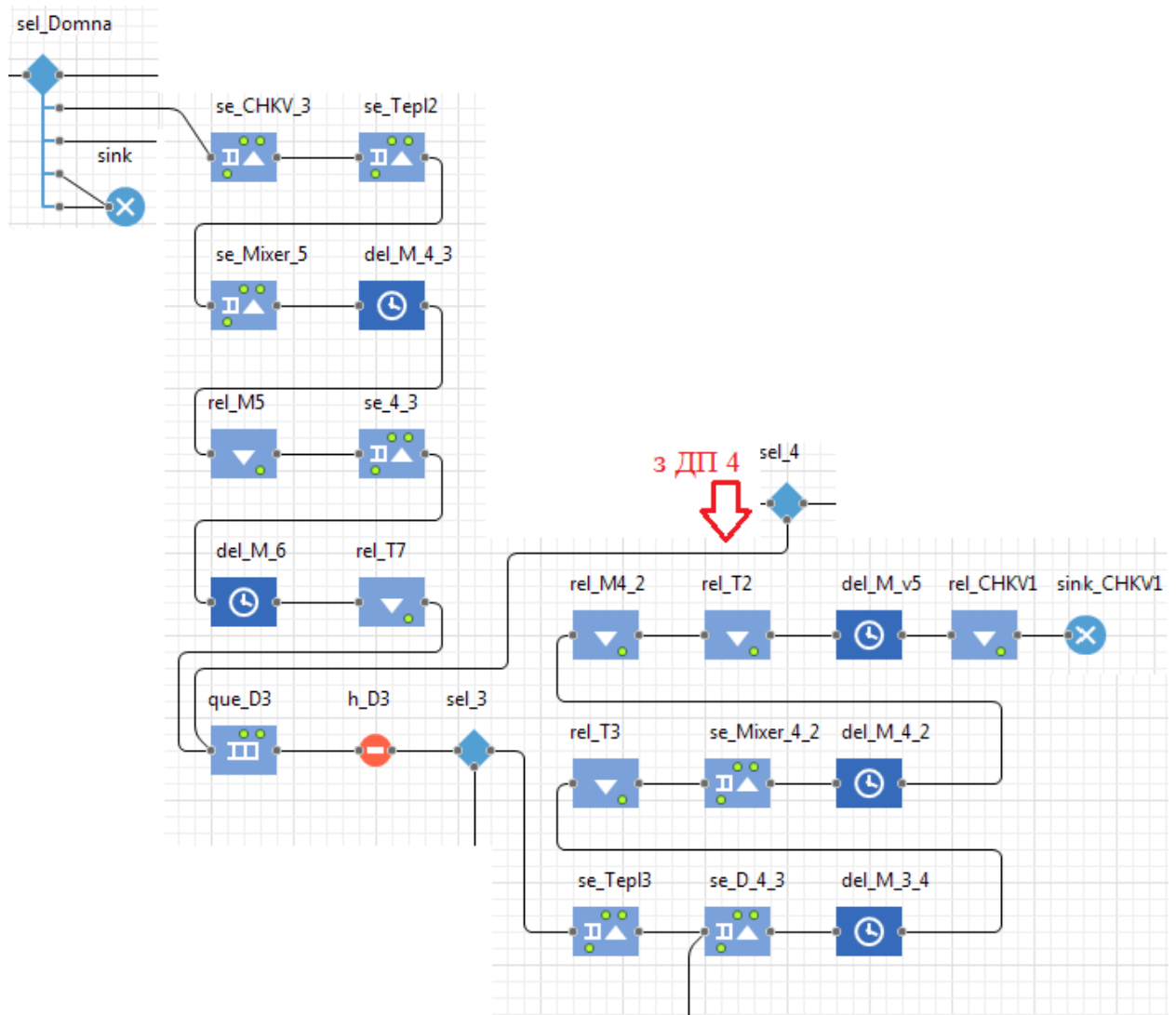


Рисунок 2.29 – Блок обслуговування доменної печі №3

Частина даного блоку, показана на рисунку 2.30 працює аналогічно попередньо розглянутому.

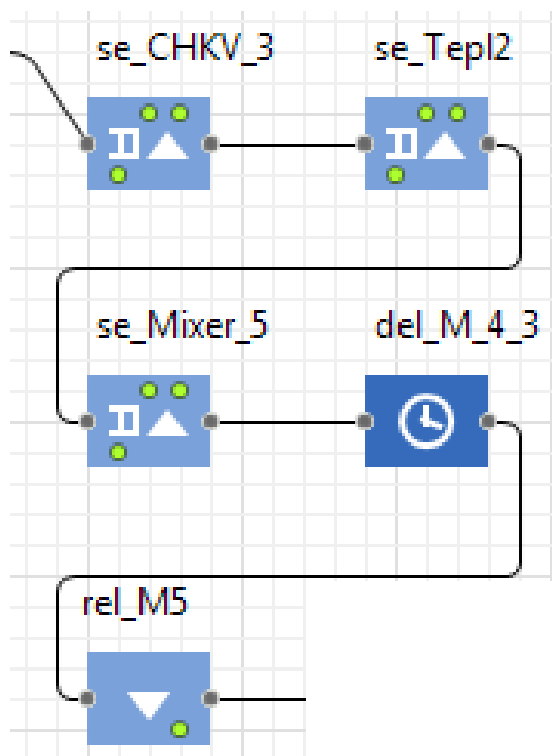


Рисунок 2.30 – Блок просування до доменної печі №4

В цьому блоці:

- елемент se_CHKV_2 захоплює ковші, приєднуючи їх до замовлень, які просуваються;
- елемент se_TepI2 захоплює локомотив;
- елемент se_Mixer_5 захоплює ділянку між міксерним відділенням та ДП 4;
- елемент del_M_4_3 імітує затримку з руху составу на даній ділянці із урахуванням зважування;
- елемент rel_M5 звільнює дану ділянку.

Наступний елемент se_4_3 виконує захоплення замовленням ресурсу – ділянки колії між доменними печами №4 та №3 – рисунок 2.31.

Елемент del_M_6, який є наступним, здійснює затримку у часі, яка відповідає часу руху та постановці вагонів під наливання чавуну на доменній печі №3 – рисунок 2.32.

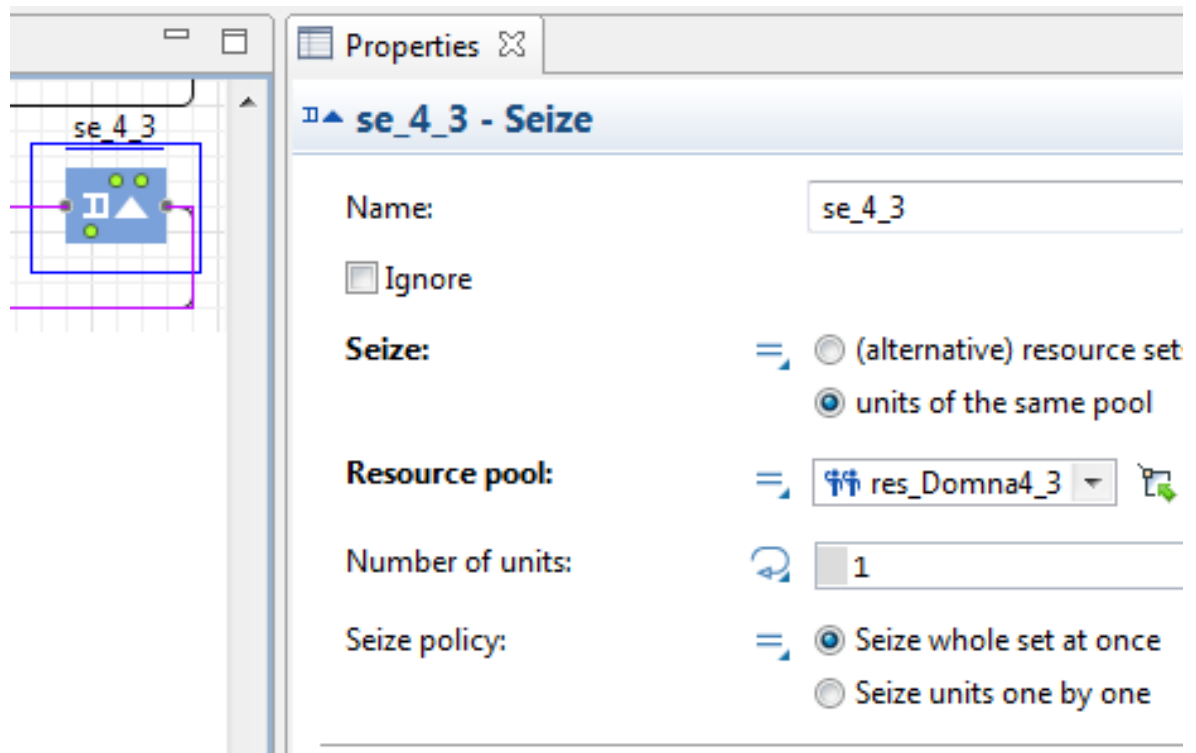


Рисунок 2.31 – Элемент se_4_3

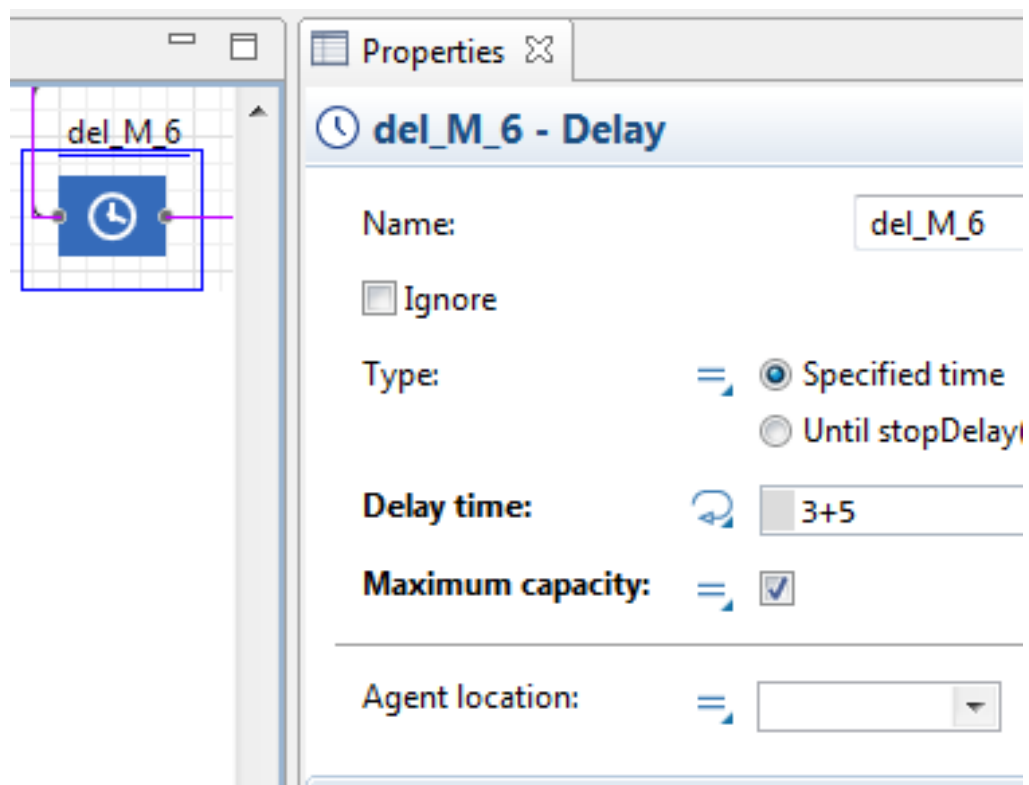


Рисунок 2.32 – Элемент del_M_6

Елемент rel_T7 звільнює перелік ресурсів:

- res_Tepl – тепловоз;
- res_Domna4_3 – ділянку колії ДП-4 – ДП-3.

Це показано на рисунку 2.33.

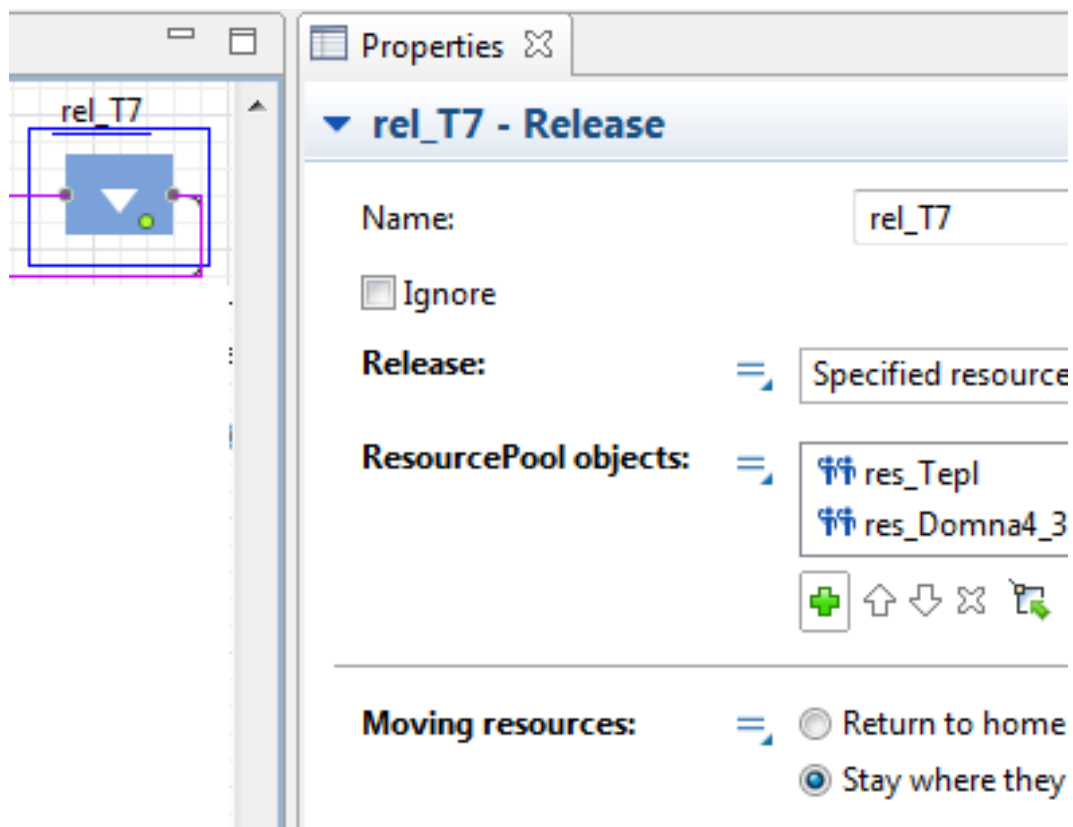


Рисунок 2.33 – Елемент rel_T7

Елемент que_D3 отримує у чергу замовлення, які очікують на момент закінчення випуску чавуну доменної печі №3 та, у разі співпадіння за часом, замовлення з доменної печі №4, що показано на рисунку 2.34.

Дані замовлення з ДП-4 надходять при виконанні відповідної умови у елементі sel_4.

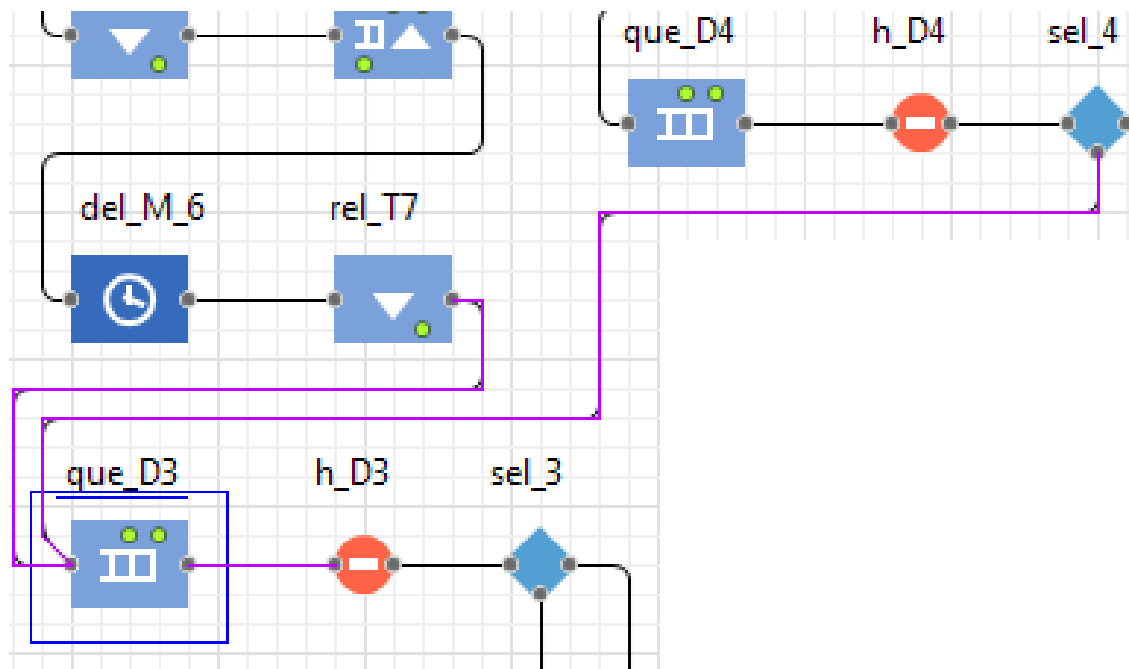


Рисунок 2.34 – Елемент-черга que_D3

При виході усіх замовлень з черги que_D3, вона блокується елементом h_D3 – рисунок 2.35.

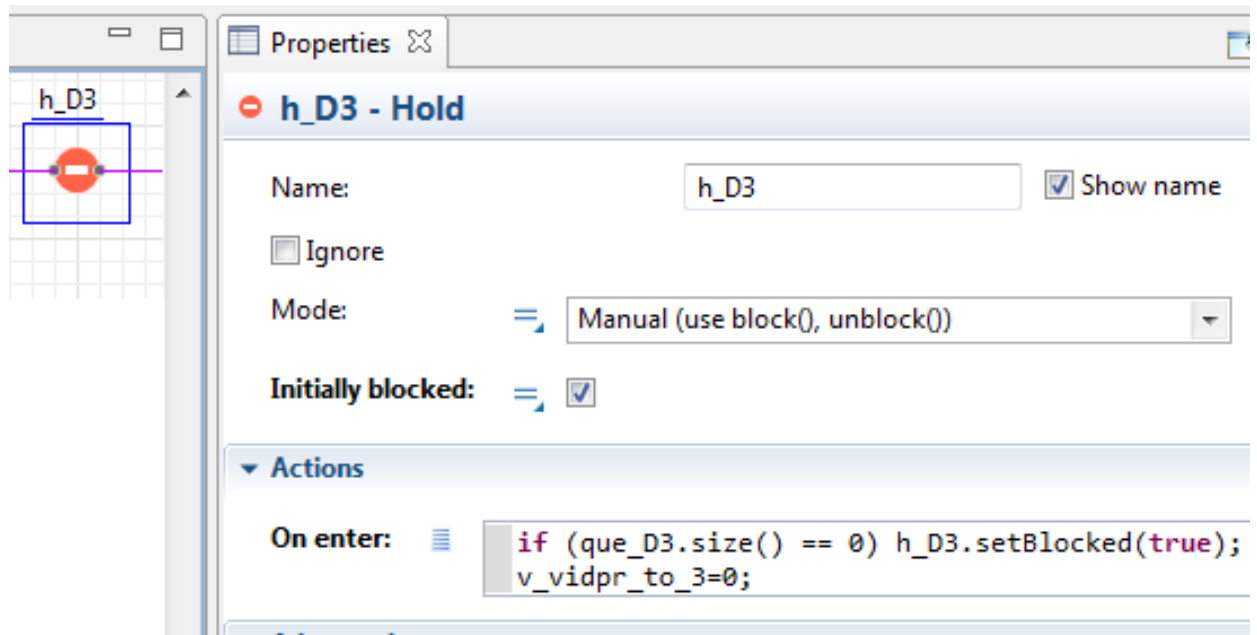


Рисунок 2.35 – Елемент h_D3

Окрім цієї умови:

```
if (que_D3.size() == 0) h_D3.setBlocked(true);,
```

також змінюється значення змінної v_vidpr_to_3:

```
v_vidpr_to_3=0;,,
```

що є сигналом можливості постановки порожніх ковшів для чергового наливу чавуну на цій печі.

Умова руху замовлень за звичайним режимом виконується у разі вірності виразу:

```
v_vibir3==1
```

у елементі sel_3, що показано на рисунку 2.36.

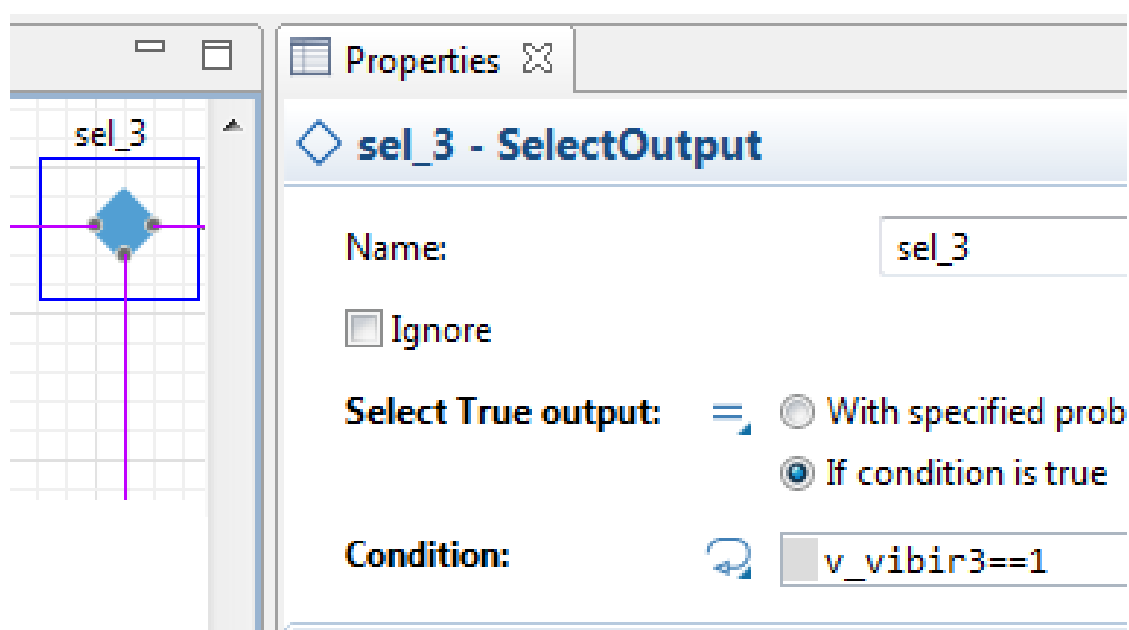


Рисунок 2.36 – Елемент sel_3

Якщо дана умова не виконується, тобто є можливість одночасного обслуговування печей 3 та 2, та, за логікою програми замовлення переходять до черги очікування іншого составу ковшів на доменній печі №2.

Шлях замовлення при $v_vibir3==1$ передбачає проходження аналогічної обробки, як і з печі №4.

На рисунку 2.37 показаний ланцюг, який передбачає:

- захоплення ресурсу-локомотиву елементом se_Tep13 ;
- захоплення ресурсу-ділянки колії між печами 4 та 3 елементом $se_D_4_3$;
- затримку з імітації проходження даної ділянки колії елементом $del_M_3_4$.

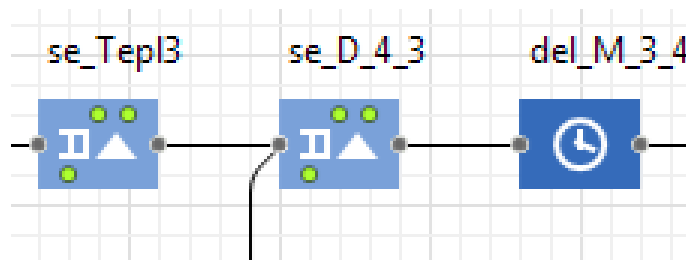


Рисунок 2.37 – Елементи se_Tep13 , $se_D_4_3$, $del_M_3_4$

Наступний ланцюг (рисунок 2.38) передбачає:

- звільнення ділянки між печами 4 та 3 елементом rel_T3 ;
- захоплення ресурсу-ділянки колії між піччю 4 та міксерним відділенням елементом $se_Mixer_4_2$;
- затримку з імітації проходження даної ділянки колії елементом $del_M_4_2$.

Розглянемо продовження шляху просування замовлень – ланцюг елементів rel_M4_2 , rel_T2 , del_M_v5 , які показані на рисунку 2.39.

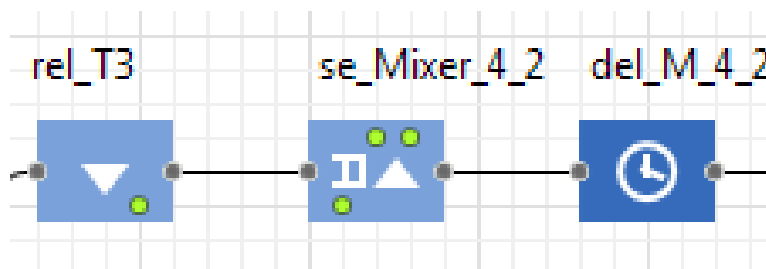


Рисунок 2.38 - Елементи rel_T3, se_Mixer_4_2, del_M_4_2

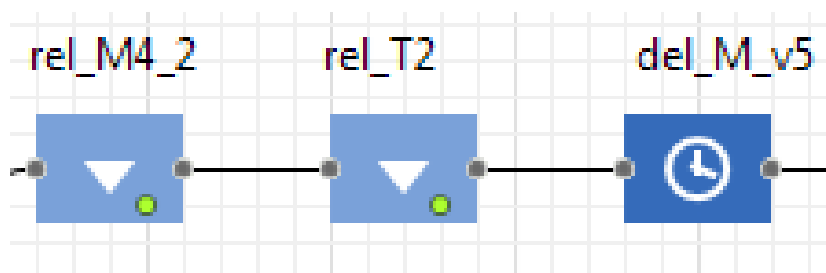


Рисунок 2.39 – Елементи rel_M4_2, rel_T2, del_M_v5

Останній ланцюг передбачає:

- звільнення ділянки між піччю 4 та міксерним відділенням елементом rel_M4_2;
- звільнення ресурсу-локомотиву rel_T2;
- затримка замовлень елементом del_M_v5, що імітує злиття чавуну з ковшів.

Завершується просування замовлень від доменної печі №3 наступними елементами:

- rel_CHKV1 – звільнює ресурси-состави ковшів;
- sink_CHKV1 – знищує замовлення.

Додаткових функції ці елементи не виконують.

Елементи rel_CHKV1 та sink_CHKV1 показані на рисунку 2.40.

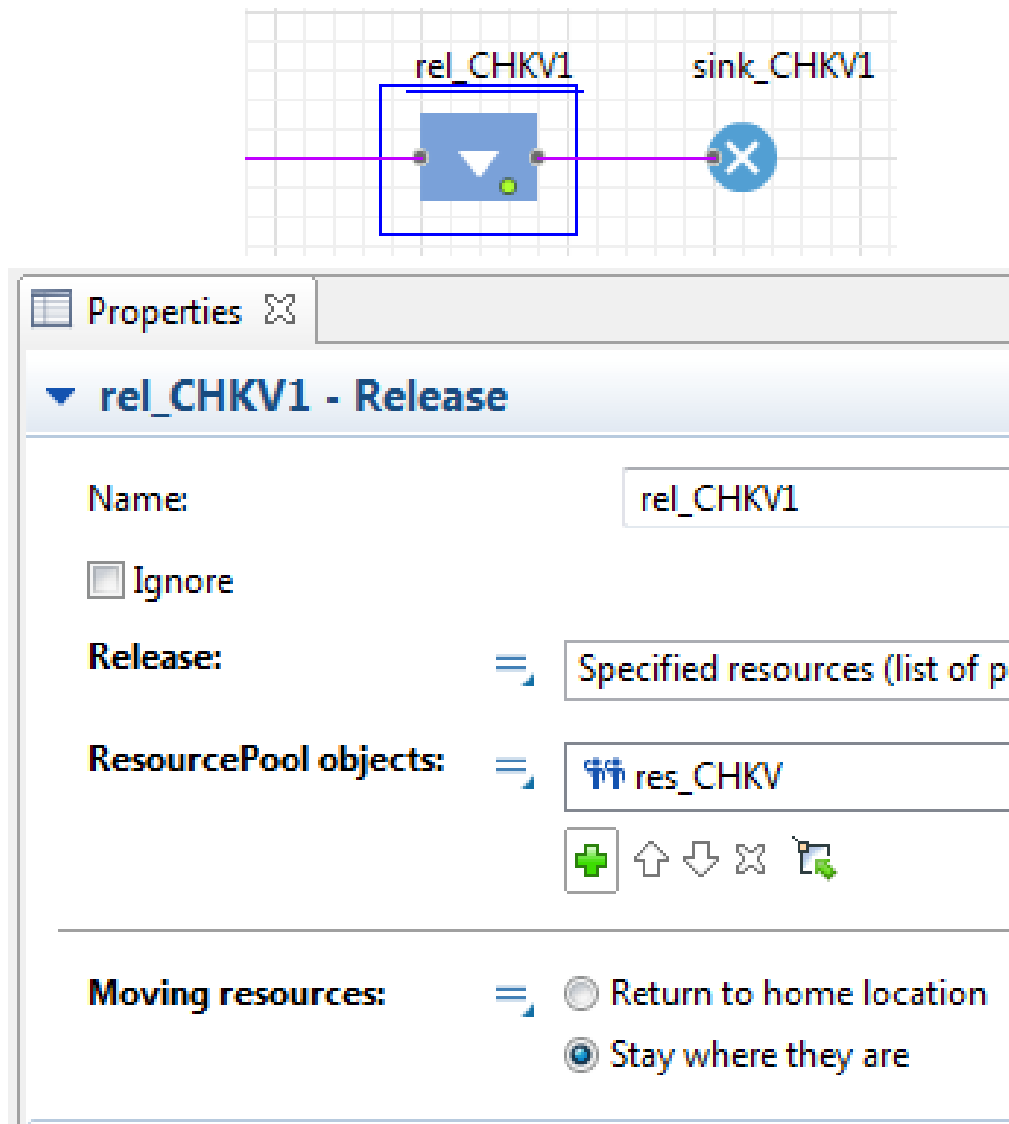


Рисунок 2.40 – Елементи rel_CHKV1 та sink_CHKV1

Розглянемо процес імітації обслуговування доменної печі №2.

2.4 Моделювання обслуговування доменної печі №2

Блок транспортного обслуговування доменної печі №2 показаний на рисунку 2.41.

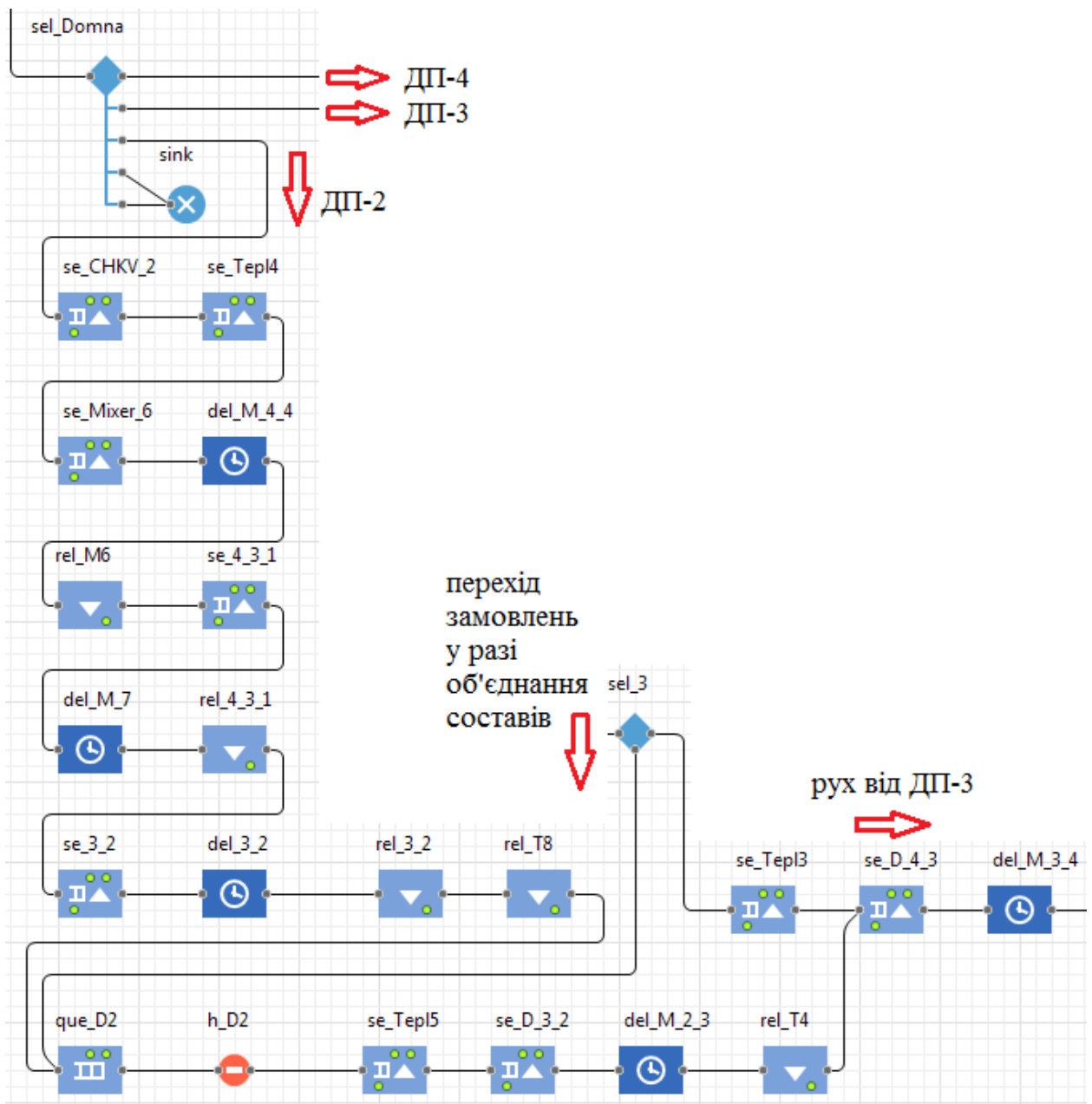


Рисунок 2.41 – Блок транспортного обслуговування доменної печі №2

Усі початкові ланки працюють аналогічно попередньо розглянутим процесам обслуговування доменних печей №4 та №3.

На рисунку 2.42 показаний додатковий ланцюг, що складається з елементів se_3_2, del_3_2, rel_3_2, rel_T8.

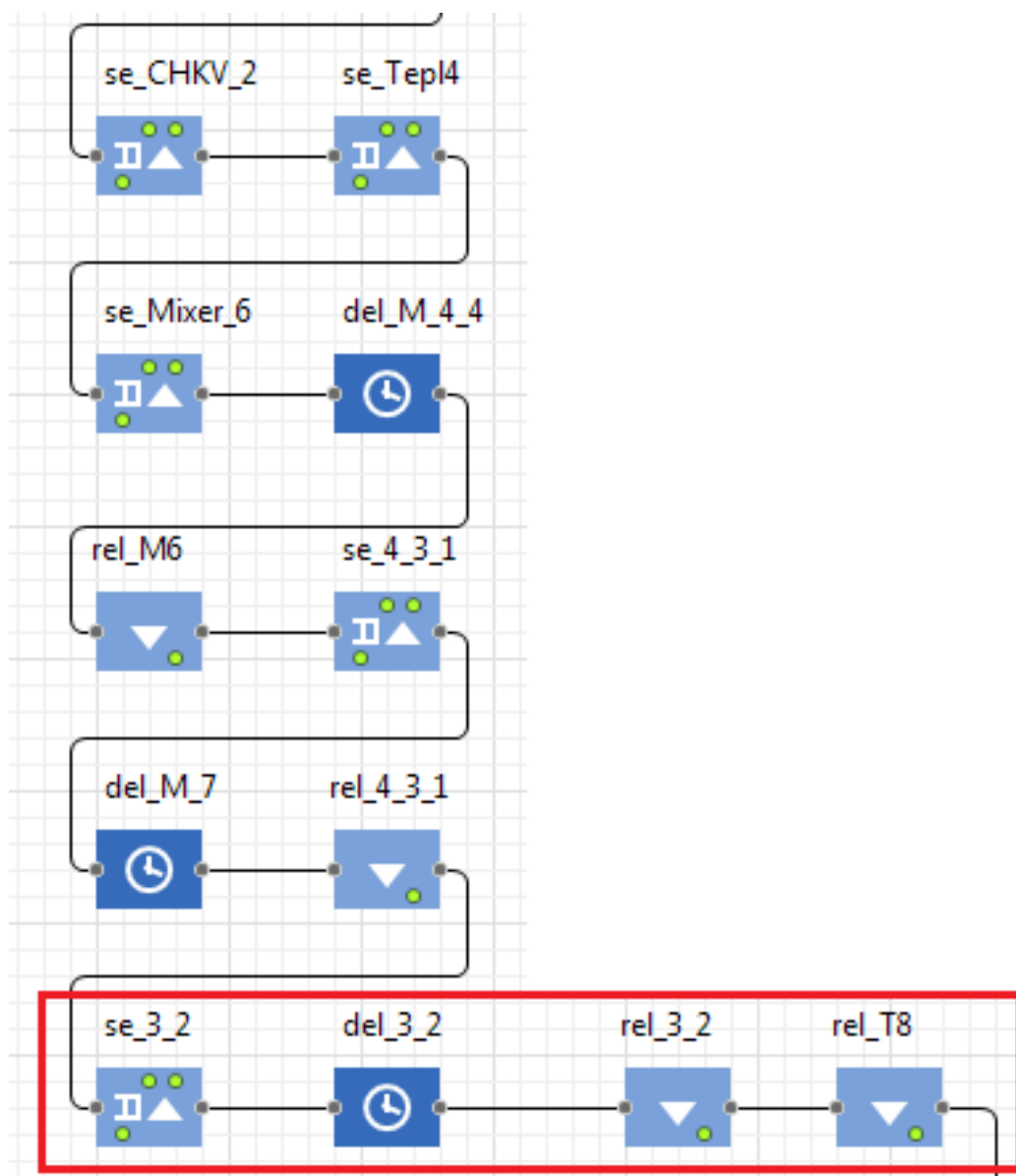


Рисунок 2.42 – Елементи se_3_2, del_3_2, rel_3_2, rel_T8

Даним ланцюгом виконуються процедури:

- захоплення ресурсу-ділянки колії між печами 3 та 2 елементом se_3_2;
- затримка з імітації просування по ділянці ДП3-ДП2 елементом затримки del_3_2;
- звільнення ресурсу-ділянки колії між печами 3 та 2 елементом rel_3_2;
- звільнення ресурсу-локомотиву елементом rel_T8.

До черги que_D2 (рисунок 2.43) сходяться потоки:

- до ДП-2;
- з ДП-3 у разі співпадіння часу закінчення наливу рідкого чавуну.

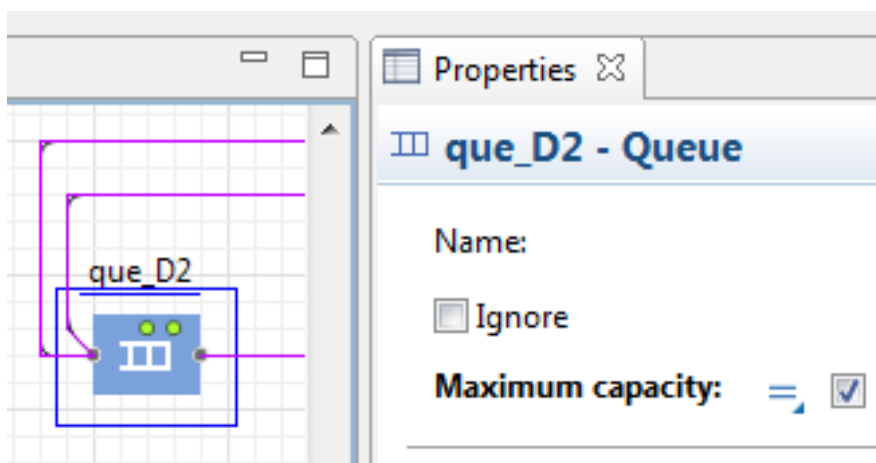


Рисунок 2.43 – Черга que_D2

Після виходу з черги, замовлення проходять розблокований елемент h_D2 – рисунок 2.44.

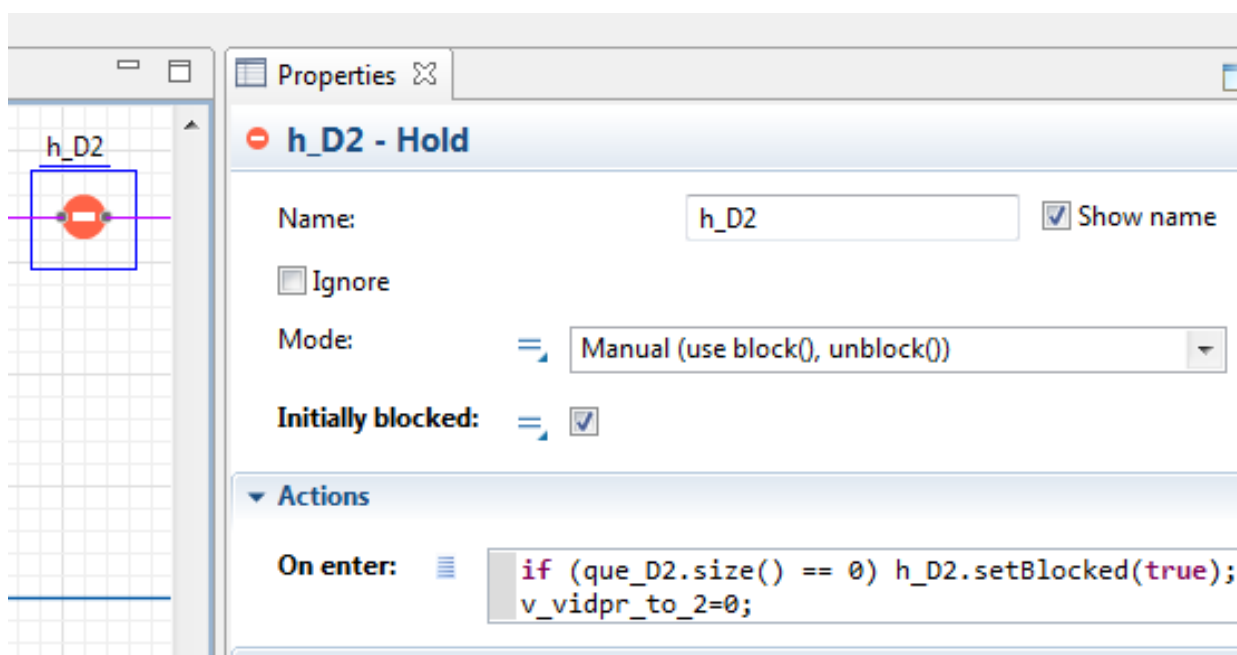


Рисунок 2.44 – Елемент h_D2

Після звільнення черги que_D2 вона знову блокується:

```
if (que_D2.size() == 0) h_D2.setBlocked(true);
```

при чому фіксується вільність для подавання чергового порожнього составу чавуновозів:

```
v_vidpr_to_2=0;
```

нульовим значенням змінної v_vidpr_to_2.

Розглянемо завершальний ланцюг обслуговування доменної печі №2, який переходить до ланцюгу обслуговування ДП-3, який представлено на рисунку 2.45.

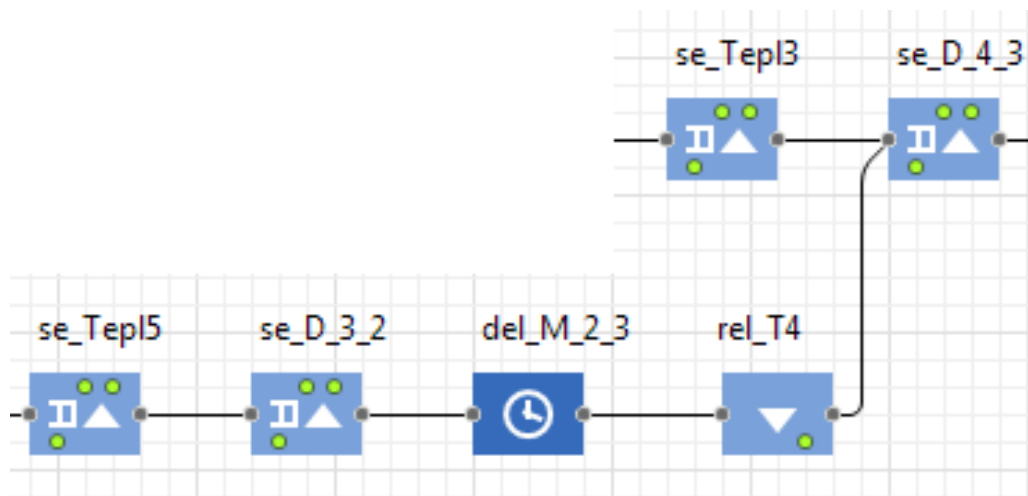


Рисунок 2.45 – Завершальний ланцюг обслуговування доменної печі №2

Елементи даного ланцюга виконують функції:

- захоплення ресурсу-тепловозу елементом se_Tep15;
- захоплення ресурсу-ділянки колії між печами 2 та 3 елементом se_D_3_2;
- затримка з імітації просування по ділянці ДП2-ДП3 елементом затримки del_M_2_3;

- звільнення ресурсу-ділянки колії між печами 2 та 3 елементом rel_T4.

Після цього елементи рухаються вже від доменної печі №3, тож логічним є використовувати готовий існуючий ланцюг, розглянутий у попередньому пункті роботи.

2.5 Елементи управління моделлю

До основних елементів управління віднесено об'єкти типу «подія»:

- ev_Pochat;
- ev_Plavka.

Елемент ev_Pochat показаний на рисунку 2.46.

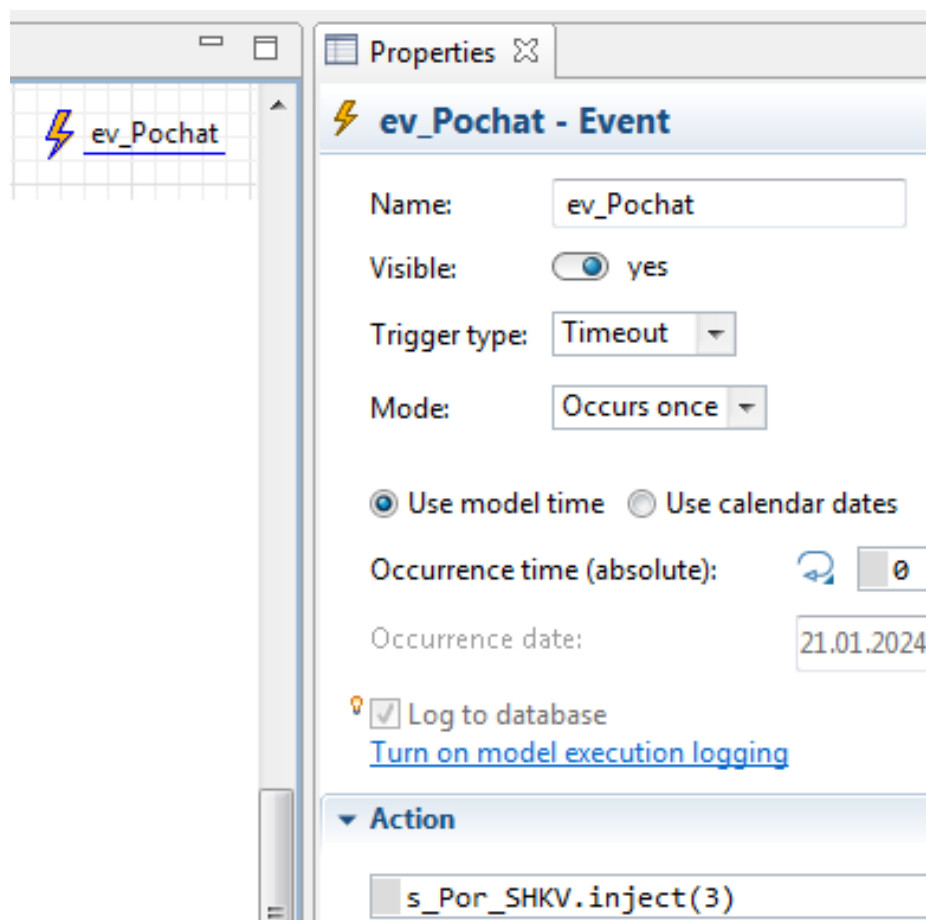


Рисунок 2.46 – Елемент ev_Pochat

Даний елемент викликає один раз три замовлення у генераторі замовлень при початку роботи моделі:

```
s_Por_SHKV.inject(3),
```

надалі даний елемент не використовується.

Елемент `ev_Plavka`, представлений на рисунку 2.47, здійснює управління системою руху замовлень.

Код управління виходом завантажених составів з печей згідно з графіком випуску:

```
if (time(MINUTE) >= v_t_hour4)
{
    v_vibir4=1;
    if (v_t_hour4+v_t_ochik>v_t_hour3) v_vibir4=2;
    h_D4.setBlocked(false);
    v_t_hour4=v_t_hour4+v_t_next4;
    v_plavka=1;
}

if (time(MINUTE) >= v_t_hour3)
{
    v_vibir3=1;
    if (v_t_hour3+v_t_ochik>v_t_hour2) v_vibir3=2;
    h_D3.setBlocked(false);
    v_t_hour3=v_t_hour3+v_t_next3;
    v_plavka=1;
}

if (time(MINUTE) >= v_t_hour2)
{
    h_D2.setBlocked(false);
    v_t_hour2=v_t_hour2+v_t_next2;
    v_plavka=1;
}.
```

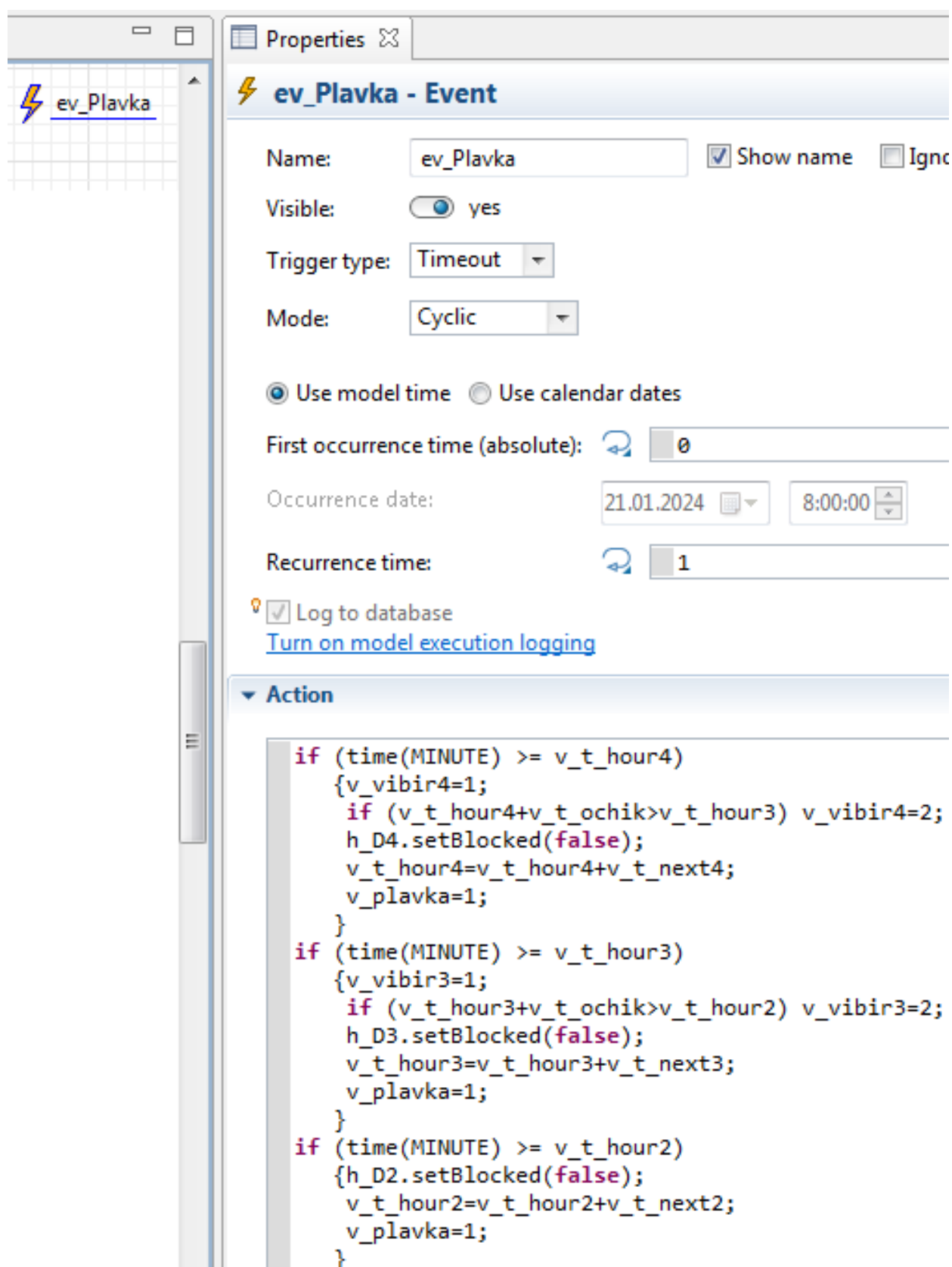


Рисунок 2.47 – Элемент ev_Plavka

Умови виду:

`if (v_t_hour4+v_t_ochik>v_t_hour3) v_vibir4=2;`

визначають можливість вивозу одразу декількох составів чавуновозів, якщо у межах часу, встановлених змінною `v_t_ochik`, моменти закінчення випусків співпадають.

Продовження коду елементу `ev_Plavka` показано на рисунку 2.48.

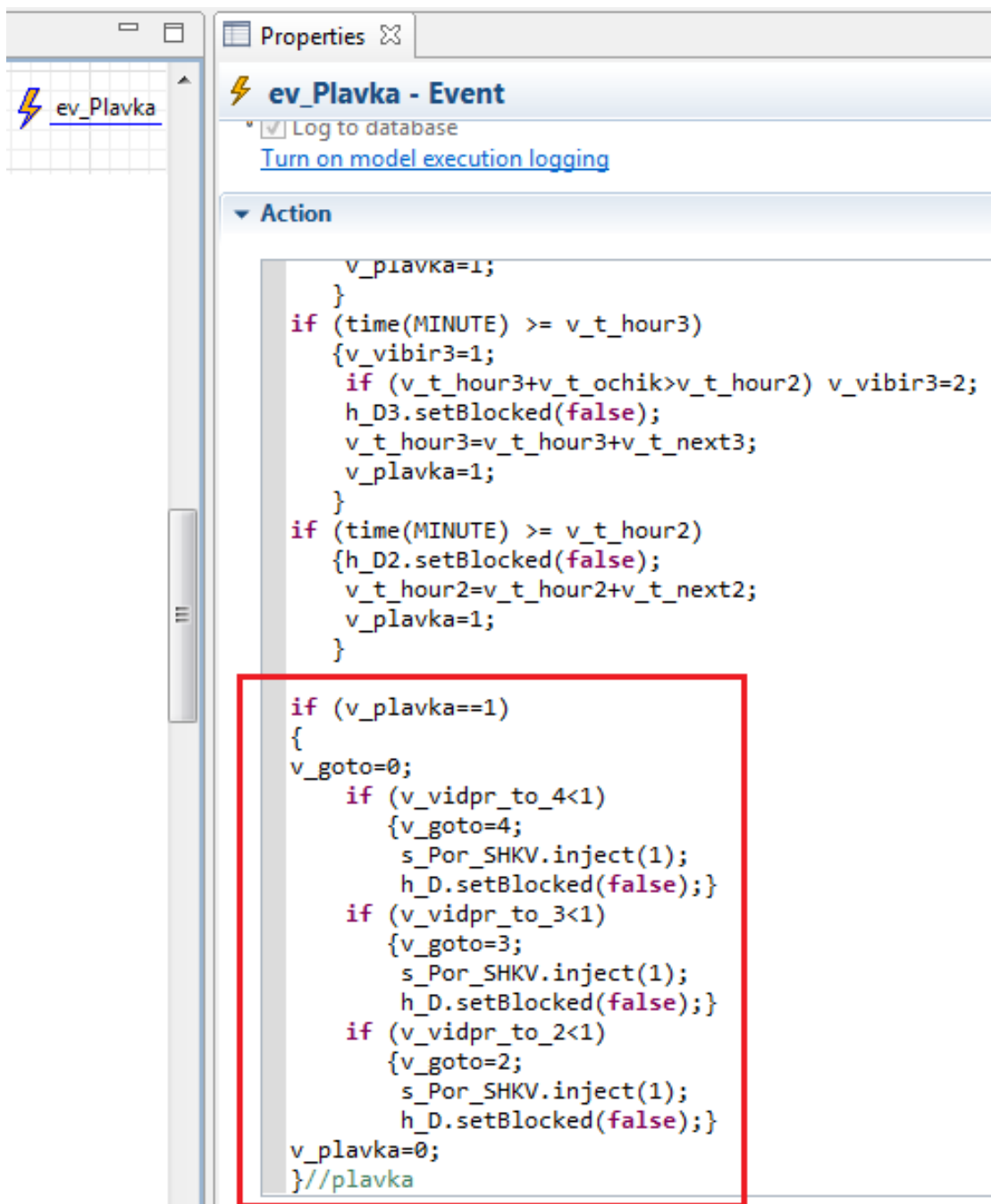


Рисунок 2.48 – Продовження коду елементу `ev_Plavka`

Даний код генерує нові замовлення та визначає значення змінних, які обирають чергові вільні для обслуговування об'єкти – доменні печі та розблоковує елемент h_D .

Загальний вигляд програми імітаційного моделювання Domna наведений на рисунку 2.49.

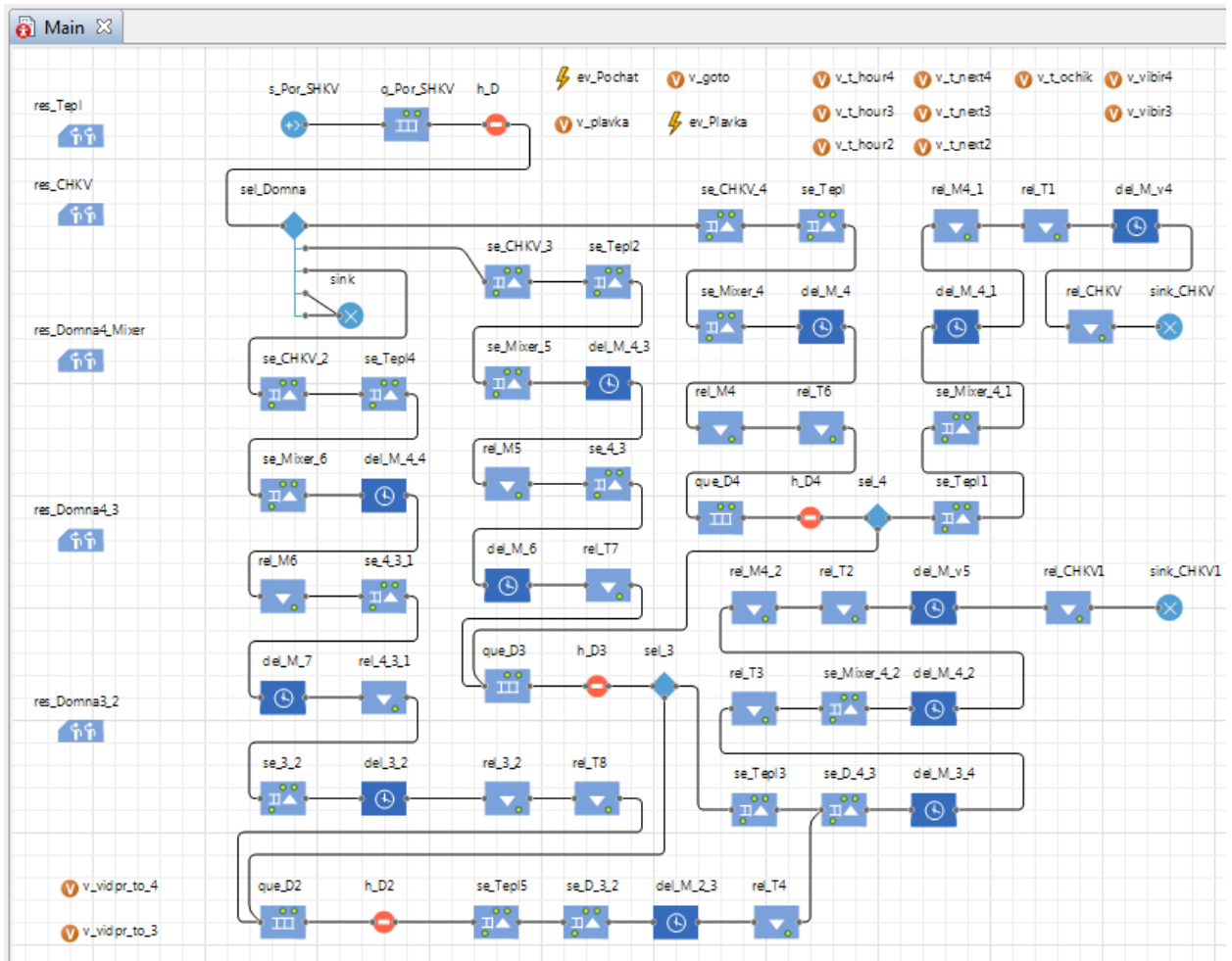


Рисунок 2.49 – Загальний вигляд програми Domna

Надалі поставимо експерименти на програмі Domna.

2.6 Експерименти на програмі Domna

2.6.1 Постановка першого типу експериментів

Розглянемо можливі у реальних умовах варіанти роботи доменних печей. Інтервал випуску ДП-4 прийнято 120 хвилин, ДП-3 – 180 хвилин, ДП-2 – 150 хвилин.

Початок першого випуску:

- ДП-4 – 0:00;
- ДП-3 – 0:30;
- ДП-2 – 1:30.

Тривалість циклу повторюваності випусків становить 1800 хвилин, що показано у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Схема першого експерименту у програмі Domna

Час, хв.	Кількість випусків чавуну			
	ДП-4	ДП-3	ДП-2	Разом
0	1			1
30		1		1
60				0
90			1	1
120	1			1
150				0
180				0
210		1		1
240	1		1	2
270				0
300				0
330				0
360	1			1
390		1	1	2
420				0
450				0
480	1			1

Продовження таблиці 2.1

Час, хв.	Кількість випусків чавуну			
	ДП-4	ДП-3	ДП-2	Разом
510				0
540			1	1
570		1		1
600	1			1
630				0
660				0
690			1	1
720	1			1
750		1		1
780				0
810				0
840	1		1	2
870				0
900				0
930		1		1
960	1			1
990			1	1
1020				0
1050				0
1080	1			1
1110		1		1
1140			1	1
1170				0
1200	1			1
1230				0
1260				0
1290		1	1	2
1320	1			1
1350				0
1380				0
1410				0
1440	1		1	2
1470		1		1
1500				0
1530				0
1560	1			1
1590			1	1

Кінець таблиці 2.1

Час, хв.	Кількість випусків чавуну			
	ДП-4	ДП-3	ДП-2	Разом
1620				0
1650		1		1
1680	1			1
1710				0
1740			1	1
1770				0
1800	1			-
1830		1		-
1860				-
1890			1	-

За даними таблиці:

- частка випусків чавуну за не співпадаючими інтервалами становить 84%;
- частка випусків чавуну за співпадаючими інтервалами становить 16%.

2.6.2 Постановка другого типу експериментів

З другим експериментом передбачається зміна графіків випусків з метою більшого спів падіння моментів їх закінчення. Інтервали випусків залишаються без змін ДП-4 прийнято 120 хвилин, ДП-3 – 180 хвилин, ДП-2 – 150 хвилин. Змінюється початок першого випуску:

- ДП-4 – 0:00;
- ДП-3 – 0:00;
- ДП-2 – 1:00.

Тривалість циклу повторюваності випусків також становить 1800 хвилин, що показано у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Схема другого експерименту у програмі Domna

Час, хв.	Кількість випусків чавуну			
	ДП-4	ДП-3	ДП-2	Разом
0	1	1	1	3
30				0
60				0
90				0
120	1			1
150			1	1
180		1		1
210				0
240	1			1
270				0
300			1	1
330				0
360	1	1		2
390				0
420				0
450			1	1
480	1			1
510				0
540		1		1
570				0
600	1		1	2
630				0
660				0
690				0
720	1	1		2
750			1	1
780				0
810				0
840	1			1
870				0
900		1	1	2
930				0
960	1			1
990				0
1020				0
1050			1	1
1080	1	1		2

Кінець таблиці 2.1

Час, хв.	Кількість випусків чавуну			
	ДП-4	ДП-3	ДП-2	Разом
1110				0
1140				0
1170				0
1200	1		1	2
1230				0
1260		1		1
1290				0
1320	1			1
1350			1	1
1380				0
1410				0
1440	1	1		2
1470				0
1500			1	1
1530				0
1560	1			1
1590				0
1620		1		1
1650			1	1
1680	1			1
1710				0
1740				0
1770				0
1800	1	1	1	3

За даними таблиці:

- частка випусків чавуну за не співпадаючими інтервалами становить 69%;

- частка випусків чавуну за співпадаючими інтервалами становить 31%.

Тобто виконуємо експерименти за двома схемами:

- при рівномірному режимі випуску чавуну печами;
- при згущеному режимі випусків.

Крім того, у якості додаткового змінного використовуємо параметр часу очікування одним составом навантаження іншого.

2.6.3 Аналіз результатів роботи програми Dompa

Результати роботи програми Dompa показані у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати роботи програми Dompa

Графік випусків	Час очікування для групування составів, хв.	Відсоток використання локомотивів, %	Відсоток використання чавуновозних составів, %
Рівномірний	5	55	61
	10	55	61
	15	50	73
Згущений	5	48	75
	10	46	86
	15	44	87

Отримані результати переведемо у показники, які придатні для проведення економічних розрахунків.

Вони представлені у таблиці 2.4. За технічними показниками можливим є виділити 3 варіанти, які будуть порівняні за економічними показниками.

Таблиця 2.4 – Показники для економічних розрахунків

Графік випусків	Час очікування для групування составів, хв.	Час використання локомотивів, год/рік	Потрібна кількість чавуновозів, од.
Рівномірний	5	14454	25
	10	14454	25
	15	13140	30
Згущений	5	12614	30
	10	12089	35
	15	11563	35

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Параметри варіантів організації робіт

В роботі аналізується теоретична можливість узгодження випусків чавуну доменними печами з метою об'єднання одиничних составів у подвійні при їх доставці до міксерного відділення.

Дослідження базуються на основі реальної інфраструктури комбінату «Запоріжсталь».

У проєктній частині на імітаційній моделі виконано аналіз різних варіантів організації робіт, серед шести експериментів відібрані три варіанти, найбільш привабливі за технічними показниками. Їх параметри наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Параметри варіантів організації робіт

№ варіанту	Графік випусків	Час очікування для групування составів, хв.	Час використання локомотивів, год/рік	Потрібна кількість чавуновозів, од.
1	Рівно- мірний	5	14454	25
2		15	13140	30
3	Згущений	15	11563	35

3.2 Економічна ефективність

З урахуванням [10,11] сформуємо методику визначення економічних показників по варіантах доставки чавуну, вартість витрат $C^ч_i$ можна встановити за виразом:

$$C^ч_i = C^ч_{лок_i} + C^ч_{кв_i}, \quad (3.1)$$

де $C^ч_{лок_i}$ – вартість експлуатації тепловозів, грн;

$C^ч_{кв_i}$ – вартість експлуатації чавуновозних составів, грн.

Вартість експлуатації тепловозів $C^ч_{лок_i}$ на доставці чавуну визначаємо за виразом:

$$C^ч_{лок_i} = T^ч_{лок_i} C^ч_{лок}, \quad (3.2)$$

де $T^ч_{лок_i}$ – час роботи локомотивів за і-м варіантом доставки чавуну, годин;

$C^ч_{лок}$ – собівартість використання локомотивів на доставці чавуну, грн/годину;

$$C^ч_{лок} = 1021 \text{ грн/год.}$$

Вартість експлуатації чавуновозних ковшів можна визначити за виразом:

$$C^ч_{кв_i} = 8760 N^ч_{кв_i} C^ч_{кв}, \quad (3.3)$$

де 8760 – час роботи чавуновозу, який знаходиться в роботі, на протязі

календарного року, год.;

$N_{\text{КВ}_i}^{\text{ч}}$ – кількість чавуновозних ковшів у роботі, за варіантом організації доставки, од.;

$C_{\text{чв}}^{\text{ч}}$ – собівартість експлуатації одного чавуновозу, грн/годину.

$C_{\text{чв}} = 29,84$ грн/год.

3.3 Витрати за варіантом доставки чавуну №1

Виконаємо розрахунки витрат за варіантом доставки чавуну №1.

Згідно (3.2) витрати на експлуатацію тепловозів з доставки чавуну $C_{\text{лок}_1}^{\text{ч}}$ становлять:

$$C_{\text{лок}_1}^{\text{ч}} = 14454 \cdot 1021 = 14757534 \text{ грн.}$$

Згідно (3.3) витрати на експлуатацію чавуновозних ковшів $C_{\text{КВ}_1}^{\text{ч}}$ становлять:

$$C_{\text{КВ}_1}^{\text{ч}} = 8760 \cdot 25 \cdot 29,84 = 6534960 \text{ грн.}$$

Загальні витрати по доставці чавуну за варіантом №1 згідно формули (3.1):

$$C_1^{\text{ч}} = 14757534 + 6534960 = 21292494 \text{ грн.}$$

Тобто витрати за варіантом №1 доставки чавуну становлять 21,29 млн грн на рік.

3.4 Витрати за варіантом доставки чавуну №2

Виконаємо розрахунки експлуатаційних витрат за варіантом доставки чавуну №2.

Згідно (3.2) витрати на експлуатацію тепловозів з доставки чавуну $C_{\text{лок}_2}^{\text{ч}}$ становлять:

$$C_{\text{лок}_2}^{\text{ч}} = 13140 \cdot 1021 = 13415940 \text{ грн.}$$

Згідно (3.3) витрати на експлуатацію чавуновозних ковшів $C_{\text{кв}_2}^{\text{ч}}$ становлять:

$$C_{\text{кв}_2}^{\text{ч}} = 8760 \cdot 30 \cdot 29,84 = 7841952 \text{ грн.}$$

Загальні витрати по доставці чавуну за варіантом №1 згідно формули (3.1):

$$C_2^{\text{ч}} = 13415940 + 7841952 = 21257892 \text{ грн.}$$

Тобто витрати за варіантом №2 доставки чавуну становлять 21,26 млн грн на рік.

3.5 Витрати за варіантом доставки чавуну №3

Виконаємо розрахунки експлуатаційних витрат за варіантом доставки чавуну №3.

Згідно (3.2) витрати на експлуатацію тепловозів з доставки чавуну $C_{\text{лок}_3}^{\text{ч}}$ становлять:

$$C_{\text{лок}_3}^{\text{ч}} = 11563 \cdot 1021 = 11805823 \text{ грн.}$$

Згідно (3.3) витрати на експлуатацію чавуновозних ковшів $C_{\text{кв}_3}^{\text{ч}}$ становлять:

$$C_{\text{кв}_3}^{\text{ч}} = 8760 \cdot 35 \cdot 29,84 = 9148944 \text{ грн.}$$

Загальні витрати по доставці чавуну за варіантом №1 згідно формули (3.1):

$$C_3^{\text{ч}} = 11805823 + 9148944 = 20954767 \text{ грн.}$$

Тобто витрати за варіантом №3 доставки чавуну становлять 20,95 млн грн на рік.

3.6 Вибір найбільш ефективного варіанту

Результати розрахунків витрат по доставці чавуну за варіантами представлені у вигляді таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Витрати по доставці чавуну за варіантами, за рік

№ з/п	Показники	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
1	Витрати на експлуатацію чавуновозних составів, грн	14757534	13415940	11805823
2	Витрати на утримання составів чавуновозів, грн	6534960	7841952	9148944
3	Загальні річні експлуатаційні витрати, грн	21292494	21257892	20954767
4	Економія експлуатаційних витрат, грн	-	34602	303125

Найбільшою економія є за варіантом №3 при режимі згущення моментів випусків чавуну та становить близько 300 тис. грн на рік.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі з охорони праці дипломного проекту «Дослідження ефективності узгодження параметрів транспортно-виробничої системи перевезення рідкого чавуну на прикладі ПАТ «Запоріжсталь» розглянуто аналіз потенційних небезпек [12-15], які можуть вплинути на дослідника та працівників в процесі перевезення рідкого чавуну до міксерного відділення мартенівського цеху.

При перевезенні рідкого чавуну застосовуються чавуновози – лафети на залізничному ході із ковшами, які футеровані цеглою всередині. Чавуновози встановлюються під жолобом для наливу чавуну у доменному цеху.

4.1 Аналіз потенційних небезпек

В ході дослідження встановлені такі небезпеки:

- в процесі наливу чавуну у ковші чавуновозів можливим є потрапляння рідкого гарячого металу на працівників, що може призвести до опіків;
- небезпека чавуновоз них составів на працівників;
- технологічний виплеск чавуну з ковшу чавуновозу;
- при перевантаженні рідкого чавуну у міксер, є можливим обривання кріплень з гаків крану, падіння чавуновозного ковша з висоти;
- можливий пролив металу через прогоряння чавуновозного ковшу на залізничні колії. Це може призвести до зупинки руху, або до сходу составу з колії;

- не достатнє освітлення ділянки, де здійснюються вантажні операції з чавуном, може призвести до розливу чавуну не за призначенням.

- при розливу чавуну у чавуновози, діє висока температура на організм робітників й дослідника. При вдиханні можливе опіки дихальних шляхів;

- пожежі можуть виникнути від попадання розплавленого металу на горючі матеріали та через не виконання існуючих вимог протипожежної безпеки;

- можливим є ураження працівників струмом від неізольованих або пошкоджених кабелів вантажопідйомного крану міксерного відділення, що може призвести до електричних травм

У додатку А були розроблені заходи щодо безпеки у надзвичайних ситуаціях [16].

В додатку Б розроблені заходи щодо усунення небезпек в процесі доставки рідкого чавуну.

В додатку В наведені розрахунки показників шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу на робочому місці дослідника.

4.2 Заходи з пожежної безпеки

Для запобігання пожежі на кранах необхідно слідкувати за ізоляцією кабелів, забезпечити захист від їх пошкодження. На крані повинен знаходитися вогнегасник ВВК-5.

Відповідно нормативам по пожежній безпеці, в приміщенні де розташовані ПК, на кожні 20 кв.м повинен бути один вогнегасник.

Для гасіння електрообладнання, до яких відноситься і ПК, застосовується вогнегасник порошковий. Тому для кімнати, де розташований ПК, з площею 56 м² треба розмістити вогнегасник ВВП-5 в кількості 3 шт.

ВИСНОВКИ

В даний час, через воєнний стан в Україні, металургійні підприємства, які знаходяться на неокупованій території, працюють у нестабільних умовах. Зокрема, комбінат «Запоріжсталь» з початку військового вторгнення був змушений зупинити виробництво своєї продукції, потім поступово відновлював його.

До роботи була долучена спочатку одна доменна піч, потім друга, а зараз працюють три з чотирьох доменних печей, підтримуючи економіку країни у дані важкі часи.

В роботі було розглянуто теоретичну можливість організації взаємодії доменного виробництва та транспорту в контексті узгодження випусків чавуну з метою укрупнення чавуновозних составів.

За реальних умов наявна значна кількість зовнішніх факторів, через які таке узгодження не завжди є можливим, але важливим є розуміння, яка ефективність може бути отримана через реалізацію такого підходу та які складнощі виникають при організації перевізного процесу за ним.

В роботі були виконані наступні завдання:

- відокремлено для розгляду транспортно-виробничу підсистему доставки рідкого чавуну до міксерного відділення мартенівського цеху, як систему основного вантажопотоку;
- розроблено імітаційну модель організації перевезень рідкого чавуну у даній підсистемі, яка враховує можливість зміни параметрів очікування завантаженим составом наливу чавуну у чавуновози на іншій доменній печі;
- виконано оцінку впливу зміни графіку випусків чавуну в контексті згущення моментів часу закінчення випусків.

Дослідження спиралось на реально можливі параметри випуску чавуну.

На імітаційній моделі було виконано аналіз різних варіантів організації робіт, серед шести експериментів відібрані три варіанти, найбільш привабливі за технічними показниками.

Варіант з найбільшою економією – №3 при режимі згущення моментів випусків чавуну із економічним ефектом близько 300 тис. грн на рік.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Офіційний сайт ПАТ «Запоріжсталь»: «Про підприємство». URL : <https://zaporizhstal.com/> (дата звернення: 12.10.2023).
2. «Запоріжсталь» вводить в експлуатацію доменну піч №2. GMK CENTER. URL : <https://gmk.center/ua/news/zaporizhstal-vvudit-v-ekspluataciju-domennu-pich-2/> (дата звернення: 12.10.2023).
3. GMK CENTER : «Запоріжсталь». URL : <https://gmk.center/ua/manufacturer/zaporizhstal/> (дата звернення: 12.10.2023).
4. Міжцехова інструкція по взаємодії працівників доменного, мартеновського, агломераційного цехів, цеху водопостачання, цеху шлакопереробки, ТЕЦ, ВВО з працівниками Доменного залізничного району ЦЕ УЗТ при обслуговуванні залізничними перевезеннями. – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2009. – 42с.
5. Технічно-розпорядчий акт станції Доменна. – Запоріжжя: ПАТ «Запоріжсталь», 2021. – 27с.
6. Лащених О.А. Імовірнісні і статистико-експериментальні методи аналізу транспортних процесів і систем / О.А.Лащених, О.Ф.Кузькін, С.В.Грицай. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2011. – 420 с.
7. Лащених О.А. Методи і моделі оптимізації транспортних процесів і систем / О.А.Лащених, О.Ф.Кузькін. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2006. – 435 с.
8. Турпак, С. М. Логістичні системи управління залізничним транспортом металургійних підприємств [Текст]: монографія / С. М. Турпак. – Херсон : Грінь Д. С., 2015. – 264 с.
9. Середа Б.П. Підвищення експлуатаційної стійкості та ефективності роботи промислового транспорту в умовах металургійного підприємства: монографія / Б.П. Середа, С.М. Турпак, І.В. Кругляк, О.О. Острогляд,

Д.Я. Муковська, Д.Б. Середа, Д.О. Кругляк. – Кам'янське: ДДТУ, 2021. – 272 с.

10. 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.

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, 2021. – 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. ДСанПіН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. [Чинний від 1998-12-10]. К. : МОЗ України, 1998. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=2445>. (Державні санітарні правила та норми).

15. Лазуткін М. І. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» в магістерських дипломних роботах (проектах) : зі спеціальності 275.02 – «Транспортні технології на залізничному транспорті» за освітньою програмою (спеціалізацією) – «Транспортні технології на залізничному транспорті»; «275.03 – Транспортні

технології на автомобільному транспорті» за освітньою програмою (спеціалізацією) – «Транспортні технології на автомобільному транспорті» : Запоріжжя: Каф. ОП і НС. НУ «Запорізька політехніка», 2019. 35 с

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

ДОДАТОК А

ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Організація цивільного захисту на промисловому об'єкті [16].

Цивільний захист (ЦЗ) на промисловому об'єкті (надалі - на об'єкті) організується з метою захисту персоналу об'єкта і населення, що проживає поблизу від нього, від надзвичайних ситуацій (НС) природного, техногенного і військового характеру.

Основними завданнями ЦЗ на об'єкті є:

- захист персоналу об'єкта і населення від НС;
- підвищення стійкості функціонування об'єкта в умовах НС;
- проведення аварійно-рятувальних і інших невідкладних робіт у вогнищах ураження і зонах катастрофічного затоплення.

Служба оповіщення і зв'язку створюється на базі вузла зв'язку об'єкта.

Медична служба організовується на базі медсанчастини об'єкта. Начальник служби – головний лікар.

Служба радіаційного та хімічного захисту розробляє й виконує захід щодо захисту людей, живильних блоків, складів продуктів від дій радіаційних і отруйних речовин

Служба охорони громадянського порядку створюється на базі підрозділів служби охорони. Вона забезпечує надійну охорону об'єкта; підтримку громадянського порядку в районах нещасть

Служба енергопостачання та світломаскування створюється на базі відділу головного енергетика. Начальник служби – головний енергетик об'єкта.

Аварійно-технічна служба організовується на базі виробничого, технічного відділів або відділів головного механіка.

Служба сховищ і вкриттів створюється на базі відділу капітального будівництва, житлово-комунального відділу, будівельних бригад (цехів).

Транспортна служба створюється на базі транспортного цеху (гаража). Вона розробляє та проводить заходи щодо забезпечення перевезень евакуйованих; організовує перевезення сил і засобів у зони ураження;

Служба матеріально-технічного постачання створюється на базі відділу матеріально-технічного постачання об'єкта.

ДОДАТОК Б

ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ

При розливі чавуну робітники повинні бути одягнені у спеціальний одяг, який захистить від опіків.

На обличчя одягається маска для запобігання попадання гарячого повітря. ДСТУ 7238:2011 «Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту».

Для попередження ураження електричним струмом не обхідно проводити перевірку знань на 4 чи 3 групи з електробезпеки, забезпечувати устрій захисного заземлення, проводити періодичні перевірки справності кабельних барабанів. Всі силові кабелі для уникнення випадкового пошкодження укладені в спеціальні жолоба.

Для запобігання попадання рідкого гарячого чавуну на робітників, останні повинні знаходитися на безпечній відстані від місця розливу чавуну та повинні бути одягнені у спеціальний одяг відповідно ДСТУ 7238:2011 «Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту».

Для запобігання сходження чавуновозів з колії, необхідно, в випадку попадання рідкого металу на колії, зчищати його з пуття та складати у відведене місце.

Крім того, передбачене закріплення чавуновоз них составів на пуктях наливу та злиття спеціальними дерев'яними клинами або низькими металевими гальмівними башмаками, які дозволяють здійснити перекочування коліс при заливанні чавуном.

Перед розливі чавуну у ковш, необхідно оглядати кріплення на ньому на предмет появи розколин чи інших дефектів.

Для забезпечення нормативного рівня освітленості на майданчику навантаження передбачено обладнання освітленості в розмірі 20 лк відповідно ДБН В.2.ю5-28-2018 «Природне та штучне освітлення». Робоче освітлення розміщено на щоглах поза зоною майданчика. Для освітлення застосовуються прожектори типу ПЗС-35 з газоразрядними лампами ДРЛ-700.

ДОДАТОК В

ФАКТОРИ САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНОГО ХАРАКТЕРУ

При обробці статистичних даних в лабораторії з персональним комп'ютером (ПК), можливе виникнення напруженості праці та інші фактори санітарно-гігієнічного характеру.

На робочому місці лабораторії обладнаної ПК, були проведені дослідження та виміри показників шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, результати яких занесені до таблиці вимірювань.

У відповідності до вихідних даних, вносимо наявні фактори умов праці та виробничого середовища що впливають на працівника в процесі трудової діяльності їх фактичне значення та час дії вносимо до стовпчиків 1, 2, 3, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою».

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 та повинні відповідати легким фізичним роботам – категорії 1а.

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

Таблиця В.1 – Результати оцінювання за бальною шкалою

Фактор (показник)	Виміряні показники $P_{вим}$	Час дії $год.(хв.)$	ГДК, ГДР, показники, $P_{доп}$	$X_{визн}$, бали	Клас умов праці	X_i , бали
1	2	3	4	5	6	7
Мікроклімат за ТНС-індексом, $t, ^\circ C$	27,5	9	23,5-26,4	3	3.3	3
Освітленість приміщення E , лк	200	10	300	—	3.1	1
Розряд і підрозряд зорових робіт, $З_{ор}$	Б-1	—	—	—	—	—
Рівень шуму L , дБА	95	5	80	—	3.2	1,25
Загальні енергозатрати організму, Bm	190	7	290	0,57	3.3	3
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	63000	7	40000	1,38		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	81	7	75	0,95		
Тривалість робочого дня, год.	10	1 0	8	,23		

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

- для гігієнічної оцінки мікроклімату використовуємо ТНС-індекс, додаток Б [12]. Розрахунковий коефіцієнт $X_{визн}$ при оцінка мікроклімату визначаємо в балах, за формулою 7.1:

$$X_{визн} = \frac{1 \cdot t_1 + 2 \cdot t_2 + 3 \cdot t_3 + 4 \cdot t_4}{T} = \frac{3 \cdot 9}{9} = 3$$

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

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вум} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{доп}} = \frac{190 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 290} = 0,57;$$

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вум} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{доп}} = \frac{63000 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 40000} = 1,38;$$

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вум} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{доп}} = \frac{81 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 75} = 0,95;$$

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

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

Визначаємо клас та ступінь шкідливості умов праці для кожного з виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчику 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 $P_{вим} = 200$ лк, за додатками Г та табл. Г.1 [12] – 3 клас, 1 ступінь (3.1);

- для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму $P_{вим} = 95$ 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 $X_{визн}$ за формулою 7.3 [12]:

$$X_{сум} = \sum_{i=1}^n X_i = 0,57 + 1,38 + 0,95 + 0,23 = 3,13$$

$$X_{сум} = 3,13 - 3 \text{ клас, } 3 \text{ ступінь (3.3).}$$

Так як загальна гігієнічна оцінка умов праці за ступенем шкідливості та небезпечності, з урахуванням комбінованої та сумісної дії виробничих факторів, встановлюється за найбільш високим класом та ступенем шкідливості окремих факторів і показників, тому 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 3 класу, 1 ступеню умов праці та діє протягом 9 годин, тому коректування не потрібно – $X_{cm} = X_i = 1$;

- для оцінки впливу шуму, виходимо з того, що його рівень відповідає 3 класу, 2 ступеню умов праці та діє протягом 6 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]:

$$X_{факт} = \sum_{i=1}^n X_i = 3 + 1 + 1,25 + 3 = 8,25$$

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану – $X_{факт} = 8,25$, 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) – 20 %.

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

- мікрокліматичні умови, за інтегральним показником теплового навантаження середовища – ТНС-індексом – 21,0-23,4°C;

- освітленість приміщення для роботи з дисплеями та відеотерміналами відповідає розряду зорових робіт Б-1, нормована загальна освітленість якого, на робочих столах – $E = 300$ лк;

- рівень шуму в робочій зоні дослідника – 80 дБА;

- загальні енергозатрати організму, до 140 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 кондиціонування приміщення;

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

- для зниження рівня шуму в 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 до 6...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 20%.