

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

**Навчально - науковий інститут транспорту і будівництва
Кафедра логістичного управління та безпеки руху на транспорті**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної випускної роботи**

освітній ступінь - магістр
спеціальність - 275 - Транспортні технології
спеціалізація - 275.2 - Транспортні технології (на залізничному
транспорті)

на тему: «ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТРАНСПОРТНО-
СКЛАДСЬКОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ЛОГІСТИЧНИХ ПРИНЦИПІВ»


Виконав
Здобувач вищої освіти
групи ОПЗТ-19дм


Кужель С.Г.

Керівник:


проф. Круть О.А.

Завідувач кафедри:


проф. Чернецька-Білецька Н.Б.

Рецензент:


Денисов С.П.

Севєродонецьк – 2021

1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСЬКОЇ ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМТВА

З переходом до ринкових механізмів господарювання суттєво змінилося зовнішнє економічне середовище і підвищилися внутрішньовиробничі вимоги, що значно ускладнило роботу транспортно-складської системи підприємств.

Транспортно-вантажна система металургійних підприємств являє сукупність ряду транспортно-вантажних комплексів [1, 2], що виконують конкретні функціональні завдання в мікропотокових процесах прийому сировини, відвантаження продукції і міжцехових технологічних перевезень.

При логістичному підході до управління транспортно-складської системою передбачається вирішення таких завдань: вибір виду і типу транспортних засобів; спільне планування транспортних процесів зі складськими та виробничими процесами; узгодження роботи різних видів транспорту; визначення раціональних маршрутів доставки вантажів; раціональне розміщення складів [3]. Тому функціонування ТСЛС як частини виробничої логістики, у взаємозв'язку з ресурсною та функціональною логістикою, є процесом досягнення встановленої мети при наявності енергоресурсів, організаційних структур технологічних процесів, системи управління і впливу навколишнього середовища [4].

Великий внесок в дослідження та удосконалення роботи транспортно-складських систем промислових підприємств зробили: Бабушкін Г. Ф., Берестовий А. М., Бойко В. А., Губенко В. К., Гусев Ю. В., Козаченко Д. М., Маслак Г. В., Мінеєв С. П., Парунакян В. Е., Смирний М. Ф., Турпак С. М., Учитель О. Д., Чернецька-Білецька Н. Б. та ін.

Для удосконалення роботи транспортно-складських систем необхідно прискорити створення і впровадження передової техніки і технології та значно підвищити рівень комплексної механізації навантажувально-розвантажувальних і ремонтних робіт [5].

Ефективність транспортно-складської системи суттєво залежить від організації виконання вантажних операцій, що характеризуються такими передумовами, як своєчасна доставка, відновлення сипкості, розвантаження, складування, зниження трудомісткості при цих процесах, зменшення втрат вантажів тощо [6, 7].

1.1. Особливості транспортування та розвантаження сировини в холодний період року

Проблема розробки і використання нових підходів до організації і управління перевезеннями та вантажопереробки на підприємстві є важливим напрямком підвищення ефективності його діяльності. Процеси виконання вантажних робіт на промислових підприємствах для певного переліку сипких вантажів залежать від їх фізичного стану. В холодний період року такі вантажі змерзаються, що потребує додаткових витрат часу та енергоносіїв на відновлення їх сипкості.

Методи організації перевезень та управління в зазначених умовах передбачають заходи щодо використання засобів профілактики проти змерзання, створення запасів вантажів на складах підприємства-споживача в теплий період року, сприятливий для виконання навантажувально-розвантажувальних робіт, облаштування пунктів розігріву вантажів у вагонах та використання інших засобів забезпечення нормального ходу процесів виконання вантажних робіт. Актуальним напрямком досліджень залишається розробка нових методів ефективного використання всіх технічних засобів, які задіяні в транспортно-технологічних процесах.

Проблема боротьби зі змерзанням масової сировини, що перевозиться залізничним транспортом, є дуже актуальною і важливою, даній проблемі присвячений ряд наукових праць [8-12].

Над питанням транспортування та розвантаження сипучих вантажів в зимовий період, а також попередження їх змерзання працюють провідні вчені:

Дженчако В. Г., Нагаєва Л. В., Олейніков О. І., Соловйов В. А., Подвицкий М. Г., Приходько А. А., Шкворникова Г. М., Гурін Ю. А., Іванов В. М., Ігнатова Н. В., Рудник М. І., Батраков І. І, Виноградов В. К., Куртуков Я. М., Наумов С. С., Носков Ю. А., Ялоха-Коха Х. та ін.

Однією з найважливіших умов виконання графіку роботи металургійних підприємств є забезпечення безперебійної подачі кам'яного вугілля, рудних матеріалів, будівельних матеріалів і т.д. У зимових умовах при транспортуванні залізничним транспортом сипучі вантажі змерзаються, що ускладнює вивантаження, а також роботу транспорту і промислових підприємств [13].

В більшості випадків розвантаження таких вантажів неможливе без попереднього розпушення або розморожування [14]. Через це в пунктах вивантаження сировини часто відбуваються затримки і накопичується велика кількість вагонів з вантажами, що змерзлися.

Проблема змерзання вантажів призводить до ряду наслідків [15]:

- розвантаження вагонів вимагає великої витрати часу і праці, оскільки вантажі примерзають до їх стінок;
- знижується рівень збереження вагонного парку;
- збільшується час знаходження вагонів під вантажними операціями;
- підвищується собівартість обробки вагонів;
- зменшуються переробні потужності станцій і в цілому ускладнюється робота залізничного транспорту.

Тому питання транспортування та розвантаження сипких вантажів в зимовий період року є актуальним як для магістрального залізничного транспорту, так і для транспорту промислових підприємств.

На умови зберігання, перевантажень і транспортування сипучих вантажів впливають такі основні фізичні властивості, як щільність, вологість, пористість, гранулометричний склад, абразивність, а також корозія та інші специфічні властивості.

Рудні вантажі характеризуються великими коливаннями щільності, яка залежить від вмісту основного компонента, вологості і пористості [16]. Вологість руди змінюється в межах від 4 до 25%, впливає на якість руди і основні фізичні властивості, а також на здатність змерзатися при перевезеннях в холодну пору року. Гранулометричний склад, а також специфічні властивості рудних вантажів, такі як злежуваність, зв'язність і липкість можуть викликати мимовільне виникнення склепінь над випускними отворами бункерів, воронки і люків рухомого складу. Явище склепоутворення перешкоджає вільному вивантаженню вантажу і вимагає прийняття спеціальних заходів для нормалізації перевантажувальних процесів.

Рудні концентрати є продуктами глибокої збагачення залізовмісних та інших видів руд на гірничо-збагачувальних комбінатах. Особлива цінність цього виду рудної сировини полягає в підвищенні вмісту корисного компонента, який в окремих видах концентратів доходить до 90%. За гранулометричним складом концентрати являють собою тонкоподрібнену порошкоподібну пиловидну масу з розмірами окремих частинок від 0,6 до 0,025 мм, при чому основну масу концентратів (75%) складають пилоподібні частки з розмірами від 0,05 мм і менше. Вологість концентратів може змінюватися від 1,0 до 10-15%. Гранулометричний склад концентратів і вологість істотно впливають на величину щільності ($\rho = 2,6 - 1,7 \text{ т / м}^3$), а також на умови перевезення і зберігання.

При невеликій вологості концентрати мають властивості сипучих тіл і легко просочуються в нещільності і щілини кузова вагона, видуваються зустрічними потоками повітря, особливо при збільшенні швидкості руху поїздів. Зі збільшенням вологості концентрати проявляють в теплу пору року таку властивість, як липкість і при вивантаженні на вагоноперекидачах у вагонах залишаються досить великі маси вантажу. Зачистка вимагає великих трудових витрат. Сили адгезії (прилипання до підлоги і стінок вагонів) починають проявлятися при вологості 7% і досягають максимуму при вологості 14%.

У холодну пору року перевозяться концентрати, що сильно змерзаються [17]. Зазначені обставини вимагають особливих умов перевезення та профілактичних заходів. Допустима вологість концентрату взимку повинна становити 1 – 2%, а влітку 6 – 10%, перевезення повинне здійснюватися у спеціально пристосованих вагонах. У зимовий період копалини вугілля схильні до змерзання, особливо після гідровидобутку і проходження мокрого збагачення. Глибина промерзання копалин вугілля залежить від вологості, тривалості перевезення, температури зовнішнього повітря і величини коефіцієнта теплопровідності [18]. Встановлено, що вугілля з більшою щільністю володіє великим коефіцієнтом теплопровідності. Для запобігання змерзання вантажовідправники зобов'язані знизити вологість вугілля до безпечних меж: кам'яне вугілля – 7%. Якщо це неможливо, то вантажовідправник повинен застосувати профілактичні заходи, спрямовані на запобігання або зменшення ступеня змерзання.

Процесу розвантаження передують ряд транспортно-експлуатаційних факторів [19]. Наприклад, якщо вугілля вантажиться при теплій погоді, набирає або утримує вологу в процесі транспортування, спресовується від хитавиці і прибуває в регіон, де в цей час вже морози, то в результаті отримуємо «моноліт», який вивантажити звичайними засобами неможливо. Ця проблема вирішується двома шляхами: запобіганням змерзання вантажу, або відновленням його сипучості.

До числа традиційних профілактичних заходів [20], що зберігають вантажі від змерзання відносяться: попередня сушка насипних вантажів до безпечної вологості; промерзнення зволжених вантажів до їхнього навантаження; рівномірне кроплення їх маси, палуб і стінок трюмів кам'яновугільними і мінеральними маслами, профілактичними рідинами (ніогріном, ісеверіном, розчинами хлористого кальцію і кухонної солі); пересипання вантажу негашеним вапном, тирсою.

Особлива увага в приділяється заходам запобігання змерзання вугілл

[21]. Їх можна розділити на дві групи: профілактика змерзання і відновлення сипучості змерзлих вугілля перед вивантаженням або в процесі вивантаження]

До першої групи заходів відносяться:

- Зневоднення і сушка вугілля. Механічне зневоднення і сушка вугілля здійснюються як завершальний етап процесу мокрого збагачення. Зневодненню піддають концентрат, шлами. Для зниження вологості вугілля після мокрого збагачення застосовують механічне зневоднення за допомогою зневоднюючих, центрифуг, а також вакуум-фільтрів. Застосування механічного зневоднення не забезпечує зниження вологи до безпечної межі, тому вугілля піддають термічній сушці, доводячи вміст вологи в них до можливого меншого значення, що визначається економікою і умовами безпеки роботи [22]. Цей спосіб один з найдорожчих процесів. Так в собівартості збагачення 1 т рядового вугілля 23-25% припадає на сушку.

- Перемішування вологого вугілля з сухим. Метод заснований на поглинанні сухим вугіллям вологи, що міститься у вологому вугіллі. Перемішування вологого вугілля з сухим можна здійснювати різними способами. Поширеним способом є його пошарове пересипання шляхом чергування сухого і вологого вугілля в процесі навантаження. При цьому спочатку на дно напіввагона завантажується шар сухого вугілля. Далі завантаження вагона повинне проводитися так, щоб висота сухого вугілля дорівнювала подвійній висоті вологого. Верхній шар повинен бути утворений з сухого вугілля. Цей метод не можна визнати ефективним, так як він вимагає наявності сушильних установок; додаткових операцій при навантаженні, що знижує продуктивність праці, призводить до додаткового простою і маневрування вагонів при навантаженні [23]. Разом з тим на збагачувальних фабриках спосіб перемішування сухого вугілля з вологим знаходить застосування в досить значних масштабах.

- Переморожування вугілля. В основі способу видалення поверхневої вологи, що є першопричиною змерзання сипучих матеріалів, шляхом її виморожування (сублімації) лежить процес тепло- і масообміну між вологим

матеріалом і холодним повітрям, що його обдуває. Сутність застосовуваного попереднього переморожування полягає в перелопачуванні вологого матеріалу за допомогою механізмів (бульдозерів, екскаваторів) і після – витримування на морозі. Операція повторюється неодноразово до забезпечення сипучості вугілля і його повного змерзання та подальшого дроблення з таким розрахунком, щоб забезпечити вільне вивантаження вагонів. Такий спосіб вимагає додаткових механізмів і штату [24]. Застосування механізмів призводить до подрібнення вугілля. Крім цього цей метод повністю не виключає можливість змерзання вугілля при тимчасовому настанні відлиги. Оскільки попереднє переморожування вугілля не виключає його змерзання, а лише частково послаблює примерзнення вугілля до стінок вагонів цей метод не можна вважати раціональним [25].

До другої групи відноситься: тепловий вплив шляхом розігріву вагонів з примерзлими або вугіллям, що змерзло в спеціальних гаражах (тепляках) і механічний вплив за допомогою буророзпушувальних, віброударних і вібророзпушувальних машин [26].

При перевезеннях вантажів на далекі відстані в умовах низьких температурах навколишнього повітря, мінливих кліматичних і метеорологічних умовах (особливо в перехідні періоди року) вантажоодержувачі оснащують свої пункти вивантаження вантажів, що змерзаються засобами розігріву [27] чи механічного подрібнення для поновлення сипучості таких вантажів.

В більшості випадків для виконання розвантажувальних робіт вагонів з насипними вантажами на залізничному транспорті в зимових умовах застосовуються різні машини і пристрої [28]: пристрої грейферів, підвищені шляхи, самохідні навантажувачі безперервної дії, інерційні установки, підлогові розвантажувачі різних модифікацій та інші.

Відсутність на більшості станцій сучасних розвантажувальних комплексів [29] і застосування застарілих технологій розвантаження вантажів, що змерзлися призводить до зниження рівня збереження вагонного парку,

підвищення обороту вагонів і собівартості їх обробки, а також зниження переробної потужності залізничних станцій. Кожний з видів розігріву вантажів, що змерзлися в загальному випадку є термічним розморожуванням – це універсальний спосіб, що дозволяє повністю відновити сипкість будь-якого виду вантажу, що змерзся при будь-якій глибині його промерзання [30].

Глибина промерзання вантажів залежить від ряду чинників, які необхідно враховувати при виборі виду розігрівання [31]:

- температура навколишнього середовища та інших умов перевезення (швидкість руху, тип вагону, тривалість стоянки в пунктах вантаження і в дорозі проходження та інші);

- фізико-хімічні (вологість, гранульований склад, початкова температура змерзання вологи інші);

- теплофізичні характеристики вантажів, що змінюються залежно від зміни температури вантажу (теплоємність, щільність вантажу, коефіцієнт теплопровідності, тепловіддача).

Розморожування пористих середовищ в вагонах найчастіше здійснюється в гаражах-тепляках. Тепляк для розморожування вантажів, являє собою капітальну споруду з камерами, спеціальними пристроями для вироблення і подачі в них теплоносія, що має високу температуру.

Відомі способи розморожування сировини в залізничних вагонах в гаражах з конвективним теплообміном, в яких використовуються різні методи визначення тривалості його розігріву [32 - 35].

В [32] визначення тривалості розігрівання вугілля в залізничних вагонах ґрунтується на наступних факторах: середньодобовій температурі повітря (t 0С), тривалості транспортування (T), міцності змерзання вантажу (P_{cp}), вологості вантажу (W) і об'ємної щільності вантажу (K).

В [33] тривалість розігріву вугілля в залізничних вагонах ґрунтується на температурі зовнішнього повітря. Відомий спосіб розігріву рудомісткої сировини в залізничному вагоні струменями пари з великою швидкістю витікання [34]. Для цього попередньо просвердлюються канали вглиб масиву, а

тривалість розігріву ґрунтується на наступних показниках: діаметрі отвору сопла (d) і тиску пари (P) на різній глибині (h) промерзлого шару.

Проведений аналіз [32 - 34] показав, що всі розглянуті способи характеризуються загальним недоліком: розрахункові показники тривалості розігрівання вантажів, що змерзаються. Це обумовлено тим, що, в одному випадку, способи ґрунтуються на складних математичних моделях прогнозування тривалості розігрівання, що приймають в основу велике число змінних факторів [32, 33], значно різняться з фізичної сутності і ступеня впливу на кінцевий результат. Тому ймовірність отримання надійних результатів невелика.

В іншому випадку [34] спосіб визначення тривалості розігрівання орієнтований на найбільш несприятливі умови, в зв'язку з чим розрахункова тривалість розігріву вантажу суттєво збільшується в порівнянні з нормативною, що діє в даний час, що обумовлює значне зростання енерговитрат на розігрів.

Відомий спосіб розігріву змерзлого вугілля в залізничних вагонах, в якому тривалість розігріву основна на визначенні температури в самому шарі вугілля спеціальними пристроями [35]. З цією метою необхідно виконання декількох вимірів температури вантажу – перед постановкою в гараж і в процесі розігріву, оскільки температура в масі вантажу розподілена нерівномірно. Крім того, для вимірювання температури використовується досить складний пристрій. Усе зазначене ускладнює застосування даного способу і не забезпечує отримання достовірних результатів. Разом з тим цей спосіб приваблює тим, що попередньо оцінюється стан самого змерзлого вантажу, хоча температуру вантажу не можна вважати досить надійним показником відновлення сипучості вантажу.

В роботі [36] розглянуто основні прогресивні рішення закладені в технологію руйнування змерзлого сипучого вантажу в залізничних піввагонах перед його розвантаженням в зимовий час. Розглядається стаціонарна вібророзпушувальна установка, спеціальні гаражі-розморожувачі

(конвективний, комбінований, з інфрачервоними випромінювачами і пальниками), вагоноопрокидувачі і дробильно-фрезерні машини. Тому в рамках даної роботи зроблена спроба розробити ефективну технологічну схему розвантаження змерзлих і агрегованих сипучих вантажів з залізничного транспорту за допомогою вагоноперекидача. Запропонована технологічна схема розроблялася, в основному, для розвантаження змерзлого вугілля, однак вона може бути застосовна для будь-яких інших сипучих вантажів, що перевозяться залізничним транспортом в холодну пору року. Технологічна схема включає в себе 6 основних елементів, виконання яких, з погляду автора роботи, є необхідним для виконання ефективною і високопродуктивною розгрузки змерзлих сипучих вантажів з залізниці піввагонів при будь-якій зовнішній мінусовій температурі повітря [37]. Для розуміння сутності схеми далі розглянемо основні технічні засоби та технологічні прийоми, відповідно, входять саме в ці елементи технологічної схеми:

- вібраційне розпушування мерзлого вантажу за допомогою стаціонарних вібророзпушувальних установок типу ВРУ або, в крайньому випадку, при малій продуктивності – переносних вібророзпушувачів;

- розігрів напіввагона з "розпушеним" мерзлим вантажем в гаражі-розморожувачі (тепляку);

- подача вагонів з розігрітим і з частково відновленою сипучістю вантажем на вагоноперекидача;

- вивантаження вантажу шляхом перекидання напіввагона в вагоноперекидачі;

- дроблення, при необхідності, великих агрегованих шматків вантажу, які не проходять через отвори в надбункерних решітках, вручну відбійними молотками, молотково-дробильними або дробильно-фрезерними машинами, наприклад, типу ДФМ.

Запропонований в роботі [38] спосіб вивантаження вугілля, що змерзло, полягав в тому, що перед навантаженням вугілля внутрішні поверхні вагона покривають шаром самочинного снігу, після чого вагон з

нанесеним покриттям піддають дії низьких температур протягом часу, необхідного для повного змерзання снігу. Цей шар буде грати роль діелектрика. Перед розвантаженням вагона в вугілля поміщають металеві електроди. Потім на електроди подається напруга. Проходження струму через вугілля, що змерзло, призводить до виділення тепла, розплавлення частинок льоду і, отже, розпушення всього вугільно-крижаного моноліту, що дозволить досягти підвищення швидкості розвантаження піввагонів в зимовий період, заповнених вугіллям, що змерзло, обумовлене нагріванням вугілля внаслідок протікання по ньому електричного струму і розпушуванням вугільно-льодового моноліту, спрощенням процесу відділення змерзлого вугілля від стінок напіввагонів, а також зниження енергетичних витрат і трудомісткості процесу розвантаження.

В роботі [39] для математичного моделювання нестационарних процесів при заморожуванні і розморожуванні пористих середовищ використані метод виділення фронту фазового переходу і метод ефективної теплоємності. Обидва методи реалізовані за допомогою методу контрольних об'ємів.

1.3. Використання інструменту імітаційного моделювання при плануванні роботи ТСЛС МП

Аналіз сучасної економічної ситуації свідчить про стійке зростання промислового виробництва. В умовах економічного підйому промислові підприємства зіткнулися з проблемами забезпечення сировиною та вивезення готової продукції. Існують серйозні ризики помилок у проектних рішеннях по транспорту, які не дозволяють освоїти перспективні плани випуску продукції. Крім того, в складних промислових транспортних системах завжди є питання по існуючій технології, яку можна і необхідно оптимізувати.

Вирішення складних питань вимагає використання відповідних розрахункових методів [56]. Існують чотири основні підходи, які використовувалися в тій чи іншій мірі для розрахунку пропускну здатності

промислової транспортної системи і окремих її елементів, кількості колій у парках і т. п.: аналітичний детермінований, аналітичний імовірнісний, графо-аналітичний з побудовою добового плану-графіку та імітаційне моделювання. Всі методи крім останнього дають великі похибки.

Імітаційне моделювання дає можливість дослідження й імітації особливостей функціонування системи в будь-яких умовах. При цьому параметри системи й навколишнього середовища можна варіювати з метою визначення раціонального варіанта структури й одержання залежностей вихідних характеристик від зміни умов. Модель дозволяє легко реалізувати імітацію роботи системи при наявності випадкових параметрів або умов.

Застосування методу імітаційного моделювання корисно у випадку, коли досліджувана система не піддається вивченню аналітичними методами, а пряме експериментування із системою виконати важко або недоцільно. На рисунку 1.1 наведені основні етапи імітаційного моделювання.



Рис.1.1. Етапи імітаційного моделювання

Перевагою імітаційного моделювання є можливість моделювання складних систем в тих випадках, коли ускладнене використання аналітичних методів, необхідно враховувати стохастичний характер процесів, компоненти системи змінюються в часі і взаємодіють між собою [57]. Наявність великої кількості випадкових факторів, підпорядкованих різним законам розподілу, значно ускладнює чисто аналітичні методи аналізу та оптимізації функціонування термінальних систем і робить вельми привабливим спосіб досліджень, що використовує методи, засновані на застосуванні прийомів імітаційного моделювання [58]. Це дає можливість значно спростити методику аналізу впливу згаданих факторів на узагальнюючі показники роботи систем,

швидко змінювати закони розподілу, яким підпорядковуються ці фактори і без особливих складнощів змінювати умови роботи систем та їх основні параметри. Методика економіко-математичного імітаційного моделювання полягає в створенні досить простої, несуперечливої і адекватної реальним процесам моделі, що імітує функціонування досліджуваної системи. Випадкові події, що відбуваються в процесі функціонування системи, відтворюються шляхом використання різних генераторів випадкових процесів, що дозволяє швидко і без особливих витрат часу міняти закони і параметри їх перебігу і тим самим змінювати як параметри самої досліджуваної системи, так і умови, в яких вона функціонує. Удосконалення логістичних ланцюгів у виробництві та матеріально-технічному постачанні може бути досягнута тільки при врахуванні вимог ринку. Для досягнення такої оптимізації також пропонується використовувати моделювання [59].

Логістичний підхід вимагає узгодженості процесів переміщення та зберігання продукції. Різнострамованість дій контрагентів руху продукції веде до збільшення загальних логістичних витрат і зниження якості наданих послуг. Проте в даний час питання ефективної взаємодії транспорту та складського господарства дуже актуальні [60]. При визначенні тривалості циклу «замовлення-поставка» доводиться шукати компроміс між швидкістю доставки товарів покупцям і максимальною економічністю маршруту. Якщо не оптимізувати застосування транспортних засобів при транспортуванні вантажів, витрати можуть різко зрости, що зведе нанівець позитивний ефект від підвищення рівня сервісу. Тільки застосування сучасних логістичних підходів дозволяє знайти правильне рішення цієї складної задачі [61].

Внутрішньозаводська логістика будь-якого металургійного підприємства є складною системою, і при зміні виробничих об'єктів змінюються матеріалопотоки, ускладнюється управління ними, непропорційно зростають накладні витрати [62]. Крім того, стосовно прокатного виробництва металургійних підприємств, внутрішньозаводські перевезення суттєво впливають на процеси відправлення готової продукції.

Ефективність функціонування залізничного транспорту на промислових підприємствах значною мірою залежить від якості роботи станцій та вузлів, які є одними з найважливіших елементів транспортної системи. З огляду на значну складність технологічних процесів функціонування залізничних станцій і вузлів, побудувати їх адекватні моделі можна тільки на основі імітаційного моделювання. Особливості імітаційного моделювання роботи залізничного транспорту висвітлені у роботах [63 – 65].

Доцільним є напрямок розробки типових імітаційних моделей, які можуть бути використані при оптимізації транспортних процесів металургійних підприємств та можуть бути реалізовані на сучасних програмних засобах [66]. При розробці моделі розігрівання вантажів необхідно враховувати особливості транспортної системи, що моделюється [67]. Оптимізація транспортно-технологічних процесів при змерзанні вантажів може бути виконана за допомогою імітаційних моделей за різними критеріями – мінімумом часу простою вагонів, мінімальною довжиною черги, мінімальним часом непродуктивного простою вагонів у камерах тощо [68].

Таким чином інструмент імітаційного моделювання є одним з найефективніших методів дослідження систем та кількісної оцінки характеристик їх функціонування. Даний метод дає можливість проводити експерименти зі складними транспортно-складськими системами у тих випадках, коли зробити це на реальному об'єкті неможливо або недоцільно та може забезпечити будь-який рівень деталізації моделей.

2. ФОРМАЛІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСЬКИХ СИСТЕМ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ З УРАХУВАННЯМ ПРОЦЕСІВ ВІДНОВЛЕННЯ СИПУЧОСТІ ВАНТАЖІВ

В умовах розвитку ринкової економіки все більш актуальним стає застосування логістичного підходу в управлінні металургійним підприємством.

Питання переходу на логістичне управління процесом матеріальних потоків МП набув важливе значення, так як його рішення забезпечить ефективну взаємодію виробництва та транспорту [69, 70]. Це пов'язано із застосуванням нових матеріалів і технологій виробництва, розширенням числа горизонтальних господарських зв'язків між підприємствами металургійного комплексу, підвищенням інтенсивності економічних потоків у металургії та суміжних галузях. Впровадження логістичних методів і принципів дозволяє гнучко реагувати на потреби споживачів, скорочувати час між прибуттям сировини та часом доставки товарів, зводити до мінімуму товарні запаси та пришвидшувати процес отримання інформації [71].

Сфера використання логістичного підходу охоплює різні види систем. Вона може міститись у межах підприємств, або охоплювати цілі міста [15]. З цих позицій виділяють різні рівні логістичних систем: від мікрологістичних до макро- і мезологістичних.

2.1. Принципи системного підходу до управління функціонуванням ТСЛС металургійних підприємств

На сьогоднішній день немає єдиного прийнятого визначення логістичної системи. Одним з найбільш вживаним є визначення логістичної системи як адаптивної системи зі зворотнім зв'язком, що виконує логістичні функції, яка, як правило, складається з підсистем та має розвинуті зв'язки з навколишнім середовищем [72].

У ринкових умовах підприємство, як суб'єкт господарювання не тільки виробляє продукцію, але й здійснює функції матеріально-технічного постачання (з метою забезпечення себе необхідними ресурсами) та збуту виробленої продукції [73]. З цього випливає, що логістична система металургійного підприємства (ЛС МП) становить собою складну систему зв'язків підприємства з постачальниками та споживачами (рис 2.1).

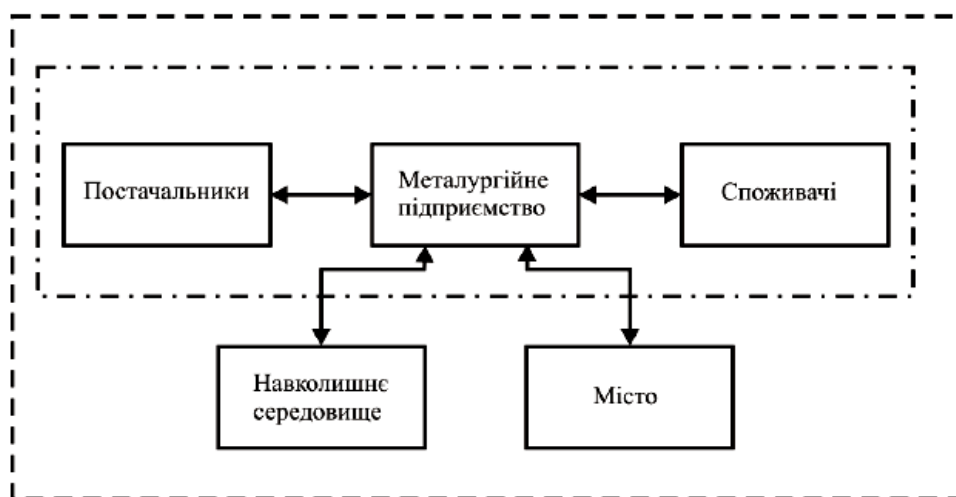


Рис.2.1. Логістична система металургійного підприємства

Рух матеріальних ресурсів від первинного джерела до кінцевого споживача слід розглядати як єдиний матеріальний потік, що забезпечується транспортними засобами.

Характерними рисами ЛС МП є значні зв'язки з містом (нерідко МП є містоутворювальними) та навколишнім середовищем.

З позицій системного аналізу система – це цілісна сукупність елементів, що взаємодіють один з одним [74-77]. Логістична система МП включає в свою структуру набір взаємозалежних підсистем, що мають визначений ступінь автономності. У нашому випадку елементи логістичної системи утворюють підсистеми: ТСС МП вивантаження сировини, виробнича система, ТСС МП готової продукції. Структура досліджуваної ЛС МП наведена на рис. 2.2.

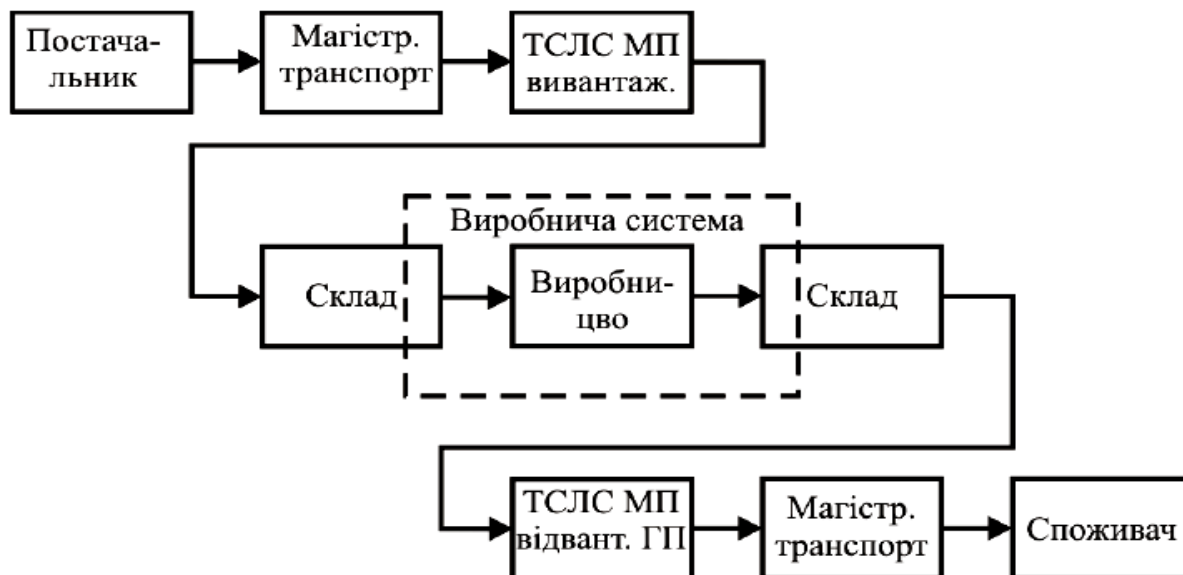


Рис.2.2. Структура логістичної системи металургійного підприємства

Важливою складовою логістичної системи МП є транспортно-складська система, що забезпечує своєчасний рух матеріального потоку [78]. Проте останнім часом, замість терміну транспортно-складська система (ТСС) більш поширеним стає визначення транспортно-складська логістична система (ТСЛС), що значно розширює її функціональні зв'язки.

Існують різні рівні ієрархії в транспортно-складських логістичних системах: загальнодержавний, регіональний, локальний, виробничий, і технологічний. Функціонування транспортно-складських логістичних систем відрізняється в залежності від рівня ієрархії і полягає в наступному [3, 77-79]:

- ТСЛС загальнодержавного рівня: оптимальний розподіл національних запасів матеріальних ресурсів, організація міжрегіональних і загальнодержавних матеріальних потоків;
- ТСЛС регіонального рівня: формування транспортних і складських мереж на основі оптимального поєднання шляхів сполучення і транспортних терміналів з різними посередницькими системами зберігання і переробки;
- ТСЛС локального рівня: технології мікрологістичних і макрологістичних систем з їх специфічними технологічними параметрами, системами планування, фінансування, управління, рівнями технічного

оснащення і т.д.

□ ТСЛС виробничого рівня: взаємозв'язки між центральними виробничими складськими системами, внутрішньозаводським транспортом і транспортом загального користування;

□ ТСЛС технологічного рівня: взаємозв'язки між логістичними елементами здійснюються внутрішньоцеховим і міжцехових транспортом за участю обробного обладнання цехових і дільничних складів.

Досліджувана в роботі система відноситься до ТСЛС виробничого рівня.

Межі системи та її місце в логістичній системі металургійного підприємства наведені на рис. 2.3.

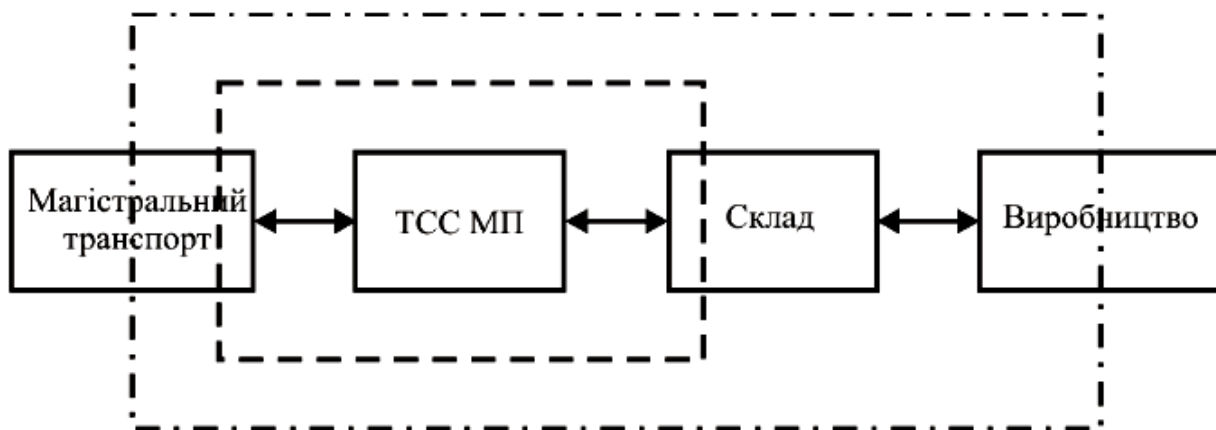


Рис.2.3. Місце ТСЛС МП виробничого рівня в логістичній системі металургійного підприємства

ТСЛС МП може частково охоплювати інші частини логістичної системи. Частина складу може бути елементом ТСЛС а інша частина – елементом виробничої системи. Наприклад, на рудному дворі окрім прийому сировини здійснюється технологічна підготовка шихти шляхом змішування у визначених пропорціях різних матеріалів. На складі готової продукції металургійного підприємства, окрім транспортно-складських операцій, можуть виконуватися технологічні операції (різання рулонів на листи, охолодження прокату та ін.)

Елементи системи. Досліджувана система складається з двох підсистем: ТСЛС вивантаження та ТСЛС відвантаження готової продукції. Елементами

ТСЛС МП (та її підсистем) є перегони, приймально-відправні та сортувальні парки (колії), пункти екіпірування, технічного обслуговування та ремонту рухомого складу, пристрої відновлення сипкості вантажів, вагові, вантажні фронти та пункти очищення вагонів.

Зв'язки. Наведені вище підсистеми пов'язані між собою матеріальними, фінансовими та інформаційними зв'язками.

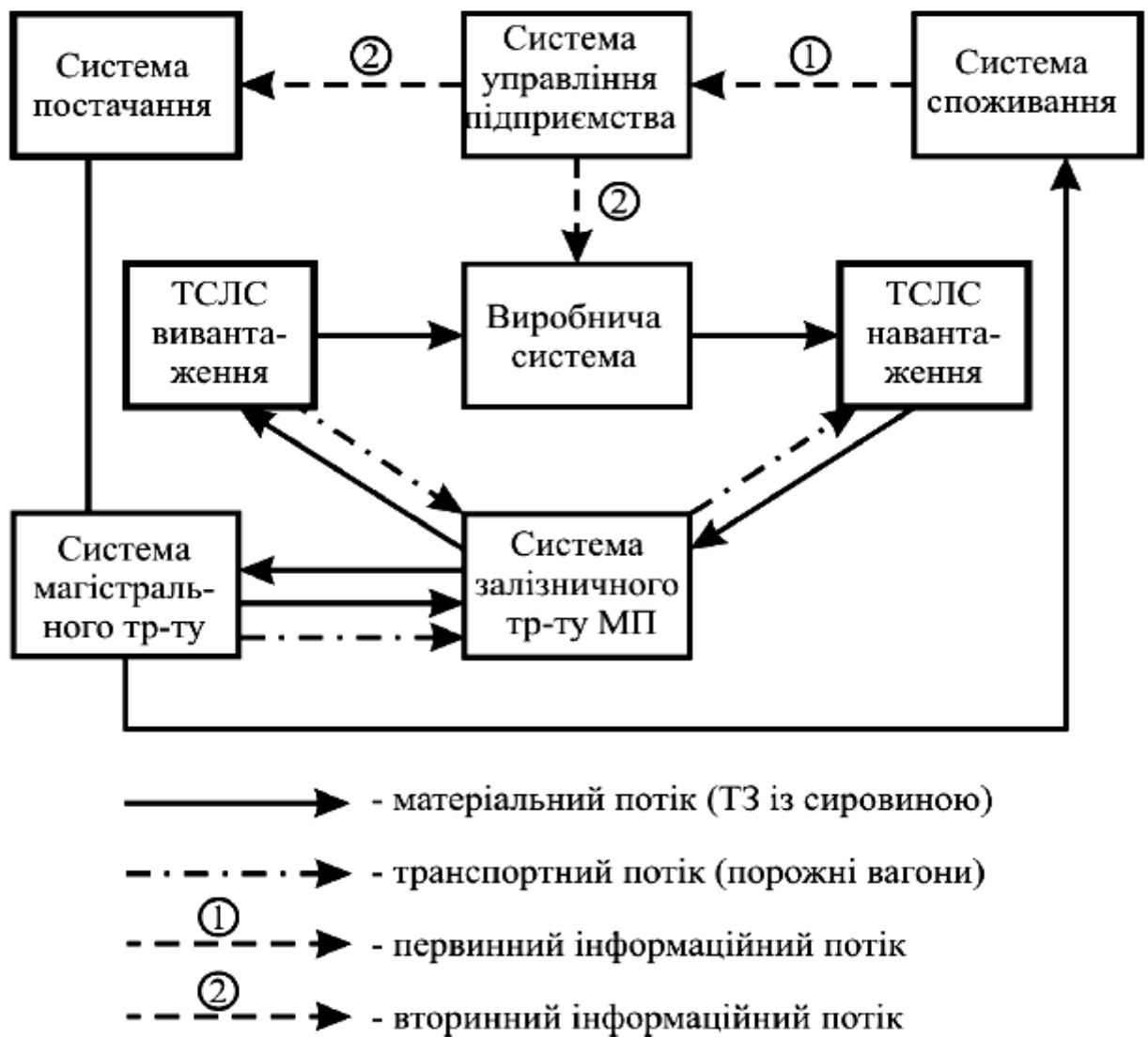
Основний матеріальний потік – це напіввагони с сировиною, що надходять на підприємство з системи постачання до ТСЛС вивантаження через підсистеми магістрального транспорту та залізничного транспорту підприємства.

Після вивантаження порожні вагони (транспортний потік) за допомогою внутрішнього транспорту підприємства подаються до системи ТСЛС навантаження, до якої надходить і готова продукція з системи виробництва. Також порожні вагони можуть подаватися системою магістрального транспорту. За допомогою транспортних підсистем продукція відправляється до системи споживання.

Первинний інформаційний потік виходить із системи споживання, тобто в залежності від попиту споживачів система управління підприємства надає інформацію на виробничу систему та систему постачання про обсяги замовленої продукції та необхідної кількості сировини для її виробництва (вторинні інформаційні потоки).

Окрім того всі підсистеми пов'язані між собою складною системою інформаційних потоків, що представляє собою внутрішній документообіг підприємства. Схема основних зв'язків ТСЛС МП з іншими підсистемами ЛС МП наведена на рис. 2.4.

Внутрішня організація. Враховуючи вищесказане, наведена сукупність елементів та підсистем сформована у конкретну організовану систему, яка має визначену структуру та упорядковані зв'язки між її складовими, що свідчить про наявність внутрішньої організації системи.



ТСЛС - транспортно- складська логістична система;

ЛС МП - логістичної системи металургійного підприємства.

Рис.2.4. Схема основних зв'язків ТСЛС вивантаження та навантаження з іншими підсистемами ЛС МП

Транспортно-складська логістична система металургійного підприємства має інтегративні властивості, які не притаманні окремим її елементам [80]. Ця властивість виражається у здатності доставити необхідну кількість визначеного вантажу на певний фронт вивантаження за мінімальний проміжок часу та з мінімальними витратами в умовах впливу навколишнього середовища. Можна виділити такі показники якості системи: сумарні простой напіввагонів, коефіцієнт використання локомотивів, коефіцієнт використання горловини,

витрати на розігрів вантажів, кількість оброблених напіввагонів за добу, час простою вантажу в очікуванні розігріву.

В ході аналізу системи встановлено узагальнюючий критерій ефективності – економічний, який враховує витрати на користування транспортними засобами. Також можна виділити такі додаткові критерії оцінки системи як тривалість циклу роботи системи та критерій мінімуму часу знаходження вагонів на під’їзній колії під вантажними операціями.

2.2. Аналіз існуючої схеми режимів роботи ТСЛС МП в умовах різних температур

В холодний період року вантажі, що надходять на підприємство мають властивість змерзатися. Їх розігрівання потребує додаткових витрат, а також збільшуються простой вагонів так як витрачається більше часу на вивантаження. Тому в теплий період року на металургійних підприємствах створювалися максимально можливі запаси сировини, щоб в зимовий період доставку таких вантажів звести до мінімуму (рис. 2.5).



Рис.2.5. Існуюча схема режимів роботи МП в умовах різних температур

В умовах підвищення цін на руду для МП не є доцільним накопичення надлишкових запасів. Більш вигідним варіантом є створення раціонального розміру запасу сировини на складах. У такому випадку обсяги постачань вантажів у холодний період року збільшаться відносно попередньої схеми. А отже постає питання удосконалення системи планування та транспортно-

складської логістичної системи вивантаження сировини [81].

Як бачимо, у першому випадку потреба у зменшенні обсягу надходження вантажів у холодний період року виступає керівним фактором при створенні запасів на підприємстві.

В запропонованій схемі (рис. 2.6) навпаки режим роботи ТСЛС МП вивантаження залежить від раціонального запасу сировини. Згідно з визначеним запасом будуть плануватися постачання вантажів на підприємство, робота пристроїв розморожування та локомотивів, розподіл вантажу за фронтами вивантаження тощо. Існують чисельні методики визначення оптимальних запасів [82 – 85], але в реальних умовах існує потреба оперативного контролю та управління за станом цих запасів.



Рис.2.6. Удосконалена схема режимів роботи МП в умовах різних температур

Отже при плануванні роботи ТСЛС необхідне оперативне управління процесом вивантаження вантажів, що буде коригуватися згідно стану навколишнього середовища. Структура управління ТСЛС МП вивантаження наведена на рис. 2.7.

Під час роботи ТСЛС МП здійснюється контроль за ходом виконання робіт та станом навколишнього середовища. При різкому перепаді температури повітря необхідне коригування оперативного управління процесом вивантаження вантажів. Методи управління процесом вивантаження вантажів потребують удосконалення. Більш детально описано у наступних розділах.

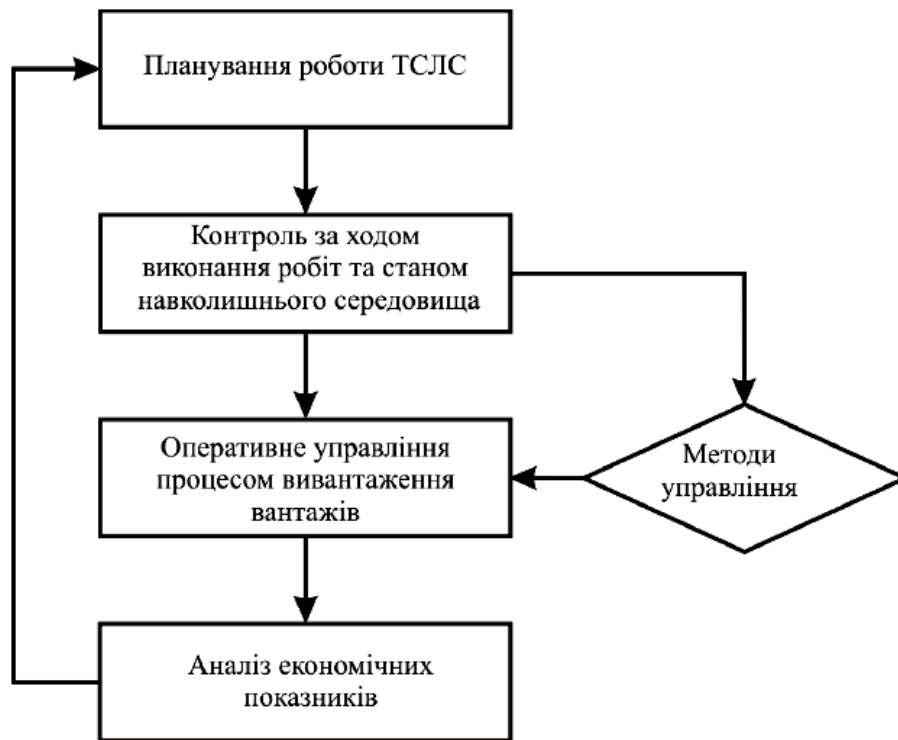


Рис.2.7. Структура управління ТСЛС вивантаження

2.3. Постановка основних задач дослідження та визначення основних етапів моделювання ТСЛС

У дослідженні транспортно-складська система металургійного підприємства розглядається як складна система, що містить у своєму складі підсистеми ТСЛС вивантаження та ТСЛС навантаження. На ефективність функціонування даної системи впливає значна кількість факторів.

Метою роботи є підвищення ефективності функціонування транспортно-складської системи металургійного підприємства шляхом розробки методів, які поєднують систему планування вантажної роботи та сучасні технології вантажопереробки.

Досягнення мети дослідження здійснюється за рахунок використання системного аналізу при формуванні завдань дослідження та при виборі методів їх вирішення. Об'єктом дослідження є транспортно-складські процеси

логістичних систем металургійних підприємств, а предметом дослідження – залежності показників ефективності функціонування транспортно-складських систем металургійних підприємств від організації процесів доставки та вантажопереробки з урахуванням фактору змерзання вантажів.

Поставлена в роботі мета визначила наступні задачі дослідження:

1. Проаналізувати проблему організації роботи транспортно-складської системи виробничого рівня металургійних підприємств.

2. Формалізувати структуру транспортно-складської логістичної системи металургійних підприємств на основі системного підходу.

3. Удосконалити систему управління процесом розвантаження сировини за рахунок раціонального розподілу вагонів по пунктах вивантаження.

4. Розробити імітаційні моделі транспортно-складських підсистем металургійних підприємств для встановлення раціональних параметрів їх функціонування.

5. Удосконалити систему планування потрібної кількості власних вагонів для забезпечення процесу доставки вантажів в умовах змінних зовнішніх факторів шляхом уточнення розрахункового часу знаходження вагонів на під'їзній колії.

6. Визначити економічну доцільність від впровадження запропонованих заходів щодо підвищення ефективності функціонування ТСЛС МП.

При формалізації досліджуваних транспортно-складських логістичних систем було застосований метод системного аналізу.

Удосконалення системи розподілу вантажів на фронти вивантаження доцільно виконати за допомогою застосування динамічної транспортної задачі. Метод імітаційного моделювання буде використовуватися для побудови моделі функціонування ТСЛС вивантаження сировини на підприємстві та ТСЛС відвантаження готової продукції. Для встановлення законів розподілу вхідних параметрів моделі буде використано статистичний аналіз.

В ході розробки імітаційних моделей для встановлення їх вхідних параметрів необхідно виконати ймовірно-статистичний аналіз інтервалів

находження сировини на підприємство та тривалості розвантаження вагонів на фронтах вивантаження. За допомогою регресійного аналізу треба побудувати регресійні залежності тривалості розігріву різних видів вантажу.

Удосконалення системи планування потрібної кількості вагонів можливе за допомогою регресійного аналізу, шляхом отримання регресійних залежностей тривалості розігріву різних видів вантажу на невеликих підприємствах.

В результаті системного аналізу встановлено, що транспортна складська логістична система підприємства складається із підсистем ТСЛС вивантаження і ТСЛС навантаження. Ці підсистеми тісно пов'язані між собою. Вагони з сировиною, що надходять підприємство, після їх вивантаження можуть передаватися під навантаження готовою продукцією. Таким чином підвищення ефективності ТСЛС МП в цілому передбачає розробку нових методів, моделей і алгоритмів окремих її підсистем. В ході системного аналізу встановлено узагальнюючий критерій ефективності – економічний, який враховує витрати на користування транспортними засобами в наведених підсистемах.

На рисунку 2.8 представлені основні етапи моделювання ТСЛС МП вивантаження та завантаження.

Для встановлення режиму функціонування ТСЛС МП необхідно задати параметри двох типів:

1) розрахункові технологічні параметри: температура повітря, t °С; тривалість витягування вагонів з камери розігріву, $T_{\text{вит}}$; тривалість постановки вагонів у камери розігріву $T_{\text{пост}}$; тривалість доставки вагонів з камер розігріву до фронтів вивантаження $T_{\text{дост}}$; розподіл вантажів на fronti вивантаження Q_i фронт; тривалість вивантаження вагонів на вантажних фронтах $T_{\text{вивант}}$.



Рис.2.8. Етапи моделювання ТСЛС МП вивантаження та завантаження

2) прогнозовані параметри: тривалість розігріву вантажу $T_{розігр}$, інтервали вантажів, $I_{пріб}$; обсяг сировини, що прибуває на підприємство $Q_{пріб}$.

Значення цих параметрів визначаються за допомогою удосконаленого методу планування функціонування ТСЛС з урахуванням температури навколишнього середовища.

Наступним етапом необхідно розробити імітаційні моделі ТСЛС

вивантаження і навантаження, які дозволять встановити раціональні параметри функціонування ТСЛС. Особливістю імітаційної моделі вивантаження є те, що режим її роботи залежить від потреби у відновленні сипких властивостей вантажу. Тому важливим вхідним параметром моделі виступає температура повітря.

При моделюванні ТСЛС навантаження необхідно врахувати режим роботи автотранспорту на ділянках відвантаження готової продукції, що може впливати на тривалість простою вагонів під завантаженням.

В залежності від отриманих результатів прогону імітаційних моделей коригується кількість локомотивів $n_{лок}$, кількість камер розігріву $n_{кам}$ та інтенсивність постачання сировини $Q_{приб}$ і модель запускається знову вже з новими вхідними параметрами.

В результаті моделювання можливо відстежувати кількість неопрацьованих замовлень, тобто вагонів з сировиною що не встигли розвантажитися за даний період. Великий відсоток таких замовлень свідчатиме про те, що при заданих параметрах ТСЛС вивантаження не справляється з таким обсягом постачань. Отже необхідно зменшити надходження сировини на даний момент часу, відповідно запас на складі при цьому має збільшитися.

Прогони моделі здійснюються до моменту отримання такої кількості ресурсів, за якої простої вагонів будуть мінімальними.

Отримані в результаті моделювання раціональні параметри роботи ТСЛС вивантаження та завантаження передаються у відділ планування та виробничий відділ.

На основі вище сказаного з урахуванням критеріїв ефективності усіх процесів ТСЛС МП приведена цільова функція дослідження, яка передбачає зниження витрат на функціонування ТСЛС вивантаження ($C_{ТСЛС}^{вивант}$) та ТСЛС навантаження ($C_{ТСЛС}^{наввант}$).

$$Z = C_{ТСЛС}^{вивант} (C_{пл} + C_{розігр} + C_{лок}) + C_{ТСЛС}^{наввант} (C_{ваг}^{вант} + C_{авто}^{вант} + C_{пер}) \rightarrow \min,$$

де $C_{\text{пл}}$ – витрати на плату за користування вагонами в ТСЛС вивантаження, грн.;

$C_{\text{розігр}}$ – витрати на розігрів вантажів, що змерзлися, грн.;

$C_{\text{лок}}$ – витрати на експлуатацію локомотивів в ТСЛС вивантаження, грн.;

$C_{\text{ваг}}^{\text{вант}}$ – витрати на плату за користування вагонами в ТСЛС навантаження, грн.;

$C_{\text{авто}}^{\text{вант}}$ – вартість простоїв автопоїздів в ТСЛС навантаження, грн.;

$C_{\text{пер}}$ – витрати на переміщення металопрокату, грн.

$$Z = C_{\text{пл}}^{\text{вивант}} (n_{\text{под}}, N_{\text{ваг}}, c_{\text{ваг}}, t_{\text{пр}}, n_{\text{необр}}) + C_{\text{розігр}} (q_{\text{д.газ}}, n_{\text{кам}}, c_{\text{д.газ}}, t_{\text{розігр}}) + C_{\text{лок}} (n_{\text{лок}}, c_{\text{лок}}, t_{\text{лок}}) + C_{\text{ваг}}^{\text{вант}} (t_{\text{пр}}^{\text{ваг}}, c_{\text{в/г}}) + C_{\text{авто}}^{\text{вант}} (t_{\text{пр}}^{\text{авто}}, c_{\text{а/г}}) + C_{\text{пер}} (p, Q_{\text{річ}}, c_{\text{лг}}) \rightarrow \min;$$

де $n_{\text{под}}$ – кількість подач, що надійшли з вантажем на підприємство, од.;

$N_{\text{ваг}}$ – кількість вагонів у подачі, од.;

$c_{\text{ваг}}$ – вартість вагоно-години, грн/год.;

$t_{\text{пр}}$ – середній час користування вагоном, год.;

$n_{\text{необр}}$ – частка необроблених вагонів, %;

$q_{\text{д.газ}}$ – витрата доменного газу на 1 камеру за годину, м³/год.;

$n_{\text{кам}}$ – кількість камер розігріву, що експлуатуються, од.;

$c_{\text{д.газ}}$ – вартість доменного газу для промислових підприємств, грн.;

$t_{\text{розігр}}$ – тривалість роботи камер розігріву, год.;

$n_{\text{лок}}$ – кількість локомотивів в експлуатації, од.;

$c_{\text{лок}}$ – вартість локомотиво-години, грн/год.;

$t_{\text{лок}}$ – тривалість роботи локомотивів, год.;

$t_{\text{пр}}^{\text{ваг}}$ – час простою вагона під завантаженням, год.;

$t_{\text{пр}}^{\text{авто}}$ – час простою автопоїзда під завантаженням, год.;

$c_{\text{в/г}}$ – вартість вагоно-години, грн.;

$c_{\text{а/г}}$ – вартість автомобіле-години, грн.;

p – частка автопоїздів, що завантажуються на віддаленій ділянці
відвантаження, %;

$Q_{\text{річ}}$ – річний обсяг перевезень автомобільним транспортом, т;

$c_{1т}$ – вартість переміщення 1 тонни металопрокату на віддалену ділянку
навантаження, грн.

На основі сформованої цільової функції в наступних розділах виконуються дослідження та розробляються методи і моделі щодо удосконалення функціонування ТСЛС МП.

3. УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСЬКОЇ СИСТЕМИ З ПЕРЕРОБКИ ВАНТАЖІВ, ЩО НАДХОДЯТЬ НА ПІДПРИЄМСТВО

3.1. Розробка методу оперативного коригування плану розподілу вантажів, що надходять на металургійне підприємство

Процес розвантаження вагонів залежить від стану навколишнього середовища. Виділимо звичайний режим роботи при позитивних показниках температури, та режим необхідності відновлення сипкості (для вантажів, які змерзаються) – при негативних показниках. В холодний період року для всієї території України характерні часті зміни температурних режимів, та, відповідно, режимів розвантаження вагонів.

На рисунку 3.1 показаний характер температурних коливань у січні 2015 року.

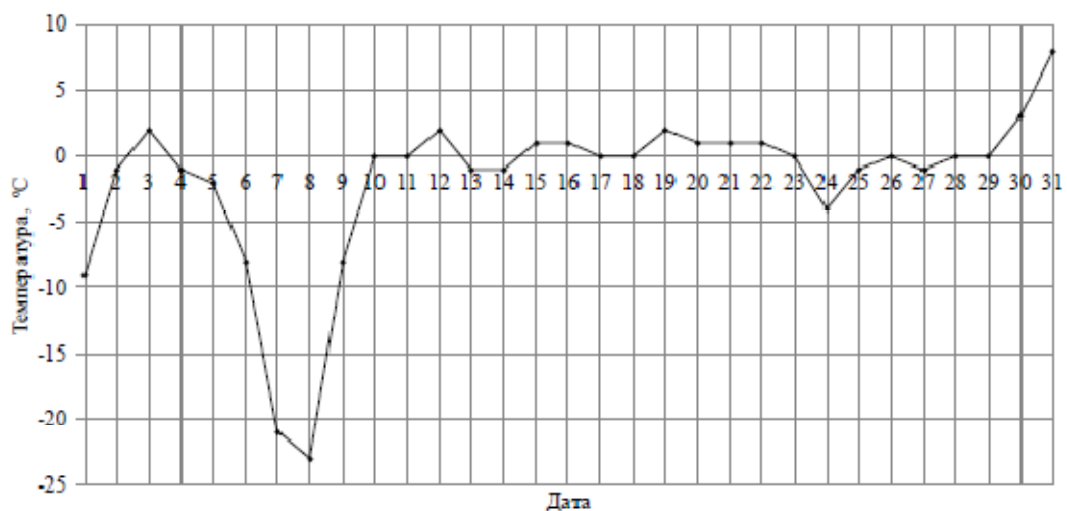


Рис.3.1. Коливання температури повітря в зимовий період року

За таких умов при очікуванні переходу зі звичайного режиму до режиму відновлення сипкості можлива оптимізація процесу розвантаження шляхом розподілу вагонів по вантажних пунктах за критерієм мінімального часу виконання вантажних операцій. Удосконалення ґрунтується на можливості

вивантаження певних вантажів на декількох пунктах [86]. Сутність запропонованого методу оперативного коригування плану розподілу вхідних вантажопотоків розкрита на схемі організації функціонування процесів виконання вантажних робіт показана на рис. 3.2.

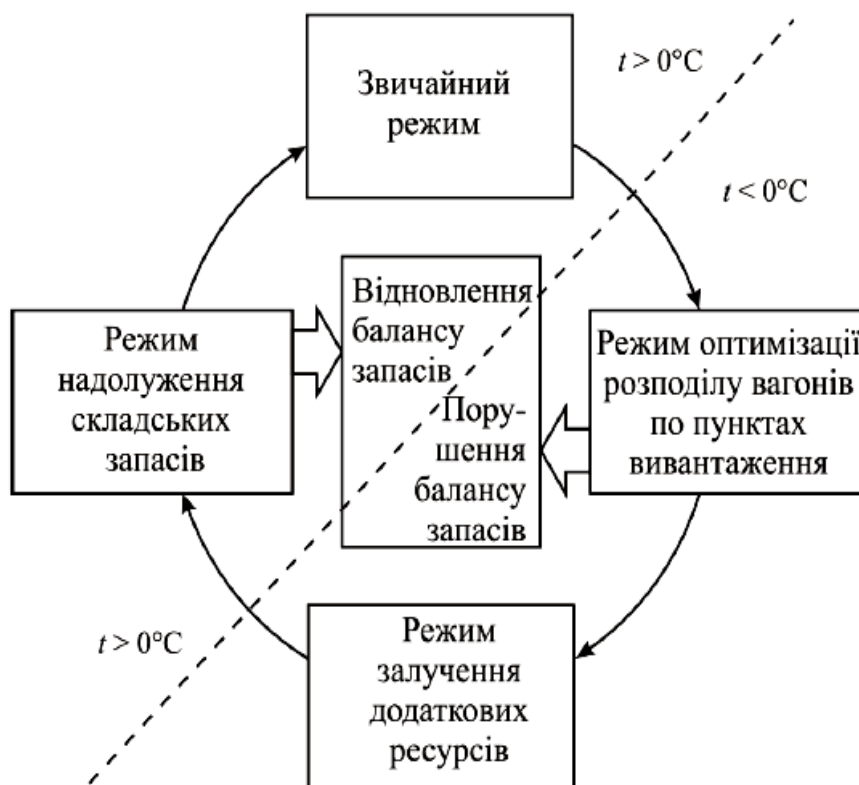


Рис.3.2. Схема організації функціонування процесів виконання вантажних робіт в умовах зміни температурного режиму роботи

Розроблений метод оперативного коригування плану розподілу вантажів, що надходять на металургійне підприємство базується на зміні балансу розподілу вантажів по пунктах розвантаження. При від'ємних температурах повітря пропонується функціонування ТСЛС в режимі оптимізації розподілу вагонів по пунктах вивантаження. Вантажопотоки розподіляються з урахуванням переробної спроможності вантажних фронтів таким чином, щоб звести до мінімуму час знаходження вагонів на під'їзних коліях, для цього залучаються додаткові ресурси. Проте, за такого режиму роботи дещо порушується плановий баланс складських запасів цих вантажів. Його можна

відновити при покращенні температурних умов та повернення до звичайного режиму роботи.

3.1.1. Режим удосконалення процесу розподілу вагонів за пунктами вивантаження

Для вдосконалення процесу розвантаження шляхом коригування планового розподілу вагонів за вантажними фронтами можна скористатись новою процедурою, яка базується на традиційних методах розв'язання транспортної задачі. Класична транспортна задача лінійного програмування передбачає знаходження найбільш економічного плану перевезень вантажів від пунктів виробництва до пунктів споживання [87]. В даному випадку замість пунктів виробництва розглядаються різні види вантажів, а пунктами споживання виступають вантажні фронти. Необхідно розподілити різні види вантажів між фронтами вивантаження таким чином, щоб простій вагонів під вантажними операціями був мінімальним.

Нехай є m видів вантажів що надходять на підприємство a_1, a_2, \dots, a_m у кількості A_1, A_2, \dots, A_m одиниць. Ці вантажі можуть розподілятися на n фронтів вивантаження b_1, b_2, \dots, b_n , які мають потребу у вантажі об'ємом B_1, B_2, \dots, B_n одиниць. При цьому деякі з видів вантажів a можуть надходити лише на визначені фронти вивантаження b . Кожен вантажний фронт має свою продуктивність залежно від виду вантажу, що на нього надходить. Залежно від можливостей вантажного фронту загальний об'єм вантажу розбивається на окремі подачі. Кількість подач p буде приймати значення від 1 до k .

Об'єм усіх вантажів, що відправляється на фронти вивантаження за k -подач повинен бути рівний загальному обсягу вантажів, що надійшли на підприємство. Об'єм вантажів, що надходить на фронти вивантаження за k -подач, повинен дорівнювати відповідним потребам у вантажі. Об'єм надходження вантажу має бути невід'ємним числом. Загальний простій вагонів під вантажними операціями повинен бути мінімальним.

Отже отримаємо динамічну транспортну задачу, математична постановка якої має вигляд:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{p=1}^k z_{ij}^p \cdot x_{ij}^p \rightarrow \min$$

При обмеженнях:

$$x_{ij}^p \geq 0, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n; p = 1, 2, \dots, k;$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{p=1}^k x_{ij}^p = \sum_{i=1}^m A_i, j = 1, 2, \dots, n; p = 1, 2, \dots, k;$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{p=1}^k x_{ij}^p = \sum_{j=1}^n B_j^p, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n; p = 1, 2, \dots, k.$$

де $A_i, i \in I$ – об'єм i -го вантажу, що надходить на підприємство, вагони;

$B_j^p, j \in J, p \in P$ – об'єм вантажу, що надходить на j -ий фронт вивантаження підприємства при p -ій подачі, вагони;

B_j – розмір максимальної подачі на j -й вантажний фронт, вагони;

z_{ij}^p – тривалість обслуговування p -ої подачі при надходженні i -го вантажу на j -й вантажний фронт, год;

x_{ij}^p – об'єм надходження i -вантажів на j -вантажний фронт при p -подачі, вагони;

$i \in I = \{ 1, 2, \dots, m \}$, множина індексів виду вантажу;

$j \in J = \{ 1, 2, \dots, n \}$, множина індексів фронтів розвантаження;

$p \in P = \{ 1, 2, \dots, k \}$; множина індексів номеру подачі.

Графічне зображення даної транспортної задачі наведено на рис. 3.3.

$i \backslash j$		k					Усього	A_1^k	...	A_m^k
		b_1^k	b_2^k	b_3^k	...	b_n^k				
1		b_1^1	b_2^1	b_3^1	...	b_n^1	A_1^1	...	A_m^1	
a_1	z_{11}^1	z_{12}^1	z_{13}^1	...	z_{1n}^1	A_1	A_1^2	...	A_m^2	
a_2	z_{21}^1	z_{22}^1	z_{23}^1	...	z_{2n}^1	A_2	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	A_m^2	...	...
a_m	z_{m1}^1	z_{m2}^1	z_{m3}^1	...	z_{mn}^1	A_m	...	...	...
Усього	B_1	B_2	B_3	...	B_n	$\sum A_i$	...	...	...

Рис.3.3. Загальний вигляд транспортної задачі при врахуванні номеру подачі

Проблема розв'язку такої задачі полягає в тому, що на металургійних підприємствах з безперервним виробництвом продукції постачання сировини відбувається постійно й визначити необхідну кількість подач доволі складно, а в деяких випадках неможливо. Тому пропонується розглядати транспортну задачу за блоками, окремо для кожної нової подачі вагонів, з урахуванням можливостей вантажного фронту на момент надходження подачі на фронт вивантаження.

У такому разі кожен блок становить собою транспортну задачу для окремого пакету подач, опорний план якої впливає з оптимального плану попереднього розподілу. Таким чином динамічну стохастичну задачу можна звести до комплексу взаємозалежних статичних детермінованих задач. 63

3.1.2 Удосконалення процесу розподілу вагонів для залізничних цехів підприємств

При розподілі вантажів для залізничних цехів підприємств кількість подач вагонів p на визначений фронт може бути визначена заздалегідь, тому динамічну транспортну задачу (рис 3.3) можемо представити у більш спрощеному вигляді.

Для цього стовпці «Вантажні фронти» розбиваємо на додаткові стовбці, кількість яких визначається кількістю подач на кожен вантажний фронт. По кожному з фронтів визначаємо добову кількість можливих подач за формулою:

$$N = \left\lfloor \frac{A_i}{B_j} \right\rfloor,$$

де A_i – об'єм i -вантажів, що надходить за добу, вагони;

B_j – розмір максимальної подачі на j -вантажний фронт, вагони.

Необхідно враховувати, що остання подача в більшості випадків буде «неповною», тому знаходимо її розмір за формулою (3.3):

$$B_j^{\text{ост}} = A_i - B_j(N-1).$$

Для першого пакету подач значення z_{ij}^1 приймаємо:

$$z_{ij}^1 = t_{ij}^{\text{вант}},$$

де $t_{ij}^{\text{вант}}$ – нормативний час на вивантаження одного вагону i -го виду вантажу на j -му вантажному фронті.

При наступному надходженні вантажів враховуємо час, затрачений на вивантаження вагонів першої подачі:

$$z_{ij}^2 = t_{ij}^{\text{вант}} + t_{ij}^{\text{вант}} \cdot B_j.$$

Аналогічно можемо розрахувати значення z_{ij}^P для будь-якої кількості подач (3.4):

$$z_{ij}^P = t_{ij}^{\text{вант}} (1 + B_j(N-1)).$$

Загальний вигляд транспортної задачі з урахуванням кількості подач для невеликих підприємств наведена у табл. 3.1.

Розподіл вантажів для залізничних цехів підприємств

Вант. фронт	b_1				b_2				...	b_n				
Вантажі	b_1^1	b_1^2	...	b_1^k	b_2^1	b_2^2	...	b_2^k		b_n^1	b_n^2	...	b_n^k	
a_1	z_{11}^1	z_{11}^2	...	z_{11}^k	z_{12}^1	z_{12}^2	...	z_{12}^k		z_{1n}^1	z_{1n}^2	...	z_{1n}^k	A_1
a_2	z_{21}^1	z_{21}^2	...	z_{21}^k	z_{22}^1	z_{22}^2	...	z_{22}^k		z_{2n}^1	z_{2n}^2	...	z_{2n}^k	A_2
...		
a_m	z_{m1}^1	z_{m1}^2		z_{m1}^k	z_{m2}^1	z_{m2}^2		z_{m2}^k		z_{mn}^1	z_{mn}^2		z_{mn}^k	A_m
	B_1	B_1	...	$B_1^{ост}$	B_2	B_2	...	$B_2^{ост}$		B_n	B_n	...	$B_n^{ост}$	
	$B_1(N-1) + B_1^{ост}$				$B_2(N-1) + B_2^{ост}$				...	$B_n(N-1) + B_n^{ост}$				

На відміну від класичної транспортної задачі, при застосуванні даної процедури вантажі розподіляються не всі одразу, а порційно. Оперативний розподіл кожної подачі вагонів виконується з урахуванням можливостей вантажного фронту в момент надходження визначеної подачі. Таким чином можна уникнути надходження нової подачі на вантажний фронт, де ще триває розвантаження попередньої подачі.

Також враховується той момент, що один вид вантажу може направлятися до різних вантажних фронтів. Доцільно направити їх на ті fronti, які в момент розподілу вільні, або звільняться найближчим часом. Це дозволяє уникнути додаткових простоїв вагонів та більш ефективно організувати роботу вантажних фронтів металургійного підприємства.

На великих підприємствах для безперервного виробництва продукції необхідне постійне постачання сировини. Ці підприємства мають більш складні транспортні системи, тому заздалегідь визначити необхідну кількість подач доволі складно, а в деяких випадках неможливо.

Для таких випадків пропонується транспортна задача, що складається з p - кількості блоків, які залежать один від одного. Кожен блок представляє собою транспортну задачу для окремого пакету подач. Вихідними даними для

першого пакету подач є об'єми вантажів що надходять за розрахунковий період часу, максимальний розмір подачі на кожний фронт вивантаження та час, необхідний на вивантаження одного вагона відповідно до переробної спроможності кожного фронту.

3.2. Практична реалізація процедури удосконалення процесу розподілу вагонів

Розглянемо застосування даного методу розв'язання транспортної задачі на прикладі базового підприємства комбінату Запоріжсталь.

Основні вантажі, що змерзаються надходять на 5 основних фронтів вивантаження. При чому деякі з них можуть вивантажуватися тільки на одному фронті (руда та вугілля), в той час як інші розподіляються на декілька фронтів. У таблиці 3.2 наведені фактичні об'єми надходжень вантажів за добу у вагонах.

Таблиця 3.2

Фактичне надходження вантажів на вантажні фронти за добу

Вантаж	Фронт розвантаження					Усього
	Бункери к2	Бункери к4	Рудна	Вугільна	Підбіркова	
Руда	0	0	137	0	0	137
Вугілля	0	0	1	16	0	17
Вапняк НВ	0	0	0	0	23	23
Вапняк ХП	0	15	0	0	22	37
Кокс	72	0	2	0	0	74
Усього	72	15	141	16	45	288

Кожен з вантажних фронтів має різну продуктивність. Тривалість вивантаження на певному фронті залежить від виду вантажу, що на нього надходить. Також необхідно урахувати, що деякі з вантажів повинні надходити тільки на визначені фронти. Необхідно мінімізувати витрати часу на

вивантаження сировини. Вихідну таблицю транспортної задачі можемо надати у такому вигляді:

Таблиця 3.3

Вихідна таблиця транспортної задачі надходження вантажів, що змерзаються на металургійне підприємство

Вантаж	Фронт розвантаження					Усього
	Бункери к2	Бункери к4	Рудна	Вугільна	Підбір- кова	
Руда	–	–	0,06	–	–	137
Вугілля	–	–	0,06	0,06	–	17
Вапняк НВ	–	–	–	–	0,32	23
Вапняк ХП	–	0,07	–	–	0,07	37
Кокс	0,43	–	0,06	–	–	74
Усього	9	9	15	14	9	288
	56					

Оскільки сума запасів (об'єми надходження вантажів) не дорівнює сумі потреб (розмір подач на вантажні фронти), то отримана транспортна задача є відкритою. Для розв'язку задачі необхідно привести її до закритого виду. Для цього вводимо фіктивного споживача (вантажний фронт) на надлишковий об'єм вантажу.

Для знаходження оптимального плану був використаний метод потенціалів. Отриманий оптимальний план розподілу вантажів першого пакету подач по вантажним фронтам наведений у таблиці 3.4.

Згідно отриманого оптимального плану розподілу вантажів першого пакету подач за вантажними фронтами:

- парк «Бункери» колія №2 – 9 вагонів коксу (0,43 год. / вагон);
- парк «Бункери» колія №4 – 9 хоперів вапняку (0,07 год. / вагон);
- станція Рудна – 15 вагонів руди (0,06 год. / вагон);
- станція Вугільна – 14 вагонів вугілля (0,06 год. / вагон);

– станція Підбіркова – 9 хоперів вапняку (0,07 год. / вагон).

Таблиця 3.4

Оптимальний план для першого пакету подач

	Бункери к2	Бункери к4	Рудна	Вугільна	Підбіркова	Залишок	Всього
Руда			0,06 [15]			122	137
Вугілля			0,06	0,06 [14]		3	17
Вапняк НВ					0,32	23	23
Вапняк ХП		0,07 [9]			0,07 [9]	19	37
Кокс	0,43 [9]		0,06			65	74
Всього	9	9	15	14	9	232	288

Мінімальні витрати часу на вивантаження першого пакету подач складуться:

$$F(x) = 0,06 \cdot 15 + 0,06 \cdot 14 + 0,07 \cdot 9 + 0,07 \cdot 9 + 0,43 \cdot 9 = 6,87 \text{ год.}$$

Як бачимо, за даним оптимальним планом розподілено не весь вантаж. Отже залишок вантажу переносимо до наступної транспортної задачі другого пакету подач як значення A_i (рис. 3.4).

		Фронт		Бункери к2	Бункери к4	Рудна	Вугільна	Підбіркова	Усього
		Вантаж		Бункери к2	Бункери к4	Рудна	Вугільна	Підбіркова	Усього
Фронт		Вантаж		(0,06+0,06·15)		0,96			122
Руда									3
Фронт	Вантаж	Бункери к2	Бункери к4	Рудна	Вугільна	Підбіркова	Залишок	Усього	
	Руда			0,06 [15]			122	137	23
	Вугілля				0,06 [14]		3	17	19
	Вапняк НВ						23	23	65
	Вапняк ХП		0,07 [9]			0,07 [9]	19	37	232
	Кокс	0,43 [9]					65	74	
	Усього	9	9	15	14	9	232	288	

Рис. 3.4 – Розрахунок даних та побудова вихідної таблиці для транспортної задачі другого пакету подач

Аналогічно розподіляємо усі наступні пакети подач до тих пір, поки усі вантажі будуть вивантажені на вантажних фронтах. Отриманий розподіл подач вантажів на fronti вивантаження наведено у табл. 3.5 та рис. 3.5.

В результаті розв'язку динамічної транспортної задачі був отриманий оптимальний розподіл подач вантажів на fronti вивантаження:

- на станцію Аглофабрика парк «Бункери» колія №2 необхідно направити 9 подач коксу (з них 8 подач по 9 вагонів і 1 подача – 2 вагона);
- на станцію Аглофабрика парк «Бункери» колія №4 приходить 3 подачі вапняку у хоперах (з них 2 подачі по 9 вагонів і 1 подача – 1 вагон);
- на станцію Рудна надійде 10 подач руди (з них 9 подач по 15 вагонів і 1 подача на 2 вагона);
- станція вугільна прийме 2 подачі вугілля (на 14 вагонів та на 3 вагона);
- на станцію Підбіркову надійде 2 подачі вапняку у хоперах (по 9 вагонів у кожній) та 3 подачі вапняку у напіввагонах (2 подачі по 9 вагонів та 1 на 5 вагонів).

Таблиця 3.5

Підсумковий оптимальний розподіл вантажів по вантажним фронтам

№ подачі	Фронт вивантаження					
	Бункери к2	Бункери к4	Рудна	Вугільна	Подборочна	
Вантаж	Кокс	Вапняк ХП	Руда	Вугілля	Вапняк ХП	Вапняк НВ
1	9	9	15	14	9	0
2	9	9	15	3	9	0
3	9	1	15	0	0	9
4	9	0	15	0	0	9
5	9	0	15	0	0	5
6	9	0	15	0	0	0
7	9	0	15	0	0	0
8	9	0	15	0	0	0
9	2	0	15	0	0	0
10	0	0	2	0	0	0
Всього	74	19	137	17	18	23

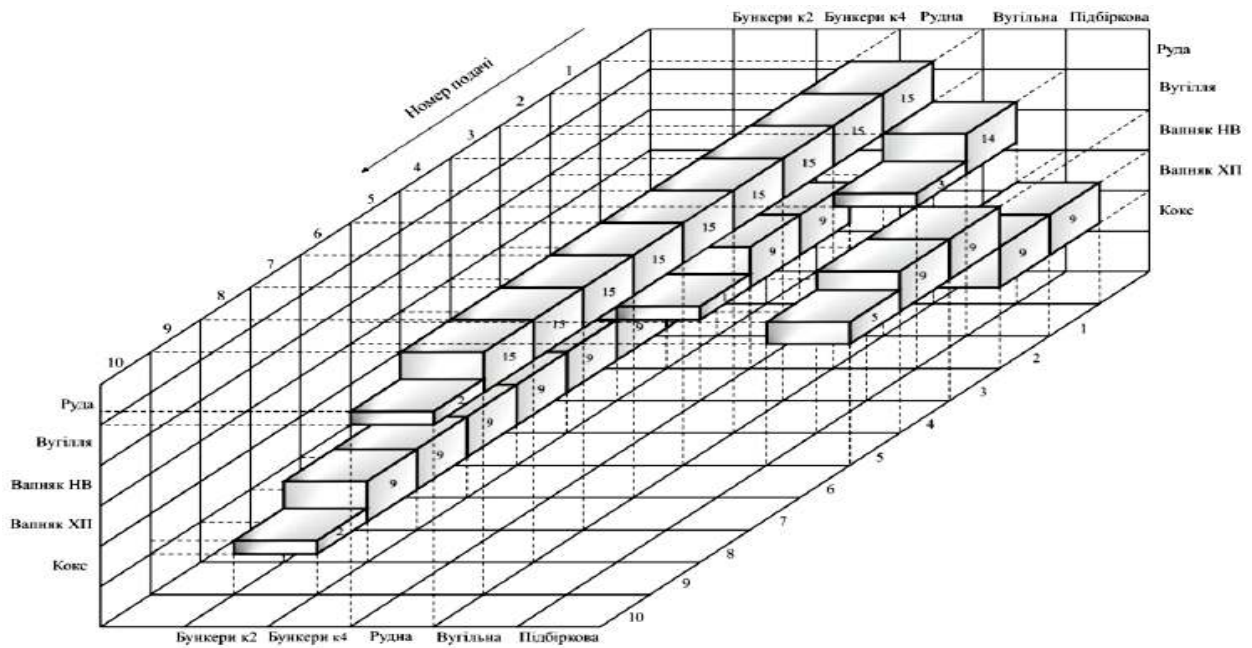


Рис.3.5. Графічна інтерпретація оптимального розподілу подач

За рахунок скоригованого розподілу вантажів простій вагонів скоротився на кожному фронті вивантаження: «Бункери» колія №2 на 0,55 год, «Бункери» колія №4 – 2,82 год; Рудна – 0,09 год; Вугільна – 0,44 год; Підбіркова – 0,87 год.

Середня тривалість простоїв вагонів скоротилася на 0,46 год на один вагон за добу, також значно знизилася кількість подач на fronti вивантаження, при цьому кількість оброблених вагонів залишилася незмінною. При такому варіанті роботи ТСЛС потужності вантажних фронтів використовуються більш раціонально, що дозволяє підвищити ефективність функціонування системи в умовах різкої зміни температурних показників на негативні.

Для удосконалення системи управління розвантаження сировини розроблено метод оперативного коригування плану розподілу вантажів, що надходять на металургійне підприємство, який полягає в тому, що в холодний період року розподіл кожної подачі вагонів виконується з урахуванням можливостей вантажного фронту на момент надходження визначеної подачі.

Це дозволяє уникнути додаткових простоїв вагонів та більш ефективно

організувати роботу вантажних фронтів.

Формалізовано задачу розподілу вагонів для залізничних цехів підприємств та управлінь залізничного транспорту як динамічну транспортну задачу, що дозволяє враховувати переробну спроможність вантажних фронтів на момент надходження кожної подачі вагонів.

Запропоновано процедуру удосконалення процесу розподілу вагонів для управлінь залізничного транспорту підприємств, яка передбачає розв'язок динамічної транспортної задачі в новій постановці. Даний підхід передбачає розв'язок транспортної задачі за блоками для кожного пакету подач. Кожен блок представляє собою транспортну задачу для окремого пакету подач, опорний план якої впливає з оптимального плану попереднього розподілу.

Пропонований метод коригування плану розподілу вантажів було застосовано на прикладі базового підприємства. За рахунок скоригованого розподілу вантажів середня тривалість простоїв вагонів скоротилася на 0,46 год на один вагон за добу, також значно знизилася кількість подач на fronti вивантаження, при цьому кількість оброблених вагонів залишилася незмінною. При такому варіанті роботи ТСЛС потужності вантажних фронтів використовуються більш раціонально, що дозволяє підвищити ефективність функціонування системи в умовах різкої зміни температурних показників на негативні.

ВИСНОВКИ

Проведений аналіз існуючих наукових підходів щодо проблеми організації роботи ТСЛС МП показав, що методи управління транспортно-складськими процесами недостатньою мірою враховують вплив зовнішніх факторів (зокрема, погодних умов) і параметрів функціонування. Не враховується можливість оперативного перерозподілу вагонів за вантажними фронтами залежно від прогнозу погодних умов для скорочення тривалості їх перебування в системі.

Формалізація структури ТСЛС МП дозволила встановити, що підвищення ефективності досліджуваної системи в цілому передбачає розробку нових методів та моделей та для основних її підсистем – ТСЛС вивантаження та ТСЛС відвантаження, що тісно пов'язані між собою. В ході системного аналізу встановлено узагальнюючий критерій ефективності – економічний, який враховує витрати на користування транспортними засобами.

Для удосконалення системи управління процесом розвантаження сировини розроблено метод оперативного коригування плану розподілу вантажів, оснований на тому, що в холодний період року розподіл кожної подачі вагонів виконується з урахуванням переробної спроможності вантажного фронту на момент надходження визначеної подачі. За рахунок коригування розподілу вантажів пропонованим методом середня тривалість простоїв вагонів скоротилася на 0,46 год на один вагон за добу.

Розроблена модель ТСЛС вивантаження вантажів, що надходять на підприємство, дозволяє визначити раціональну кількість використовуваних ресурсів – локомотивів та камер розігріву в умовах різкої зміни температури навколишнього середовища.

Удосконалено систему планування потрібної кількості власних вагонів для забезпечення процесу доставки вантажів до металургійного підприємства з виробництва феросплавів шляхом розробки регресійних моделей визначення простою вагонів. Найбільш якісною прийнята модель, що має мінімальну

похибку апроксимації ($\sigma = 0,071$). Запропонована модель дозволяє планувати транспортний процес та встановлювати тривалість обороту вагонів на маршрутах перевезень й потрібну кількість вагонів робочого парку.