

## ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ АНАЛІЗ РОБОТИ РОЗВАНТАЖУВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА

*Робота присвячена вирішенню науково-технічної проблеми функціонального аналізу роботи розвантажувального комплексу транспортної системи металургійного підприємства. На сучасному етапі функціонування промислового транспорту переробка вагонопотоків у розвантажувальному комплексі транспортної системи металургійного підприємства відбувається у змінних експлуатаційних умовах, що призводить до низької ефективності взаємодії виробництва і транспорту. Для вирішення цієї проблеми на початковому етапі необхідно провести функціональний аналіз роботи розвантажувального комплексу транспортної системи металургійного підприємства з прийому і вивантаження масової сировини у період негативних температур. В процесі дослідження використані методи аналізу і синтезу для вивчення питання та основних наукових публікацій щодо стану та шляхів підвищення ефективності взаємодії виробництва і транспорту на металургійних підприємствах, а також методологія функціонального аналізу для дослідження потокових процесів фазової трансформації у розвантажувальному комплексі транспортної системи металургійного підприємства. В роботі розроблено модель формування експлуатаційних та техніко-економічних показників роботи розвантажувального комплексу транспортної системи металургійного підприємства з прийому і вивантаження масової сировини у період негативних температур. Проаналізовано вплив виробничих та зовнішніх факторів на обсяг транспортної роботи у зазначеному комплексі. На основі методології функціонального аналізу виконана декомпозиція функцій розвантажувального комплексу транспортної системи металургійного підприємства як системотехнічного комплексу на макрорівні, що дозволило оцінити його основні функції та створила передумови для функціонального аналізу її роботи на мікрорівні. Наукова новизна полягає у розробці загального методу ідентифікації функцій, які виконуються розвантажувальним комплексом транспортної системи металургійного підприємства з прийому і вивантаження масової сировини, який базується на положеннях функціонального аналізу. Представлені теоретичні положення щодо функціонального аналізу роботи розвантажувального комплексу транспортної системи металургійного підприємства дозволили виявити зони зосередження додаткового обсягу транспортної роботи, яка безпосередньо впливає на експлуатаційні показники прийому і вивантаження масової сировини у період негативних температур, та можуть в подальшому використовуватися в моделях управління поточними процесами у транспортно-розвантажувальних системах.*

**Ключові слова.** *Металургійне підприємство, транспортна робота, переробна спроможність, функціональний аналіз, розвантажувальний комплекс, транспортна система, декомпозиція функцій, ідентифікація функцій.*

**Постановка проблеми.** Розвантажувальний комплекс транспортної системи металургійного підприємства (РК ТС МП), що приймає масову сировину, характеризується досить стабільним вагонопотоком. Прийом і переробка вагонів відбуваються в експлуатаційних умовах, що змінюються, пов'язаних з впливом низки зовнішніх і внутрішніх виробничих факторів випадкового характеру, які призводять до необхідності виконання РК

## Транспортні технології

ТС МП нових, не передбачених раніше функцій і, як наслідок, до значного додаткового обсягу транспортної роботи.

У цих умовах зростаючий обсяг транспортної роботи трансформується у значний додатковий час, який затрачується на переробку вагонопотоку, що у результаті призводить до значного зростання транспортних витрат.

У нових економічних та виробничо-експлуатаційних умовах за збільшеним впливом динамічних факторів на процес переробки вагонопотоку вирішення питань підвищення ефективності роботи РК ТС МП має ґрунтуватися на функціональному підході. Застосування функціонального аналізу для оцінки фактично виконуваних системою функцій, визначення обсягу та розподілу транспортної роботи, аналізу переробної спроможності технічних засобів з урахуванням динаміки процесу переробки, дозволить вибрати шляхи та знайти оптимальне рішення щодо вдосконалення компунувально-конструктивної схеми та параметрів РК ТС МП.

З огляду на вищевикладене стає необхідним проведення функціонального аналізу роботи РК ТС МП.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В останній період у різних сферах досліджень набув розвитку інтегрований, комплексний підхід, заснований на функціональних принципах. У цьому плані прийшло розуміння того, що окрему підфункцію, яку виконує РК ТС МП, не можна розглядати як самостійну функцію управління. Декомпозиція, аналіз та подальший синтез різних підфункцій, що виконуються системою, в єдину функцію управління транспортною роботою РК ТС МП несе у собі великий резерв підвищення ефективності [1-3].

В останній період у різних сферах досліджень набув розвитку інтегрований, комплексний підхід, заснований на функціональних принципах. У цьому плані прийшло розуміння того, що окрему підфункцію, яку виконує станція, не можна розглядати як самостійну функцію управління. Декомпозиція, аналіз та подальший синтез різних підфункцій, що виконуються станцією, в єдину функцію управління транспортною роботою станцій несе у собі великий резерв підвищення ефективності [4].

Найбільш повно та послідовно принципи системності та функціонального підходу до дослідження роботи станцій наведені в роботах Парунакяна В.Е. [5, 6].

У роботі [7] дана перша класифікація РК ТС МП з функціональних позицій, наведено рекомендації за принциповими схемами станцій у зв'язку з розміщенням підприємства та його основних цехів, складу та розташування комплексу технічних пристроїв станцій, а також наведено загальні методичні основи їх розрахунку та проектування.

Отже, новий напрямок у вирішенні питань підвищення ефективності використання переробної спроможності РК ТС МП ґрунтується на функціональному аналізі, а забезпечення функціонально-конструктивної єдності створює передумови для розробки та вибору оптимального варіанта інженерного вирішення конструктивних схем станцій.

Резюмуючи результати проведеного детального аналізу є підстави вважати, що функціональний підхід до дослідження роботи РК ТС МП відкриває нові можливості у вирішенні питань підвищення ефективності процесу прийому і переробки зовнішнього вагонопотоку, у зв'язку з чим за основу проведення досліджень взято функціональний аналіз технічних рішень (ФА) [8]. У зв'язку з цим наукова проблема проведення функціонального аналізу роботи РК ТС МП, є своєчасною та актуальною.

**Мета роботи.** Проведення функціонального аналізу роботи розвантажувального комплексу транспортної системи металургійного підприємства на основі розробки моделей формування експлуатаційних та техніко-економічних показників роботи системи з прийому і вивантаження масової сировини у період негативних температур.

**Основний матеріал дослідження.** РК ТС МП, розглядається як системотехнічний комплекс (СТК), що має відповідну технічну та управлінську ( $U$ ) структури і виконує як свою

## Транспортні технології

головну функцію ( $F_g$ ), вивантаження вагонів з сировиною. СТК характеризується відносно постійним добовим вагонопотоком сировини ( $V$ ), встановленим відповідно до плану виробництва продукції.

РК ТС МП для виконання головної функції оснащена комплексом технічних пристроїв, що включає: парну та непарну горловини ( $Q_n, Q_{\text{н}}$ ), приймально-відправний парк ( $P$ ), гаражі розморожування ( $G_d$ ), розвантажувальний комплекс ( $R$ ) та парк локомотивів ( $L$ ). Переробна спроможність пристроїв оцінюється ступенем їх завантаження (відповідно  $N_1, N_2, N_3, N_4, N_5$ , годин) і визначається принциповою компанювальною схемою і конструкцією транспортної системи ( $K$ ), а потреба в локомотивах - величиною їх завантаження ( $L_1$ , годин). Результуючим показником роботи системи є: тривалість перебування вагона на РК ТС МП ( $T$ , година), що визначається технологією та організацією роботи та відповідною платою за користування вагонами ( $C$ , грн). На переробку вагонопотоку в РК ТС МП, а отже, на показники  $N_1, N_2, N_3, N_4, N_5$  та  $L$ , у різному поєднанні та з різною інтенсивністю впливають випадкові фактори експлуатаційного, виробничого та природного характеру. Дані фактори діють цілий рік та пов'язані з нерівномірністю прибуття маршрутних поїздів з сировиною з зовнішньої мережі, позаплановими та аварійними зупинками розвантажувального комплексу, зміною черговості розвантаження різних компонентів шихти, пов'язаних з її якістю. У період негативних температур при змерзанні масової сировини виникає необхідність її розморожування у гаражах.

Всі зазначені фактори об'єктивно впливають на процес переробки вагонопотоку, його тривалість і вимагають виконання додаткового обсягу маневрової роботи з вимушеної перестановки груп вагонів та їх технологічного відстою на РК ТС МП.

Завантаження технічних пристроїв станції ( $N_1, N_2, N_3, N_4, N_5, L$ ) при цьому збільшується і призводить до виникнення міжопераційних простоїв ( $t_{\text{mn}}$ ).

Тривалість потокового процесу переробки вагонопотоків на РК ТС МП складається з тривалості технологічних операцій, час виконання яких нормується, і також з очікування виконання наступних технологічних операцій, час якого має імовірнісний характер.

Результати впливу випадкових факторів на техніко-економічні показники роботи РК ТС МП методологічно не враховувалися, а лише певною мірою компенсувалися застосуванням коефіцієнта нерівномірності прибуття поїздів. Практика експлуатаційної роботи РК ТС МП показує, що на сучасному етапі такий підхід недостатньо повно враховує ускладнені умови процесу переробки вагонопотоку і веде до суттєвих помилок при розрахунку експлуатаційних показників.

У зв'язку з вищевикладеним, пропонується новий показник оцінки ефективності роботи РК ТС МП – «транспортна робота» (ваг. год.), який за певної умовності досить повно враховує види, обсяги та динаміку роботи та просто оцінюється економічно, оскільки плата за користування вагонами загальномережного парку здійснюється за тим самим показником. Крім цього, цей показник можна використовувати на всіх етапах життєвого циклу РК ТС МП: при проектуванні, експлуатації, реконструкції. Загальну добову транспортну роботу ( $A_{\text{об}}$ ), що виконується РК ТС МП, можна подати виразом:

$$A_{\text{об}} = A_{\text{пл}} + \Delta A, \text{ ваг. год.} \quad (1)$$

де  $A_{\text{пл}}$  - планова добова транспортна робота системи, ваг.год;

$\Delta A$  - додаткова добова транспортна робота системи, ваг.год.

Тривалість переробки планового вагонопотоку ( $V_n$ ) з нормативною тривалістю ( $T_n$ ) визначає заплановану частину транспортної роботи ( $A$ ), а тривалість виконання позапланових станційних операцій, спричинену впливом випадкових факторів, становить додаткову частину транспортної роботи ( $\Delta A$ ). При цьому стає можливим диференціювати обсяг додаткової транспортної роботи щодо кожного з факторів.

## Транспортні технології

Системна характеристика створює основу для класифікації функцій, що виконуються РК ТС МП, їх ідентифікації, ранжирування та оцінки.

РК ТС МП є великою системою, що включає в свою структуру кілька підсистем, які взаємодіють одна з одною і забезпечують технологію, організацію та управління процесом переробки потоку вагонів, тобто цільове функціонування системи. Принципи регулювання їх взаємодії у просторі та часі визначаються загальносистемними нормативно-технологічними документами. Дуже важливо та складно забезпечувати їхню взаємодію при переробці вагонів в оперативних умовах, у реальному часі та при постійному впливі різних випадкових факторів. Основні принципи функціонування РК ТС МП різних типів практично однакові. Проте форми прояви функцій дуже різноманітні. Реалізація системного підходу у вирішенні поставленої задачі полягає в декомпозиції аналізованої системи на підсистеми, що мають ознаку функціональної цілісності та взаємодіють у роботі.

У якості методичної основи для класифікації функцій, що виконуються РК ТС МП, приймається методологія ФА, яка дозволяє ідентифікувати, ранжувати та оцінити функції комплексу. Функціональний аналіз, забезпечує виділення та оцінку функцій аналізованої системи для її подальшого функціонального синтезу, з метою формування техніко-економічного обґрунтування нових принципів роботи РК ТС МП. Стосовно специфіки функціонування РК ТС МП основні принципи методології ФА зберігаються. Крім того, вони доповнюються новими підходами, які дозволять зв'язати, через обсяг транспортної роботи, що визначає завантаження технічних пристроїв РК ТС МП за функціями, підсумкові показники його роботи (простій і плату за користування вагонами) з принциповою схемою та конструктивними параметрами комплексу.

Вихідною позицією ФА є виявлення та визначення функцій системи, що аналізується, тобто їхня класифікація. Сенс класифікації полягає у поділі функцій на види, які адекватно відображали б основні зв'язки та характер системи.

Функції транспортної системи відповідно до загальної теорії ФА розподілені такі групи: зовнішні (загальносистемні) і внутрішні (внутрішньосистемні). Зовнішні функції представлені головною та другорядною функціями. Головна функція виражає сутність поведінки системи та інтегрує всі логічні групи функцій системи. Другорядні – це функції, що підвищують зручність використання системи. Внутрішні функції – це дії та взаємозв'язки всередині системи, обумовлені принципом її побудови та особливостями реалізації внутрішніх можливостей системи. Вони діляться на основні (робочі) та допоміжні (забезпечуючі). Основні функції представляють собою дії та можливості системи, що працюють на головну функцію. За винятком будь-якої основної функції, головна функція в принципі не може бути реалізована. Допоміжні функції створюють передумови та умови для виконання основних функцій. Вони формують основні функції, а їх число залежить від складності функціональних зв'язків системи, за винятком допоміжної функції працездатність досліджуваної системи зберігається, але погіршуються деякі показники якості.

Робочим критерієм для класифікації функцій є методологічна ознака. Для застосування цього критерію у процесі аналізу основні функції поділяються на діючі та необхідні. Чинні – це функції, які система фактично виконує. Необхідні функції – це ті, які система повинна мати, щоб повністю задовольняти вимоги виробництва. На основі порівняння комплексу діючих та необхідних функцій виділяються функції відсутні та непотрібні. Відсутні функції – це, які система має виконувати додатково задля забезпечення вимог виробництва. Непотрібні функції – це ті, які система виконує, але які виробництву або не потрібні взагалі, або пов'язані з необхідністю вдосконалення способів їх реалізації. Непотрібні функції виникають як внаслідок виробничих та експлуатаційних умов, що змінилися, так і через недостатню дослідженість проблеми. Нові рішення повинні усувати непотрібні функції та по можливості



Транспортні технології

виключати їх носії.

Ідентифікація функцій, що включає їх декомпозицію, ранжування, угруповання за основними ознаками та оцінку дозволяє розібратися у функціональній структурі аналізованої системи та, відповідно до вимог виробництва, визначити шляхи вдосконалення, здійснити необхідну переструктуризацію. Класифікація функцій РК ТС МП, здійснюється відповідно до запропонованого методу на основі системного підходу. При цьому РК ТС МП розглядається як системотехнічний комплекс (СТК), який в якості своєї головної функції ( $F_g$ ) виконує прийом, переробку та вивантаження маршрутних поїздів із сировиною.

Враховуючи негативний вплив на роботу РК ТС МП всього комплексу розглянутих факторів у процесі досліджень проводиться декомпозиція СТК щодо функцій на макрорівні та аналіз структури та змісту функцій на мікрорівні. Завдання дослідження на макрорівні полягає у визначенні загальної поведінки СТК як цілого, в оцінці його інтегративних характеристик, а мета полягає у створенні моделі СТК у взаємодії із зовнішнім середовищем та визначенням основних функцій [9]. Структура основних діючих функцій РК ТС МП, наведена на рис. 1.

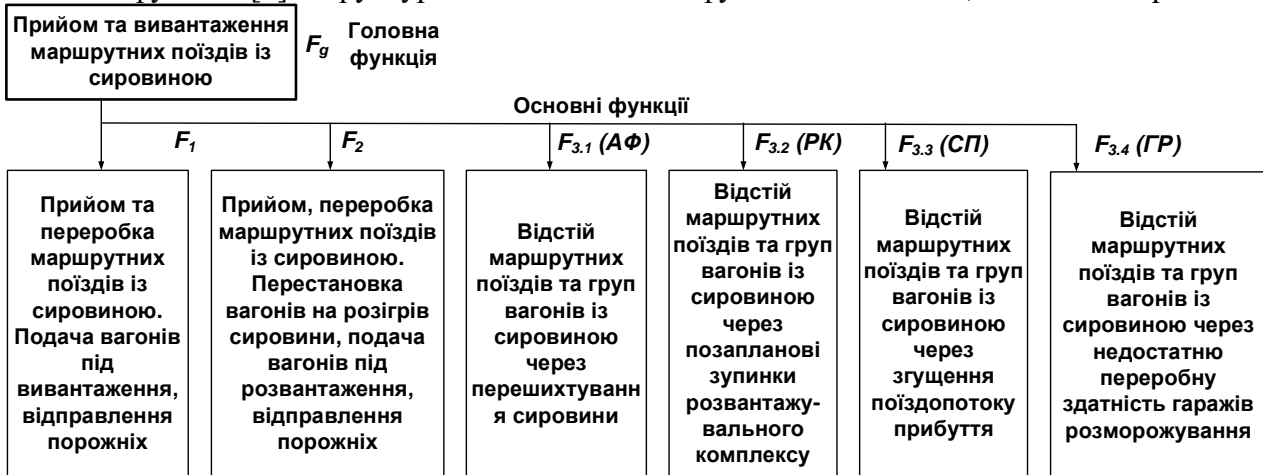


Рисунок 1 – Структура основних діючих функцій розвантажувального комплексу транспортної системи металургійного підприємства

Декомпозиція та виконана на її основі класифікація діючих функцій дозволяє провести комплексну оцінку та аналіз роботи РК ТС МП.

В основу дослідження роботи РК ТС МП у різних експлуатаційних умовах приймається логічний експеримент, під час якого функції комплексу вивчаються за допомогою її змістовної моделі.

Аналіз процесу переробки при стабільному вагонопотоку та реалізації вищезгаданих функцій дозволив встановити два режими роботи РК ТС МП «штатний» та «нештатний».

У «штатному» режимі РК ТС МП, реалізуючи основну функцію ( $F_1$ ), здійснює переробку заданого вагонопотоку в плановому обсязі транспортної роботи ( $A_{пл}$ ), а також виконує додаткову транспортну роботу різного об'єму ( $\Delta A$ ), пов'язану з реалізацією інших основних функцій ( $F_1, F_2, F_{3.1}, F_{3.2}, F_{3.3}, F_{3.4}$ ) та обумовлену імпульсивним впливом випадкових факторів. При цьому управління процесом переробки забезпечується методом диспетчерського регулювання ( $U$ ).

Завантаження технічних пристроїв РК ТС МП ( $N_1, N_2, N_3, N_4, N_5$ ) зростає та періодично досягає максимуму нормативних значень. Слід зазначити, що з «штатному» режимі роботи тривалість процесу переробки вагонопотоку досить часто (до 75 % випадків) перевищує планові показники ( $T_n + \Delta T_{пл}$ ).

Моделі формування техніко-експлуатаційних показників роботи РК ТС МП у

Транспортні технології

«штатному» режимі представлена на рисунку 2.

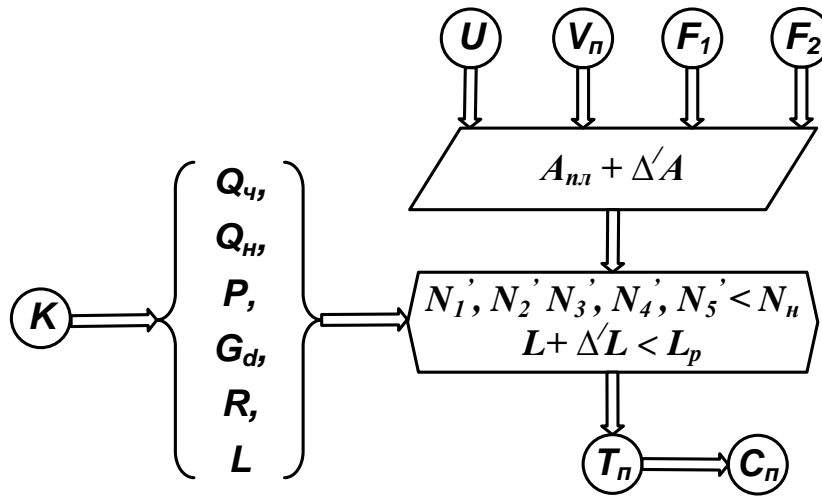


Рисунок 2 – Модель формування техніко-експлуатаційних показників роботи розвантажувального комплексу транспортної системи металургійного підприємства в «штатному» режимі

"Нештатний" режим роботи РК ТС МП при постійній величині вагонопотоку ( $V_n$ ) має місце в періоди, коли реалізація основної функції ( $F_1$ ) супроводжується впливом у різному поєднанні кількох випадкових факторів. У період негативних температур реалізація основної функції ( $F_2$ ) доповнюється комплексом операцій, пов'язаних із розморожуванням вагонів з сировиною у гаражах. В результаті необхідність виконання інших функцій ( $F_{3.1}, F_{3.2}, F_{3.3}, F_{3.4}$ ) призводить до збільшення функціонального навантаження РК ТС МП, яка трансформується в нерегульований додатковий обсяг транспортної роботи ( $\Delta'A$ ).

При цьому суттєво зростає час зайнятості технічних пристроїв, завантаження яких ( $N_1, N_2, N_3, N_4, N_5$ ) досягає граничних значень, переробна спроможність РК ТС МП повністю вичерпується та комплекс втрачає можливість виконувати свої функції. Істотно збільшується і тривалість переробки вагонів.

У цих умовах РК ТС МП змушений припинити прийом маршрутних поїздів із сировиною, внаслідок чого виникають затримки поїздів на підходах до комплексу ( $T_n$ ).

У разі «нештатного» режиму під час негативних температур РК ТС МП функціонує з перевантаженням технічних пристроїв. За відсутності необхідних технічних ресурсів засоби диспетчерського регулювання ( $U$ ) не забезпечують паралельного виконання РК ТС МП усіх функцій, тому його робота блокується. Збої в процесі переробки вагонопотоку призводять до значного простою вагонів, як на самому РК ТС МП, так і на підходах до нього ( $\Delta''T + T_n$ ) і значного зростання плати за їх використання ( $\Delta''C + C_n$ ).

Модель формування техніко-експлуатаційних показників роботи транспортно-вантажного комплексу в «нештатному» режимі представлена на рисунку 3.

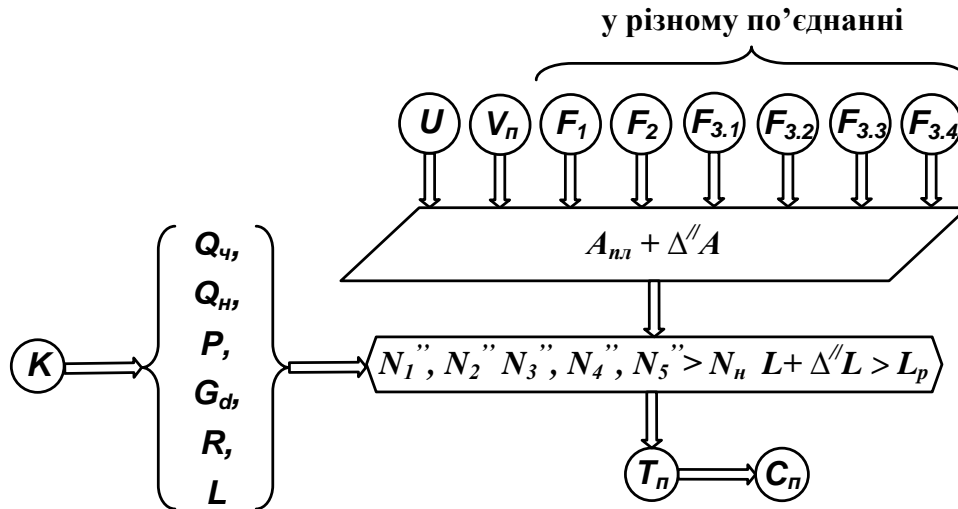


Рисунок 3 – Модель формування техніко-експлуатаційних показників роботи розвантажувального комплексу транспортної системи металургійного підприємства в «нештатному» режимі

Декомпозиція функцій РК ТС МП як системотехнічного комплексу на макрорівні дозволила встановити та ідентифікувати його основні функції та створила передумови для функціонального аналізу його роботи на мікрорівні.

### ВИСНОВКИ

1. Оцінка переробної спроможності розвантажувального комплексу транспортної системи металургійного підприємства, заснована на обліку коефіцієнта нерівномірності прибуття, не відповідає виробничим вимогам. У якості критерія оптимізації транспортних процесів обґрунтовано і запропоновано експлуатаційний показник введено показник «транспортна робота». За певної частки умовності він дозволяє диференціювати загальні вагонопотоки транспортної системи на елементарні потоки, що реалізують її функції, і по кожному з них встановлювати структуру, обсяги та інші показники експлуатаційної роботи (вагоно-години переробки, міжопераційні простой та технологічні очікування з їх місцем та причиною та ін.)

2. Відповідно до методології функціонального аналізу визначено головну та основні функції розвантажувального комплексу транспортної системи металургійного підприємства, а також впливові фактори.

3. Декомпозиція функцій розвантажувального комплексу транспортної системи металургійного підприємства як системотехнічного комплексу на макрорівні дозволила оцінити його основні функції та створила передумови для функціонального аналізу роботи на мікрорівні.

4. Проведена ідентифікація функцій, що виконуються розвантажувальним комплексом транспортної системи металургійного підприємства, дозволила виявити зони зосередження додаткового обсягу транспортної роботи (технічні пристрої, переробна спроможність яких визначається конструктивною схемою комплексу).

5. При відносно постійному вагонопотоці, а також вибіркового чи спільному впливі випадкових факторів ефективна робота розвантажувального комплексу транспортної системи металургійного підприємства при виконанні основних функцій ( $F_1, F_2, F_{3.1}, F_{3.2}, F_{3.3}, F_{3.4}$ )

## Транспортні технології

досягатиметься за рахунок забезпечення відповідності величини фактичного обсягу транспортної роботи ( $A_{ml} + \Delta A$ ) та можливого обсягу цієї роботи, що залежить від переробної спроможності ( $N_i$ ), яка визначається його конструктивною схемою та параметрами.

6. У результаті проведених досліджень проведено функціональний аналіз роботи розвантажувального комплексу транспортної системи металургійного підприємства.

### Список використаних джерел:

1. Fomin, O., Lovska, A., Dzhenchako, V., Zhylinkov, O., Fomina, A., & Lytvynenko, A. (2022). Determining the features of temperature influence on the load-bearing structure of a hopper car with a composite cladding when transporting pellets to metallurgical enterprises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(7(115)), 32 - 41. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.251300>; <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/251300>.

2. Дженчако В.Г. Підвищення ефективності перевезення масової сировини на промислові підприємства у зимовий період / В. Г. Дженчако // Міжвузівський тематичний збірник наукових праць. – 2019. – № 21. – С. 224 – 237. <http://eir.pstu.edu/handle/123456789/24835>.

3. Дженчако В.Г. Розробка методу оцінки пропускної спроможності гаражів розморожування транспортної системи промислового підприємства / В. Г. Дженчако // Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень». Вип. 22. – 2021. – С. 21 – 27. <https://doi.org/10.15802/tstt2021/247879>.

4. Дженчако В.Г. Определение продолжительности размораживания железосодержащего сырья в вагонах с использованием технологии «Data mining» / В. Г. Дженчако // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2010. – №10 (152). – Ч.1. – С. 45-50.

5. Парунакян В.Э. Определение продолжительности разогрева груза в вагонах на основе метода планирования эксперимента / В.Э. Парунакян, В. Г. Дженчако // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2006. – №16. – С. 232-239.

6. Парунакян В.Э. Методика определения продолжительности разогрева грузов в конвективных гаражах размораживания / В.Э. Парунакян, В. Г. Дженчако // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2004. – №14. – С. 319-322.

7. Дженчако В.Г. Оптимізація взаємодії вантажної станції, гаражів розморожування і розвантажувального комплексу агломераційної фабрики при вивантаженні масової сировини / В. Г. Дженчако // Міжвузівський тематичний збірник наукових праць. – 2021. – № 24. – С. 272 – 284.

8. Маслак Г.В. Стан і шляхи підвищення ефективності управління процесом матеріалоруку при переробці зовнішнього вагонопотоку металургійних підприємств / А.В. Маслак // Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень». – Вип. 18 - 2019. - С. 59-68.

9. Бойко В.А. Повышение эффективности работы грузовой станции металлургического комбината, принимающей массовое сырьё: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.12 / Бойко Владимир Алексеевич. – Мариуполь, 2013. – 178 с.



Дженчако В. Г., Маслак А.В., Завгородний А.С.

### ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ РАЗГРУЗОЧНОГО КОМПЛЕКСА ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*Работа посвящена решению научно-технической проблемы функционального анализа работы разгрузочного комплекса транспортной системы металлургического предприятия. На современном этапе функционирования промышленного транспорта переработка вагонопотоков в разгрузочном комплексе транспортной системы металлургического предприятия происходит в изменяющихся эксплуатационных условиях, что приводит к низкой эффективности взаимодействия производства и транспорта. Для решения этой проблемы на начальном этапе необходимо провести функциональный анализ работы разгрузочного комплекса транспортной системы металлургического предприятия по приему и выгрузке массового сырья в период отрицательных температур. В процессе исследования использованы методы анализа и синтеза для изучения вопроса и основных научных публикаций о состоянии и путях повышения эффективности взаимодействия производства и транспорта на металлургических предприятиях а также методология функционального анализа для исследования поточных процессов фазовой трансформации в разгрузочном комплексе транспортной системы металлургического предприятия. В работе разработана модель формирования эксплуатационных и технико-экономических показателей работы разгрузочного комплекса транспортной системы металлургического предприятия по приему и выгрузке массового сырья в период отрицательных температур. Проанализировано влияние производственных и внешних факторов на объем транспортной работы в комплексе. На основе методологии функционального анализа выполнена декомпозиция функций разгрузочного комплекса транспортной системы металлургического предприятия как системотехнического комплекса на макроуровне, что позволило оценить его основные функции и создало предпосылки для функционального анализа работы на микроуровне. Научная новизна заключается в разработке общего метода идентификации функций, выполняемых разгрузочным комплексом транспортной системы металлургического предприятия по приему и выгрузке массового сырья, основанного на положениях функционального анализа. Представленные теоретические положения по функциональному анализу работы разгрузочного комплекса транспортной системы металлургического предприятия позволили выявить зоны сосредоточения дополнительного объема транспортной работы, непосредственно влияющей на эксплуатационные показатели приема и выгрузки массового сырья в период отрицательных температур, и могут в дальнейшем использоваться в моделях управления потоковыми процессами в транспортно - разгрузочных системах.*

**Ключевые слова.** *Металлургическое предприятие, транспортная работа, перерабатывающая способность, функциональный анализ, разгрузочный комплекс, транспортная система, декомпозиция функций, идентификация функций.*

Dzhenchako V.G., Maslak A.V., Zavgorodniy A.S.

### FUNCTIONAL ANALYSIS OF THE OPERATION OF THE UNLOADING COMPLEX OF THE TRANSPORT SYSTEM OF A METALLURGICAL ENTERPRISE

*The work is devoted to solving the scientific and technical problem of functional analysis of the operation of the unloading complex of the transport system of a metallurgical enterprise. At the*

*present stage of the functioning of industrial transport, the processing of car flows in the unloading complex of the transport system of a metallurgical enterprise takes place under changing operating conditions, which leads to low efficiency in the interaction between production and transport. To solve this problem at the initial stage, it is necessary to carry out a functional analysis of the operation of the unloading complex of the transport system of a metallurgical enterprise for receiving and unloading bulk raw materials in a period of negative temperatures. In the course of the study, methods of analysis and synthesis were used to study the issue and main scientific publications on the state and ways to improve the efficiency of interaction between production and transport at metallurgical enterprises, as well as the methodology of functional analysis to study the flow processes of phase transformation in the unloading complex of the transport system of a metallurgical enterprise. The paper has developed a model for the formation of operational and technical and economic indicators of the operation of the unloading complex of the transport system of a metallurgical enterprise for receiving and unloading bulk raw materials in a period of negative temperatures. The influence of production and external factors on the volume of transport work in the complex is analyzed. Based on the methodology of functional analysis, decomposition of the functions of the unloading complex of the transport system of a metallurgical enterprise as a system-technical complex at the macro level was carried out, which made it possible to evaluate its main functions and created the prerequisites for functional analysis of work at the micro level. Scientific novelty lies in the development of a general method for identifying the functions performed by the unloading complex of the transport system of a metallurgical enterprise for receiving and unloading bulk raw materials, based on the provisions of functional analysis. The presented theoretical provisions on the functional analysis of the operation of the unloading complex of the transport system of a metallurgical enterprise made it possible to identify zones of concentration of an additional volume of transport work that directly affects the operational indicators of receiving and unloading bulk raw materials during negative temperatures, and can be further used in models for managing flow processes in transport - unloading systems.*

**Keywords.** *Metallurgical enterprise, transport operation, processing capacity, functional analysis, unloading complex, transport system, decomposition of functions, identification of functions.*

*Стаття надійшла 04.12.2022 р.*

УДК 656.076.15:658.7:656.003(477)

[doi.org/10.31498/2522-9990252023286736](https://doi.org/10.31498/2522-9990252023286736)

Маслак Г. В., Тимофєєнко М.Ю.

### МОДЕРНІЗАЦІЯ ПЛАНОВО-ПОПЕРЕДЖУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ РЕМОНТУ ЛОКОМОТИВНОГО ПАРКУ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ ПОДОВЖЕНОГО РЕСУРСУ ТРАНСПОРТНИХ ОДИНИЦЬ

*У сучасних виробничих умовах на металургійних підприємствах одним з основних видів промислового транспорту залишається залізничний. Через старіння тягового рухомого складу виникає проблема перерозподілу ресурсів на позапланові ремонти, через збільшення яких знижується якість планових ремонтів. Низька ефективність і працездатність системи технічного обслуговування і ремонту, обумовлені надлишком ремонтних потужностей і падінням обсягів перевезень, яка призводить до зменшення витрат виділених безпосередньо системі. В наслідок цього утримання локомотивів в міру їх подальшої експлуатації при даній*