

Заверкін А.В., Кузьменко С.В., Сергієнко О.В., Заверкіна О.А.

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ПРОМИСЛОВОГО ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ У ВЗАЄМОДІІ ЗІ СТАНЦІЄЮ ПРИМИКАННЯ

В статті проведено аналіз транспортно-вантажного комплексу «станція примикання магістральної залізниці – промислове підприємство» що дозволило визначити керовані і некеровані змінні, які впливають на цільову функцію якості функціонування даної системи та змістовний опис транспортного вантажного процесу.

Взаємозв'язок всіх ланок процесу обробки вагонів на станції примикання і під'їзній колії дозволяє при формалізації розглядати транспортно-вантажний комплекс, як складну систему, всі елементи якої вступають один з одним в певні відносини, що залежить як від технічної озброєності, так і організації їх роботи. Тому передбачена декомпозиція досліджуваної транспортної системи на дві взаємопов'язані між собою підсистеми: підсистема (I) переміщення вагонів і підсистема (II) виконання вантажних операцій.

Потік, що входить в систему (I) переміщення вагонів з боку магістральної залізниці, є однорідним, виходить з одного джерела - обмінних колій станції примикання. Цей потік характеризується коефіцієнтом варіації тривалості інтервалів між прибуттям передаточних поїздів на заводську станцію. При розформуванні передаточного поїзда має місце перше перетворення потоку. Проходячи через систему обслуговування, потік відчуває вплив з боку цієї системи - піддається трансформації, наслідком якої є зміна закону розподілу вхідного потоку вимог в порівнянні із законом розподілу потоку, який надходить на вхід системи.

З проведеного аналізу випливає, що основними перетвореннями, яким піддається потік в процесі обробки, є: об'єднання, трансформація, поділ. Зміна характеристик потоку в результаті поділу та об'єднання відбувається в залежності від закономірності вхідного потоку, в результаті трансформації - від закономірності обслуговування. Вплив зміни імовірнісних характеристик однієї системи на характеристики і показники роботи іншої, послідовно розташованої з даною, є однією з форм прояву взаємозв'язку між елементами транспортно-вантажного комплексу.

Ключові слова: промисловий залізничний транспорт, станція примикання, переробна спроможність, план навантаження.

Актуальність дослідження.

Методика вибору оптимального рівня технічного оснащення пристроїв промислового залізничного транспорту і станцій примикання [1] теоретично зводиться до визначення варіантної функціональної залежності витрат від розглянутих факторів і відшукання мінімуму функції витрат або варіанти з найменшими витратами [2]. В основу методики, що пропонується, покладено економіко-математичну модель транспортно-вантажного комплексу.

Постановка проблеми.

В даний час є ряд математичних моделей, які відображають роботу станцій і вантажних пунктів [2, 3]. Ці моделі викликають безсумнівний інтерес, але вони слабо відображають взаємодії магістрального і промислового залізничного транспорту і не завжди враховують особливості технології основного виробництва. Так як в технологічному процесі роботи станцій примикання і під'їзних колій машинобудівних заводів поєднується складний взаємозв'язок між елементами і процесами на всіх етапах обробки вагонів, то найкраще буде відповідати поставленій задачі модель, яка дає змогу відтворювати досліджуваний транспортно-вантажний комплекс, як єдину нерозривну систему.

Теоретичний аналіз дослідження.

Згідно дослідження операцій, математична модель процесу прийняття рішення [3] в самій загальній формі представляє рівняння, яке будучи складним з математичної точки зору, відрізняється простою структурою.

$$U = \varphi(X_i, Y_i) \quad (1)$$

де U - критерій, що характеризує якість функціонування системи;

X_i - змінні, якими можна керувати;

Y_i - некеровані змінні (постійні), які впливають на U .

φ - функція, яка задає співвідношення між U, X_i, Y_i

Крім того, враховується, що деякі з керованих змінних можуть змінюватися в певних межах.

Система обмежень, що визначає можливий діапазон зміни керованих змінних, є одним з найважливіших складових елементів кожної економіко-математичної моделі. При завданнях оптимізації система обмежень являє

собою сукупність певної кількості рівнянь і нерівностей, які мають кінцеву або нескінченну безліч рішень і слід відібрати найвигідніші.

Цільова функція (1), спільно з обмеженнями, утворює модель задачі, яку треба вирішити. Саме складена і призначена для практичного використання модель повинна задовольняти двом основним умовам:

- адекватність процесу, що моделюється, тобто відображення найбільш істотних рис явища, що аналізується;
- можливість розв'язання моделі, відсутність протиріч (математичних і економічних) в умовах, що описують систему.

Завдання полягає у виборі такого варіанту значень сукупності керованих змінних, при яких народногосподарський витрати будуть мінімальними.

Мета статті.

Визначення впливу зміни імовірнісних характеристик системи на характеристики і показники роботи транспортно-вантажного комплексу.

Задачі дослідження:

- Проведення декомпозиції транспортно-вантажного комплексу взаємодії станції примикання магістральної залізниці і промислового підприємства і визначення чинників, які впливають на перевізний процес.
- Визначення варіантної функціональної залежності витрат від розглянутих технологічних факторів і відшукування мінімуму функції витрат.

Основна частина.

Стосовно до умов роботи досліджуваного комплексу при певному розмірі вантажообігу до числа керованих змінних [4, 5] відносяться: число маневрових локомотивів, спеціалізація їх роботи, вага передавального поїзда, порядок організації подачі і прибирання вагонів, місткість виставкових колій, вантажних фронтів, число вантажно-розвантажувальних механізмів. Некерованими змінними є: вагонопотік з прибуття і відправлення, довжина зовнішньої під'їзної колії, схема колійного розвитку підприємства, середня величина групи вагонів, яка перебуває в складі передавальних поїздів на i -ий вантажний фронт і інтервал між їх прибуттям, тривалість зайнятості вантажних механізмів та технологія основного виробництва $T_{\text{мех}}$, закон розподілу часу обслуговування вагонів локомотивами і вантажно-розвантажувальними механізмами тощо.

Змістовний опис транспортного вантажного процесу включає:

- характер і розмір вантажообігу після прибуття і відправлення;
- порядок обробки поїздів і вагонів на станції примикання і під'їзній колії;
- організацію подачі і прибирання вагонів;
- час на виконання різних маневрових операцій, які визначаються схемою під'їзної колії і технологічним процесом;
- характеристику вантажних фронтів, їх технічну оснащеність, режим роботи, зв'язок з виробничим процесом;
- умови і характер основного виробництва.

Недетермінованість характеру процесу надходження вагонів на під'їзну колію і процесу їх обробки (обслуговування), обумовлена наявністю певних випадкових впливів, наявність великої кількості локомотивів, вантажних механізмів обумовлюють необхідність використання при формалізації апарату багатofазних, багатоканальних систем масового обслуговування (СМО) [6].

Взаємозв'язок всіх ланок процесу обробки вагонів на станції примикання і під'їзній колії дозволяє при формалізації розглядати транспортно-вантажний комплекс, як складну систему, всі елементи якої вступають один з одним в певні відносини, що залежить як від технічної озброєності, так і організації їх роботи. Тому передбачена декомпозиція досліджуваної транспортної системи на дві взаємопов'язані між собою підсистеми: підсистема (I) переміщення вагонів і підсистема (II) виконання вантажних операцій.

Підсистема I переміщення вагонів включає переміщення вагонів по зовнішній під'їзній колії, по внутрішньозаводським коліям і в районі вантажних фронтів. У підсистемі II вантажної роботи виконуються вантажно-розвантажувальні операції з вагонами Укрзалізниці (УЗ) і внутрішньозаводського парку. Підсистеми з'єднані так, що кожна з них впливає на іншу, і цей вплив має круговий характер, тобто мають місце зворотні зв'язки, властивості яких дають важливу інформацію про властивості всієї системи в цілому [5].

На рис.1 наведена формалізована схема досліджуваного транспортно-вантажного комплексу, для найбільш типового випадку, коли приймально-здавальні операції з вагонами УЗ виконуються на станції примикання.

Джерелом вимог для підсистеми I переміщення вагонів є обмінні колії станції примикання. Вони ж є накопичувачами підсистеми I.

Потоком (вимог), що входить з боку системи «Магістральний транспорт» є передавальні поїзда, сформовані на станції примикання, з боку підсистеми II вагони або групи вагонів після виконання вантажних операцій.

Підсистема I переміщення вагонів являє собою двофазну СМО.

Перша фаза підсистеми I включає: обмінні колії станції примикання на яких накопичуються передавальні поїзда на адресу машинобудівного заводу; з'єднувальну під'їзну колію, приймально-відправні колії заводської станції. В ній виконуються операції по подачі вагонів зі станції примикання на під'їзну колію і назад, розформуванню і формуванню передавальних поїздів.

Потоком, що входить в цю фазу з боку станції примикання є передавальні поїзди, з боку другої фази - склади, які закінчують своє накопичення на виставкових коліях заводської станції.

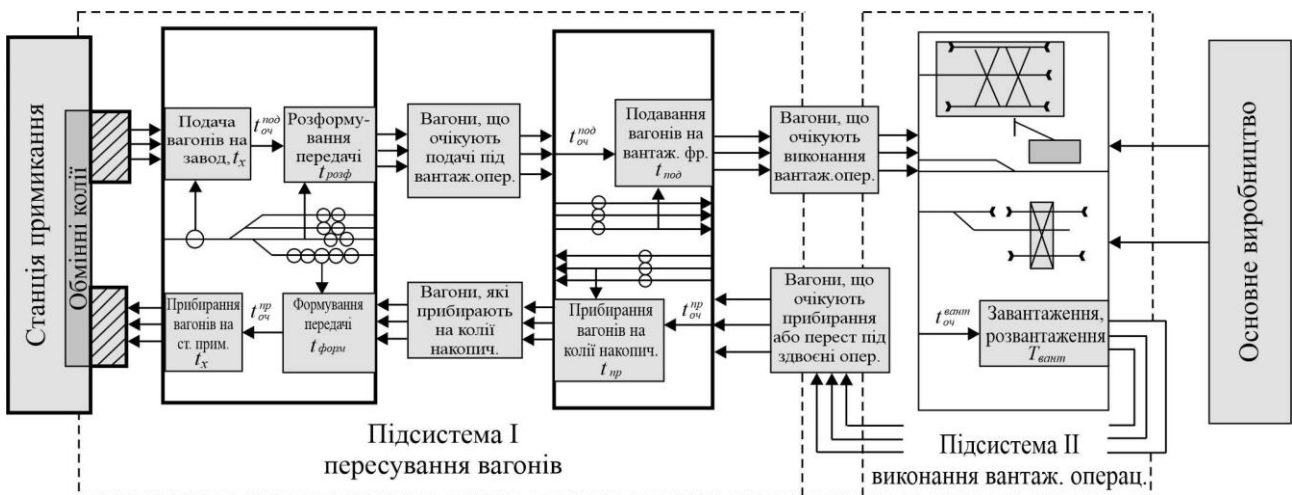


Рисунок 1 - Формалізована схема транспортно-вантажного процесу промислового залізничного транспорту у взаємодії зі станцією примикання:

- приймально-здавальні операції

Обслуговуючий апарат - заводський локомотив, виділений для виконання поїзної роботи. Згідно змістовного опису процесу цей локомотив по мірі вільності може виконувати і маневрову роботу в другій фазі.

Друга фаза переміщення вагонів по внутрішньо-заводських коліях підсистеми I включає: колії заводської станції, на яку виставлені вагони і групи вагонів після розформування передавального поїзда; ходові колії і маневрові райони, до вантажних фронтів, вантажно-розвантажувальні колії.

У другій фазі виконуються операції по подачі вагонів під вантажні операції, прибирання після їх виконання на колії накопичення; перестановки під здвоєні операції; розстановці, перестановці, підтягуванню вагонів безпосередньо на вантажних фронтах.

Потоком, що входить у другу фазу підсистеми (I) є з боку фази I - вагони або групи вагонів, що очікують подачі під вантажні операції; з боку підсистеми II – вагони, що очікують прибирання після виконання вантажних операцій або перестановку під здвоєні операції.

Обслуговуючий апарат в цій фазі - маневровий локомотив. Залежно від порядку обслуговування і організації маневрової роботи на під'їзній колії, може бути спеціалізація маневрових локомотивів по районам, іноді вони подають і прибирають вагони з вантажних фронтів в певному маневровому районі, і знеособлена система використання локомотивів, коли заявки на обслуговування надходять до будь-якого вільного локомотиву.

За характером обслуговування вантажних пунктів, розташованих в одному маневровому районі, системи поділяються на повнодоступні і неповнодоступні. В повнодоступних СМО дозволяється робота двох і більше локомотивів в одному маневровому районі, в неповнодоступних такий порядок обслуговування виключається.

Залежно від числа маневрових локомотивів, які обслуговують під'їзну колію, системи можуть бути одноканальні і багатоканальні.

Параметри другої фази підсистеми (I): кількість локомотивів, спеціалізація їх роботи; кількість маневрових операцій (подач, прибирань, перестановок); відстань подачі, прибирання, перестановки; кількість прибраних, що подаються і переставляються вагонів; закон розподілу вхідного потоку і часу обслуговування.

У другій фазі підсистеми I можуть обслуговуватися вимоги двох категорій: перша категорія - обробка вагонів УЗ; друга - технологічні і міжцехові перевезення. Вихідний потік другої фази (вагони і групи вагонів, які очікують виконання вантажних операцій) є вхідним потоком з підсистеми (I) переміщення вагонів і служить вхідним потоком в підсистему виконання вантажних операцій.

Підсистема (II) виконання вантажної роботи в подальшому іменована «фаза вантажної роботи» (ФВР), виконує вантажно-розвантажувальні операції з вагонами УЗ і внутрішньозаводського парку. Фаза вантажної роботи є багатолінійною системою обслуговування. Під системою масового обслуговування в фазі вантажної роботи розуміються окремі вантажні фронти підприємства.

Сукупний обслуговуючий апарат фази вантажної роботи - вантажно-розвантажувальні механізми, бригади вантажників тощо. Вантажні фронти, розташовані у виробничих цехах, дозволяють відобразити взаємозв'язок залізничного транспорту з основним виробництвом, який впливає на імовірнісний характер підсистеми II, так як одні й ті ж вантажно-розвантажувальні механізми часом обслуговують вагони УЗ і технологічний процес основного виробництва.

Вплив фази вантажної роботи на імовірнісний характер другої фази підсистеми (I) переміщення вагонів поширюється на весь період функціонування системи. Вхідний потік у фазу виконання вантажної роботи - вагони

і групи вагонів, які очікують виконання вантажно-розвантажувальних операцій. Для приреєстрованих складів машинобудівних заводів найбільш типовим є такий режим роботи, коли до вантажного фронту надходять з двох незалежних вхідних потоків: потік вагонів із сировиною і матеріалами та потік порожніх транспортних засобів заводу, що доставляють цю сировину до цехів і виробничих дільниць промислового підприємства.

Вхідний потік фази вантажної роботи – це вагони або групи вагонів, які очікують прибирання на колії накопичення і перестановки під здвоєні операції, що входять до системи (I) переміщення вагонів, а саме в другу фазу переміщення вагонів внутрішньозаводськими коліями.

Параметри фази вантажної роботи - місткість вантажних фронтів, фронт одночасного навантаження-вивантаження, середня величина подачі вагонів, закон розподілу вхідного потоку і часу обслуговування, число і типи вантажно-розвантажувальних механізмів, режим роботи вантажних фронтів.

Перетворення потоку.

Характерною особливістю опису роботи транспортно-вантажного комплексу з допомогою апарату теорії масового обслуговування є те, що виділені при формалізації фази і підсистеми представляють послідовну лінійну мережу, в якій потік, що виходить з однієї підсистеми утворює вхідний потік для іншої, суміжної з першою. Внаслідок цього, параметри потоків, що входять в наступні фази обслуговування, є функціонально залежними від характеру і ступеня перетворень в попередніх системах.

Вагонопотік, що надходить зі станції примикання в дану транспортну систему, в процесі обробки відчуває різного роду перетворення. Схематично перетворення вагонопотоку з моменту надходження його на під'їзну колію і до моменту здачі УЗ зображені на рис. 2. Потік, що входить в систему (I) переміщення вагонів з боку системи «Магістральний транспорт», є однорідним, виходить з одного джерела - обмінні колії станції примикання. Цей потік характеризується коефіцієнтом варіації тривалості інтервалів (v_{γ}) між прибуттям передаточних поїздів на заводську станцію.

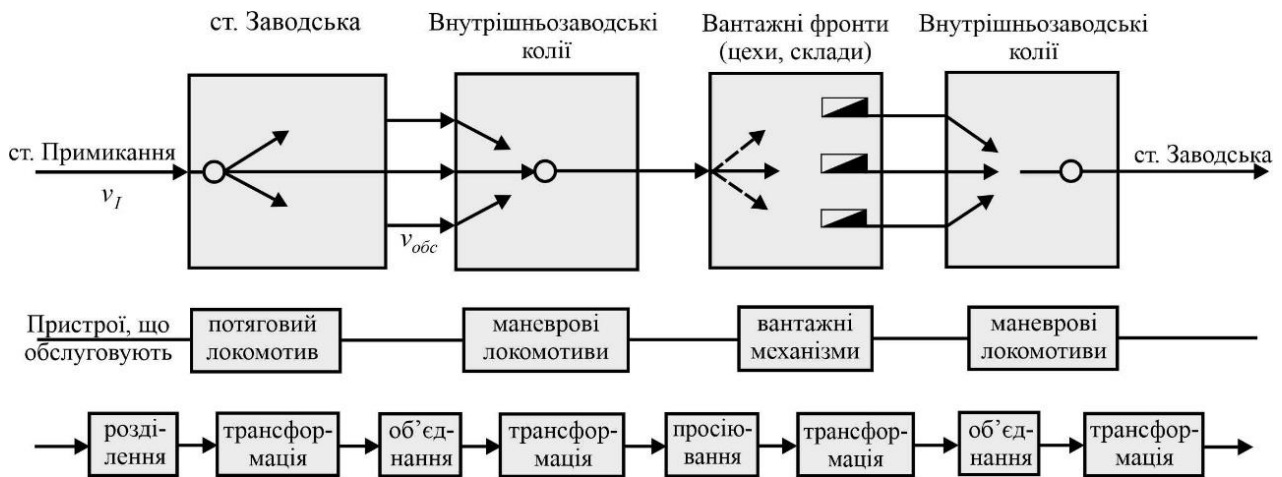


Рисунок 2 - Схема перетворення вагонопотоків

При розформуванні передаточного поїзда має місце перше перетворення потоку - поділ (1). Проходячи через систему обслуговування, потік відчуває вплив з боку цієї системи - піддається деякій трансформації (2). Наслідком трансформації є зміна закону розподілу вхідного потоку вимог в порівнянні із законом розподілу потоку, який надходить на вхід системи.

Коефіцієнт варіації потоку, що виходить ($v_{вих}$), дорівнює:

$$v_{вих}^2 = v_{вх}^2 - \varphi^2(v_{вх}^2 - v_{обс}^2), \quad (2)$$

де $v_{вх}$ - коефіцієнт варіації вхідного потоку;

φ - завантаження системи обслуговування.

Якщо вхідний потік пуасонівський, то:

$$v_{вх}^2 = 1 - \varphi^2(1 - v_{обс}^2). \quad (3)$$

Окремі потоки, що виходять з I фази переміщення вагонів, об'єднуються (3) і надходять на обслуговування в другу фазу підсистеми I, де вдруге піддаються трансформації (4). На цьому закінчується цикл перетворення потоку в підсистемі I переміщення вагонів. Наступною операцією, якій піддається об'єднаний потік, є його поділ (5) на ряд індивідуальних потоків, що надходять до різних обслуговуючих апаратів (вантажно-розвантажувальні механізми) третьої фази вантажної роботи.

При цьому моменти надходження груп вагонів на кожний вантажний фронт утворюють потік, отриманий (по аналогії з сортувальною станцією [5, 6] за допомогою P - перетворення - «просіювання» яке полягає в наступному: з певною ймовірністю P_i вагони можуть бути призначені на i -ий вантажний фронт і з ймовірністю $q = 1 - P_i$ не можуть бути.

Показник просіювання потоку P_i можна прийняти рівним $P_i = \frac{n_i}{n_{nep}}$,

де n_i - середньодобова кількість подач вагонів на i -тий вантажний фронт, $n_i = \frac{N_i^{ПЛ}}{m_{ni}}$;

n_{nep} - кількість передаточних потягів;

$N_i^{ПЛ}$ - планові розміри вагонопотоків за добу, що надходить на i -ий вантажний фронт;

m_{ni} - середня величина групи вагонів, що прибувають на i -ий вантажний фронт в складі передаточних потягів.

Коефіцієнт варіації просіювання потоку дорівнює v_{np} :

$$v_{np}^2 = 1 - P_i(1 - v_l^2), \quad (4)$$

де v_l^2 - коефіцієнт варіації тривалості інтервалів між надходженням передаточних потягів на під'їзну колію.

Коефіцієнт варіації потоків вимог надходять в кожен систему обслуговування у фазі виконання вантажних операцій, через відомі характеристики процесу прибуття передаточних поїздів можна визначити за такою формулою:

$$v_{ex} = \sqrt{1 - \frac{N_i^{ПЛ}}{m_{ni} \cdot n_{nep}}(1 - v_l^2)}. \quad (5)$$

Після виконання вантажних операцій трансформовані потоки (6) знову об'єднуються (7), вступаючи на обслуговування в другу фазу переміщення вагонів.

Слід зазначити, що потік, який входить у другу фазу підсистеми I переміщення вагонів, є неоднорідним, що складається з вимог, які витікають з декількох джерел. З одного боку, має місце об'єднання потоків, які надійшли з I фази (вимоги на подачу вагонів), з іншого з - третьої фази (вимоги на забирання вагонів або перестановку).

Висновки.

З проведеного аналізу випливає, що основними перетвореннями, яким піддається потік в процесі обробки, є: об'єднання, трансформація, поділ. Зміна характеристик потоку в результаті поділу та об'єднання відбувається в залежності від закономірності вхідного потоку, в результаті трансформації - від закономірності обслуговування. Вплив зміни імовірнісних характеристик однієї системи на характеристики і показники роботи іншої, послідовно розташованої з даною, є однією з форм прояву взаємозв'язку між елементами транспортно-вантажного комплексу.

Література

1. Закон України «Про залізничний транспорт» № 274/96-ВР (Редакція від 16.10.2020).
2. Данько, М.І. Забезпечення конкурентоспроможності промислових підприємств в умовах міжнародних транспортних коридорів: монографія / М.І. Данько, В.Л. Дикань, Н.В. Якименко. Харків: УкрДАЗТ. 2008. 170 с.
3. Миротин, Л.Б. Транспортная логистика: учебник для транспортных вузов / Л.Б. Миротин. М.: Экзамен. 2003. 512 с.
4. Кіріцева О. В. Спрощений підхід до визначення об'єкта металургійного комбінату для розробки заходів із підвищення ефективності роботи залізничного транспорту / Кіріцева О. В., Клецька О. В., Лямзін А. О., Фалендиш А. П. // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. - Харків: УкрДАЗТ. 2020. № 194. С. 43-54.
5. Дикань, В.Л. Основи логістичної інтеграції при формуванні логістичних систем через утворення територіально-промислового кластера // Міжнародний техніко-економічний журнал «Українські залізниці», 2014. № 9 (15). С. 23-26.
6. Полякова О.М. Логістичний підхід до взаємодії магістрального і промислового залізничного транспорту // Проблеми транспортного комплексу України. 2015. №50. С. 199-203.

References

1. Zakon Ukrainy «Pro zaliznychnyi transport» № 274/96-VR (Redaktsiia vid 16.10.2020).

2. Danko, M.I. Zabezpechennia konkurentospromozhnosti promyslovykh pidpriemstv v umovakh mizhnarodnykh transportnykh korydoriv: monohrafiia / M.I. Danko, V.L. Dykan, N.V. Yakymenko. Kharkiv: UkrDAZT. 2008. 170 s.
3. Myrotyn, L.B. Transportnaia lohystyka: uchebnyk dlia transportnykh vuzov / L.B. Myrotyn. M.: Экzamen. 2003. 512 s.
4. Kiritseva O. V. Sproshchenyi pidkhid do vyznachennia ob'iekta metalurhiinoho kombinatu dlia rozrobky zakho-div iz pidvyshchennia efektyvnosti roboty zaliznychnoho transportu / Kiritseva O. V., Kletska O. V., Liamzin A. O., Falendysh A. P. // Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoho derzhavnoho universytetu zaliznychnoho transportu. - Kharkiv: UkrDAZT. 2020. № 194. S. 43-54.
5. Dykan, V.L. Osnovy lohistychnoi intehtatsii pry formuvanni lohistychnykh system cherez utvorennia tery-torialno-promyslovoho klastera // Mizhnarodnyi tekhniko-ekonomichnyi zhurnal «Ukrainski zalizny-tsi», 2014. № 9 (15). S. 23-26.
6. Poliakova O.M. Lohistychnyi pidkhid do vzaiemodii mahistralnoho i promyslovoho zaliznychnoho transpor-tu // Problemy transportnoho kompleksu Ukrainy. 2015. № 50. S. 199-203.

The article analyzes the transport and freight complex "station of the main railway - industrial enterprise" which allowed to identify controlled and uncontrolled variables that affect the target function of the quality of this system and a meaningful description of the transport freight process.

The interconnection of all parts of the process of processing cars at the adjacent station and the access track allows for formalization to consider the transport and freight complex as a complex system, all elements of which enter into certain relationships with each other, depending on both technical equipment and their work organization. Therefore, the decomposition of the studied transport system into two interconnected subsystems is provided: subsystem (I) of car movement and subsystem (II) of cargo operations.

The flow included in the system (I) of movement of cars from the side of the main railway is homogeneous, coming from one source - the exchange tracks of the adjacent station. This flow is characterized by the coefficient of variation of the duration of the intervals between the arrival of transfer trains at the factory station. When the transfer train is disbanded, the first flow transformation takes place. Passing through the service system, the flow is influenced by this system - is subject to transformation, which results in a change in the law of distribution of the input flow of requirements in comparison with the law of distribution of the flow coming to the input of the system.

From the analysis it follows that the main transformations to which the flow is subjected in the process of processing are: unification, transformation, division. The change in the characteristics of the flow as a result of division and unification occurs depending on the pattern of the input flow, as a result of the transformation - on the pattern of service. The influence of changes in the probabilistic characteristics of one system on the characteristics and performance of another, consistently located with the data, is one of the forms of manifestation of the interconnection between the elements of the transport and freight complex.

Keywords: industrial railway transport, connection station, processing capacity, load plan.

Заверкін А. В. – доцент кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля; zaverkin@snu.edu.ua

Кузьменко С. В. – професор кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля; kuzmenko@snu.edu.ua

Сергієнко О. В. - доцент кафедри машинобудування та прикладної механіки Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля; sergienkookksana@snu.edu.ua

Заверкіна О. А. – асистент кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля; zaverkina@snu.edu.ua