

УДК 656.212

В. В. ЖУРАВЕЛЬ^{1*}, І. Л. ЖУРАВЕЛЬ^{2*}, Ю. О. ЄРІНЕНКО^{3*}, Т. В. САВЧУК^{4*}

^{1*} Каф. «Станції та вузли», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-12, ел. пошта zhuravel72@mail.ru, ORCID 0000-0001-7338-4584

^{2*} Каф. «Управління експлуатаційною роботою», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-70, ел. пошта zhirina2015@ukr.net, ORCID 0000-0002-4405-6386

^{3*} Магістр, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпро, Україна, тел. +38 (068) 459-99-17

^{4*} Магістр, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпро, Україна, тел. +38 (098) 932-11-70

ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕРВАЛІВ НАДХОДЖЕННЯ ТА ВІДПРАВЛЕННЯ ПОЇЗДІВ ДЛЯ ОСНОВНОЇ СТАНЦІЇ ГРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ

Мета. Промисловий транспорт є однією з основних ланок процесу пересування вагонопотоків для забезпечення сталої роботи металургійних підприємств, які в сучасних умовах функціонування економіки України відіграють значну роль. Надходження поїздів на промислові станції та їх відправлення з них має в часі стохастичний характер, що суттєво впливає на ритмічність процесу постачання сировини на такі підприємства, і як наслідок, випуску готової продукції. Тому виконані дослідження є актуальною задачею. **Методика.** Для дослідження параметрів розподілу випадкових величин інтервалів надходження та відправлення поїздів використано методи математичної статистики. **Результати.** Досліджено діапазон зміни інтервалів надходження та відправлення поїздів, визначено параметри та встановлено закони розподілу даних випадкових величин. Стохастичний характер надходження та відправлення поїздів потребує врахування під час імітаційного моделювання роботи станцій з метою перевірки їх працездатності, а також граничних обсягів роботи. **Практична значимість.** Врахування стохастичного характеру чинників підвищує адекватність імітаційного моделювання роботи промислових станцій та покращує якість отриманих показників.

Ключові слова: промисловий залізничний транспорт; інтервал надходження та відправлення поїздів; випадкова величина

Вступ

Промисловий залізничний транспорт є важливою ланкою у процесі переміщення завантажених і порожніх вагонопотоків. Він забезпечує як внутрішньовиробничі зв'язки, так і взаємозв'язок між загальною мережею залізниць та підприємствами.

Безперервність його роботи суттєво впливає на технологічний ритм виробництва та стійкість роботи підприємства.

Постановка проблеми

Промисловий транспорт є складовою технологічного комплексу підприємства та безпосередньо впливає на ефективність його роботи.

Отримання максимального ефекту при раціональному використанні існуючих потужностей є важливим напрямком діяльності транспорту в умовах нерівномірності надходження поїздопотоків.

Аналіз досліджень і публікацій

Проблема підвищення ефективності функціонування промислового транспорту в наш час є важливою та актуальною, саме тому цьому питанню завжди приділялася значна увага та присвячені наукові дослідження таких вчених як Бутько Т. В., Вернигора Р. В., Козаченко Д. М., Мілецька І. М., Турпак С. М., Шульдінер Ю. В., Шумик Д. В. та інші.

Беручи до уваги все більш глибоку глобалізацію економіки та міжнародні інтеграційні процеси, що приводить до створення нових вантажопотоків, транспорт виконує базову функцію в забезпеченні даних потокових процесів. Тому зростає роль транспортної логістики [1], адже від ступеня оптимальності та раціональності організації матеріалопотоків залежить досягнення високих економічних результатів.

Транспортна система нашої країни [2] налічує понад 7 тисяч під'їзних колій промислових підприємств загальною довжиною 27 тис. км,

що перевищує експлуатаційну довжину магістральних залізничних колій, яка дорівнює 21,7 тис. км. На них виконується понад 90 % усіх вантажних операцій [3].

Значна кількість підприємств у своїй власності мають під'їзні колії з промисловими залізничними станціями, які допускають приймання поїздів безпосередньо з магістральної мережі з поїзними локомотивами і забезпечують виконання всього комплексу початково-кінцевих операцій [4]. Багаторічна експлуатація цих станцій показує, що вони забезпечують як технологічну стійкість перевізного процесу, так і безпеку перевезень.

Підприємства промислового залізничного транспорту або підприємства залізничного транспорту незагального користування є важливим елементом у виробничо-транспортному логістичному ланцюзі переміщення матеріальних потоків [5]. При цьому, промисловий транспорт доцільно розглядати як складну логістичну систему з метою покращення показників ефективності її функціонування, а також впроваджувати гнучкі логістичні технології на основі автоматизації технологічних процесів взаємодії [6].

Аналіз функціонування підприємств гірничо-металургійного комплексу, виконаний у роботі [7], дозволив виявити недостатню ефективність системи організації експлуатаційної роботи під'їзних колій даних підприємств. Тому було розроблено пропозиції щодо зміни структури організації роботи кожного підприємства.

Ефективність сучасного виробництва [8] багато в чому визначається часткою транспортних, вантажно-розвантажувальних і складських робіт, на які припадає в середньому понад 20 % загальних витрат.

Неузгодженість ритмів роботи промислового залізничного транспорту та виробничих підсистем призводить до зниження ефективності їх функціонування. У зв'язку з цим у роботі [9] запропоновано критерії функціонування виробничої та транспортної підсистем металургійного підприємства, які дозволяють всім учасникам технологічного процесу узгоджувати роботу для досягнення спільної мети.

На організацію внутрішніх залізничних перевезень підприємств значним чином впливають виробничі процеси [10]. Отже, для уточнення окремих параметрів слід використовувати логістичний підхід, математичне та імітаційне моделювання транспортних процесів.

Таким чином, рівень ефективності функціонування залізничного транспорту під'їзних колій суттєво впливає як на роботу підприємств,

які ними обслуговуються, так і на роботу магістральних залізниць.

Постановка завдання

Метою даної статті є дослідження інтервалів надходження та відправлення поїздів для станції ПГД гірничо-збагачувального комбінату, які є випадковою величиною.

Результати досліджень

Гірничо-збагачувальний комбінат, який розглядається під час досліджень, обслуговує велике металургійне підприємство Криворізького басейну та забезпечує виробництво залізрудного концентрату для використання в доменному виробництві металургійного підприємства та на експорт, а також агломерату.

Станція ПГД є вузловою і основною у районі зовнішнього транспорту гірничо-збагачувального комбінату та безпосередньо взаємодіє (рис. 1) з двома станціями комбінату (АФ, ПД) і чотирма станціями металургійного підприємства (СС, НД, ПМ, КР).

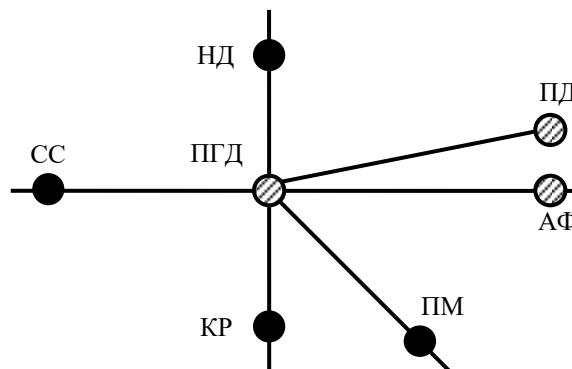


Рис. 1. Принципова схема примикання підходів до станції ПГД

Залізничне господарство гірничо-збагачувального комбінату (див. рис. 1) включає три станції:

– ПГД, яка обслуговує склад тимчасового зберігання коксу та агломерату у разі зупинки або зниження продуктивності доменних печей металургійного підприємства. На ній також здійснюється накопичення маршрутів піввагонів із залізрудним концентратом на зовнішню мережу, технічний огляд вагонів, повне випробування автогальм і відправлення маршрутів на станції стикування СС, НД і КР, а також накопичення составів із різними видами вантажів і відправлення поїздів на станції СС і КР;

– АФ, яка призначена для обслуговування двох рудозбагачувальних фабрик, двох складів залізрудного концентрату, трьох пунктів його

завантаження для використання в доменному виробництві металургійного підприємства та на зовнішню мережу (на експорт), вагоноперекидача рудного двору для вивантаження вапняку, залізної руди, кам'яного вугілля, коксу, відсіву шлаку та виконання інших операцій;

– ПД, яка призначена для обслуговування двох цехів із виготовлення агломерату й обслуговування інших вантажних фронтів.

Окрім виконання вказаних вище операцій станція ПГД виконує значний обсяг робіт із транзитними поїздопотоками, а саме:

– пропуск маршрутів і передавальних поїздів із порожніми піввагонами під завантаження залізородного концентрату зі станції СС на станцію АФ;

– пропуск маршрутів і передавальних поїздів із піввагонами, завантаженими сировиною для виготовлення агломерату, зі станцій СС і НД на станцію АФ; пропуск багатогрупних передавальних поїздів із вагонів із різними вантажами та порожніх піввагонів зі станції СС на станцію АФ;

– виконання технологічних операцій із хоперами кільцевих маршрутів для перевезення агломерату, які надходять зі станції ПМ на станцію ПД і в зворотному напрямку;

– виконання технологічних операцій із думпкарми кільцевих маршрутів для перевезення граншлаку, які надходять зі станції НД на станцію АФ і в зворотному напрямку.

Під час досліджень виявлена суттєва нерівномірність надходження поїздів на станцію ПГД (рис. 2). Так, мінімальне значення інтервалу прибуття поїздів ($I_{п. \min}$) зі станції АФ дорівнює 10 хв, а максимальне ($I_{п. \max}$) – 90 хв, тобто перевищує $I_{п. \min}$ у 9 разів. Для станції ПД таке перевищення взагалі складає 50 разів ($I_{п. \min} = 5$ хв, $I_{п. \max} = 250$ хв).

Також суттєво відрізняються і інтервали прибуття поїздів з різних станцій. Найменше значення $I_{п. \min}$ спостерігається для станції ПД (5 хв), а найбільше – для станції ПМ (40 хв), найменше значення $I_{п. \max}$ спостерігається для станції АФ (90 хв), а найбільше – для станції КР (776 хв), тобто в цілому перевищення складає 8 і 8,6 рази відповідно.

Встановлено суттєву нерівномірність відправлення поїздів зі станції ПГД (рис. 3).

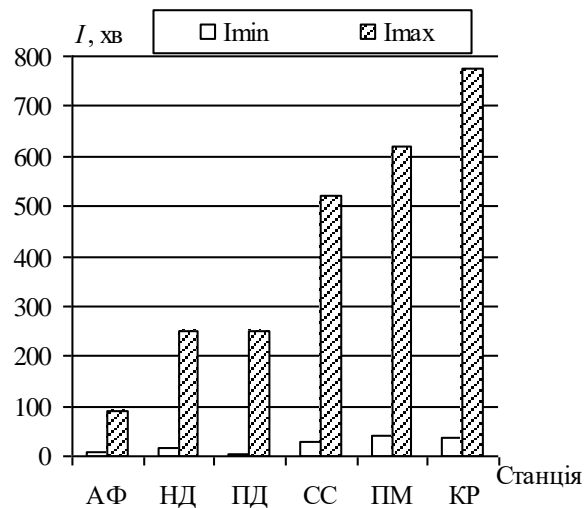


Рис. 2. Інтервали надходження поїздів на станцію ПГД

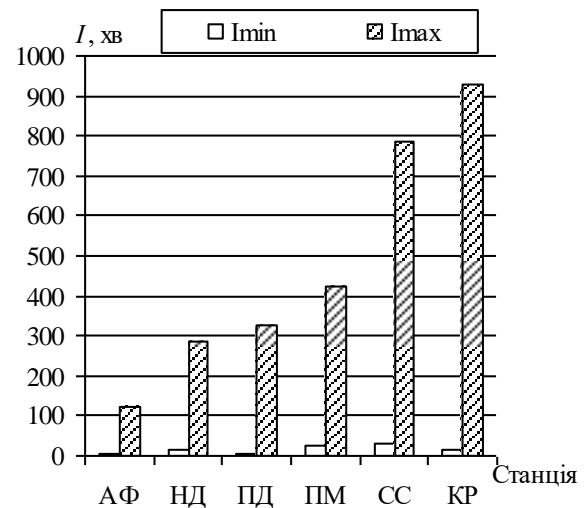


Рис. 3. Інтервали відправлення поїздів зі станції ПГД

Максимальне значення інтервалу відправлення поїздів ($I_{в. \max}$) на станцію ПМ (425 хв) перевищує мінімальне ($I_{в. \min}$) для цієї станції (25 хв) у 17 разів, а для станції ПД – у 65 разів ($I_{в. \max} = 325$ хв, $I_{в. \min} = 5$ хв).

Значну різницю мають і інтервали відправлення поїздів на станції, які примикають до станції ПГД. Найменше значення $I_{в. \min}$ спостерігається для станцій АФ і ПД (5 хв), а найбільше – для станції СС (30 хв), найменше значення $I_{в. \max}$ спостерігається для станції АФ (125 хв), а найбільше – для станції КР (930 хв), тобто в цілому перевищення складає 6 і 7,4 рази відповідно.

Таблиця 1

Найменші значення $I_{п. min}$ і $I_{в. min}$ для станцій АФ і ПД обумовлюється тим, що вони з'єднані зі станцією ПГД двоколійними перегонами із головними коліями, спеціалізованими для руху в обох напрямках, що дозволяє приймати або відправляти поїзди паралельними маршрутами з мінімальними інтервалами.

Виконаний аналіз дозволив стверджувати, що інтервали надходження та відправлення поїздів для станції ПГД є випадковими величинами, для яких визначено [11] параметри розподілу (середні статистичні значення \bar{x} , середні квадратичні відхилення σ , коефіцієнти варіації v), висунуто та перевірено за критерієм Пірсона χ^2 гіпотези про закони їх розподілу (табл. 1, 2).

В результаті аналізу отриманих даних встановлено, що випадкова величина:

– інтервалу надходження поїздів (див. табл. 1) зі станції ПМ має логарифмічно-нормальний розподіл, а з інших станцій – гама розподіл (приклад для станції ПД наведено на рис. 4);

– інтервалу відправлення поїздів (див. табл. 2) на станцію СС має логарифмічно-нормальний розподіл, а на інші станції – гама розподіл. При цьому, випадкову величину інтервалу відправлення на станції ПД (рис. 5) і ПМ можна описати і логарифмічно-нормальним розподілом, а на станцію СС – гама розподілом, але значення критерію Пірсона буде більшим.

Параметри розподілу випадкових величин інтервалів надходження поїздів на станцію ПГД

Станція, з якої надходять поїзди	\bar{x}	σ	v	Закон розподілу	Параметр K
АФ	37,1	21,5	0,58	гама	2,98
НД	91,0	59,8	0,66	гама	2,61
ПД	95,8	58,6	0,61	гама	2,67
КР	259,6	220,9	0,85	гама	1,38
ПМ	195,1	86,8	0,44	логарифмічно нормальний	-
СС	158,2	98,7	0,62	гама	2,57

Таблиця 2

Параметри розподілу випадкових величин інтервалів відправлення поїздів зі станції ПГД

Станція, на яку відправляються поїзди	\bar{x}	σ	v	Закон розподілу	Параметр K
АФ	36,0	25,7	0,71	гама	1,97
НД	94,4	59,7	0,83	гама	2,50
ПД	102,3	62,3	0,61	гама	2,70
КР	277,9	221,2	0,80	гама	1,58
ПМ	179,1	85,5	0,48	гама	4,39
СС	218,0	126,8	0,58	логарифмічно нормальний	-

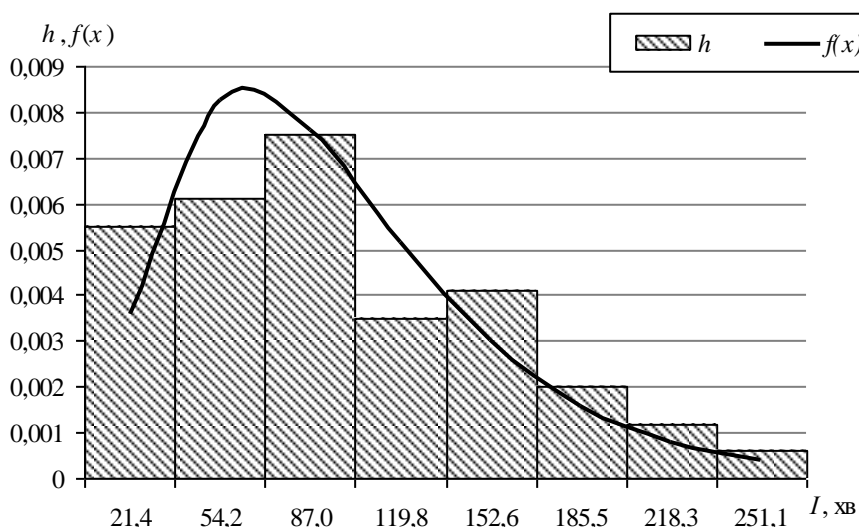


Рис. 4. Гістограма та функція розподілу випадкової величини інтервалу надходження поїздів зі станції ПД

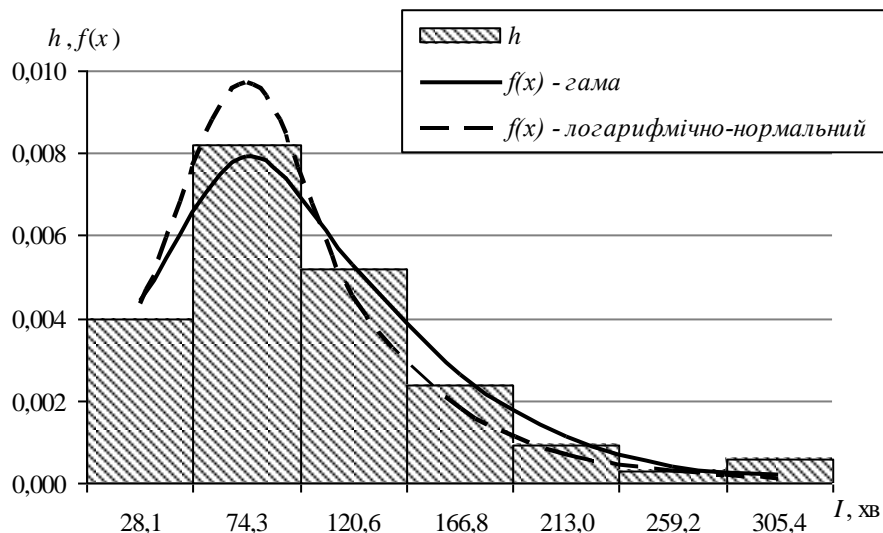


Рис. 5. Гістограма та функція розподілу випадкової величини інтервалу відправлення поїздів на станцію ПД

Отримані параметри статистичного розподілу випадкових величин інтервалів надходження та відправлення поїздів і закони їх розподілу використовуються під час імітаційного моделювання роботи станції ПГД гірничо-збагачувального комбінату.

Висновки

Виконані дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

1. Надходження поїздів на промислові станції ПГД гірничо-збагачувального комбінату має в часі стохастичний характер, тривалість їх знаходження на станційних коліях також є випадковою величиною, що призводить до стохастичності відправлення поїздів.

2. Досліджено діапазон зміни інтервалів надходження та відправлення поїздів, визначено параметри та встановлено закони розподілу даних випадкових величин для всіх підходів, які примикають до станції.

3. Стохастичний характер надходження та відправлення поїздів потребує врахування під час імітаційного моделювання роботи станцій гірничо-збагачувального комбінату з метою перевірки їх працездатності, встановлення потужності технічного оснащення, кількості вивізних і маневрових засобів, а також граничних обсягів роботи.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Єлагін, Ю. В. Перспективи розвитку транспортної логістики на підприємствах залізничного транспорту / Ю. В. Єлагін, Г. В. Обруч // Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2014. – № 48. – С. 121-123.
2. Вернигора, Р. В. Проблемы функционирования железнодорожных подъездных путей Украины в современных условиях / Р. В. Вернигора // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 4/3(58). – С. 64-68.

3. Мілецька, І. М. Дослідження показників вантажної роботи на місцях незагального користування в умовах підприємства Д / І. М. Мілецька // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. – 2010. – Вип. 118. – С. 220-225.

4. Козаченко, Д. Розвиток конкурентного середовища на ринку залізничних перевезень / Д. Козаченко, А. Верлан, Н. Санницький // Українська залізниця. – 2016. – № 9 (39). – С. 46-50.

5. Шумик, Д. В. Удосконалення взаємодії сортувальної станції та під'їзних колій великих публічних акціонерних товариств / Д. В. Шумик, С. І. Пелешко, Н. І. Стронська // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. – 2016. – Вип. 165. – С. 232-240.

6. Бутько, Т. В. Формалізація технології роботи залізничної станції з під'їзною колією на основі методів логістики / Т. В. Бутько, О. В. Ляшко // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. – 2012. – Вип. 133. – С. 63-69.

7. Шульдінер, Ю. В. Удосконалення роботи підприємств гірничо-металургійного комплексу при взаємодії із залізницею / Ю. В. Шульдінер, І. М. Іващенко // Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2017. – № 58. – С. 198-205.

8. Полякова, О. М. Логістичний підхід до взаємодії магістрального і промислового залізничного транспорту / О. М. Полякова // Вісник економіки транспорту і промисловості – 2015. – № 49. – С. 199-203.

9. Лукьянов, В. А. Повышение эффективности работы железнодорожного транспорта металлургических предприятий / В. А. Лукьянов // Символ науки. – 2017. – 02-2. – С. 87-89.

10. Турпак, С. М. Оптимізація графіків внутрішніх залізничних перевезень металургійного підприємства / С. М. Турпак, Л. О. Васильєва, Г. О. Лебідь, О. О. Падченко, Ю. Т. Сидоренко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2017. – № 3. – С. 221-227.

11. Шторм, Р. Теория вероятностей. Математи-

ческая статистика. Статистический контроль качества / Р. Шторм. – Москва: Мир, 1970. – 368 с.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Огарем О. М. (Україна).

Надійшла до редколегії 26.11.2017.

Прийнята до друку 27.11.2017.

В. В. ЖУРАВЕЛЬ, И. Л. ЖУРАВЕЛЬ, Ю. О. ЕРИНЕНКО, Т. В. САВЧУК

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕРВАЛОВ ПОСТУПЛЕНИЯ И ОТПРАВЛЕНИЯ ПОЕЗДОВ ДЛЯ ОСНОВНОЙ СТАНЦИИ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА

Цель. Промышленный транспорт является одним из основных звеньев процесса перемещения вагонопотоков для обеспечения стабильной работы металлургических предприятий, которые в современных условиях функционирования экономики Украины играют значительную роль. Поступление поездов на промышленные станции и их отправление с них имеет во времени стохастический характер, что существенно влияет на ритмичность процесса поставки сырья на такие предприятия и, как следствие, выпуска готовой продукции. Поэтому выполненные исследования являются актуальной задачей. **Методика.** Для исследования параметров распределения случайных величин интервалов поступления и отправления поездов использованы методы математической статистики. **Результаты.** Исследован диапазон изменений интервалов поступления и отправления поездов, определены параметры и установлены законы распределения данных случайных величин. Стохастический характер поступления и отправления поездов требует учета при имитационном моделировании работы станций с целью проверки их работоспособности, а также граничных объемов работы. **Практическая значимость.** Учет стохастического характера факторов повышает адекватность имитационного моделирования работы промышленных станций и улучшает качество полученных показателей.

Ключевые слова: промышленный железнодорожный транспорт; интервал поступления и отправления поездов; случайная величина

V. V. ZHYRAVEL, I. L. ZHYRAVEL, Y. O. YERINENKO, T. V. SAVCHUK

INVESTIGATION OF INTERVALS FOR TRAINING AND DEPARTURE OF TRAINS FOR THE MAIN STATION OF MINING AND CONSULTING COMBINE

Purpose. An industrial transport is one of basic links of process of moving of вагонопотоков for providing of stable work of metallurgical enterprises that in modern operating of economy of Ukraine conditions play a considerable role. The receipt of trains on the industrial stations and their ordering off them has stochastic character in time, that substantially influences on the rhythm of process of supplying with raw material on such enterprises and, as a result, producing of the prepared products. Therefore the executed researches are an actual task. **Methodology.** For research of parameters of distribution of casual sizes of intervals of receipt and sending of trains the methods of mathematical statistics are used. **Findings.** The range of changes of intervals of receipt and sending of trains is investigational, parameters are certain and the laws of distribution of these casual sizes are set. Stochastic character of receipt and sending of trains requires an account at the imitation design of work of the stations with the purpose of verification of their capacity, and also border volumes of work. **Practical value.** Accounting for the stochastic nature of the factors increases the adequacy of simulation modeling of the operation of industrial stations and improves the quality of the obtained indicators.

Keywords: industrial railway transport; interval of receipt and sending of trains; random value.