

УДК 656.212

В. В. ЖУРАВЕЛЬ (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОСТАЧАННЯ СИРОВИНИ НА МЕТАЛУРГІЙНЕ ПІДПРИЄМСТВО

Мета. Залізничний транспорт промислових підприємств є однією із основних ланок процесу пересування вантажо- та вагонопотоків для забезпечення сталої роботи металургійних підприємств. Дослідження процесу постачання сировини (агломерату) на металургійне підприємство у сучасних умовах функціонування економіки України є актуальною задачею сьогодення. **Методика.** Для дослідження параметрів розподілу випадкових величин (склад вертушок, які надходять на гірничо-збагачувальний комбінат у порожньому стані, змінні та добові обсяги завантаження вагонів і відправлення вертушок, інтервали прибуття та відправлення вертушок) використано методи математичної статистики. Для отримання показників функціонування станцій гірничо-збагачувального комбінату використано імітаційне моделювання роботи даних станцій. **Результати.** Встановлено, що порожні вертушки можуть надходити на станцію Ю за різними варіантами. Встановлено, що змінні та добові обсяги завантаження вагонів і відправлення вертушок, інтервали прибуття та відправлення вертушок є випадковими величинами. Виконано комплексне імітаційне моделювання роботи станцій гірничо-збагачувального комбінату, на підставі якого визначено завантаження елементів станцій Ю, встановлено середню тривалість знаходження на комбінаті вертушки для перевезення агломерату, що вироблений агломераційним цехом № 1, і середній обіг вертушки для перевезення агломерату, що вироблений агломераційним цехом № 2, а також їх непродуктивні простой. **Практична значимість.** Урахування стохастичного характеру чинників підвищує адекватність імітаційного моделювання роботи станцій та покращує якість отриманих показників. **Висновки.** Визначено параметри розподілу випадкових величин обсягів завантаження вагонів і відправлення вертушок із агломератом, інтервалів їх прибуття та відправлення. Встановлено, що інтервали прибуття та відправлення вертушок розподілено за законом Ерланга. На підставі комплексного імітаційного моделювання процесу функціонування станцій гірничо-збагачувального комбінату встановлено наявність резерву колійного розвитку станції Ю, а також потужності вивізних і маневрових засобів комбінату для забезпечення обсягів роботи, які передбачаються на перспективу.

Ключові слова: промисловий залізничний транспорт; поїздопотік; вагонопотік; моделювання роботи.

Цель. Железнодорожный транспорт промышленных предприятий является одним из основных звеньев процесса перемещения грузо- и вагонопотоков для обеспечения стабильной работы металлургических предприятий. Исследование процесса поставки сырья (агломерата) на металлургическое предприятие в современных условиях функционирования экономики Украины является актуальной задачей. **Методика.** Для исследования параметров распределения случайных величин (состав вертушек, которые поступают на горно-обогатительный комбинат в порожнем состоянии, сменные и суточные объемы погрузки вагонов и отправки вертушек, интервалы прибытия и отправления вертушек) использованы методы математической статистики. Для получения показателей функционирования станций горно-обогатительного комбината использовано имитационное моделирование работы данных станций. **Результаты.** Установлено, что порожние вертушки могут поступать на станцию Ю по разным вариантам. Установлено, что сменные и суточные объемы погрузки вагонов и отправки вертушек, интервалы прибытия и отправления вертушек являются случайными величинами. Выполнено комплексное имитационное моделирование работы станций горно-обогатительного комбината, на основании которого определена загрузка элементов станции Ю, установлены средняя продолжительность нахождения на комбинате вертушки для перевозки агломерата, произведенного агломерационным цехом № 1, и средний оборот вертушки для перевозки агломерата, произведенного агломерационным цехом № 2, а также их непроизводительные простои. **Практическая значимость.** Учет стохастического характера факторов повышает адекватность имитационного моделирования работы станций и улучшает качество полученных показателей. **Выводы.** Определены параметры распределения случайных величин объемов погрузки вагонов и отправки вертушек с агломератом, интервалов их прибытия и отправления. Установлено, что интервалы прибытия и отправления вертушек распределены по закону Эрланга. На основании комплексного имитационного моделирования процесса функционирования станций горно-обогатительного комбината установлено наличие резерва путевого развития станции Ю, а также мощности вывозных и маневровых средств комбината для обеспечения объемов работы, предусмотренных на перспективу.

Ключевые слова: промышленный железнодорожный транспорт; поездопоток; вагонопоток; моделирование работы.

Purpose. Railway transport of industrial enterprises is one of the main links in the process of moving freight-flows and wagonflows to ensure the stable operation of the metallurgical enterprises. Research of process of delivery of raw materials (sinter) to metallurgical enterprise in modern conditions of functioning of economy of Ukraine is an urgent task. **Methodology.** To investigate the parameters of the distribution of the random variables (composition of trains that arrive at the mining and processing combine unladen, shift and daily volumes of loading wagons and send trains, intervals of arrival and departure of trains) used the methods of mathematical statistics. For indicators of the stations mining and processing combine use simulations of work these stations. **Findings.** Established that the empty train can come to the station U on different variants. It is found that shift and daily volumes of loading wagons and send trains, intervals of arrival and departure of trains are random variables. Achieved skill comprehensive simulation of work stations mining and processing combine, on the basis of which is defined loading station elements U, set the average length of stay at the combine train for transportation of agglomerate produced by agglomeration shop floor № 1, and the average turnover of the train for transportation of agglomerate produced by agglomeration shop floor № 2 and their unproductive downtime. **Practical value.** Accounting for the stochastic nature of the factors increases the value of simulation modeling of work stations and improves the quality of the performance. **Conclusions.** The parameters of the distribution of random variables volumes of loading wagons and send trains with agglomerate intervals of arrival and departure. It is established that the interval of arrival and departure of trains distributed according to Erlang. Based on the integrated simulation process functioning stations mining and processing combine established a reserve station track development U, as well as power shunting facilities combine to provide a volume of work envisaged for the future.

Keywords: industrial railway transport; trainflow; wagonflow; modeling work.

Вступ

Залізничний транспорт незагального користування є важливим елементом процесу переміщення вантажопотоків, забезпечуючи при цьому взаємозв'язок між підприємствами та загальною мережею залізниць, а також внутрішньовиробничі зв'язки.

Безперебійність його роботи зумовлює технологічний ритм виробництва та забезпечує необхідні умови для стійкої роботи підприємства.

Постановка проблеми

Промисловий транспорт входить в технологічний комплекс підприємства, безпосередньо впливаючи на ефективність його роботи.

Отримання максимального ефекту при раціональному використанні потужностей (колісного розвитку, вагонів, локомотивів) є важливим напрямком діяльності транспорту в умовах нерівномірності надходження вагоно- та поїздопотоків.

Аналіз досліджень і публікацій

Проблема підвищення ефективності функціонування промислового транспорту і в наш час є важливою та актуальною, саме тому цьому питанню завжди приділялася значна увага та присвячені наукові дослідження таких вчених як Вернигора Р. В., Березовий М. І., Бутько Т. В, Запара В. М., Козаченко Д. М., Ломотьюк Д. В., Мілецька І. М. Чеклов В. Ф. та інші.

Транспортна система України на теперішній час [1] налічує понад 7 тисяч під'їзних колій промислових підприємств загальною довжи-

ною 27 тис. км. При цьому, технічне оснащення залізничного транспорту деяких крупних металургійних підприємств майже не поступається оснащенню дирекцій залізничних перевезень магістрального транспорту.

Аналіз роботи залізниць України показує, що понад 90 % усіх вантажних операцій виконується на під'їзних коліях [2].

Дослідження процесів виробництва та переробки масових вантажів [3] довели, що залізничний транспорт незагального користування є складним динамічним промислово-комерційним комплексом. Визначено, що характерними особливостями елементів таких систем є мобільність одних (локомотивів, вагонів) та жорстка прив'язка до певних географічних пунктів інших елементів (вантажних, сортувальних станцій або інших пристроїв). Доведено, що цьому транспорту притаманні властивості логістичної системи, тому доцільно розглядати її як складну логістичну систему з метою покращення показників ефективності її функціонування, а також впроваджувати гнучкі логістичні технології на основі автоматизації технологічних процесів взаємодії [4].

Через запізнення вантажів, несвоєчасне подавання порожніх вагонів, відсутність гнучкої інформаційної системи прирейкові склади та устаткування під'їзних колій підприємств використовується із великою часткою непродуктивних простоїв. Розроблений у [5] методологічний підхід щодо створення технології та організаційної структури інформаційно-керуючої системи залізничного транспорту незагального користування дозволить удосконалити управління потоками масових вантажів.

У роботі [6] під'їзна колія розглянута як система масового обслуговування (СМО) із очікуванням і зроблено припущення, що процеси взаємодії є пуасонівськими. Всі стани, у яких перебуває вагон, знаходячись на під'їзній колії, можна описати після складання графів станів стосовно розміщення промислових станцій. Запропонований підхід дає можливість визначити характеристики СМО під'їзної колії.

З метою адаптування роботи транспортної інфраструктури до функціонування в умовах суттєвої зміни обсягів переробки [7] проведено дослідження обсягів переробки вагонів на під'їзній колії, часу знаходження вагонів на підприємстві та аналіз причин перепростоїв вагонів на під'їзній колії в очікуванні операцій. Зроблено висновок, що зі зменшенням обсягів переробки зростає час знаходження вагонів. Вирішення задачі зменшення простою вагона можливе в першу чергу за рахунок організації ритмічної роботи вантажних фронтів.

На підприємствах вугільної промисловості посилюється негативна тенденція тривалого перебування вагонів на під'їзних коліях. Причинами чого є [8]: застаріла технічна інфраструктура підприємств; при збільшенні обсягів виробництва колійний розвиток станції ЦЗФ не відповідає кількості вагонів; застаріла технологія визначення якості продукції. Основним обмежуючим фактором переробної спроможності станції ЦЗФ є зайнятість приймальних колій вагонами, що прибули після навантаження для переробки та які очікують результатів аналізу. Для вирішення цієї задачі було розроблено кілька варіантів колійного розвитку станції ЦЗФ, найбільш раціональний з яких було обрано на підставі результатів графічного моделювання роботи станції.

Розрахунки, які виконано у [9] показують, що розбіжність фактичних вагонопотоків від їх планових значень досягає 30...60 %, що у свою чергу приводить до втрат вагоно-годин, викликаних зайвими розмірами переробки вагонів або завищенням кількості вагоно-годин для накопичення. Також обґрунтовано [10], що моделювання процесів виробничо-транспортної системи є багатопланою проблемою і пов'язано з необхідністю вирішення широкого спектру задач.

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 параметрів чинників, які впливають на показники функціонування станції Ю та взаємодію станцій промислового транспорту.

Результати досліджень

Гірничо-збагачувальний комбінат (ГЗК), який розглядається під час досліджень, обслуговує крупне металургійне підприємство (МП) Криворізького басейну та забезпечує виробництво залізородного концентрату (ЗК) і агломерату. Залізничне господарство ГЗК (рис. 1) включає три станції:

– П, яка обслуговує склад тимчасового зберігання коксу і агломерату у разі зупинки або зниження продуктивності доменних печей МП і контрагентів ГЗК. На ній також здійснюється накопичення маршрутів піввагонів із ЗК на зовнішню мережу та їх відправлення на станції стикування;

– А, яка обслуговує дві рудозбагачувальні фабрики (РЗФ), два склади ЗК, три пункти завантаження ЗК для використання в доменному виробництві МП і на зовнішню мережу, вагоноперекидач рудного двору для вивантаження флюсів, залізної руди, кам'яного вугілля, коксу, відсіву шлаку, гаражі розморожування та контрагентів ГЗК;

– Ю (рис. 2), яка обслуговує два цехи з виготовлення агломерату (АЦ) та склад шламу.

Для виконання передавальної роботи між станціями району, між станцією П і станціями МП, а також маневрової роботи використовуються 13 локомотивів: 2 – технологічні, для обслуговування вантажних фронтів навантаження агломерату АЦ-1 на станції Ю; 2 – вивізні; 9 – поточної спеціалізації.

В результаті аналізу даних визначено структуру основних вантажопотоків району. Це залізородний концентрат, агломерат, залізна руда, флюси, кокс, кам'яне вугілля, відсів шлаку, коксовий дріб'язок, сталеві кулі, шлам, бішофіт, металобрухт.

Разом з поїздопотоками призначенням на станції району (і у зворотному напрямку) мають місце транзитні потоки:

- Н – П – К, Пр (і у зворотному напрямку);
- Н – П – А – Р (і у зворотному напрямку).

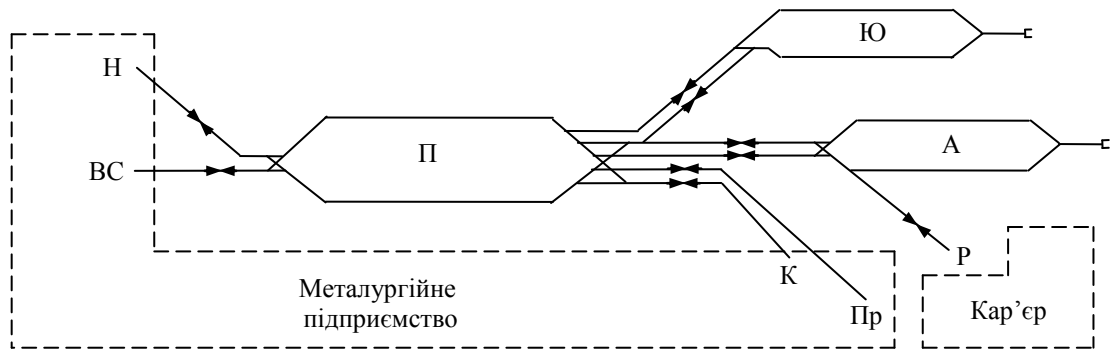


Рис. 1. Принципова схема району ГЗК.

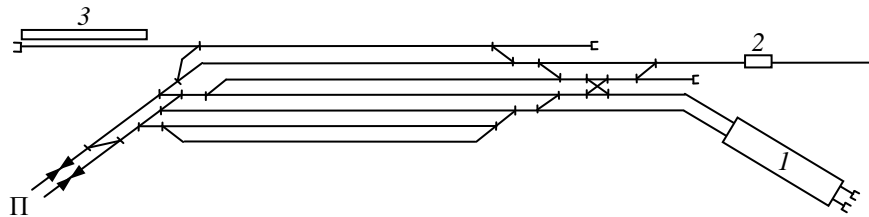


Рис. 2. Принципова схема станції Ю:

1 – пункт завантаження агломерату АЦ-1; 2 – пункт завантаження агломерату АЦ-2; 3 – пункт завантаження шламу.

На станцію Ю в основному надходять порожні вертушки внутрішнього парку під завантаження агломерату, який вироблено АЦ-1 (на адресу доменного цеху № 1 (ДЦ-1)) та АЦ-2 (на адресу ДЦ-2 у випадку припинення дії конвеєра), у складі 10...12 аглоперів (рис. 3) і 6...7 думпкарів під завантаження шламу.

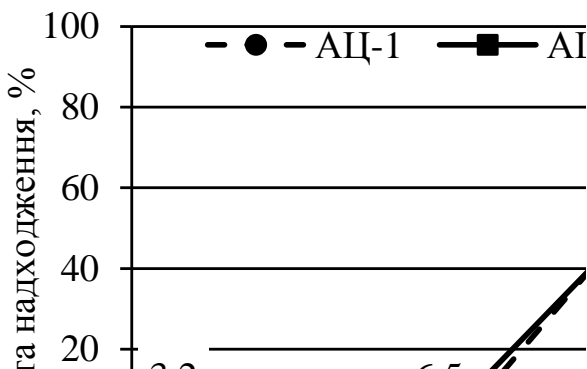
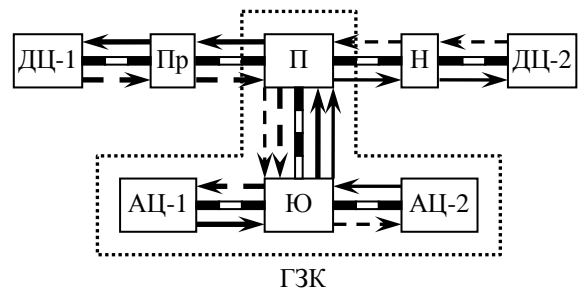


Рис. 3. Кількість аглоперів у складі вертушки.

Порожні аглоперні вертушки надходять зі станції Пр (ДЦ-1) і станції Н (ДЦ-2) через станцію П (рис. 4) з одним локомотивом у голові. При цьому у складі може бути одна або дві вертушки (рис. 5). Крім того, такі вертушки можуть надходити зі станції П (після вивантаження на складі тимчасового зберігання) з одним локомотивом у голові.

Під час досліджень виявлена суттєва нерівномірність змінної та добової кількості завантажених вагонів і відправлених вертушок (рис. 6...8), а також визначені [11] параметри розподілу (математичне очікування M , дисперсія D ,

середнє квадратичне відхилення σ) випадкових величин кількості відправлених аглоперних вертушок протягом зміни $V_{зм}$ та доби $V_{д}$, кількості завантажених вагонів протягом зміни $m_{зм}$ та доби $m_{д}$ (табл. 1).



Потоки аглоперних вертушок:
 — завантажених; - - - порожніх

Рис. 4. Схема просування аглоперних вертушок.



Рис. 5. Структура складу з порожніх аглоперів.

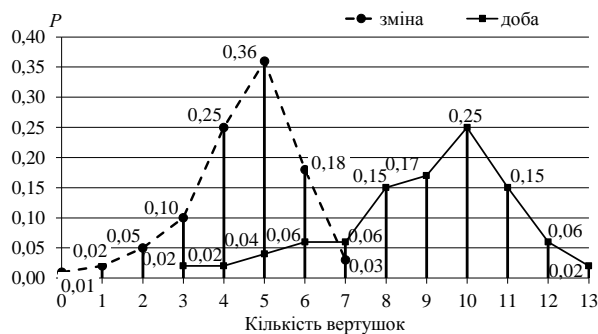


Рис. 6. Багатокутник розподілу випадкової величини кількості вертушок, відправлених АЦ-1

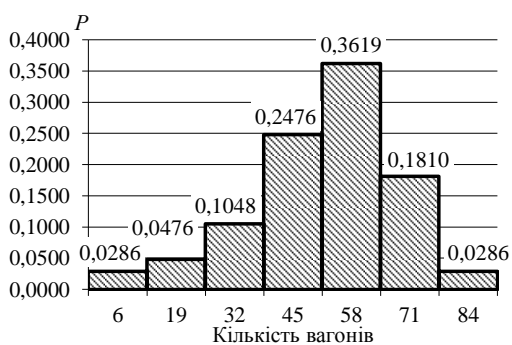


Рис. 7. Гістограма розподілу випадкової величини кількості вагонів, які завантажені АЦ-1 протягом зміни

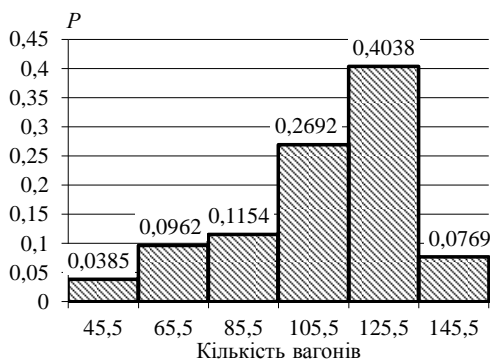


Рис. 8. Гістограма розподілу випадкової величини кількості вагонів, які завантажені АЦ-1 протягом доби

Порожні вертушки думпкарів під завантаження шламу надходять зі станції А через станцію П з одним локомотивом у голові. У складі одна вертушка. Середньодобова кількість вертушок дорівнює двом.

Також виявлено стохастичний характер інтервалів прибуття $I_{п}$ та відправлення $I_{в}$ вертушок (рис. 9, 10), визначено [11] параметри розподілу (M , D , σ , коефіцієнт варіації v , параметр Ерланга K) випадкових величин $I_{п}$ та $I_{в}$ (табл.

2), та висунуто гіпотезу про розподіл їх за законом Ерланга.

Таблиця 1

Параметри розподілу випадкових величин

Цех	Випадкова величина	Значення		M	D	σ
		мінімальне	максимальне			
АЦ-1	$V_{зм}$	0	7	4,5	1,7	1,3
	$V_{д}$	3	13	9,0	4,5	2,1
	$m_{зм}$	0	84	51,8	274,8	16,6
	$m_{д}$	34	156	108,2	615,8	24,8
АЦ-2	$V_{зм}$	0	8	1,2	3,2	1,8
	$V_{д}$	0	13	2,3	11,0	3,3
	$m_{зм}$	0	96	15,6	365,4	19,1
	$m_{д}$	0	154	31,2	1287,9	35,9
АЦ-1 і АЦ-2	$V_{зм}$	0	11	5,7	4,6	2,2
	$V_{д}$	3	21	11,3	14,9	3,9

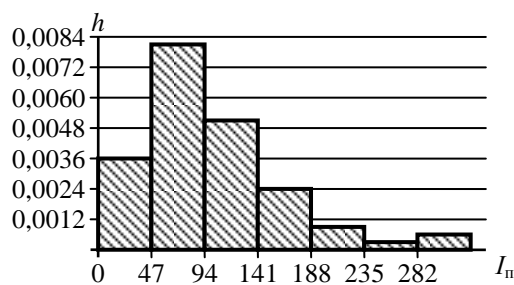


Рис. 9. Гістограма розподілу випадкової величини інтервалу прибуття вертушок

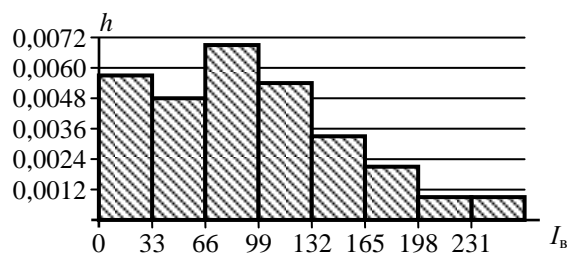


Рис. 10. Гістограма розподілу випадкової величини інтервалу відправлення вертушок

Параметри розподілу випадкових величин

Випадкова величина	<i>M</i>	<i>D</i>	σ	ν	<i>K</i>
$I_{\text{п}}$	100,3	3935,1	62,7	0,63	3
$I_{\text{в}}$	94,0	3555,5	59,6	0,63	2

Перевірка гіпотези за критерієм Персона χ^2 підтвердила, що випадкові величини інтервалу прибуття та відправлення розподілено за законом Ерланга з параметрами $K = 3$ і $K = 2$ відповідно.

На підставі виконаного дослідження та результатів нормування тривалостей виконання технологічних операцій за допомогою програми *Setka*, яку розроблено галузевою Гірково-випробувальною лабораторією ДНУЗТу виконано імітаційне моделювання роботи станції Ю в ув'язці із роботою станцій А та П, на підставі якого визначено завантаження окремих елементів станції Ю (табл. 3).

Дані, які наведено у табл. 3, дозволяють зробити висновок, що найбільш завантаженими елементами є технологічні локомотиви (100 %) і навантажувальні колії III і IV (92 %). Приймально-відправні колії мають резерв для їх використання на рівні 51...88 %, стрілочні переводи у горловинах станції – 88...98 %.

Максимально можливий добовий обсяг завантаження для АЦ-1 (нормативна тривалість завантаження однієї вертушки 1,75 год) складає 13,7 вертушки (96 вертушок протягом 7 діб). Але використання на теперішній час меншої кількості агломашин призводить до збільшення тривалості завантаження та зменшення середнього добового його обсягу до 9 вертушок. Максимально можливий добовий обсяг завантаження для АЦ-2 складає 14,4 вертушки (72 вертушки протягом 5 діб).

Таким чином, технічне оснащення станції Ю має відповідний резерв для забезпечення збільшених обсягів роботи на перспективу навіть у разі використання для завантаження всіх агломашин (завантаження навантажувальних колій III, IV і технологічних локомотивів при цьому не збільшиться).

Комплексне моделювання роботи станцій ГЗК дозволило встановити тривалість непродуктивних простоїв аглоперних вертушок (табл. 4) в очікуванні виконання технологічних операцій, значення якої знаходиться у діапазоні 0,33...6,59 год.

На підставі моделювання роботи станцій Ю та П розроблено графік виконання операцій (рис. 11) із вертушками для перевезення агломерату виробництва АЦ-1 і АЦ-2.

Завантаження елементів станції Ю

Елемент	Зайнятість, хв	Завантаження, %
Перегін		
П–Ю (колія № I)	174	12
П–Ю (колія № II)	269	19
Стрілочні переводи		
№ 4, 14, 16, 18	144	10
№ 2, 10, 12, 24	166	12
№ 20, 22	52	4
№ 19, 21, 23	82	6
№ 11, 13	78	5
№ 9, 15, 25	74	5
№ 27, 29	33	2
Колії		
приймально-відправні		
№ 1	421	29
№ 2	705	49
№ 3	279	19
№ 4	175	12
№ 5	285	20
№ 6	306	21
№ 7	657	46
навантажувальні		
№ 5а (шлам)	794	55
№ III (агломерат АЦ-1)	1320	92
№ IV (агломерат АЦ-1)	1320	92
№ 27 (агломерат АЦ-2)	321	22
Технологічні локомотиви		
№ 1	1440	100
№ 2	1440	100

Таблиця 4

Тривалість знаходження аглоперних вертушок на станціях ГЗК

Станція	Для пункту завантаження	Середня тривалість, год		
		знаходження фактична	технологічних операцій	непродуктивних простоїв
Ю	АЦ-1	9,45	2,86	6,59
	АЦ-2	3,00	2,50	0,50
П	АЦ-1 (завантажені)	1,52	0,96	0,56
	АЦ-1 (порожні)	1,18	0,74	0,44
	АЦ-2 (завантажені)	0,72	0,39	0,33
	АЦ-2 (порожні)	1,42	0,44	0,98

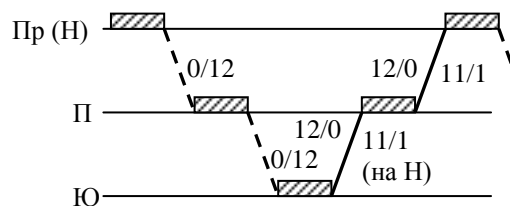


Рис. 11. Графік виконання операцій із аглоперними вертушками.

Згідно з рис. 11 та даними табл. 4 середня тривалість знаходження вертушки для перевезення агломерату АЦ-1 у районі ГЗК за тривалості її руху між станціями Пр і П 0,75 год, П і Ю 0,18 год, Ю і П 0,22 год та П і Пр 0,63 год становить

$$T_{\text{АЦ-1}} = 0,75 + 1,18 + 0,18 + 9,45 + 0,22 + 1,52 + 0,63 = 13,93 \text{ год}$$

Середній обіг вертушки для перевезення агломерату АЦ-2 (рис. 11, табл. 4) за тривалості її руху між станціями Н і П 0,23 год, П і Н 0,20 год та середньої тривалості знаходження на станції Н 2,00 год становить

$$T_{\text{об}}^{\text{АЦ-2}} = 3,00 + 0,22 + 0,72 + 0,20 + 2,00 + 0,23 + 1,45 + 0,18 = 8,00 \text{ год}$$

Висновки

Виконані дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

1. Склад аглоперних вертушок, які надходять у район ГЗК у порожньому стані, тривалість перебування вертушок у районі й обсяги завантаження вагонів і відправлення вертушок (щозмінні та щодобові) мають стохастичний характер.

2. Інтервали прибуття та відправлення вертушок є випадковими величинами, які розподілено за законом Ерланга.

3. Стохастичний характер чинників потребує врахування під час імітаційного моделювання роботи станцій ГЗК з метою перевірки їх працездатності, встановлення потужності технічного оснащення, вивізних і маневрових засобів, а також граничних обсягів роботи.

4. На підставі комплексного імітаційного моделювання процесу функціонування станцій району ГЗК встановлено наявність резерву колійного розвитку станції Ю, а також потужності вивізних і маневрових засобів району для забезпечення обсягів роботи, які передбачаються на перспективу.

5. На підставі комплексного імітаційного моделювання роботи станцій ГЗК встановлено середню тривалість знаходження у районі ГЗК вертушки для перевезення агломерату АЦ-1 і обіг вертушки для перевезення агломерату АЦ-2, що дозволяє визначити кількість вертушок на прогнозовані обсяги роботи.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Вернигора, Р. В. Проблемы функционирования железнодорожных подъездных путей Украины в современных условиях [Текст] / Р. В. Вернигора // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 4/3(58). – С. 64-68.

2. Мілецька, І. М. Дослідження показників вантажної роботи на місцях незагального користування в умовах підприємства Д [Текст] / І. М. Мілецька // Зб. наук. праць УкрДАЗТ, – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 118, – С. 220-225.

3. Бутько, Т. В. Удосконалення технології роботи ПАТ «Північний ГЗК» на основі методів логістичного управління [Текст] / Т. В. Бутько, Н. В. Коваленко // Зб. наук. праць УкрДАЗТ, – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 133, – С. 51-57.

4. Бутько, Т. В. Формалізація технології роботи залізничної станції з під'їзною колією на основі методів логістики [Текст] / Т. В. Бутько, О. В. Ляшко // Зб. наук. праць УкрДАЗТ, – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 133, – С. 63-69.

5. Ломотько, Д. В. Удосконалення переробки масових вантажів залізничним транспортом в умовах створення інформаційно-керуючої системи [Текст] / Д. В. Ломотько, О. Є. Кльосов, С. Г. Корнійчук // Зб. наук. праць УкрДАЗТ, – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 120, – С. 119-125.

6. Запара, В. М. Адаптування моделі технології роботи під'їзних колій до умов ТОВ «Макіївпромтранс» [Текст] / В. М. Запара, М. С. Нікішова // Зб. наук. праць УкрДАЗТ, – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 120, – С. 85-89.

7. Запара, В. М. Аналіз стану роботи при взаємодії станції примикання Чумакове і під'їзної колії ТОВ «ЦЗФ «Чумаківська»» [Текст] / В. М. Запара, А. О. Лисенко // Зб. наук. праць УкрДАЗТ, – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 120, – С. 23-28.

8. Чеклов, В. Ф. Аналіз колійного розвитку та інших технічних засобів станції Центральна збагачувальна фабрика (ЦЗФ) під'їзної колії ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» [Текст] / В. Ф. Чеклов, В. М. Чеклова, Л. О. Лях, А. Г. Саввіді // Зб. наук. праць Донецького інст. заліз. тр-ту УкрДАЗТ. – Донецьк, 2011. – Вип. 28. – С. 21-27.

9. Папахов, О. Ю. Інформаційне забезпечення організації вагонопотоків в умовах функціонування АСК ВП УЗ [Текст] / О. Ю. Папахов., А. М. Окорочков. О. М. Логвінов // Вісник Дніпр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, – 2008. – Вип. 22. – С. 154-157.

10. Яневич, В. З. Логістичний підхід в управлінні перевезеннями на залізничному транспорті [Текст] / В. З. Яневич., А. М. Окорочков // Вісник Дніпр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. академіка В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, – 2007. – Вип. 17. – С. 165-167.

11. Шторм, Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества [Текст] / Р. Шторм. – Москва: Мир, 1970. – 368 с.

Стаття рекомендована к публикации д.т.н., проф. Альошинским Е. С. (Украина)

Надійшла до редколегії 17.11.2014.

Прийнята до друку __19.11.2014.