

ЛОМОТЬКО М. Д., аспірант (Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків)

Дослідження показників, пов'язаних з часом знаходження транзитного поїзда з переробкою на сортувальній станції

У статті розглянуто технологічну лінію обробки транзитних вагонів з переробкою на сортувальних станціях, здійснено статистичний аналіз основних показників на двох сортувальних станціях. Проаналізовано основні повідомлення в системі АСК ВП УЗ-Є для елементів технологічної лінії транзитних поїздів з переробкою на сортувальній станції з метою виявлення слабких ланок та недоліків, що спричиняють додаткові простой вагонів на станції. Запропоновано науковий підхід удосконалення технології переробки транзитних поїздів на сортувальних станціях шляхом його вартісної оцінки для умов станції Основа та Куп'янськ-Сортувальний.

Ключові слова: АСК ВП УЗ-Є, транзитний поїзд з переробкою, сортувальна станція.

Вступ

Якісна обробка транзитних вагонів з переробкою на сортувальній станції вимагає наявності ефективної технологічної лінії їх обробки, відповідного технічного оснащення на сортувальній станції, необхідного штату працівників з відповідною фаховою підготовкою. Кожна країна постійно переглядає свої головні системи управління, електронні бази, обчислювальні системи тощо для виявлення та виправлення недоліків, пов'язаних зі слабкими ланками систем. Удосконалення або впровадження корисного елементу в систему, як правило, призводить до позитивного ефекту в роботі всієї системи. Одним із шляхів визначення, чи призведе удосконалення певної частини системи до позитивних наслідків, є розрахунок витрат пов'язаних елементів з цією зміною. Зазначені причини є підставою для перегляду системи АСК ВП УЗ-Є та розрахунку витрат, пов'язаних з часом знаходження транзитного поїзда з переробкою на сортувальній станції.

Мета, об'єкт та предмет дослідження

Метою дослідження є обґрунтування доцільності удосконалення окремих ланок у технологічній лінії обробки транзитних поїздів з переробкою шляхом розрахунку витрат, пов'язаних з часом знаходження даного типу поїздів на сортувальній станції.

Об'єкт дослідження – обробка транзитного поїзда з переробкою на сортувальній станції.

Предмет дослідження – витрати, пов'язані з часом знаходження транзитного поїзда з переробкою на сортувальній станції.

Аналіз джерел

Одним з першочергових завдань для дослідження витрат, пов'язаних з часом знаходження транзитного поїзда з переробкою на сортувальній станції, є дослідження технологічної лінії даної категорії поїзда при системі АСК ВП УЗ-Є. У [0, 0] зроблено аналіз впровадження автоматизованих систем управління на залізничному транспорті. Проаналізовано сучасний стан та визначено перспективи розвитку інноваційних інформаційних технологій в сфері залізничних перевезень, зокрема розглянуто переваги та недоліки функціонування автоматизованих робочих місць. Для організації руху вантажних поїздів за оптимальними маршрутами з найменшими експлуатаційними витратами по виділеній нитці графіка руху поїздів побудовано ефективні моделі формування поїздів у просторі та часі [0, 0].

У роботі [0] підкреслено перспективність збільшення контейнерних перевезень, що вимагає від залізничної галузі швидко та оперативно реагувати на запити вантажовласників. Дослідження авторів довели, що найбільші простой контейнерів (отже, вагонів з ними) спостерігаються на «першій милі» і на «останній милі». В статті запропоновано підхід, що дає змогу порівняти питомі експлуатаційні витрати на один контейнер в умовах перевезень «за готовністю», який на сьогодні діє на АТ «Укрзалізниця», і «за часом» при наданні «жорсткої нитки» графіка руху поїздів, а також визначено доцільність використання приватної локомотивної тяги.

В інформаційних джерелах [9] та [10] наведено основні розрахунки витрат, які пов'язані з часом знаходження транзитного вагона з переробкою на технічній станції у i -му поїзді за визначений період та питомі витрати, що пов'язані з формуванням, розформуванням та використанням інфраструктури на

станції, що покладуть в основу розрахунку простою транзитних поїздів з переробкою на сортувальних станціях.

В роботі [0] розглядаються питання структурної складності систем автоматизації технологічних процесів перевезень, як набір взаємозалежних підструктур і операцій над ними, а також пропонуються прикладні інтерпретації структурної складності розглянутих систем. Вочевидь, широке впровадження автоматизованих систем на станціях вимагає використання прогресивних методів їх створення та удосконалення. Це забезпечить спільне використання архітектури АСК ВП УЗ-Є відповідно до технологічних процесів реальних сортувальних станцій [0], зокрема, для транзитних вагонів з переробкою.

Основна частина

Для виявлення слабких ланок обробки транзитних вагонів з переробкою на сортувальній станції в рамках

системи АСК ВП УЗ-Є необхідно відтворити технологічну лінію обробки цих вагонів від моменту повідомлення про прибуття поїзда на сортувальну станцію до моменту відправлення поїзда зі станції та оцінити її ефективність за певним критерієм.

Проаналізувавши дані [0, 0], складено таблицю відповідності кодів повідомлень і їх значень в системі АСК ВП УЗ-Є з елементами технологічної лінії транзитних вагонів з переробкою на сортувальній станції (табл. 1). Слід зазначити, що в даній таблиці наведено лише основні повідомлення, які є вхідними і вихідними у рамках системи АСК ВП УЗ-Є.

Стислий опис технологічної лінії обробки транзитних вагонів з переробкою на сортувальній станції в рамках АСК ВП УЗ-Є на основі джерел [0, 0, 0] та даних табл. 1 дозволив створити структурно-логічну схему обробки транзитних вагонів із переробкою на сортувальній станції, яку наведено на рис. 1 (нумерація блоків схеми відповідає нумерації строк у табл. 1).

Таблиця 1

Коди повідомлення елементів технологічної лінії транзитних поїздів з переробкою на сортувальній станції в системі АСК ВП УЗ-Є

№	Елементи технологічної лінії обробки транзитних поїздів з переробкою на сортувальній станції	Код повідомлення	Код повідомлення в системі АСК ВП УЗ-Є
1	2	3	4
1	Повідомлення про прибуття поїзда на станцію, отримання, розмітка і пересилка ТГНЛ в пункт ПТО та маневровому диспетчеру	01 02 ...	-«Загальні відомості про поїзд» -«Телеграма-натурний лист» ...
2	Складання сортувального листка	1317	-«Коригування повідомлень (для бази даних)»
3	Отримання від поїзного диспетчера повідомлення про прибуття поїзда та номер поїзда	01	-«загальна інформація про поїзд»
4	Повідомлення працівників ПТО та ПКО про час та колію прибуття поїзда	212 213	-«інформація про поїзд» -«запит на отримання технологічних документів»
5	Перевірка складу транзитного поїзда з переробкою у вхідній горловині	03 12	-«перелік номерів вагонів -«перелік операцій, що виконуватимуться з поїздом»
6	Доставка вантажних документів в пункт СТЦ, введення в АСК ВП УЗ-Є інформацію про прибуття поїзда	201	-«Прибуття поїзда»
7	Перевірка ТГНЛ, штемпелювання та перевірка перевізних документів	02	-«Телеграма-натурний лист»
8	Розмітка натурального листа, підготовка до розпуску складу поїзда	02 05 ...	-«Телеграма-натурний лист» -«Довідка про розподіл навантажених вагонів в поїзді за призначенням» ...

1	2	3	4
9	Приймання поїзда, закріплення поїзда на коліях, відпускання гальм та роз'єднання гальмівних рукавів від локомотива, огороження складу на колії, відчеплення локомотива від складу поїзда	-	-
10	Проведення технічного та комерційного огляду, здача вагонів з небезпечним вантажем під охорону, встановлення огороження	09 1317 ...	-«Коригування відомостей про склад поїзда» -«Коригування повідомлень (для бази даних)» ...
11	Прибуття маневрового або гіркового локомотива та причеплення його до вагонів, прибирання засобів закріплення вагонів з колії	12	-«перелік операцій, що виконуватимуться з поїздом»
12	Розформування поїзда на гірці	203 02	-«Розформування поїзда» -«Телеграма-натурний лист»;
13	Накопичення вагонів в сортувальному парку	33	-«Накопичувальна відомість»
14	Завершення накопичення складу поїзда та оформлення поїзних документів	02 1317 ...	-«Телеграма-натурний лист» -«Коригування повідомлень (для бази даних)» ...
15	Причеплення вагонів до маневрового локомотива	-	-
16	Повідомлення працівників парку відправлення про перестановку вагонів	205	-«Готовність поїзда до відправлення»
17	Перестановка та закріплення поїзда на коліях парку відправлення	-	-
18	Відчеплення маневрового локомотива від поїзда та огороження його на колії	-	-
19	Проведення технічного та комерційного огляду, здача вагонів з небезпечним вантажем під охорону	09 1317 ...	-«Коригування відомостей про склад поїзда» -«Коригування повідомлень (для бази даних)» ...
20	Зняття огороження та причеплення поїзного локомотива до складу поїзда	-	-
21	Прибирання засобів закріплення складу поїзда на коліях, встановлення хвостового сигналу	-	-
22	Скорочене випробування гальм та видача машиністу довідки про гальма	-	-
23	Завершення оформлення документів та пересилка їх в парк відправлення	1317	-«Коригування повідомлень (для бази даних)»
24	Вручення машиністу поїзда пакету документів та попереджень (за наявності)	205 355 ...	-«Готовність поїзда до відправлення» -«Запит на видачу бланка попереджень» ...
25	Відправлення поїзда зі станції	200	-«Відправлення поїзда»

На основі аналізу табл. 1 та рис. 1 виявлено елементи технологічної лінії обробки транзитних поїздів з переробкою, для яких відсутні коди повідомлення в системі АСК ВП УЗ-Є, а саме:

елементи 9, 15, 17, 18, 20, 21, 22. Це свідчить про те, що в системі АСК ВП УЗ-Є ці позиції майже не відслідковуються. Застосування сучасних недорогих систем позиціонування рухомих одиниць на базі GPS

(або інших) технологій дозволить ввести в систему АСК ВП УЗ-Є спеціальні коди та повідомлення при виконанні зазначених операцій працівниками станції. Це дасть можливість підвищити рівень автоматизації обробки транзитних поїздів з переробкою на сортувальній станції та майже не призведе до збільшення витрат, пов'язаних з оплатою праці та експлуатацією удосконаленої автоматизованої системи. Найбільші одноразові витрати пов'язані з впровадженням спеціальних кодів та повідомлень в удосконалену систему АСК ВП УЗ-Є та з можливим застосуванням автоматизованих пристроїв огороження складів, стопорних пристроїв АСУЗР-65. Економічний ефект від цих технічних заходів та від переходу на електронний документообіг наведено у статті [11].

Для більш детального аналізу в частині автоматизації технології роботи із транзитними поїздами з переробкою при системі АСК ВП УЗ-Є проведено дослідження показників роботи двох сортувальних станцій (Основа та Куп'янськ-Сортувальний) та визначено зв'язок параметрів даних станцій. Отримані результати та висновки зведено до табл. 2 та зображено на рис. 3–6.

У роботі запропоновано оцінити економічний ефект від застосування покращеної системи АСК ВП УЗ-Є відповідно до удосконаленого підходу, викладеного у [10] з урахуванням положень, запропонованих у [9], де наведено формули, що використано для розрахунку нижче та в даних посиланнях наведено пояснення цих формул. Витрати, що пов'язані з часом знаходження транзитного вагону з переробкою на технічній станції у i -му поїзді за визначений період, визначаються

$$\sum P_{\Pi}^{\text{ТР}} = P_{\text{знах}}^{\text{В.СТ}} + P_{\text{знах}}^{\text{е/т.ст}} + P_{\text{знах}}^{\text{бр(е/т).ст}} + P_{\text{інфр}}^{\text{станц(е/т)}} + P_{\text{інфр}}^{\text{управл.ст}} + P_{\text{ман}}^{\text{е/т}} \quad (1)$$

де $P_{\text{знах}}^{\text{В.СТ}}$ – витрати, пов'язані з простоем транзитних вагонів з переробкою в парках технічних станцій, грн;

$P_{\text{знах}}^{\text{е/т.ст}}$ – витрати на електровозо- (тепловозо)-години локомотивів у складі транзитних поїздів, які знаходяться на технічних станціях, грн;

$P_{\text{знах}}^{\text{бр(е/т).ст}}$ – витрати на бригадо-години локомотивних бригад електровозів (тепловозів) у складі транзитних поїздів в парках технічних станцій у загальному вигляді, грн;

$P_{\text{інфр}}^{\text{станц(с/т)}}$ – витрати, пов'язані з використанням станційної інфраструктури та інфраструктури управління впродовж часу знаходження транзитного вагона з переробкою на технічній станції $t_{\Pi,i}$ у i -му поїзді, грн;

$P_{\text{інфр}}^{\text{управл.ст}}$ – витрати, пов'язані з використанням інфраструктури управління впродовж визначеного періоду часу, грн;

$P_{\text{ман}}^{\text{е/т}}$ – витрати на електровозо- (тепловозо)-години роботи на технічній станції маневрових локомотивів, грн.

Витрати, пов'язані з простоем транзитних вагонів з переробкою в парках технічних станцій, грн,

$$P_{\text{знах}}^{\text{В.СТ}} = \left\{ \sum_{i=0}^{N_{\text{зп}}(t_{\Pi})} N_{\Pi,i} t_{\Pi,i} \right\} C_{\text{ваг-год.}j}, \quad (2)$$

де $N_{\text{зп}(m)}$ – кількість транзитних вантажних вагонів з переробкою, які були оброблені на технічній станції за визначений період часу t_n ;

$N_{\Pi,i}$ – кількість вагонів в кожному i -му поїзді;

$t_{\Pi,i}$ – час знаходження транзитного вагона з переробкою на технічній станції у i -му поїзді, год. Для оцінки економічного ефекту використовується не абсолютне значення часу, а різниця до та після впровадження удосконаленої технології;

$C_{\text{ваг-год.}j}$ – загальна витратна ставка однієї вагоно-години з урахуванням усіх витрат (в русі та простої), діюча на j -й період часу, грн.



Рис. 1. Структурно-логічна схема обробки транзитних вагонів із переробкою на сортувальній станції

З урахуванням стохастичного характеру величин N_{Π_i} та $t_{\Pi,i}$ прийнято, що

$$N_{\Pi_i} = \int_{N_{Min}}^{N_{Max}} f(N_{\Pi}) dN_{\Pi};$$

$$t_{\Pi,i} = \int_{t_0}^{t_{\Phi}} f(t_{\Pi}) dt_{\Pi} \quad (3)$$

де N_{Min} , N_{Max} – відповідно мінімальна та максимальна кількість транзитних вантажних вагонів у i -му поїзді з переробкою;

$f(N_{\Pi})$ – функція щільності імовірності кількості транзитних вагонів з переробкою у складі поїзда. Для розглянутих станцій конкретний вигляд функцій прийнято згідно з табл. 2 ($f(N_{\Pi_0})$ для станції Основа, $f(N_{\Pi_K})$ – для станції Куп'янськ-Сортувальний);

t_0 , t_{Φ} – відповідно мінімальна та максимальна тривалість накопичення транзитних вантажних вагонів у i -му поїзді з переробкою з урахуванням очікування локомотива;

$f(t_{\Pi})$ – функція щільності імовірності тривалості простою транзитних вагонів з переробкою у складі поїзда. Для розглянутих станцій конкретний вигляд функцій прийнято згідно з табл. 2 ($f(t_{\Pi_0})$ для станції Основа, $f(t_{\Pi_K})$ – для станції Куп'янськ-Сортувальний).

Витрати на електровозо- (тепловозо)-години локомотивів у складі транзитних поїздів, які знаходяться на технічних станціях, грн,

$$P_{знах}^{e/т.ст} = \left\{ \sum_{i=0}^{N_{зп(тп)}} n_{лі} T_{зп,i}^{л} \right\} C_{e(т)-год,j}, \quad (4)$$

де $n_{лі}$ – кількість локомотивів в кожному i -му поїзді;

$T_{зп,i}^{л}$ – сумарний час знаходження поїзного локомотиву в складі транзитного поїзда з переробкою на технічній станції, год;

$C_{e(т)-год,j}$ – одинична витратна ставка однієї електровозо- (тепловозо)-години, діюча на j -й період часу, грн.

Витрати на бригадо-години локомотивних бригад електровозів (тепловозів) у складі транзитних поїздів в парках технічних станцій у загальному вигляді, грн,

$$P_{знах}^{бр(e/т).ст} = \left\{ \sum_{i=0}^{N_{зп(тп)}} n_{бр,i} T_{бр,i}^{л} \right\} C_{бр-год,e(т).j}, \quad (5)$$

Де $n_{бр,i}$ – кількість локомотивних бригад в кожному i -му поїзді;

$T_{бр,i}^{л}$ – час знаходження на станції локомотивної бригади при її зміні, год;

$C_{бр-год,e(т).j}$ – одинична витратна ставка однієї бригадо-години електровозної (тепловозної) тяги магістрального руху, діюча на j -й період часу, грн.

У більшості випадків без великої помилки можливо прийняти, що $n_i = n_{бр,i}$, а також

$$T_{зп,i}^{л} = T_{бр,i}^{л}$$

Витрати, пов'язані з використанням станційної інфраструктури впродовж часу знаходження транзитного вагона з переробкою на технічній станції

$t_{\Pi,i}$ у i -му поїзді, грн,

$$P_{інфр}^{станц.(e/т)} = \sum_{i=0}^{K_{нав}} L_{повн.нав.(i)}^{станц} C_{станц(т).j}^{км/год} (t_{запр} - t_{поч}), \quad (6)$$

де $K_{нав}$ – кількість станцій дільниці, відкритих для навантаження вантажів;

$L_{повн(i)}^{станц}$ – повна довжина головних, приймально-відправних або сортувальних колій в межах кожної технічної станції, на яких знаходяться транзитні вагони з переробкою у кожному i -му поїзді, км;

$C_{станц(e/т).j}^{км/год}$ – одинична витратна ставка використання 1 км станційної інфраструктури (електрифікованої або неелектрифікованої) протягом години, діюча на j -й період часу, грн;

$t_{запр}$ – значення часу, за який проводиться розраунок (запросний, поточний, кінцевий та ін.), год;

$t_{поч}$ – початкове значення часу, (початок зміни, доби та ін.), год.

Витрати, пов'язані з використанням інфраструктури управління впродовж часу знаходження транзитного вагона з переробкою на технічній станції $t_{\Pi,i}$ у i -му поїзді, грн,

$$P_{інфр}^{управл.ст.} = \sum_{i=0}^{K_{зів}} L_{повн.вив.(i)}^{станц} C_{управл.j}^{км/год} (t_{запр} - t_{поч}), \quad (7)$$

де $C_{управл.j}^{км/год}$ – одинична витратна ставка використання інфраструктури управління (будівель, обладнання та управлінського персоналу дирекції залізничних перевезень, управління залізниці, господарства матеріально-технічного забезпечення, а також інформаційних систем та систем управління, які забезпечують функціонування залізниць) протягом години на один кілометр розгорнутої довжини колій залізниці, діюча на j -й період часу, грн.

Витрати на електровозо- (тепловозо)-години роботи на технічній станції маневрових локомотивів, грн,

$$P_{\text{ман}}^{e/т} = \sum_{i=0}^{N_{\text{зп}}(tп)} T_i^{(e/т).\text{ман}} C_{e(т)-\text{год}.j}^{\text{ман}} \quad (8)$$

де $T_i^{(e/т).\text{ман}}$ – час роботи на технічній станції маневрових локомотивів електровозів (тепловозів) при формуванні кожного i -го поїзда, год. Може бути розраховано з урахуванням коефіцієнту використання маневрового локомотива у часі $\beta \in [0,1 \dots 0,6]$ як

$$T_i^{l(e/т).\text{ман}} = \beta t_{\text{п}i};$$

$C_{e(т)-\text{год}.j}^{\text{ман}}$ – одинична витратна ставка однієї електровозо- (тепловозо)-години маневрового руху, діюча на j -й період часу, грн.

Для умов станції Основа за формулами (1) – (8) виконано оцінку питомих витрат, що приходяться на один відправлений транзитний вагон з переробкою. Величини витратних ставок прийнято у розрахунках за 2021 р. та зроблено припущення, що у сучасних умовах зменшення обсягів перевезень, обмеження по пропускній та переробній спроможності станції на кількість поїздів не є визначальним. Результати наведено на рис. 2. Слід зазначити, що форма поверхні відгуку, яку наведено на рис. 2, майже ідентична й для умов станції Куп'янськ-Сортувальний.

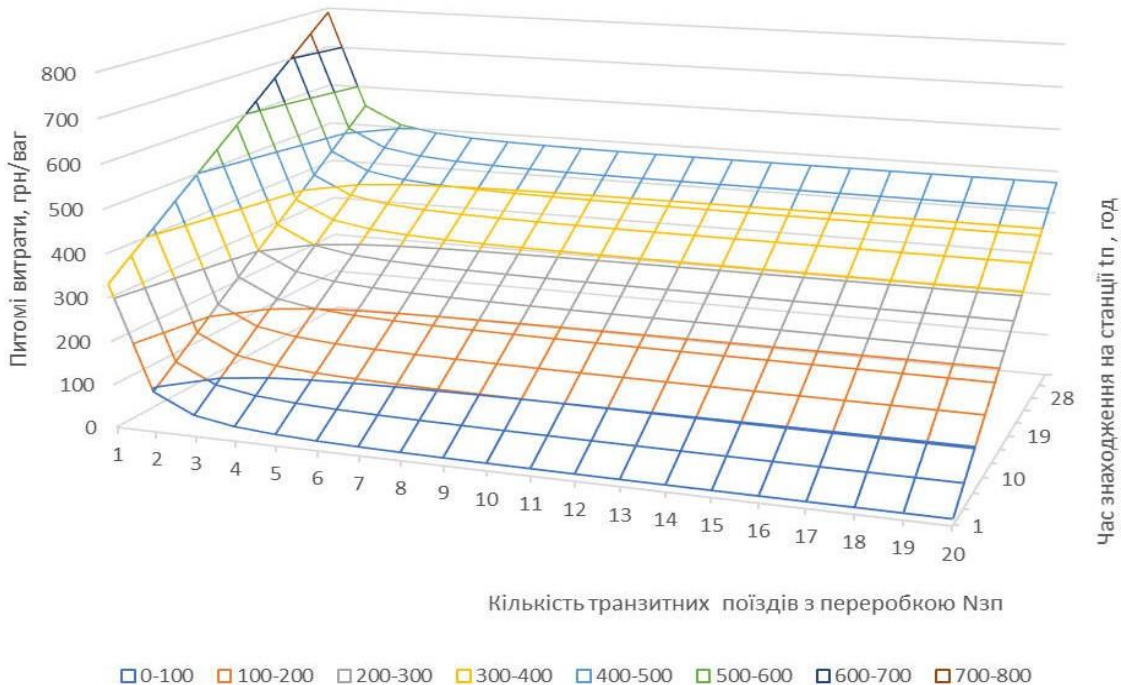


Рис. 2. Залежність питомих витрат, що приходяться на один відправлений транзитний вагон з переробкою, від кількості поїздів та часу їх знаходження на станції (умови ст. Основа)

Для перевірки ефективності удосконаленої системи АСК ВП УЗ-Є отримано поверхню відгуку питомих витрат, що приходяться на один відправлений транзитний вагон з переробкою залежно від кількості транзитних поїздів з переробкою та часу знаходження транзитного поїзда з переробкою на станції. Вочевидь, що питомі витрати на один вагон суттєво зменшуються при зменшенні часу знаходження транзитного поїзда. Аналіз залежності показав, що:

- при меншій кількості транзитних поїздів з переробкою на сортувальній станції і зростаючому часі знаходження даної категорії поїздів на станції

спостерігається зростання питомих витрат на один вагон;

- при найбільшій кількості транзитних поїздів з переробкою на сортувальній станції і при найменшому часі знаходження даної категорії поїздів на станції (не менше однієї години) спостерігається зниження питомих витрат на один вагон.

З урахуванням оцінки питомих витрат за формулами (1)–(8) та з розрахунком економічного ефекту від провадження спеціальних кодів та повідомлень в удосконалену систему АСК ВП УЗ-Є, з можливим застосуванням автоматизованих пристроїв огороження составів, стопорних пристроїв АСУЗР-65

та від переходу на електронний документообіг, що АСК ВП УЗ-Є дасть економію питомих витрат (для наведено у статті [11], встановлено, що впровадження умов станції Основа) від 13.9 до 27.7 грн/ваг. запропонованих заходів з удосконалення системи

Таблиця 2

Статистичний аналіз показників

Показник	Математичне очікування	Максимум	Мінімум	Коефіцієнт варіації	Показники функції розподілу	Висновки та рекомендації
Станція Основа						
Кількість транзитних вагонів з переробкою в період з січня 2019 до серпня 2021 року (ст. Основа), $N_{по}$	28134	35718	18352	0,133	<p>Тип графіка - нормальний закон розподілу</p> <p>Функція</p> $f(N_{по}) = \frac{\exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{N_{по} - 28134}{3735,4}\right)^2\right)}{9360,886}$ <p>де $\mu = 28134$ — математичне очікування; $\sigma = 3735,4$ — середньоквадратичне відхилення</p>	За даними спостережень: кожного року в зимовий період (зазвичай січень) – найменша кількість вагонів даної групи, у весняно-літній період найбільша кількість даної групи вагонів (конкретний місяць важко виділити). Коефіцієнт варіації показав, що в кожному місяці протягом 2,5 років, вагони на станцію «Основа» прибувають рівномірно. Графік функції показав, що вагони прибувають за нормальним законом розподілу
Тривалість простою транзитних вагонів з переробкою в період з січня 2019 до серпня 2021 року (ст. Основа), $t_{по}$	24,64	36,18	19,14	0,161	<p>Тип графіка – графік розподілу Ерланга</p> <p>Функція</p> $f(t_{по}) = 0,637 \frac{(0,637 \cdot t_{по})^{37}}{(37)!} \cdot e^{-0,637 \cdot t_{по}}$ <p>де $\beta = 0,637$ – параметр масштабу; $m = 38$ – параметр форми</p>	За даними спостережень: наприкінці осені, на початку зими (листопад-грудень) і на весні – найбільший простій вагонів даної групи, в зимовий місяць лютий – найменший простій вагонів даної групи. Треба відзначити, що з липня 2020 р. по лютий 2021 р. спостерігається стрибок простою вагонів даної групи. Коефіцієнт варіації показав, що в кожному місяці протягом 2,5 років, простій вагонів на станції «Основа» рівномірний. Графік функції показав, що вагони прибувають за законом розподілу Ерланга.

Показник	Математичне очікування	Максимум	Мінімум	Коефіцієнт варіації	Показники функції розподілу	Висновки та рекомендації
Станція Куп'янськ - Сортувальний						
Кількість транзитних вагонів з переробкою в період з січня 2019 до серпня 2021 року (ст. Куп'янськ-Сортувальний), $N_{пк}$	41894	52644	29330	0,133	<p>Тип графіка - нормальний закон розподілу</p> <p>Функція</p> $f(N_{пк}) = \frac{\exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{N_{пк} - 41894}{5558,2}\right)^2\right)}{13928,809}$ <p>де $\mu = 41894$ — математичне очікування; $\sigma = 5558,2$ — середньоквадратичне відхилення</p>	За даними спостережень: кожного року у весняний період (зазвичай березень) – найбільша кількість вагонів даної групи, у червні та лютому – найменша кількість даної групи вагонів. Коефіцієнт варіації показав, що в кожному місяці протягом 2,5 років, вагони на станцію «Куп'янськ-Сортувальний» прибувають рівномірно. Графік функції показав, що вагони прибувають за нормальним законом розподілу
Тривалість простою транзитних вагонів з переробкою в період з січня 2021 року (ст. Куп'янськ-Сортувальний), $t_{пк}$	22	30,46	16,4	0,157	<p>Тип графіка – графік розподілу Ерланга</p> <p>Функція</p> $f(t_{пк}) = 0,544 \cdot \frac{(0,544 \cdot t_{пк})^{39}}{(39)!} \cdot e^{-0,544 \cdot t_{пк}}$ <p>де $\beta = 0,544$ – параметр масштабу; $m = 40$ – параметр форми</p>	За даними спостережень: кожного року у вересні та грудні – найбільший простій вагонів даної групи, в квітні та лютому – найменший простій вагонів даної групи. Коефіцієнт варіації показав, що в кожному місяці протягом 2,5 років, простій вагонів на станцію «Куп'янськ-Сортувальний» рівномірний. Графік функції показав, що вагони прибувають за законом розподілу Ерланга

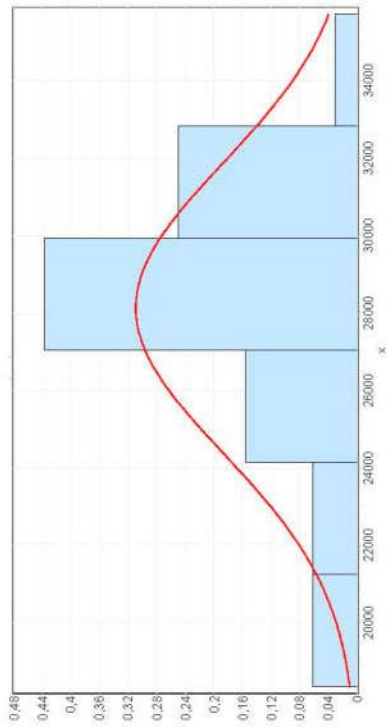


Рис. 3. Графік кількості транзитних вагонів з переробкою в період з січня 2019 до серпня 2021 року (на ст. Основа) за нормальним законом розподілу

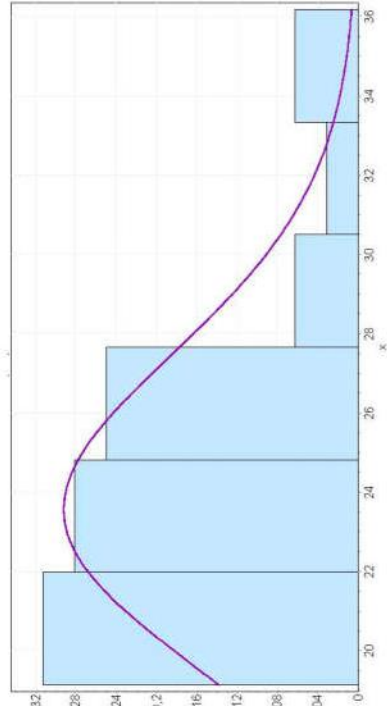


Рис. 4. Графік тривалості простою транзитних вагонів з переробкою в період з січня 2019 до серпня 2021 року (на ст. Основа) за законом розподілу Ерланга

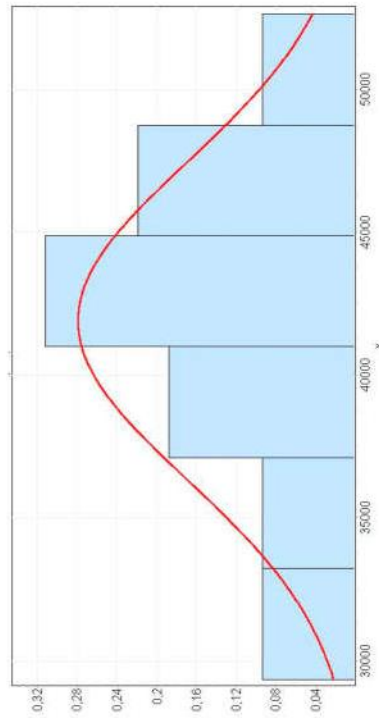


Рис. 5. Графік кількості транзитних вагонів з переробкою в період з січня 2019 до серпня 2021 року (на ст. Куп'янськ-Сортувальний) за нормальним законом розподілу

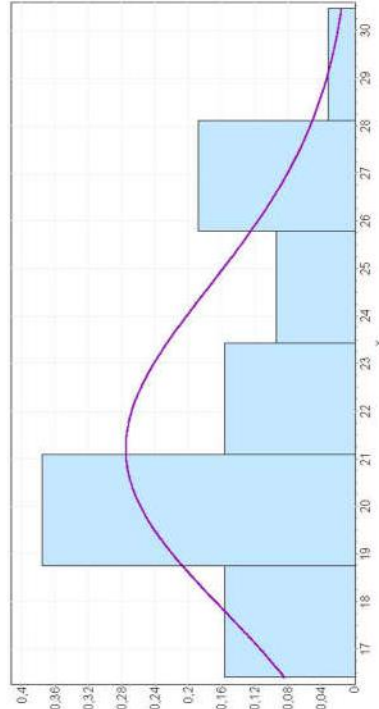


Рис. 6. Графік тривалості простою транзитних вагонів з переробкою в період з січня 2019 до серпня 2021 року (на ст. Куп'янськ-Сортувальний) за законом розподілу Ерланга

Висновки

1. На основі аналізу табл. 1 запропоновано впровадження спеціальних кодів повідомлення в систему АСК ВП УЗ-Є та додаткові заходи автоматизації на сортувальній станції для скорочення часу простою транзитного поїзда з переробкою.

2. Побудовано структурно-логічну схему обробки транзитних вагонів із переробкою на сортувальній станції для виявлення ланок, що працюють в ручному режимі і потребують подальшої автоматизації.

3. Проведено статистичний аналіз основних показників роботи двох сортувальних станцій, а саме: кількість вагонів, що пройшли обробку та час простою вагонів на станціях Основа та станція Куп'янськ-Сортувальний за період січня 2019 по серпень 2021 року. Побудовано графіки функції розподілу при автоматизації технології роботи із транзитними вагонами з переробкою в умовах використання системи АСК ВП УЗ-Є з метою визначення закономірностей у цих параметрах.

4. Витрати, що пов'язані з часом знаходження транзитного вагона з переробкою на сортувальній станції Основа складають від 334 до 362 грн/ваг. та залежать від часу знаходження транзитного вагона з переробкою на станції.

5. Встановлено, що впровадження запропонованих вище заходів з удосконалення системи АСК ВП УЗ-Є дасть економію питомих витрат від 13,9 до 27,7 грн/ваг. або (за умови збереження обсягів роботи станції Основа) до 9,3 млн грн/р.

Список використаних джерел

1. Аналіз впровадження автоматизованих систем управління на залізничному транспорті / О. Стрелко, Ю. Бердніченко, О. Петриковець, Т. Блистіва. *Транспортні системи і технології*. 2019. Т. 2. Вип. 33. С. 84–91. DOI: 10.32703/2617-9040-2019-33-2-8.
2. Чернецька-Білецька Н. Б., Павлюченко В. О., Кононенко С. В. Аналіз систем автоматизації управління технологічними процесами на станціях залізничного транспорту. *Вісник Інженерної академії України*. 2013. Вип. 3-4. С. 185–187.
3. Butko T., Prokhorov V., Chekhunov D. Devising a method for the automated calculation of train formation plan by employing genetic algorithms. *Восточно-європейський журнал*. 2017. № 1/3 (58). P. 55–61.
4. Підходи до удосконалення контейнерних інтермодальних перевезень в умовах впровадження приватної локомотивної тяги / Т. В. Бутько, С. В. Харланова, А. В. Кіпренко, В. А. Шахраюк. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2021. № 1. С. 16–23. DOI: 10.18664/ikszt.v26i1.229018.
5. Ломотько Д. В., Волосяк П. Ф., Емець І. Л. Підвищення ефективності роботи залізнично–

перевантажувального вузла в умовах застосування інноваційних логістичних технологій. *Зб. наук. праць УкрДАЗТ*. Харків: УкрДАЗТ, 2015. Вип. 152. С. 40–42.

6. Босов А. А., Ильман В. М. Структурная сложность систем. *Вісник ДНУЗТ ім. ак. В. Лазаряна*. 2012. № 40. С. 173–179.
7. Косолапов А. А. Развитие научных основ постройки и эксплуатации систем автоматизации железнодорожных сортувальных станций: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.20. Дніпро, 2014. 49 с.
8. Філія «Головний інформаційно-обчислювальний центр» АТ «Укрзалізниця». Офіційний сайт. URL: <https://gioc.uz.gov.ua/>.
9. Практичні рекомендації з технолого-економічного управління експлуатаційною роботою залізниць. Інструкція ЦД-0068. Київ: Укрзалізниця, 2006. 54 с.
10. Ломотько Д. В., Балака Є. І., Резуненко М. Є. Визначення оптимальної кількості вагонів у маршрутних поїздах. *Залізничний транспорт України*. 2019. № 4. С. 4–12. DOI: 10.34029/2311-4061-2019-133-4-04-12.
11. Ломотько Д. В., Огар О. М. Автоматизація обробки місцевих вагонів на сортувальній станції. *Молодь і наука. Практика інноваційного пошуку*: наукове видання II всеукр. конф. молодих вчених (17 грудня 2020 р.). Дніпро: НМТЕУ, 2020. С. 346–352.

Mykola Lomotko. Research of indicators related to the time of finding a transit train with processing at the sorting station.

Abstract. The works of predecessors in the field of automated control systems for railway transport are analyzed, the issues of structural complexity of systems of automation of technological processes of transportation, their current state and prospects of development are considered.

The article considers the technological line of processing of transit cars with processing at sorting stations. Statistical analysis of the main indicators at two major sorting stations was performed. The main messages in the system of "Unified Automated Freight Transportation Management System of Ukrzaliznytsia" for elements of the technological line of transit trains with processing at the sorting station are analyzed and on the basis of these data the structural-logical scheme and table of message codes of elements of the technological line of transit trains with processing - In order to identify weaknesses and shortcomings that cause additional downtime of cars at the station.

Recommendations for additional measures to increase the level of automation at technical stations and references to the calculation of the economic effect of the implementation of these measures are given. A scientific approach to the valuation of transit cars with processing

for the conditions of "Osnova" and "Kupyansk-Sortuvalny" stations is proposed.

Based on the calculation of costs associated with the time of stay of the transit car with processing at the technical station in the i -th train for a certain period, a graph of the specific costs for one sent transit car with processing from the main indicators in the form of response surface to test the effectiveness of the improved system "Unified Automated Freight Transportation Management System of Ukrzaliznytsia".

The analysis of statistical values of the number and downtime of transit cars with processing at "Osnova" and "Kupyansk-sorting" stations for the period from January 2019 to August 2021 for a more detailed analysis in terms of automation of technology for working with transit trains with processing under "Unified Automated Freight Transportation Management System of Ukrzaliznytsia" and to determine the relationship of the parameters of these stations using the correlation coefficient.

Key words: Unified Automated Freight Transportation Management System of Ukrzaliznytsia, transit train with processing, marshalling yard.

Надійшла 22.02.2022 р.

*Ломотько Микола Денисович, аспірант кафедри «Залізничні станції та вузли», Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна. E-mail: kolyanl890@kart.edu.ua
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0294-2686>*

*Mykola Lomotko, Postgraduate of the department "Railway stations and junctions", Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine. E-mail: kolyanl890@kart.edu.ua
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0294-2686>*