
УДК 656.212.5

**АНАЛІЗ ВІДОМИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ
ОДНОСТОРОННІХ І ДВОСТОРОННІХ СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ**

Канд. техн. наук М. Ю. Куценко, інженери А. О. Повод, А. М. Денисенко,
І. О. Пєвнєва, З. М. Михалєвич

**АНАЛИЗ ИЗВЕСТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ
ПРИМЕНЕНИЯ ОДНОСТОРОННИХ И ДВОСТОРОННИХ СОРТИРОВОЧНЫХ
СТАНЦИЙ**

Канд. техн. наук М. Ю. Куценко, инженеры А. А. Повод, А. Н. Денисенко,
И. А. Певнева, З. Н. Михалевич

**ANALYSIS OF WELL-KNOWN RESEARCH ON THE APPROPRIATE USE
UNILATERAL AND BILATERAL MARSHALLING YARDS**

Ph. D. M. Kutsenko, engineers A. Povod, A. Denisenko, I. Pevneva, Z. Mikhalevich

Сортувальні станції відіграють вирішальну роль, забезпечуючи переробку і формування технічних маршрутів. Ключовою проблемою завжди була проблема вибору типу станції – одностороння чи двостороння.

Завдання обґрунтування сфер застосування односторонніх і двосторонніх сортувальних станцій необхідно розглядати з урахуванням динаміки зміни обсягів роботи.

Основною теоретичною прогалиною слід вважати відсутність обґрунтованих рекомендацій щодо закриття однієї з сортувальних систем на двосторонніх станціях внаслідок зниження обсягу переробки.

Ключові слова: одностороння сортувальна станція, двостороння сортувальна станція, етапність розвитку сортувальної станції.

Сортировочные станции играют решающую роль, обеспечивая переработку и формирование технических маршрутов. Ключевой проблемой всегда была проблема выбора типа станции – односторонняя или двусторонняя.

Задачу обоснования сфер применения односторонних и двусторонних сортировочных станций необходимо рассматривать с учетом динамики изменения размеров работы.

Основным теоретическим пробелом следует считать отсутствие обоснованных рекомендаций по закрытию одной из сортировочных систем на двусторонних станциях вследствие снижения объема переработки.

Ключевые слова: односторонняя сортировочная станция, двусторонняя сортировочная станция, этапность развития сортировочной станции.

In railway transport freight yards play a crucial role, ensuring the processing and forming the technical routes. The theory and practice of designing freight yards testify to the usefulness of the construction of both one way and two way freight yards. It depends on the volume and the nature of a processing wagon flow, the technical equipment of freight yards and the dynamics of the work volume change.

At all stages the key issue of the development of freight yards and the theory of designing was the problem choice of the type station - one-way or two-way. The task of justification of the areas advisability of both one way and two way freight yards must be considered, taking into account the changes in the size of the work.

The main theoretical gap in the designing of the freight yards should be considered the absence of evidence-based recommendations on the closure of one of the sorting systems at two way stations, due to the decrease in the volume of the car processing.

Key words: one way yard, two way yard, the stages of the development of the freight yard.

Вступ. У наш час відбувається реформування залізничного транспорту, метою якого є підвищення якості надаваних послуг при безпечній та ефективній організації виробничого процесу [1, 11, 12]. При здійсненні перевезень на залізничному транспорті вирішальну роль відіграють сортувальні станції. Вони забезпечують реалізацію найбільш складної частини системи організації вагонопотоків, а саме: переробку та формування технічних маршрутів. Від успішної роботи сортувальних станцій залежить стійкість перевізного процесу на цілих напрямках і полігонах мережі залізниць.

Ключовою проблемою на всіх етапах розвитку сортувальних станцій і теорії їх проектування була проблема вибору типу станції – одностороння або двостороння.

Визначення мети та задачі дослідження. Метою статті є проведення докладного аналізу відомих досліджень щодо доцільності застосування

односторонніх і двосторонніх сортувальних станцій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, основна частина. За роботою [2], вперше питання щодо потужності пристроїв і створення умов для розвитку сортувальних станцій було поставлено у 1929 році в роботі В. М. Образцова «Основные данные для проектирования железнодорожных станций» [3]. У цій роботі було запропоновано запас потужності для крупних станцій розраховувати на зростання вантажообороту протягом 25 років. А вже в 1930-ті роки В. М. Образцовим були остаточно сформульовані вимоги щодо етапного розвитку станцій, які увійшли до ТУПС-33 та підручника по станціях та вузлах [4]. У цій роботі вказувалося, що подальший розвиток сортувальної станції повинен проходити без складних перебудов і зносу капітальних споруд.

У роботі П. В. Бартенєва [5] при розгляді перспектив розвитку сортувальних станцій були відмічені три основні моменти, які суттєво змінюють схему станції:

- перехід від роботи на маневрових витяжках до роботи на напівгірці, а потім і на гірці;

- перехід від паралельної схеми до послідовної або комбінованої;

- перехід від односторонньої до двосторонньої схеми станції.

У вказаних роботах рекомендації з розвитку сортувальних станцій мали здебільшого якісний характер. Це пояснюється відсутністю математичного апарату, який дозволив би розглядати динаміку зміни експлуатаційних показників станцій при поступовому зростанні обсягів переробки вагонів.

Одне з найбільш глибоких досліджень щодо методики вибору односторонніх і двосторонніх сортувальних станцій було виконано М. С. Глікманом [6]. Його результати дають повне уявлення про якісні переваги та недоліки схем односторонніх і двосторонніх сортувальних станцій. Але головною перевагою виконаного дослідження є глибокий і всебічний аналіз основних факторів, що впливають на вибір схеми сортувальної станції.

До цих факторів автор відносить:

- розміри і характер вагонопотоків, що переробляються (прямі, кутові, транзитні і місцеві);

- кількість призначень за планом формування і потрібну кількість підгіркових колій;

- пропускну спроможність найбільш завантажених горловин: передгіркової і вихідної відправного парку;

- переробну спроможність гірки з розформування і формування поїздів;

- переробну спроможність витяжних колій формування;

- додаткові пробіги і простої кутових вагонів на двосторонніх станціях;

- додаткову витрату маневрових годин на обробку кутових вагонопотоків;

- різницю в капіталовкладеннях на початкове облаштування дво- і односторонніх сортувальних станцій;

- різницю в експлуатаційних витратах на утримання додаткового штату, колійних пристроїв, маневрових локомотивів і простої вагонів;

- різницю в пробігах поїздів і поїзних локомотивів у межах станції.

Крім того, до факторів, що впливають на вибір схеми станції, належать і такі, які не піддаються грошовій оцінці: положення станції на мережі залізниць, перспективи подальшого зростання роботи станції за межами розрахункового періоду, маневреність у роботі станції, поточність технологічного процесу, безпека поїзної і маневрової роботи, та ін. Ряд факторів, які можуть вплинути на вибір проектного рішення, пов'язані з місцевими умовами. До них належать топографія місцевості, яка визначає обсяг земляних робіт, розміри і вартість зносів існуючих пристроїв і споруд, необхідність будівництва штучних споруд і їх вартість.

Але головним недоліком методики слід вважати розгляд завдання у «статичі». Вибір схеми здійснюється на фіксовані розміри роботи розрахункового року, що не враховує реальну динаміку зміни обсягів переробки вагонів, а отже, і експлуатаційних витрат по роках розрахункового періоду, який до того ж перевищує значення розрахункового року, на який у запропонованій М. С. Глікманом методиці визначаються капітальні і експлуатаційні витрати. «Статичний» підхід не враховує і необхідності поетапного нарощування потужності основних пристроїв станції, що дозволяє знизити сумарні приведені витрати.

Істотний внесок у теорію обґрунтування сфер доцільності односторонніх і двосторонніх сортувальних станцій вніс О. М. Корнаков [7]. Досліджуючи загальну перспективу

розвитку великих односторонніх сортувальних станцій, автор провів детальний аналіз схем, рекомендованих ТУПС-61, і дійшов висновку, що схема односторонньої сортувальної станції підвищеної продуктивності, розрахована на застосування паралельного розпуску составів, як системи, вимагає спорудження колієпроводу під гіркою для пропускання поїзних локомотивів у депо і під состави, а також петльових підходу і виходу для напрямку, протилежного основному сортуванню. Це призводить до переходу кількісних змін у схемі односторонньої сортувальної станції в якісні: докорінно змінюється сама її схема, перетворюючись у схему двокомплектної станції, у якій другий сортувальний комплект парків з гіркою лише повернений у площині

креслення на 180° і впритул прилягає до першого (рис. а).

Розрахунки, виконані О. М. Корнаковим, показали, що схема односторонньої станції для систематичного паралельного розпуску, наведена на рис. а, значно дорожче як за будівельними, так і за експлуатаційними витратами порівняно зі звичайною двосторонньою станцією (рис. б) при однакових розмірах і переробній спроможності. Тому він вважав за доцільне утримуватися від застосування подібних схем «односторонніх» станцій і при будівництві сортувальних станцій з розрахунковою переробною спроможністю понад 8–10 тис. вагонів на добу проектувати їх стосовно таких схем, які дозволяють легко здійснювати етапний перехід від односторонньої до двосторонньої схеми.

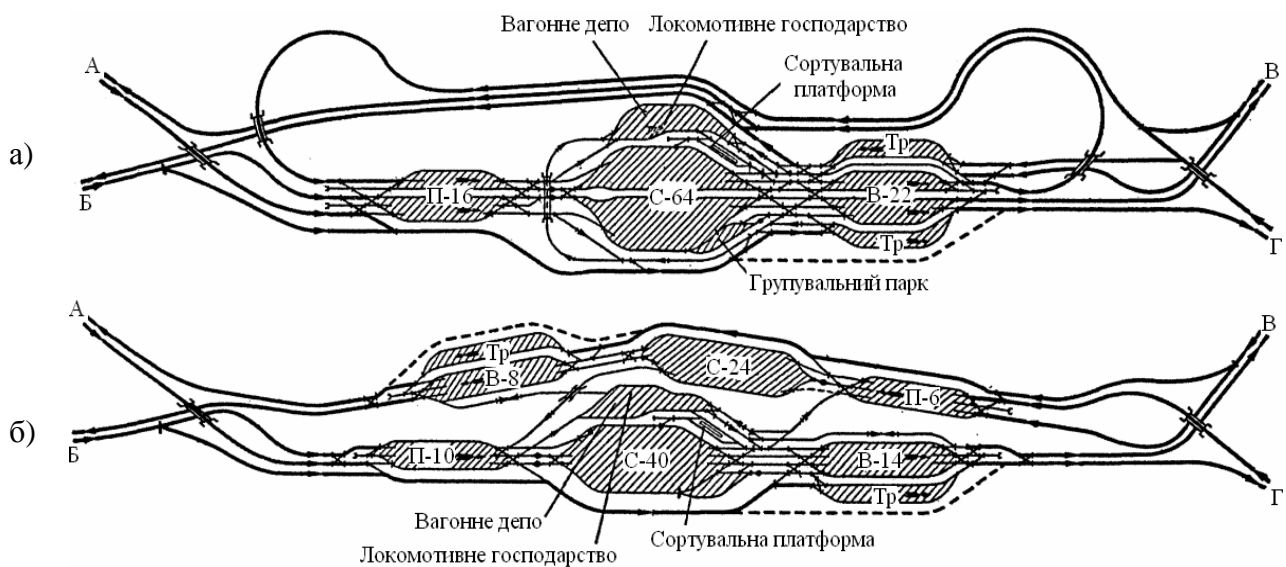


Рис. Схеми односторонньої (а) і двосторонньої (б) сортувальної станції

Окрема глава була присвячена розвитку сортувальних станцій у роботі Т. М. Федотової [8], у якій методом спрямованого пошуку був визначений оптимальний момент введення другої сортувальної системи. Розрахунок показав, що будівельні та експлуатаційні витрати

при розвитку односторонньої станції для паралельного розпуску більше, ніж при спорудженні другого комплекту за типовою схемою. При розвитку існуючого комплекту для паралельного розпуску доводиться повністю перевлаштувати горловини, що призведе до великих

ускладнень у роботі станції в період реконструкції і збільшення експлуатаційних витрат.

У роботі [8] були зроблені такі висновки. При переробці в середньому більше 5400 вагонів на добу односторонню сортувальну станцію необхідно розвивати у двосторонню. Момент переходу від односторонньої сортувальної станції до двосторонньої залежить від обсягу роботи в початковий період і темпу його зростання.

При обсязі роботи на 5-й рік експлуатації до 5000 вагонів спочатку необхідно будувати односторонню сортувальну станцію, а потім, коли потік досягне 5000 вагонів, треба вводити в експлуатацію другий комплект. При цьому другий комплект доцільно вводити в момент необхідного за темпом зростання посилення односторонньої станції. При обсязі роботи на 5-й рік експлуатації 5000 вагонів на добу і з подальшим зростанням треба відразу будувати двосторонню сортувальну станцію.

Спеціальне дослідження щодо встановлення сфер застосування односторонніх і двосторонніх сортувальних станцій було виконано на початку 1980-х років минулого століття в МПТі О. В. Мінеєвим і представлене у вигляді дисертації [9]. Автор розглядав два альтернативні варіанти підвищення потужності односторонніх сортувальних станцій, в одному з яких станція, залишаючись односторонньою, реконструюється для систематичного застосування паралельного розпуску, а в другому передбачається перехід до двосторонньої станції. Обидва ці варіанти вимагають великих капіталовкладень, ефективного використання яких визначається за мінімумом приведених будівельно-експлуатаційних витрат.

З урахуванням узагальнення наявних на той час пропозицій з підвищення переробної спроможності сортувальних комплексів при розробленні методики визначення сфер застосування

односторонніх і двосторонніх сортувальних станцій О. В. Мінеєвим розглянуто такі базові варіанти схем колійного розвитку і технічного оснащення станцій:

- одностороння сортувальна станція з послідовним розташуванням парків для застосування послідовного розпуску составів;

- одностороння сортувальна станція з послідовним розташуванням парків, наявністю колієпроводу під гіркою, петльового підходу в парк приймання та петльового виходу з парку відправлення для поїздів невантажного напрямку з застосуванням систематичного паралельного розпуску составів;

- двостороння сортувальна станція з послідовно розташованими парками в обох системах.

Значна частина роботи присвячена розробленню схем горловин парку приймання, але висновок про доцільність переходу від першого базового варіанта до другого за певних умов є недостатньо обґрунтованим. Головний недолік при цьому – неповний облік тих витрат, які будуть викликані необхідністю докорінної реконструкції передгіркової і гіркової горловин станції в умовах експлуатації. При цьому якщо за рахунок організації швидкісного будівництва колійна частина горловин може бути реалізована, то спорудження колієпроводу під гіркою дуже проблематичне.

Викладене свідчить про те, що якщо у віддаленій перспективі обсяг переробки вагонів не перевищить можливостей другого базового варіанта, то станцію слід відразу проектувати з розташуванням локомотивного господарства паралельно сортувальному парку, колієпроводом під гіркою, який буде потрібний при досягненні певного обсягу роботи, а конструкції передгіркової і гіркової горловин передбачати такими, щоб у перспективі вони легко розвивалися для застосування паралельного розпуску составів.

Якщо ж у перспективі буде потрібне спорудження другої сортувальної системи, то слід розглядати перехід від першого до третього базового варіанта з метою встановлення раціональних обсягів роботи і терміну такого переходу.

О. В. Мінеєв визначив такі межі переходу:

- при переробці 5000 вагонів на добу, незалежно від співвідношення і структури вагонопотоків, повинні будуватися односторонні сортувальні станції з послідовним розпуском составів;

- при переробці понад 4000 але менше 8000 вагонів на добу при співвідношенні вагонопотоків 0,5:0,5 і кутовому потоці до 10 % – односторонні сортувальні станції з паралельним розпуском составів;

- при переробці понад 8000 вагонів слід будувати двосторонні сортувальні станції;

- якщо все вищеперелічене не підходить і на 10-й рік експлуатації переробка складе більше 5500 вагонів на добу слід будувати двосторонню сортувальну станцію.

У кінці 1980-х років питання доцільності переходу від односторонньої до двосторонньої сортувальної станції досліджував у своїй роботі В. Г. Дзюба [10]. Маючи великий досвід проектування станцій і вузлів, автор справедливо стверджує, що при розгляді перспективи розвитку сортувальних станцій принциповим питанням стає встановлений режим роботи – одностороння або двостороння, за яким слід нарощувати потужність станції. При цьому він встановив, що за наявності достатньої площадки доцільність будівництва або розвитку станції за двосторонньою схемою при приблизно рівному співвідношенні вагонопотоків за напрямками настає раніше, ніж необхідність застосовувати паралельний розпуск, а саме при обсязі переробки 3500 вагонів на добу. При співвідношенні вагонів з переробкою за напрямками 0,67:0,33 межа доцільності

застосування двосторонніх станцій зміщується до 4000, а при співвідношенні 0,8:0,2 – приблизно до 5000 вагонів на добу.

Автором встановлено, що за таким показником, як питомі капіталовкладення (на 1 км корисної довжини колії або 1000 вагонів переробки на добу), реконструкція сортувальних станцій значно перевершує аналогічні показники інших видів будівництва: нове, розширення, технічне переозброєння. Це пояснюється тим, що на незначну перебудову колійного розвитку накладаються дорогі реконструйовані пристрої автоматики, телемеханіки, зв'язку та електропостачання. Питома вага цих пристроїв у середньому становить 45 %, що на 30 % більше, ніж за проектами нового будівництва.

Тому спорудження другої сортувальної системи, яке викликає порівняно невеликі обсяги перебудови колійних пристроїв існуючої системи, виявляється вигідніше за корінну реконструкцію горловин для організації паралельного розпуску составів на односторонній станції. Крім того, враховуючи, що паралельний розпуск составів на двосторонніх станціях організувати або складно, або взагалі неможливо через структури вагонопотоків, розвиток станції для паралельного розпуску, якщо в подальшому все одно знадобиться друга сортувальна система, призведе до нерациональних бросових робіт.

З точки зору авторів, найбільш прогресивною методикою визначення сфер застосування односторонніх і двосторонніх сортувальних станцій є методика Л. О. Олейникової [2]. У роботі [2] перехід від односторонньої до двосторонньої схеми сортувальної станції являє собою один з етапів адаптації принципової схеми станції до обсягів переробки вагонів, що має на меті досягнення мінімуму суми приведених витрат, грн,

$$E_{np} = \min \left(\sum_{t=0}^T K_t \alpha_t + \sum_{t=0}^T C_t \alpha_t \right), \quad (1)$$

де K_t, C_t – капітальні вкладення та експлуатаційні витрати у відповідному році t , грн;

T – горизонт розрахунку, р.;

α_t – коефіцієнт дисконтування (приведення) витрат.

У відповідності з роботою [2]

$$\alpha_t = \frac{1}{(1+E)^t}, \quad (2)$$

де E – норма дисконту.

Ця адаптація забезпечується шляхом зміни технічного стану станції, яка вимагає певних капітальних вкладень, що дають у подальшому суттєве зниження експлуатаційних витрат. Найбільш розповсюдженим методом вирішення цього завдання є метод динамічного програмування.

Завдання оптимізації етапності зміни стану станцій на основі динамічного програмування полягає в такому. Проектована станція розглядається як фізична система S , стан якої S_j характеризується набором значень параметрів, які є показниками її технічного стану і технологічного забезпечення. Система взаємодіє з певним транспортним потоком $N(k)$, що складається в загальному випадку з кількох категорій поїздів. Розміри руху характеризуються нерівномірністю всередині розрахункового періоду і кроку розрахунку, змінюються по роках і не залежать від стану системи.

Система S_j є керованою, тобто є можливість впливати на параметри системи, надаючи їм нових значень.

Зміна або збереження стану станції в момент часу t називається переходом або управлінням $U_i^j(t)$, у результаті якого

станція переходить з одного стану в інший ($j \neq i$) або залишається без зміни ($j = i$) залежно від того відповідає наявна пропускна здатність N_n потрібній N_n чи ні.

Кожному стану станції S_j і року експлуатації t відповідає набір значень показників її роботи (пробіги і простої рухомого складу, витрати на маневрову роботу та ін.), сукупність яких являє собою

річні експлуатаційні витрати $C_{t,j}$, що є частиною критерію ефективності (E).

Перехід станції з одного стану S_i в інший S_j ($i \neq j$) пов'язаний з необхідністю виконання певних робіт, що викликають капітальні вкладення $K_{i \rightarrow j}$, які складають другу частину критерію ефективності.

Під оптимізацією етапності зміни технічного стану і технологічного забезпечення на основі методу динамічного програмування розуміється пошук такого набору управлінь $U_i^j(t)$ ($i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n; t = 1, 2, \dots, T$), який забезпечив би за розрахунковий період T мінімум критерію ефективності.

Покроковий розрахунок критерію ефективності та визначення умовно оптимальних переходів здійснюється на основі рекурентного співвідношення

$$E_{i,j}^{onm} = \min(E_{i-1,t}^{onm} + \Delta E_{i,j}(U_i^j)) \quad (t = 1, 2, \dots, T; j = 1, 2, \dots, n; i = 1, 2, \dots, j), \quad (3)$$

де $E_{i,j}^{onm}$ – мінімальне значення сумарних приведених витрат в рік t для досягнення в цьому році стану S_j , грн;

$E_{i-1,t}^{onm}$ – те саме в рік $t-1$ для стану S_i , грн;

$\Delta E_{i,j}(U_i^j)$ – приріст критерію ефективності в рік t при переході з технічного стану S_i в стан S_j , грн;
 n – загальна кількість варіантів технічного стану.

$$\Delta E_{i,j}(U_i^j) = K_{i \rightarrow j} \alpha_t + C_{t,i} \alpha_t, \quad (4)$$

де $K_{i \rightarrow j}$ – капітальні вкладення для переходу зі стану S_i в стан S_j , грн;
 $C_{t,i}$ – річні експлуатаційні витрати для стану S_i в рік t , грн.

Для вирішення поставленого завдання доцільно використовувати алгоритм «київський віник», що являє собою багатокроковий процес, на кожному кроці якого виробляється «відмітання» деякої безлічі варіантів, що не містить оптимального варіанта.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Таким чином, до кінця 1980-х років остаточно встановлено, що питання обґрунтування переходу від односторонніх станцій до двосторонніх є складовою частиною проблеми етапного розвитку сортувальних станцій, одним з рішень, що якісно змінюють саму схему колійного розвитку станції. Це вимагає аналізу досліджень стосовно етапності розвитку сортувальних станцій.

Список використаних джерел

1. Транспортна стратегія України на період до 2020 року [Електронний ресурс]: схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. №1555-р. – Режим доступу: [www/URL: http://www.mintrans.gov.ua/uk/discussion/15621.html/](http://www.mintrans.gov.ua/uk/discussion/15621.html/) 10.12.2009. – Загол. з екрана.
2. Олейникова, Л. А. Сферы применения односторонних и двусторонних сортировочных станций при росте и спаде объемов переработки вагонов [Текст]: дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.08 / Л. А. Олейникова. – СПб., 2006. – 198 с.
3. Образцов, В. Н. Основные данные для проектирования железнодорожных станций [Текст] / В. Н. Образцов. – М.; Л., 1929. – 156 с.
4. Образцов, В. Н. Станции и узлы [Текст] / В. Н. Образцов. – М.: Трансжелдориздат, 1935. – 315 с.
5. Бартенев, П. В. Железнодорожные станции и узлы [Текст] / П. В. Бартенев. – М.: Трансжелдориздат, 1953. – 504 с.
6. Гликман, М. С. Методика выбора односторонних и двусторонних сортировочных станций [Текст] / М. С. Гликман. – М.: ВНИИ трансп. стр-ва, 1958. – 124 с.
7. Корнаков, А. М. Развитие крупных односторонних сортировочных станций [Текст] / А. М. Корнаков // Железнодорожный транспорт. – 1972. – №11. – С. 18 – 21.
8. Федотова, Т. Н. Этапы развития сортировочных станций [Текст]: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.08 / Т. Н. Федотова. – Л.: ЛРШЖТ, 1982. – 25 с.
9. Минеев, А. В. Сферы применения односторонних и двусторонних сортировочных станций [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08 / А. В. Минеев. – М.: МИИТ, 1983. – 24 с.
10. Дзюба, В. Г. Разработка и обоснование показателей и нормативов для проектирования сортировочных станций на перспективу [Текст]: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / Дзюба В. Г. – М., 1989. – 24 с.

11. Zarecky, S. The newest trends in marshalling yards automation [Text] / S. Zarecky, J. Grun, J. Zilka // *Transport problems*. – 2008. – Т. 3, Vol. 4, Is. 1. – P. 33-38.

12. Yagar, S. An efficient sequencing model for humping in a rail yard [Text] / S. Yagar, F. Saccomanno, Q. Shi // *Transportation Research Part A: General*. – 1983. – N 17(4). – P. 251-262.

Куценко Максим Юрійович, канд. техн. наук, доцент кафедри залізничних станцій та вузлів, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-42. E-mail: maksimus84@meta.ua.

Повод Анастасія Олександрівна, студентка магістратури, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-42.

Денисенко Анастасія Миколаївна, студентка магістратури Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-42.

Певнєва Ірина Олександрівна, студентка магістратури Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-42.

Михалевич Зоряна Миколаївна, студентка магістратури Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-42.

Kutsenko Maxim Yriyovich Ph. D., associate professor department of train stations and nodes, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-42 E-mail: maksimus84@meta.ua.

Povod Anastasia Oleksandrivna, graduate student, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-42.

Denisenko Anastasia Mykolaivna, graduate student, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-42.

Pevnyeva Irina Oleksandrivna, graduate student, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-42.

Myhalyevych Zoryana Mykolaivna, graduate student, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-42.

Стаття прийнята 07.10.2016 р.