УДК 656. 212. 5 DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.150.2014.67332

АНАЛІЗ ВІДОМИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО ОПТИМАЛЬНОЇ ЕТАПНОСТІ РОЗВИТКУ СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ

К-т техн. наук М. Ю. Куценко, інженер В. Р. Фефелова, студенти І. О. Тупотіна, К. С. Кальцова

АНАЛИЗ ИЗВЕСТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОПТИМАЛЬНОЙ ЭТАПНОСТИ РАЗВИТИЯ СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

К-т техн. наук М. Ю. Куценко, инженер В. Р. Фефелова, студенти И. А. Тупотина, К. С. Кальцова

ANALYSIS OF EXISTING RESEARCH ON THE OPTIMAL PHASING OF MARSHALLING YARDS

Ph. D. M. Kutsenko, engineer V. Fefelova, student I. Tupotina, K. Kaltsova

На етапах розвитку залізничного транспорту застосовувалися як односторонні, так і двосторонні сортувальні станції.

Перехід від односторонньої схеми до двосторонньої при зростанні обсягів переробки вагонів або навпаки при тривалому їх зниженні представляє один з етапів зміни технічного стану станції, тому пошук кордону такого переходу треба здійснювати на основі теорії етапності розвитку.

***Ключові слова**: одностороння сортувальна станція, двостороння сортувальна станція, етапність розвитку, динамічне програмування.*

На этапах развития железнодорожного транспорта применялись как односторонние, так и двусторонние сортировочные станции.

Переход от односторонней схемы к двусторонней при росте объемов переработки вагонов или наоборот при длительном их снижении представляет один из этапов изменения технического состояния станции, поэтому поиск границы такого перехода нужно осуществлять на основе теории этапности развития.

***Ключевые слова**: односторонняя сортировочная станция, двусторонняя сортировочная станция, этапность развития, динамическое программиро-вание.*

Analysis of layouts and technologies for sorting stations has revealed the usage of one-side and double-side sorting stations at all stages of rail transport development.

The factors influencing selection of a sorting yard can be divided into objective (determined by a project statement and parameters of available station's area), and subjective (related strongly to a project's developer). The latter include relative position of parks, constructions of leads, track development and technical equipment of a hump, the method of transition of angular car traffic volume, layout of locomotive facilities.

Transition from a one-side layout to a double-side one under an increasing car processing volume, or from a double-side layout to a one-side layout under a long decreasing car processing volume is just one stage in changes of a station's technical condition, therefore, it is reasonable to determine the boundary of this transition on the base of the stage-by-stage development theory.

***Key words**: one-side sorting station, double-side sorting station, stage-by-stage development, dynamic programming.*

Вступ. В освоєнні перевезень на залізничному транспорті вирішальну роль відіграють сортувальні станції, які забезпечують реалізацію найбільш складної частини системи організації вагонопотоків – їх переробку і формування технічних маршрутів. Від успішної роботи сортувальних станцій залежить стійкість перевізного процесу на цілих напрямках і полігонах мережі залізниць. З'явившись наприкінці XIX століття, коли стала очевидною необхідність відділення роботи з розформування та формування вантажних поїздів від роботи з пасажирськими поїздами і вантажної роботи, сортувальні станції пройшли тривалий шлях становлення і розвитку, в ході якого вдосконалювалися їх схеми, технічне оснащення і технологія роботи, які тісно пов'язані зі станом і конструкцією колійних пристроїв, рухомого складу, систем електропостачання, автоматики, телемеханіки та зв'язку.

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

Основна частина. Для оптимізації етапності розвитку сортувальних станцій, починаючи з кінця 60-х років на теренах колишнього СРСР розробляються методики, засновані на різних методах, таких як, суцільний перебір варіантів, метод ітерації, динамічне програмування, метод гілок і меж [1–13]. При цьому найбільше застосування отримує метод динамічного програмування.

Першу спробу застосувати цей метод зробив А. В. Бикадоров для визначення терміну доцільності посилення парку приймання сортувальної станції [3]. Автор використав класичну задачу про заміну обладнання, коли на кожному кроці вибирається один з двох варіантів: зберегти існуючі пристрої станції без зміни, або перейти до чергового, заздалегідь наміченого варіанту технічного стану. Між тим для вибору найбільш вигідного рішення бажано мати можливість перевірки доцільності переходу до кількох можливих варіантів технічного стану, щоб обрати кращий з них.

Зазначений недолік пов'язаний з використанням задачі про заміну обладнання усунутий в дослідженнях Ю. П. Наяшкова [10], який для оптимізації черговості розвитку сортувальної станції використав задачу динамічного програмування про набір висоти і швидкості літального апарату. Рішення задачі передбачено у зворотному напрямку, що ускладнює облік перехідних режимів, а також не дозволяє оцінити ефект від додаткових потужностей за межами розрахункового періоду.

Подальший розвиток проблема етапності розвитку сортувальної станції отримала в працях П. С. Грунтова [5]. Розвиток станції він рекомендував розглядати в *n*-мірному фазовому просторі, де число компонент вектора зведене до трьох – по числу парків класичної сортувальної системи. В якості керуючих змінних прийняті інтервали виводу составів з парків приймання, сортувального та відправлення. Рішення задачі також передбачено у зворотному напрямку, але через багатоваріантність неприйнятно в практиці проектування. Крім того, автором не враховуються затримки рухомого складу та енергетичні витрати на зупинки поїздів, розформування і формування составів, які можуть істотно відрізнятися для різних варіантів технічного стану.

Особливе місце серед досліджень в області етапності розвитку сортувальних станцій займають роботи Є. В. Архангельського [2], покладені в основу Інструктивних вказівок по етапному розвитку односторонніх сортувальних станцій [7]. Ці дослідження відрізняються ретельністю опрацювання питань визначення експлуатаційних витрат, повнота і правильність яких є найважливішим фактором при виборі варіантів етапності.

Задача вперше вирішується в прямому напрямку, враховані додаткові втрати у зв'язку з виконанням будівельних робіт в процесі експлуатації станції і їх подорожчання на діючій станції. Враховується можлива помилка прогнозу розмірів роботи, капіталовкладення діляться на дві частини – залежні і незалежні від варіанту етапності. У той же час можливість збільшення кількості колій в парках передбачається тільки на 5-му, 10-му і 15-му році експлуатації, що було закладено у вимогах СниП-Н-39-76 [12].

Питання вибору оптимальної етапності розвитку сортувального комплексу порушені у роботі А. М. Корєшкова [9], в основному в порядку постановки задачі, і в методичних вказівках до дипломного проектування, випущених В. М. Акулінічевим і Є. І. Сичовим [1].

Більш глибоко задача розвитку сортувальних станцій при довгостроковому і поточному плануванні досліджена в роботі Є. А. Сотнікова. Враховуючи велику розмірність задачі навіть для однієї станції і тим більше для групи станцій на напрямку, автор систематизував можливі схеми, колійний розвиток і технічне оснащення у вигляді 352 станів, для яких можна на ЕОМ підрахувати техніко-економічні показники в залежності від обсягу роботи.

Для дослідження етапності розвитку станції в масштабі мережі за основу прийнято метод формування оптимальних схем оволодіння перевезеннями, розроблений у МІІТі [4], але при цьому додатково врахована нелінійність зміни експлуатаційних витрат зі збільшенням обсягів роботи і можливість спорудження другої сортувальної системи. Запропонований Є. А. Сотніковим алгоритм може бути використаний при вирішенні мережевих задач оволодіння перевезеннями, але для проектних цілей, нажаль ні. Проте, зазначена робота лягла в основу дослідження етапності розвитку односторонніх сортувальних станцій на перспективу, в якому взяли участь так само В. А. Ардашин, І. Т. Козлов і Н. А. Тужилкіна [8]. У цьому дослідженні задача вирішувалася у детермінованій постановці, але згодом був запропонований порядок її вирішення з урахуванням невизначеності вихідної інформації про вагонопотоки. Істотним внеском в теорію етапності розвитку сортувальних станцій стало дослідження, що виконувалося під керівництвом М. В. Правдіна в БелІІЖТі [11]. Авторами сформульовані основні поняття та визначення проблеми, дано економіко-математичний опис процесу та порядок розрахунку капітальних і експлуатаційних витрат, розглянуто приклад оптимізації, що дозволяє освоїти процедуру вирішення завдання практично. Враховуючи, що при вирішенні задачі в зворотному напрямку неможливо врахувати втрати, пов'язані з перебудовою станції, автори розглядають два алгоритми – «київський віник» та метод «послідовного аналізу», в яких рішення задачі оптимізації передбачається в прямому напрямку.

Значне місце в дослідженні етапності розвитку сортувальних станцій займають роботи Т. М. Федотової [13], в яких рішення задачі вибору етапності ведеться на основі методу гілок і меж. Автор використовує розрахункову схему, засновану на порівнянні початкових витрат на створення додаткової потужності з витратами на досягнення тієї ж потужності через деякий час. Основною перевагою робіт Т. М. Федотової є врахування будівельного аспекту проблеми етапності, що практично відсутній у всіх інших роботах.

Наведений короткий огляд теоретичних робіт по етапності розвитку станцій показує, що більшість їх базується на використанні методу динамічного програмування і відноситься до сортувальних станцій.

Подальші дослідження з проблеми етапності, виконані на кафедрі «Залізничні станції та вузли» ЛІІЖТу [6] показали, що для всіх розглянутих робіт характерні наступні спрощення, які призводять до спотворення одержуваних результатів:

- термін будівництва для будь-яких змін технічного стану приймається рівним одному року, що робить непорівнянними варіанти з різною кількістю етапів розвитку і не дозволяє врахувати ефект від скорочення термінів будівництва;
- при виділенні капітальних витрат не передбачені витрати на повторну організацію будівництва, тому ефекту віддалення витарт протиставляються тільки експлуатаційні втрати від недостатнього

розвитку станції, в той час як вирішальною противагою можуть виявитися втрати від дроблення будівельного процесу на дрібні етапи;

- вартісні показники (ціни на будівництво та витратні ставки, що використовуються при підрахунку експлуатаційних витрат) приймаються постійними у часі, що в умовах об'єктивного зростання цих показників веде до спотворення результатів розрахунків.

Крім зазначених спрощень спотворенню результатів оптимізації сприяють:

- використання у якості критерію оптимальності мінімуму суми наведених витрат за 20-річний період експлуатації без урахування залишкової вартості основних фондів;
- відсутність обліку нестаціонарності транспортних процесів, зумовленої коливаннями протягом року не тільки обсягів роботи, а і наявної пропускної спроможності;
- недостатнє врахування невизначеності вихідної інформації.

У результаті проведеного узагальнюючого дослідження [6] теорія етапного розвитку залізничних станцій і вузлів отримала завершений характер: усі зазначені фактори, які спотворюють результати оптимізації, враховані, що дозволяє отримувати обґрунтовані проектні рішення.

Висновки. Аналіз теоретичних досліджень з етапності розвитку та сферам доцільності застосування односторонніх і двосторонніх сортувальних станцій показав, що це питання мало першорядне значення на всіх етапах розвитку сортувальних станцій і пройшло тривалий шлях від якісних оцінок і принципових рекомендацій до створення стрункої теорії етапного розвитку односторонніх сортувальних станцій. Основним недоліком вельми глибоких теоретичних досліджень з визначення сфер доцільності застосування односторонніх і двосторонніх сортувальних станцій, виконаних в 50-х – 60-х р.р. XX ст. був «статичний» підхід до задачі, що не дозволяє врахувати динаміку процесу, що пояснюється відсутністю на той час математичного апарату для її вирішення. Цей недолік усунуто в подальших дослідженнях по етапності розвитку сортувальних станцій, результатом яких стала цілком завершена теорія поетапного розвитку односторонніх сортувальних станцій.

Усі виконані дослідження по етапності розвитку станцій базуються на передумові стійкого зростання обсягів переробки вагонів по роках розрахункового періоду, що, як показав досвід перехідного періоду 90-х років, може мати винятки. Це свідчить про актуальність теоретичного опрацювання задачі. Враховуючи виконані раніше дослідження за сферами застосування односторонніх і двосторонніх сортувальних станцій, необхідно звернути увагу на ті з них, які свідчать про доцільність переходу до двосторонньої схеми замість розвитку станції для можливості застосування паралельного розпуску составів. Це забезпечує сприятливі умови для виконання будівельних робіт, спрощує конструкцію горловини станцій і не потребує складних колієпровідних розв'язок.

Основною теоретичною прогалиною в області проектування сортувальних станцій слід вважати відсутність обґрунтованих рекомендацій по закриттю однієї з сортувальних систем на двосторонніх станціях внаслідок зниження обсягу переробки вагонів.

Список використаних джерел

1. Акулиничев, В. М. Выбор оптимальной этапности развития односторонних сортировочных станций [Текст] : метод. указания к дипломному проектированию/ В. М. Акулиничев, Е. И. Сычев. - М. : МИИТ, 1983. - 32 с.

2. Архангельский, Е. В. Выбор этапного развития станций[Текст]/ Е. В. Архангельский//Повышение эффективности использования технических средств на железнодорожных станция: Тр.ВНИИЖТа/ВНИИЖТ.- М., 1986. - С.3-18.

3. Быкадоров, А. В. К расчету оптимальных сроков развития железнодорожного объекта [Текст] / А. В. Быкадоров // Вопросы проектирования и организации работы железнодорожных станций: Тр. НИИЖТа. - Новосибирск, 1969. - Вып.93. - С. 18-28.

4. Горинов,А.В. Применение принципов динамического программирования к решению задач выбора основных технических параметров проектируемых новых железных дорог. Выбор технических параметров и вопросы теории проектирования железных дорог [Текст] / А. В. Горинов, И. В. Турбин// Тр. МИИТа. - 1968. - Вып.277. - С.3-37.

5. Грунтов, П. С. Оптимальная этапность развития сортировочных станций. Железнодорожный транспорт [Текст] П.С. Грунтов: - 1972. - №10. - С. 11-16.

6. Ефименко, Ю. И. Обоснование этапности развития железнодорожных станций и узлов [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: Ефименко Ю.И. - С-Петербург, 1992. - 394 с.

7. Инструктивные указания по этапному развитию односторонних сортировочных станций и планированию потребных для этого капитальных вложений. - М. : Транспорт, 1984. - 87 с.

8. Ардашин, В. А. К вопросу об оптимальной этапности перспективного развития сортировочных станций .Принципы построения автоматизированной системы плановых расчетов на транспорте [Текст] / В. А. Ардашин, И. Т. Козлов, Е. А. Сотников, Н. А. Тужилкина// Тр.ИКТП. - М., 1977.- Вып.67.- С.114-126.

9. Корешков, А. Н. Выбор оптимальной этапности очередности усиления технического оснащения сортировочного комплекса на односторонней сортировочной станции [Текст] / А. Н. Корешков // Вопросы эксплуатации, строительства и экономики железных дорог: Тр. МИИТа. – М., 1975. – Вып. 465. – С. 9–15.

10. Наяшков, Ю. П. Особенности технико-экономических расчётов при многоочередном развитии сортировочных станций[Текст] / Ю. П. Наяшков//Вопросы технологии проектирования и раасчёта технических средств железнодорожных и промышленных узлов. - М., МИИТ,1973. - Вып. 447. - С.90-101.

11.Правдин, Н. В. Сортировочные станции (теория, практика, прогнозы) [Текст] : учебное пособие. / Н. В. Правдин, Т. С.Банек, В. Я.Негрей. – Гомель.: БелИИЖТ, 1980. - 82с.

12. Строительные нормы и правила. Нормы проектирования. Железные дороги колеи 1520 мм [Текст] : СниП II-39-76. 4.II. –М . : Стройиздат, 1977. -69 с.

13. Федотова, Т. Н. Этапы развития сортировочных станций [Текст]/ Т. Н. Федотова // Вопросы развития железнодорожных станций и узлов: межвуз.сб.научн. статей. /БелИИЖТ.— Гомель.,1981. - С.22-32.

Рецензент докт. техн. наук. професор Є.С.Альошинський

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

Фефелова Віта Русланівна студент магістратури НН ІППК Українська державна академія залізничного транспорту Тел.: (057) 730-10-42.

Тупотіна Ірина Олександрівна студент магістратури Українська державна академія залізничного транспорту Тел.: (057) 730-10-26.

Кальцова Катерина Сергіївна студент магістратури Українська державна академія залізничного транспорту Тел.: (057) 730-10-26.

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

Fefelova Vita Ruslanivna graduate student NN IPPK Ukrainian State Academy of Railway Transport Tel.: (057) 730-10-42.

Tupotina Irina Alexandrovna graduate student Ukrainian State Academy of Railway Transport Tel.: (057) 730-10-26.

Kaltsova Katerina Sergiïvna graduate student Ukrainian State Academy of Railway Transport Tel.: (057) 730-10-26.