

1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОПУСКУ ПОЇЗДОПОТОКІВ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ НАПРЯМКАХ

1.1 Основні проблеми управління і оптимізації вагонопотоків

Вдосконалення систем управління на залізничному транспорті нерозривно пов'язане з процесами управління вагонопотоками. Інтенсифікація перевезень і всезростаючі вимоги підвищення ефективності процесу перевезень обумовлюють необхідність побудови таких систем управління, які спираються на ідеї системного підходу при ухваленні рішень і в максимальному ступені використовують можливості сучасної обчислювальної техніки. Про актуальність проблеми побудови систем управління вагонопотоками, що дозволяють на основі апріорної і поточної інформації виробляти оптимальні рішення в реальному масштабі часу, указується в численних публікаціях [1-5].

Перш за все, відзначимо значні труднощі задача вибору критеріїв оптимальності управління вагонопотоками в оперативних умовах. Оцінити функціонування транспортних підрозділів одним критерієм не завжди можливо, оскільки в організації вагонопотоків часто необхідно враховувати суперечливі сторони виробничої діяльності. Необхідна розробка сукупності методів і математико-технологічних моделей, що забезпечують оптимальне управління вагонопотоками. Для ухвалення найбільш ефективного рішення необхідно обробити дані про стан транспортної системи і перевізного процесу при дотриманні жорстких тимчасових обмежень. У цих умовах задача вибору оптимального варіанту оперативної дії на систему пред'являє високі вимоги до технічної, інформаційної і математичної основи управління. На ефективність системи управління надають адекватність економіко-математичних моделей і алгоритми вироблення оптимальних рішень. Побудова і реалізація моделей оптимізації оперативного управління транспортними системами, відмічено в роботі [6-7], можливо на основі

багаторівневого аналізу – застосування декомпозиційного підходу і ітеративної агрегування.

Визначення завдання ОРПВ в сучасних умовах пов'язане з інформаційним базисом і об'ємом моделювання (рис. 1.1).

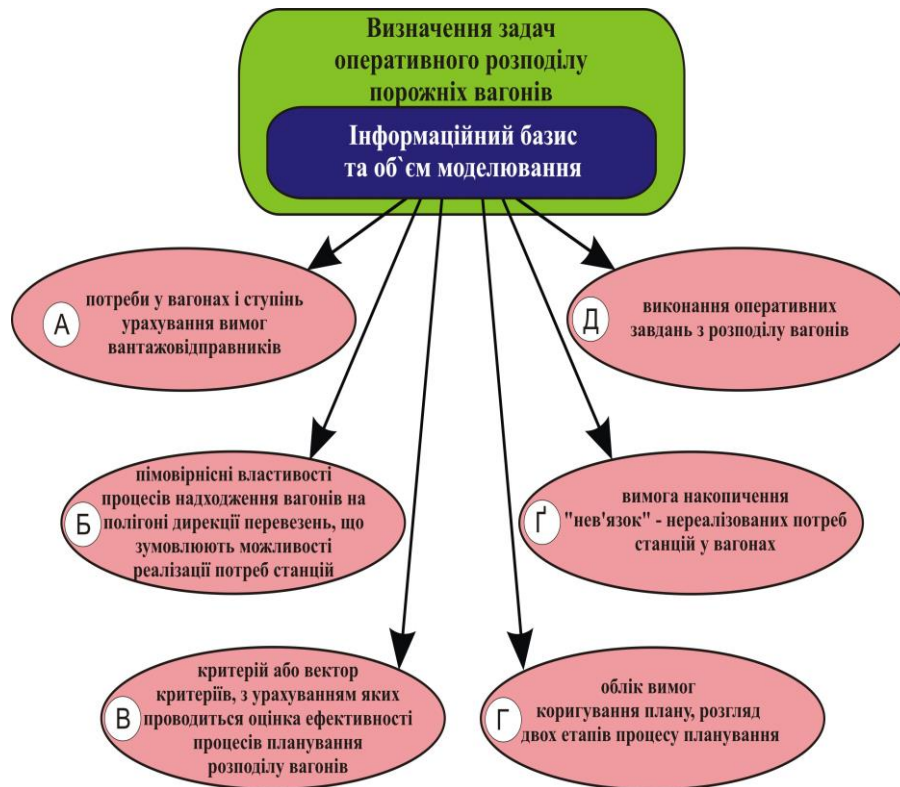


Рис. 1.1 Схема визначення завдань оперативного розподілу порожніх вагонів

Розглянемо перераховані властивості визначення завдань ОРПВ в сучасних умовах. У сучасних умовах потреби вантажовідправників є головним чинником, який в значній мірі визначає роботу залізниць. Різні аспекти цих потреб відбиті в пунктах а), в), г) інформаційного базису моделі завдання. Потреби у вагонах, заявки станцій на деякий період, є основою планування, проте в умовах дефіциту вагонів деяких категорій може бути необхідним змінити потребу на етапі T_k залежно від того, як були виконані заявки на попередніх етапах. Пункти а) і г) припускають різні можливості введення в модель завдання інформації такого роду (невизначеність потреби

пункту призначення). Облік вимог вантажовідправників може бути непрямим, на основі розгляду коефіцієнтів варіацій, що характеризують фактичну реалізацію потреби станцій у вагонах (пункт – а), або ж безпосереднім за рахунок обчислень “нев'язки” в реалізації потреб і їх використання при визначенні “накопиченого завдання” для станції на даний момент (пункт – г).

Математичні методи, за допомогою яких розшуковуються раціональні рішення задачі управління, можна представити у вигляді двох груп: точні, такі, що дають екстремум функціонала, і евристичні, такі, що дають наближене до оптимального рішення.

Найбільш загальною формою оцінки значень критерію оптимальності в задачах оперативного управління транспортними системами є вартісна. Перехід до натуральних показників типу сумарних порожніх пробігів, витрат тоннажі годинника здійснюється за умови адекватності вирішуваної задачі реально протікаючим процесам. При оптимальному розподілі порожніх вагонів під вантаження між станціями ділянки як критерій оптимальності може бути вибраний мінімум витрат на забезпечення заявок на вантаження порожніх вагонів. При цьому повинні забезпечуватися умови, що загальне число прикріплень не може бути більше ресурсу вагонів і вимоги обов'язкового повного задоволення кожної заявки.

У роботах останніх років оптимізація технологічного процесу роботи залізниць, оптимізація змінно – добового планування виділяється в окремий клас управління, в [23, 25] указується необхідність створення спеціальних програм, що управляють, для вибору оптимальних рішень по управлінню вагонопотоками.

Однією з найбільш важких проблем є стохастичність надходження вагонів, коли недостатня інформаційна забезпеченість не дозволяє з необхідною точністю вирішувати поставлені задачі планування. При створенні систем оптимізації управління вагонопотоками необхідно враховувати одну з основних властивостей потоку поїздів – невизначеність.

Кажучи про принципи створення АСУ, при вирішенні окремих практичних задач експлуатації необхідно мати прогноз коливань потоків не тільки протягом доби, а протягом довільного проміжку часу. Необхідний новий підхід до проблеми прогнозу, що дозволяє отримувати за допомогою ЕОМ нові знання про закономірності вантажних транспортних потоках.

Відомі до теперішнього часу методи оцінки коливань транспортних потоків не пов'язані з теорією прогнозування і не враховують впливу коливань, викликаних невизначеністю прогнозу [20].

Виділяється декілька теоретичних підходів до вирішення проблеми оперативного і короткострокового прогнозування. Перший з них базується на прямому моделюванні з використанням середньостатистичного часу виконання операцій, використовується в багатоденному прогнозуванні. Другий підхід зв'язаний із застосуванням традиційних статистичних методів прогнозування. Такий підхід застосовний тільки для обробки безперервних статистичних даних в автоматизованих системах управління. У цьому методі необхідно апріорі знати детерміновану основу прогнозу. Третій метод базується на використанні аналогій, у поєднанні із статистичними методами, і знайшов вираз в ситуаційно-евристичному методі прогнозування [20].

Найважливішим задачам сучасної теорії і практики управління є побудова моделі об'єкту, тобто формалізації закономірностей функціонування управління. На основі цієї моделі визначаються структура, алгоритми і параметри системи управління, вибираються апаратно-програмні засоби реалізації системи. Значний інтерес викликає проблема розробки такого підходу до побудови системи управління потоками, який дозволяє максимально використовувати апріорну інформацію про характеристики цих потоків і проводити адаптацію системи управління відповідно до мети, у міру надходження нових даних шляхом обробки їх на ЕОМ в реальному масштабі часу.

Проблема вивчення нерівномірності і прогнозування коливань вагонопотоків займає особливе місце в наукових публікаціях [16, 24].

Дослідники підкреслюють необхідність вивчення нерівномірності надходження порожніх вагонів, що істотним чином поліпшить використання перевізних засобів. Процес надходження порожніх вагонопотоків на пункти переходу описуються тимчасовими рядами, що є безліччю спостережень, що фіксуються послідовно в часі. На практиці спостереження за надходженням порожніх вагонів здійснюються в дискретні моменти часу, що дозволяє розглядати ці процеси як дискретні тимчасові ряди. Існуючий оперативний облік і розподіл порожніх вагонів по пологах не дають інформації для підбірки по типах і придатності під вантаження. Це приводить до додаткових витрат на підготовку і збільшення порожнього пробігу. Рішення задачі припускає облік можливих заявок на вантаження, збір даних про вивантаження, стан вагонів, складання матриці вартості всіх можливих прикріплень вагонів до заявок на станції. У результаті дана задача зводиться до транспортного. Як критерій оптимальності вибраний мінімум витрат на забезпечення заявок на вантаження порожніх вагонів, за умов, що загальне число прикріплень не може бути більше ресурсу вагонів і обов'язковому повному задоволенні кожної заявки. Оптимальне рішення про розподіл вагонів по фронтах станції і між станціями дільниці видається як рішення з найменшою вартістю прикріплення порожніх вагонів, що звільнилися після вивантаження або наявних на станціях, відповідного типу і категорії. Викладене задача включається в комплекс змінно-добового планування експлуатаційної роботи АСОУП другої черги. У задачах оптимального планування виникає необхідність отримати якнайкращий план відразу по декількох критеріях оптимальності, тобто потрібно знайти такий оптимальний план, який забезпечив би мінімум (максимум) одночасно по всіх введених числових критеріях оптимальності.

Зупинимося на аналізі задач розподілу вагонопотоків як задачі векторної оптимізації. За своїм змістом задача оперативного розподілу вагонопотоків є багатокритерійною, перш за все, із-за системи суперечливих вимог, які необхідно враховувати при плануванні роботи підприємств залізничного

транспорту [12]. Таким чином, наявність безлічі пунктів напряму вагонопотоку, показників оцінки раціонального плану розподілу (цілей), умов реалізації оперативної задачі свідчить про її векторний характер. Як і іншим задачам векторної (багатокритерійною) оптимізації (ЗВО), їй властиві деякі особливості формалізації і методів рішень. Розглянемо ці питання детальніше.

Виникнення ЗВО обумовлене зростаючою складністю систем, явищ і процесів на транспорті, які стають об'єктом оптимізаційних досліджень, а також пов'язано з необхідністю все більш повного обліку умов експлуатації і зв'язків між компонентами систем. Моделі ЗВО формалізують один з найбільш важливих аспектів (цільовий) ухвалення рішень як проблеми вибору з відповідної множини альтернатив. Як відомо, типовими елементами задачі вибору рішень виступають:

U – множина перемінних, значення яких розшукують (вектори управліннь)

Z – множина векторів параметрів, які не контролюються

V – множина векторів зовнішніх дій

Y – множина вихідних змінних, залежних від векторів U ;

M – математична модель ситуації вибору, що встановлює зв'язки між множинами U, Z, V, Y ;

D – обмеження на множини U, Y ;

F – векторний критерій, за допомогою якого оцінюють властивості рішень залежно від заданих управліннь.

Модель задачі ухвалення рішень (УР) може бути описана за допомогою відображення вигляду

$$\Phi: Z \times U \times V \rightarrow Y \quad (1.1)$$

Залежно від властивостей відображення Φ (1.1) існують різні типи математичних моделей задач ПР [2, 10, 29]. Задача УР виникає тоді, коли

можливе управління не єдине. Позначимо через X множину альтернатив для вектора управління – сукупність значень вектора U , які задовольняють обмеженням задачі D . Слід враховувати неформальний, евристичний елемент векторної задачі УР, пов'язаний з формулюванням моделей мети F . Проблеми задачі множини F [29] і обґрунтування властивостей їх компромісів [15, 25] складають важливу частину методів векторної оптимізації.

Головними напрямками досліджень в області теорії і методів ЗВО, які типові для більшості робіт є: – різноманітні постановки задачі В [15, 27] залежно від особливостей задач УР і властивостей множин U, Z, V, Y, M, D, F ; – види компромісно – оптимальних рішень, їх властивості і умови існування цих рішень [7, 9]; – методи векторної оптимізації, пов'язані з отриманням відповідних рішень [2]; – процедури В [10]. До важливих теоретичних і прикладних напрямів ЗВО необхідно віднести теорію подвійності, теорію важливості приватних критеріїв, методи побудови функцій корисності [12], діалогові процедури і програмне забезпечення для реалізації задач В [2, 10]. В даний час можливості застосування цих підходів до рішення задачі оперативного розподілу вагонопотоків на полігоні дирекції перевезень досліджені недостатньо.

Найбільш поширені на практиці постановки ЗВО, в яких порівнюються рішення x на основі числових функцій (приватних критеріїв, показників якості або ефективності). При цьому мінімізують вектор-функції вигляду

$$F(x) = \begin{pmatrix} F_1(x) \\ F_2(x) \\ \dots \\ F_m(x) \end{pmatrix} \rightarrow \min, \quad (1.2)$$

за умови $x \in X \subseteq R^n$ з урахуванням елементів відображення Φ (1.1). При цьому вважається, що кожен x повністю характеризується відповідною

векторною оцінкою $y = F(X)$. Тому вибір оптимального рішення з множини X може бути представлений як вибір оптимальної оцінки з множини

$$y = F(X) = \{y \in E^m : y = F(x), x \in X\}, \quad (1.3)$$

де E^m – m мірний числовий, критерійний простір. Рішення задачі (1.2) без інформації про перевагу сторін, що ухвалюють рішення, не можливо [12]. Як правило, опис переваг приватних критеріїв (1.2) виконується заздалегідь на безлічі всіх оцінок $\tilde{y} : y = F(X)$. На практиці для опису переваг $\{F_j(x)\}_m$ використовують коефіцієнти важливості, бінарні відношення, або функції цінностей [10].

Більшість моделей і методів X враховує вирішення однокритерійних задач оптимізації для приватних показників

$$y_j^* = F_j(x^*) = \min_{x \in X} F_j(x) \quad (1.4)$$

Задача ухвалення компромісного рішення виникає тоді, коли рішення для окремих $F_j(x)$ (1.4) не збігаються. Умови існування і властивості безлічі компромісно-оптимальних рішень (зокрема, Парето-оптимальних рішень [2]) складають важливу частину досліджень ЗВО.

У роботі [11] досліджена кореляційна залежність між числом поїздів, що прибувають, в сусідніх періодах часу, яка дозволила зробити вивід про можливість застосування біноміального закону для імітації підведення поїздів до станції. При цьому використовується отримана автором залежність для визначення вірогідності прибуття поїзда у відрізок часу, що цікавить.

У ній використовуються наступні характеристики вагонопотока: сума заборонених періодів прибуття вантажних поїздів за добу, число таких періодів, середня щільність потоку поїздів, мінімальний інтервал між поїздами на ділянці.

По досліджуваному аспекту, прогнозу прибуття порожніх вагонопотоків, застосування результатів [11] неможливе, оскільки при цьому не враховується добова нерівномірність підведення поїздів, а поняття середньої щільності потоку не відповідає суті поставленої проблеми.

У сучасних умовах потоки характеризуються стохастичністю, нестаціонарністю, відсутністю повної інформації про свої характеристики. Зібрати необхідну інформацію про такі об'єкти управління досить складно, проте ще складніше практично вирішити громіздку задачу управління. Тому до останнього часу зусилля дослідників були, в основному, направлені на вивчення характеристик вагонопотоків, встановлення їх статистичних закономірностей, видачу відповідних рекомендацій по управлінню. При всьому різноманітті підходів найбільш обнадійливі результати були отримані при використанні математичних моделей, призначених для побудови систем управління.

У сучасних системах управління машинне моделювання використовується безпосередньо в контурі управління, на його основі вирішуються задача прогнозування для ухвалення рішень по управлінню об'єктом, тобто реалізуються адаптивні системи управління. Побудова таких адаптивних систем стала можливою, з одного боку, після вирішення ряду питань інформаційного підходу до проблеми управління, а з іншого боку, після опрацювання задач моделювання в реальному масштабі часу на сучасних ЕОМ з урахуванням обмеженості ресурсів в системі управління об'єктом.

1.2 Постановка задач оперативного розподілу, обліку і регулювання порожніх вагонопотоків на залізничному транспорті

Стохастичність надходження вагонів, недостатня інформаційна забезпеченість не дозволяє з необхідною точністю вирішувати задача управління вагонопотоками. Основні розрахункові кількісні і якісні

вимірники експлуатаційної роботи дороги і відділень (надалі називатимемо регіоном) задаються місячними технічними нормами, які, природно, є середніми. Практично по днях місяця мають місце значні коливання вимірників – вантаження, вивантаження, прийом і здача вагонів – навколо середніх значень, визначуваних місячними нормами. Для дороги в цілому показники об'єму вантажної роботи можуть відхилитися від середньомісячних на десятки відсотків, а по станціях в окремі дні – ще більше. З різних причин є значні коливання розмірів передачі поїздів і вагонів в різні періоди доби. Тому, задачам змінно-добового планування роботи дороги і її відділень є розрахунок очікуваних об'ємів роботи і організація їх освоєння із забезпеченням раціонального використання транспортних засобів, досягнення кращих якісних показників. У роботі вказується, що при складанні змінно-добових планів, застосування ЕОМ і системи передачі оперативних початкових даних, прагнуть “підвищити точність планування, ступінь деталізації розрахунків і обґрунтованість планових задач”. Це досягається шляхом обробки на ЕОМ великих об'ємів оперативних початкових даних, застосування сучасних математичних методів. Розглянемо два підходи до методики автоматизованого складання змінно-добового плану:

–розрахунок, заснований на використанні принципів ситуаційно-евристичного методу прогнозування (СЕМП)

–метод із застосуванням прийомів, заснованих на прямому поелементному моделюванні перевізного процесу.

При використанні принципів СЕМП, описаних в роботі [16, 20], прогнозовані показники визначаються по їх значенням в рядках досвіду з початковою ситуацією, близькою до початкової ситуації періоду, що розраховується. При цьому виконуються додаткові процедури коректування попередніх значень прогнозу з урахуванням календарних особливостей і погодних умов, тенденцій зміни звітних вимірників. Задача розподілу порожніх вагонів вирішується методами лінійного програмування [4]. СЕМП

дає задовільні результати у випадках, коли значення планового вимірника не менше 500 вагонів. Якщо значення планових вимірників по окремих стиках невелике, то визначається значення вимірника в цілому по відділенню, що розподілено по стиках за допомогою розподільних коефіцієнтів. Разом з тим в цьому методі не враховується надходження порожніх вагонів по періодах доби, різна якість порожніх маршрутів, що поступають з різних напрямів.

Виділяється декілька теоретичних підходів до вирішення проблеми оперативного і короткострокового прогнозування. Перший з них базується на прямому моделюванні з використанням середньостатистичного часу виконання операцій, використовується в багатоденному прогнозуванні. Другий підхід зв'язаний із застосуванням традиційних статистичних методів прогнозування. Такий підхід застосовний тільки для обробки безперервних статистичних даних в автоматизованих системах управління. У цьому методі необхідно априорі знати детерміновану основу прогнозу. Третій метод базується на використанні аналогій у поєднанні із статистичними методами, він знайшов достатньо повний вираз в ситуаційно-евристичному методі прогнозування [16].

Об'єктивний характер коливань вагопотоків, обумовлюється особливостями роботи транспорту. Розмір вагопотоків – добовий, середньодобовий за місяць або певний сезон – функція випадкового поєднання потужності окремих кореспонденцій, схильних до випадкових коливань при їх зародженні. Коливання розмірів струменів, затверджують автори, підкоряється нормальному закону. Зміни середньоквадратичного відхилення вагопотоків по всій сукупності призначень свідчать про те, що із зменшенням тривалості розрахункового періоду розкид коливань зменшується. Середні квадратичні відхилення, що характеризують добові коливання вагопотоків усередині місяця, приблизно дорівнюють відповідним значенням коливань від середньодобових за квартал. Вивчення діапазону і характеру коливань вагопотоків дає можливість оцінити втрати в експлуатаційній роботі, пов'язані з нерівномірністю перевезень.

У роботі [22] підставою для аналізу були прийняті коливання вагонопотоків в пунктах переходу вагонів між дорогами, де вони враховуються найточніше. Встановлено, що малі і середні потоки, менше 400 вагонів, в добу схильні до відносно великим коливань, розмах яких більшою мірою залежить від приватних причин, що вимагає обліку конкретних умов. І в цьому випадку підкреслюється, що розміри коливань малих вагонопотоків представляють маловивчену проблему. Встановлено, що на розмір коливань роблять вплив: тривалість розрахункового періоду, “що із зменшенням тривалості розрахункового періоду розкид коливань вагонопотоків зменшується”, сезонність, також відмічено, що велика різниця спостерігається при порівнянні відповідних значень середньоквадратичних відхилень в кварталних і річних періодах. Слід зазначити, що дослідження діапазонів і характеру коливань розмірів вагонопотоків усередині доби, необхідної для оперативної роботи на вантажних полігонах, в даній роботі не проводилося.

При вирішенні задач оперативного розподілу, обліку і регулювання порожніх вагонопотоків на залізничному транспорті необхідно враховувати нормативи просування вагонів а також приділяти достатню увагу при розгляді питань автоматизації змінно-добового планування експлуатаційної роботи дороги [13]. До елементів нормативів відносяться зони прогнозу, періоди і коефіцієнти обліку вагонопотоків. Ці елементи використовуються для побудови еталонів обробки інформації, які беруть участь в машинних розрахунках. Так, в цьому методі складаються еталони напрямів, запланованого вантаження і здачі місцевих порожніх вагонопотоків з ділянок, еталони обліку організованого вагонопотоку, станційну і дільничну наявність транзитних навантажених вагонів.

Слід зазначити, що про складання еталону напрямів транзитних порожніх вагонів окремо не згадується. При цьому в еталони вводять терміни обробки вагонів, простої на переробляючих станціях, норми просування по ділянках. Все це говорить про значні витрати по підготовці початкових

даних. Крім того, відзначають самі автори [13], “в реальних умовах роботи залізниць відбуваються зміни плану формування, норм часу просування поїздів і обробки вагонів, величин навантажених і порожніх складів та ін.”, тому необхідне ще і коректування початкових даних. З цього виходить, що для вирішення задача описаним методом необхідний додатковий персонал, який би займався зборів і введенням початкової інформації. Необхідно відзначити і те, що до складу початкової інформації включається значне число даних, все ж таки всіх умов, як було відмічено і в попередніх даних роботах [24], врахувати неможливо. Отже, результати розрахунків не володітимуть достатньою мірою достовірності. У даному методі об'єктом планування є стикові пункти відділень, але “кінець кінцем, виявляються розміри руху на цілих залізничних напрямках”, тому і застосування цього методу ефективніше на рівні мережі доріг.

Подібний метод вирішення проблеми прогнозу по забезпеченню районів масового вантаження вантажними ресурсами на декілька днів вперед, оптимального розподілу порожніх вагонів між пунктами масового вантаження розглядається в [8]. Для формалізації процесу автори умовно розділяють мережу на “балансові зони по кожному роду порожніх вагонів”, межі кожної балансової зони визначаються виходячи з необхідності забезпечити порожніми вагонами пункти масового вантаження. Для побудови математичної моделі автори вводять поняття “Коефіцієнта подовження шляху проходження”, за допомогою якого визначають приведену відстань між виділеними станціями мережі. Як цільова функція прийнятий мінімум сумарного пробігу порожніх вагонів. Визначення меж балансових зон зводиться до мінімізації витрат вагоно-часів на переміщення порожніх вагонів. У даному методі “планувати відправлення порожніх вагонів із станцій, що знаходяться в межах кожного поясу, починають за $x+1$ день до їх надходження в пункт масового вантаження. Це $x+1$ денний прогноз забезпечення його вантажними ресурсами”. Для прогнозування показників в системі регулювання вагонного парку використовується

математичний апарат, досвід планування оперативних норм в попередніх періодах, показників на майбутню добу, вивантаження, вантаження, передачу через стикові пункти. За наслідками прогнозу утворення порожніх вагонопотоків складають моделі прикріплення станцій вивантаження пунктам вантаження.

1.3 Особливості технології пропуску поїздпотоків на залізничних напрямках та шляхи їх удосконалення

Традиційно, з середини 30-х років минулого століття, вважали, що розробка системи організації вагонопотоків повинна включати до себе вирішення наступних чотирьох задач: визначення розмірів вантажних та порожніх вагонопотоків, складання плану маршрутизації з місць завантаження, розробку (розрахунок) плану формування вантажних поїздів усіх категорій на технічних станціях та методи оперативного регулювання вагонопотоків [1]. Але докорінна зміна економічних взаємовідношень підприємств транспорту між собою та з державою, розділення вагонного парку спочатку між самостійними державами, що виникли на території СРСР, а з часом - між окремими власниками в межах держави, і зміни обсягів виробництва, а, відповідно, обсягів вантажу, що перевозиться, конкуренція на ринку транспортних послуг з боку інших видів транспорту та транспортних організацій поставили перед залізничною галуззю ряд важких завдань.

Ці завдання розв'язувалися вченими та виробниками наступним чином. У роботах [2-5] викладені результати економічного ефекту від маршрутизації вагонопотоків, встановлено межі ефективності капіталовкладень у розвиток технічних станцій з метою підвищення рівня маршрутного відправлення вагонів. Також значний інтерес представляють результати дослідження впливу кількості колій під час реконструкції станції на організацію поїздпотоків [6].

Удосконалення організації вагоно- і поїздопотоків в значній мірі залежить від ефективного використання рухомого складу, тягових засобів, а також впровадження інформатизації галузі. У цій сфері уваги заслуговують роботи [7-10]. Так, в [9] запропоновано принцип удосконалення системи оцінки ефективності діяльності усіх залізничних підрозділів - забезпечення переходу від методу порівняння з результатами, що досягненні за минулий період, до оцінки співставленням фактичних результатів з прогнозними.

Ринкова економіка суттєво змінює вимоги до залізничного транспорту: зростає роль економічних критеріїв та збільшується динаміка економічних зв'язків. Щоб відповідати цій динаміці, залізничний транспорт повинен забезпечувати повноцінну економічну взаємодію постачальників та користувачів за рахунок управління вантажопотоками при раціональному використанні пропускної і переробної спроможностей інфраструктури [11-12]. Таким чином ринкова економіка потребує зміни технології перевезень, що тягне за собою зміну основних функцій управління перевезеннями та організаційних форм управління, корегування напрямків досліджень та психологічну перебудову як транспортників науковців, так і транспортників-виробничників.

Це ставить перед вченими задачу: як організувати технологію перевізного процесу [13], розуміючи під цим терміном весь комплекс операцій від планування і подачі порожніх вагонів під завантаження до їх транспортування у складі організованих поїздів. Адже при цьому елементами, що лімітують перевізний процес, можуть стати пропускні та перероблювальні спроможності дільниць та станцій [14-15].

В роботі [16] багато уваги приділено проблемам дослідження пропускної спроможності, висвітлені крупномасштабні роботи з розвитку транспортних коридорів, комплексній реконструкції дільниць і станцій, організації важковагового руху та швидкісних пасажирських сполучень, направлених на підвищення ефективного використання пропускних спроможностей дільниць і станцій. В роботах [17-18] критикуються існуючі методи розрахунку

пропускної спроможності дільниці та запропоновано нову методику, засновану на урахуванні нерівномірності надходження поїздів; також було досліджено вплив насичення дільниць поїздами на показники їх роботи.

При розрахунку потенційної пропускної спроможності транспортних мереж використовується також методологія Форда-Фалкерсона, заснована на рішенні задачі про максимальний потік [19], з використанням теорії графів. Особливість цього метода полягає в тому, що по кожній дільниці шляху, включаючи залізничні станції, задаються обмеження пропускної спроможності. Визначається варіант розподілу потоків за критерієм максимуму пропускної (провізної) спроможності мережі. Але такий спосіб розрахунку пропускної спроможності має і свої недоліки: по-перше, неможливо врахувати особливість перегону між двома станціями, по-друге, такий розрахунок передбачає однорідність вантажу і не враховує параметри поїздопотоків.

В області програмних систем багатокритеріальної оптимізації в сфері удосконалення технології пропуску поїздів велика увага у розглянутих джерелах приділяється питанням теорії графів [19-20]. Також велика увага приділена питанню шляхам (маршрутам) на графі. Залізнична мережа представляється як орієнтований кінцевий зв'язний граф з початковою та кінцевою вершинами. Для створення оптимальних умов функціонування залізничних дільниць необхідно регулювати їх насичення поїздами. Для вибору оптимального розподілу поїздопотоків на розгалужених полігонах розроблена методика, що заснована на теорії графів і потоків у мережах. Суть її полягає в тому, що схема колійного розвитку диспетчерського кола представляється у вигляді графа, на якому кожній дільниці приведена у відповідність її пропускна спроможність. За допомогою цього графа можна не тільки визначити максимальну пропускну спроможність усього диспетчерського кола, але й вибрати раціональний варіант слідування поїздів в залежності від їх кількості на мережі. Але у такому випадку не враховується особливості перегону між двома сусідніми станціями. Це є

суттєвим недоліком у визначенні раціональних маршрутів руху поїздопотоків.

У роботах [21-23] приділяється увага таким важливим аспектам перевізного процесу, як організація вагонопотоків на залізниці. Висвітлені можливі заходи щодо спеціалізації основних напрямків та перерозподілу маршрутів слідування вагоно- і поїздопотоків, а також подано приклад розв'язання задачі знаходження оптимального варіанта організації вагонопотоків методом лінійного цілочислового програмування.

Організація поїзної роботи на дільницях та напрямках потребує розробки оптимізаційних задач із відповідними критеріями оптимальності. Передусім, повинні бути впроваджені нові методи моделювання поїзної роботи [24-26]. Перехід на використання оперативних багатофакторних методів нормування значно підвищить об'єктивність моделювання операцій, що пов'язані з поїзною роботою. Так, ситуаційно-евристичний метод нормування, описаний в роботах [27-28] дозволяє виявити можливі ускладнення, що виникають у поїзній роботі. Їх пом'якшення чи ліквідація при поточному плануванні будуть здійснюватися за допомогою рішення оптимізаційних задач. При цьому рекомендуються використовувати такі критерії, як зменшення порожнього пробігу вагонів, скорочення затримок поїздів у період надання «вікон», відхилень від розкладів руху пасажирських поїздів, зменшення резервного пробігу локомотивів, підвищення дільничної та маршрутної швидкості руху поїздів, а також підвищення використання пропускної спроможності під час проведення ремонтних робіт.

Питанням підвищення та резервів пропускної та провізної спроможності приділена увага в роботах [9], в якій висвітлені не тільки проблеми неефективного використання інфраструктури залізничної галузі, але й недоліки у нормативно-правовій базі взаємовідносин між суб'єктами перевізного процесу.

Важливим питанням у створенні нових технологій управління перевізним процесом є перехід до автоматизації інтелектуальних функцій -

аналізу ситуації, вибору оптимального рішення, розрахунку з використанням моделі складної системи [2-4]. Ефективна адаптивна технологія в динамічних ринкових умовах - це декілька варіантів організації перевезень для полігонів і вибір раціонального переходу між варіантами.

Питання підвищення якості оперативного планування експлуатаційної роботи, включаючи планування поїздоутворення на сортувальних станціях та забезпечення безперешкодного пропуску поїздів висвітлені в роботах [3-6] та мають важливе значення для вдосконалення системи управління перевезеннями. В роботі [7] розкриваються питання взаємодії служб перевезень та локомотивної з метою забезпечення своєчасного виводу поїздів із сортувальних станцій та підвищення ефективності використання локомотивних бригад.

Інноваційні напрямки розвитку залізничної галузі висвітлені в роботах [9]. В цих роботах приділена увага питанням автоматизації інтелектуальних функцій управління, автоматизації аналізу інформації та прогнозування, зроблено аналіз заходів, направлених на управління вагонопотоками, включаючи забезпечення виконання та корегування плану формування поїздів. Також акцент зроблено на інформаційному забезпеченні та вдосконаленні нормативної бази системи організації вагоно- і поїздопотоків.

Новітні технології управління поїздопотокими в транспортних вузлах з використанням логістичних центрів знайшли відображення в роботах [10-12], в яких висвітлені основні передумови створення логістичної системи на базі ОАО «РЖД», а також принцип її дії, направлений на раціональне використання існуючої інфраструктури усіх видів транспорту.

Моделям вибору стратегії надходження вагонопотоків у залізничному вузлі приділено увагу в роботі [13]. Запропонована модель надає можливість скоротити порожній пробіг і час знаходження в очікуванні вантажних операцій рухомого складу, а також експлуатаційні витрати на сортувальних станціях.

Для раціоналізації використання вагонів, скорочення обігу вагонів покращення якісних та кількісних показників роботи станцій необхідне планування составоутворення на сортувальних станціях проводити з урахуванням всіх експлуатаційних подій, що відбуваються на станціях вузла та прилеглих дільницях.

Питанням моделювання транспортних процесів у залізничних вузлах приділена увага в роботах [14-16]. Так, в роботі [16] запропонована модель оперативного управління вантажними потоками залізничного вузла в термінах мереж Петрі з параметрами та затримками у часі. В цій роботі також розглянуто технологічний процес вантажної обробки поїздів у парках прийому, сортування та відправлення у залізничному вузлі. Питання дослідження процесу моделювання роботи залізничних вузлів розглядаються в роботах [27-28]. В роботі [19] виконано постановку задачі комплексного планування і управління перевезенням вантажів у транспортному вузлі та запропоновано метод її рішення.

Аналіз методів удосконалення технології пропуску поїздів на мережі залізниць та у межах залізничного вузла, показав, що переважна більшість цих методів не розглядають пропуск поїздів як складну багатокритеріальну задачу. Тому, з метою ліквідації цього недоліку та більш поглибленого вивчення технології перевезень у залізничних вузлах, необхідно застосовувати сучасні математичні методи аналізу транспортних систем.

В роботі [20] розглядаються питання, пов'язані з вибором рішень при наявності кількох критеріїв. Формулюється відомий принцип Еджворта-Парето і встановлюється, при виконанні яких умов застосування цього принципу виправдано. Розглянуто принципи вирішення багатокритеріальних задач при наявності кількісної інформації про відносну важливість критеріїв. Показується, що за допомогою запропонованого підходу, використовуючи лише кінцевий набір інформації про відносні важливості критеріїв, можна досить добре апроксимувати безліч потенційно-оптимальних рішень багатокритеріальної задачі. Детально описано алгоритм знаходження

множини Парето та геометрія множини Парето у випадку двох критеріїв. Також розглянуто більш глибоке використання інформації про відносну важливість критеріїв для звуження множини Парето.

В роботі [21] описано застосування принципу Парето. Суть принципу полягає в знаходженні області компромісів, в якій поліпшення якості рішення з одним локальним критерієм призводить до погіршення якості рішення з іншим.

Розроблено евристичні схеми отримання області компромісу - принципи рівномірності, справедливої похибки, виділення одного оптимізаційного критерію і т. і. Для прийняття рішень у багатокритеріальних системах використовується метод Соболя-Статнікова, якому присвячена частина праці.

Робота [22] присвячена розгляду оптимальних рішень за Парето, що відіграють важливу роль при аналізі багатокритеріальних задач прийняття рішень. У ній розбирається змістовний сенс, теоретичне і практичне значення поняття оптимального за Парето (ефективного) рішення, докладно розглядаються різного роду умови оптимальності, досліджуються структура і властивості множини Парето, викладається теорія подвійності багатокритеріальних завдань; обговорюються питання побудови множини Парето та перевірки оптимальності рішень.

В роботі [23] описано проблеми багатокритеріальної оптимізації, які обумовлені низкою труднощів концептуального характеру, а головний з них - вибір принципу оптимальності. Виконано дослідження та аналіз цієї проблеми, побудова принципів оптимальності, розв'язання багатокритеріальних (векторних) задач оптимізації та розробка на їх основі конструктивних методів. В даній роботі розглянуто та сформульовано аксіоми рівності, рівнозначності і пріоритету критеріїв у векторних завданнях (опуклих) математичного програмування, на основі яких розроблені конструктивні методи розв'язання задач векторної оптимізації, та досліджено деякі теоретичні питання рішення задач. Розглянуто та досліджено комплекс моделей, в основі яких лежать завдання векторної

оптимізації, в тому числі моделі багаторівневих ієрархічних систем, а також інші моделі прийняття рішень за багатьма критеріями.

У роботі [14] описані поняття і методи, які визначають процеси прийняття рішень, а також інструменти їх обґрунтування і підтримки, зокрема множини Парето. Наведені приклади типових задач прийняття рішення та їх покрокове розв'язання. Висвітлюються аксіоматичні теорії раціональної поведінки, багатокритеріальні рішення на об'єктивних моделях, особливості переробки інформації людиною у зв'язку з прийняттям рішень. Розкриваються сучасні підходи до побудови експертних баз даних, аналізу та прийняття рішень, діяльності 10 консультативних фірм і консультантів з проблем прийняття рішень. Велика увага приділена методам оцінки та порівняння багатокритеріальних альтернатив.

У статі [15] розглядаються питання, пов'язані з проблемою багатокритеріальної оптимізації, сформованою італійським економістом В. Парето. Формальне її вирішення - це знаходження оптимального функціонування системи P , направленою на виконання цілей по частковим критеріям I_k . Описано множину точок, оптимальних за Парето. Розглянуто геометричну інтерпретацію цієї множини в одно-, дво- та багатовимірному просторі. Наведені прості приклади багатокритеріальних задач з різними умовами на мінімізацію/максимізацію суми відстаней між трьома містами і різними видами конфігурації області обмежень. Формалізована постановка цих задач та описаний покроковий алгоритм їх вирішення.

Ще одним ефективним способом дослідження процесів пропуску вагоно- та поїздопотоків на залізничних напрямках є аналітичне та імітаційне моделювання. Оскільки залізничні дільниці є складними динамічними системами, то моделювання їх роботи є ефективним засобом вирішення складних задач, що виникають в процесі управління. Питанням моделювання роботи залізничних ліній приділялася увага в роботах [16-18].

В роботі [19] запропонована методика аналітичного моделювання залізничних ліній із застосування теорії графів та керованих марковських

ланцюгів. У даній роботі станція представлена двома підсистемами: підсистема розформування та підсистема формування. Множина можливих переходів підсистеми від одного стану до іншого представлена у вигляді орієнтованого графу. Вершинами графу є різні стани, а дуги - переходи. На базі даного графу складається таблиця ймовірностей станів, на основі якої будуються номограми залежності станів. Далі пропонується їх використання для визначення оптимального режиму роботи сортувальної станції. Недоліком даного підходу є необхідність високого рівню підготовки людини, що виконує дослідження та складність в сукупності із значними витратами часу для побудови номограм різних транспортних об'єктів, ймовірнісний характер розрахунків.

Метод моделювання станцій, заснований на використанні математичного апарата марковських випадкових процесів, представлений в роботі [20], в якій станція розглядається як багатофазна одноканальна система масового обслуговування (СМО). Для станції будується орієнтований граф станів СМО, на базі якого складається система рівнянь Колмогорова для граничних ймовірностей окремих її станів. Отримані ймовірності дозволяють визначити основні техніко-технологічні параметри станції, необхідні для оптимізації її потужності. Даний метод досить ефективний, однак його складність різко зростає при переході до багатоканальних СМО та збільшенні числа колій станцій.

Значними проблемами моделювання транспортних процесів є формування транспортних потоків і структури постійних пристроїв. В [11] показано, що найпростіший потік, яким найчастіше оперує апарат теорії масового обслуговування, не завжди може адекватно описати реальні транспортні потоки. При моделюванні необхідно враховувати неоднорідність і динамічність транспортних потоків, властиву їм нерівномірність. Аналітичні формули для розрахунку простоїв транспортних засобів в очікуванні технологічних операцій недостатньо враховують технічне оснащення станції

та їх технологію, тому останнім часом інтенсивно розвиваються методи імітаційного моделювання роботи станцій.

Для вирішення зазначених задач використовується імітаційне моделювання, що є потужним засобом вирішення проблем, які неможливо вирішити аналітично. Його властивості широко розкриті в роботах [11-13]. У зв'язку з тим, що при реалізації цього методу збирається значний обсяг інформації про об'єкт дослідження, з'являється можливість виконання детального аналізу явищ та проникнення в сутність процесу, що неможливо при звичайному натурному досліді. Реальність виконання таких експериментів на імітаційних моделях при неможливості проведення на існуючих напрямках залізниць; можливість прогнозування та аналізу різноманітних ситуацій, що можуть виникнути в майбутньому, але ще не виникали на практиці; довготривалі явища та процеси в реальній системі можуть бути проаналізовані за короткий проміжок часу; можливість оцінити значимість окремих параметрів, що полегшує створення теоретичних моделей, - все це є беззаперечними перевагами імітаційного моделювання.

Головним недоліком методу є складність реалізації та витрати часу.

В залежності від задач, що досліджуються в роботі залізничних ліній, імітаційні моделі можна розділити на три категорії [16]: ті, що представляють рух окремих поїздів (мікромоделі), рух групи з декількох поїздів (макромоделі); ті, що розглядають потік поїздів на розгалуженій мережі залізниць (сітьові моделі). В мікромоделі з допомогою точних методів досліджується індивідуальна поведінка поїздів. В цьому випадку поїзди розглядаються у вільному русі [13]. Прикладом такої моделі є виконання тягових розрахунків на ЕОМ. В макроскопічній моделі досліджуються середні характеристики руху великої кількості поїздів на дільниці. Таке моделювання дозволяє розглядати комплекс «потік поїздів - машиніст - дільниця». Сітьові моделі охоплюють широкий клас задач при проектуванні будівництва та реконструкції, плануванні перевізної роботи та експлуатації залізниць.

Ще одним фактором, що впливає на точність моделі, є коректність врахування випадкових факторів [4]. Це, в першу чергу, стосується мікромоделей. Якщо ліквідувати в них елементи випадковості, вони починають працювати аналогічно сітьовій моделі. І навпаки, досліджуючи макромодель або сітьову, можна до деякої міри ігнорувати випадкові фактори, оскільки вони вже увійшли в ці моделі в усередненому вигляді.

В [5] розроблено універсальний алгоритм моделювання, що дозволяє вирішувати задачі різного характеру й масштабу - від розрахунку пропускної спроможності перегону до станції в цілому. У результаті моделювання визначаються пропускна й перероблювальна спроможність системи, потужність технічних засобів, техніко-експлуатаційні показники. Метою моделювання є дослідження варіантів схеми та технології роботи об'єкта при заданому потоці поїздів, спрямоване на виявлення елементів, що лімітують його роботу, і черговості посилення технічного оснащення при збільшенні обсягів роботи. При цьому з урахуванням взаємодії всіх вирішальних елементів станції й технологічного процесу одночасно визначається число колій, маневрових локомотивів, сортувальних пристроїв, тощо.

Для визначення пропускної спроможності транспортних систем в роботі [16] розроблена методика побудови імітаційних моделей. Транспортний об'єкт в роботі представляється формалізованим описом його постійних пристроїв, змінних засобів і системи оперативного керування роботою. Постійні пристрої та змінні засоби представляються багатоканальними елементами із числом каналів $k \in (1; n_j)$.

Для моделювання роботи транспортних систем досить широко використовується апарат мереж Петрі [17]. Використання цього апарату скорочує витрати часу на розробку моделей транспортних об'єктів а також спрощує процес їх створення, і в подальшому призначений для покращення якості перевізного процесу, скорочення строків доставки вантажів і, тим самим, для підвищення конкурентоспроможності залізниць. Зокрема, в роботах [18-19] розглядаються можливості використання апарата мереж Петрі для

моделювання сортувальних станцій та інших транспортних комплексів. В цих працях розроблена методика подання комплексу "сортувальна станція - примикаючі дільниці" у вигляді мережі Петрі, у якій переходи імітують обробку об'єктів протягом заданого часу, а позиції характеризують стан системи й визначають умови переходів. При виконанні умов перехід спрацьовує, у результаті чого змінюється поточна розмітка мережі. У даних роботах показано, що ускладненням структури мережі можна досягти будь-якого ступеня деталізації системи. Передбачена також можливість моделювання випадкових інтервалів та тривалостей обслуговування транспортних об'єктів. Моделі, побудовані на основі мереж Петрі, дозволяють фіксувати стан системи в довільний момент часу, і за результатами моделювання визначити інтегральні показники тривалості виконання окремих операцій і число оброблених об'єктів. Як недолік, слід зазначити відсутність у моделі механізму вибору черговості виконання окремих операцій при виникненні конфліктних ситуацій. Зазначений механізм є у всіх керованих системах масового обслуговування, до яких відносяться транспортні комплекси. Також у моделі на базі мережі Петрі важко імітувати рух транспортних об'єктів для розрахунку витрат, пов'язаних з їх переміщенням.

Однією з основних проблем, що виникають при функціональному моделюванні роботи станцій та дільниць, є складність формалізації технологічних процесів обробки поїздів, які можуть суттєво відрізнятися для різних категорій поїздів, і в тому числі для різних елементів транспортних систем. Для полегшення й спрощення підготовки до моделювання в ДНУЗТ виконано комплекс робіт, що пов'язані з розробкою методики подання технології виконання основних операцій обробки поїздів та технічного оснащення станцій. Так для формалізації технологічного процесу обробки поїзда в [10] пропонується використовувати структурно-часову таблицю комплексу робіт, а в [11] формалізація технологічних процесів обробки об'єктів здійснюється з використанням детермінованого кінцевого автомата,

який забезпечує виконання з кожним об'єктом всього комплексу технологічних операцій відповідно до їх взаємної обумовленості. Для врахування впливу оперативно-диспетчерського персоналу в [11] запропоновано концепцію ергатичних моделей станцій, в яких людина бере безпосередню участь в процесі моделювання і управляє технологічним процесом станції. Використання такого роду моделей дозволяє вирішувати широке коло прикладних задач, направлених на вдосконалення роботи залізничних станцій.

Отже, розроблені моделі дозволяють адекватно моделювати технологічні процеси станцій, але необхідним є подальше їх удосконалення з метою спрощення і прискорення їх побудови, а також спрощення аналізу результатів їх роботи.

Важливу роль у вивченні впливу випадкових факторів на поїзну роботу відіграє моделювання руху поїздів [26]. Така модель повинна відобразити роботу перегонів, дільниць, ліній, напрямків та може бути використана з метою дослідження, аналізу, прогнозування та управління рухом поїздів. Модель може допомогти з'ясувати, яким чином довжина поїздів та блок-дільниць, профіль колії та інші фактори впливають на швидкість руху поїздів, міжпоїзний інтервал та на пропускну спроможність в цілому.

Модель діючої дільниці, напрямку, полігону може мати велике значення при розвитку мережі залізниць та плануванні експлуатаційної роботи. Тому у [26] піднімається питання необхідності створення моделі, що представляє реальну картину потоку поїздів та доступну для системного аналізу. Це дозволить знайти ефективні концепції управління рухом поїздів та отримати можливість прогнозувати показники роботи залізниць.

Немає сенсу створювати модель, яка точно відтворює всі деталі, оскільки це призводить лише до ускладнення процесу її створення [24]. Тому при моделюванні використовують ряд апроксимацій реальних характеристик руху поїздів. Якісна модель повинна бути одночасно і точною, і простою. Але такі моделі складно створювати у випадку великої та складної системи,

якою є мережа залізниць [21]. Тому при дослідженні характеристик залізничної системи в цілому доцільно використовувати спрощені моделі, в яких вводяться апроксимації. У той же час при детальному дослідженні ізольованих ділянок мережі використовується точна модель, в якій зв'язки даної ділянки з іншими спрощуються та детально досліджується тільки ця ділянка.

У зв'язку з тим, що кожен поїзд на ділянці є дискретним та випадковим елементом, при моделюванні використовують мікромоделі [22], що досліджують індивідуальну поведінку кожного з поїздів за допомогою точних методів: наприклад, при тягових розрахунках, аналізі процесу «слідування за лідером» чи забезпеченні безпеки руху поїздів. Але такі моделі складно використовувати для дослідження великих мереж залізниць, що складаються із значної кількості ділянок. В цьому випадку доцільно використовувати макромоделі [22], що представляють середні характеристики великої кількості поїздів спрощеними методами.

При організації руху поїздів в якості кінцевої мети можуть бути [21]: досягнення найкращого значення заданої функції; виконання розмірів руху поїздів у заданий момент часу при мінімумі витрат; виконання заданої задачі у випадку використання фіксованої жорсткої програми функціонування технічних засобів; взаємодія ділянок, що досліджується, з роботою станцій та сусідніх ділянок для досягнення найвищої ефективності з точки зору експлуатації напрямку чи полігону. Якщо вирішується тільки питання досягнення найкращого значення заданої цільової функції, то від організації руху поїздів вимагається, принаймні, забезпечення ефективного функціонування ділянки.

Для моделювання руху поїздів використовують сучасні ЕОМ. Але імітаційне моделювання потоку поїздів не є простою задачею у зв'язку зі складністю системи та неможливістю врахування всіх факторів, що на неї діють. Тому для того, щоб вирішити деяку задачу методом моделювання, рекомендують звузити як її постановку, так і масштаби моделі [23]. Тим не

менш, техніка імітаційного моделювання на ЕОМ дозволяє мати справу з більш детальними моделями, ніж аналітичні методи. Розвиток процесу імітування руху поїздів на дільницях йшов від представлення поїзду як матеріальної точки до гнучкого стрижня або сукупності взаємодіючих окремих одиниць рухомого складу.

У відповідності з [11], при побудові моделі руху поїздів рекомендовано використовувати змінні, значення яких достатньо легко отримати із виконаних графіків руху та швидкостемірних стрічок локомотивів, але, наприклад, дільнична швидкість, міжпоїзні інтервали, ступінь використання розкладу графіка руху та ін. схильні до коливань. Тоді для визначення, наприклад, міжпоїзних інтервалів I , моделюють таку випадкову величину ξ , математичне очікування якої $M[x]$ дорівнює величині I . При цьому $M[x]$ оцінюють як середнє арифметичне n реалізацій випадкової величини ξ . Центральна гранична теорема при досить широких пропозиціях відносно ξ гарантує асимптотичну нормальність розподілення середньоарифметичного

$$I_n = \frac{1}{n} \cdot \sum_{s=1}^n \xi_i.$$

Похибка оцінки I_n не перевершує із заданою ймовірністю величини

$$C \sqrt{\frac{D[\xi]}{n}},$$

де $D[\xi]$ - дисперсія випадкової величини ξ , а C - константа, що визначається ймовірністю помилки (рівнем достовірності оцінки). При використанні метода статистичних випробувань моделюють нормально розподілену випадкову величину, і задача полягає в обчисленні параметрів нормального розподілення.

Задачі, пов'язані з рухом поїздів, відносяться до класу задач масового обслуговування [22-23], наприклад, відправлення поїздів з технічних станцій, слідування по дільницям, прийом на станції пов'язані з очікуванням поїздів у чергах. У цих процесах можна відмітити деякі загальні для них особливості. Поїзди, що очікують відправлення, пропуску чи прибуття, на станції надходять у визначеному порядку. Можливі випадки, коли відбувається

процес накопичення поїздів з виникненням черги і неминучим очікуванням. Це призводить до зниження дільничної швидкості, ускладнення в регулюванні локомотивним парком тощо.

Таким чином, моделювання руху поїздів на дільницях при побудові імітаційних моделей є неоднозначною задачею, що може вирішуватись з різною ступеню деталізації фізичних процесів. Вона повинна визначатись в залежності від задач, що повинні вирішувати передбачені моделі в межах збереження адекватності їх роботи реальним транспортним об'єктам.

Одним із головних параметрів, що характеризує не тільки кількісну, але і якісну сторону роботи залізниць, є маса вантажних поїздів. Маса поїзда визначає розміри руху, необхідну потужність локомотивів і корисну довжину приймально-відправних колій. З масою поїзда пов'язана наявна провізна і пропускна спроможність залізничних ліній, швидкість доставки вантажів, потреба у вагонному і локомотивному парках для освоєння заданого обсягу перевезень [14].

Проблемі вибору найвигідніших значень маси вантажних поїздів присвячені роботи [15-16], які розкривають питання вибору раціональних норм маси, довжини станційних прийомо-відправних колій і необхідної потужності тягових засобів на перспективу; роботи [17-18] присвячені встановленню взаємозв'язку норм маси з експлуатаційно-економічними показниками роботи напрямків і вибору уніфікованих норм маси поїздів. У роботах [19-21] досить докладно досліджені питання техніко-економічної ефективності підвищення норм маси вантажних поїздів кратною тягою (шляхом секціонування електровозів і тепловозів різних типів в голові поїздів або застосуванням підштовхування). В цих роботах виконується дослідження оптимального рівня норм маси поїздів при заданому типі локомотива та довжині станційних колій, вплив норм маси поїздів на вибір оптимальної довжини дільниць обігу локомотивів, проблема вибору оптимальних норм маси передаточних поїздів у вузлах. Методика вибору найвигідніших норм маси вантажних поїздів у поточних експлуатаційних

умовах і нормативи таких розрахунків наведені в роботах [22-23] про методику та систему техніко-економічних розрахунків в експлуатації залізниць.

Всі пропозиції по дослідженню оптимального узгодження маси й швидкості вантажних поїздів у наукових працях згаданих авторів можна розбити на три категорії [24]:

- визначення маси состава й швидкості руху на керівному підйомі на основі паспортної характеристики локомотива;
- вибір оптимального сполучення маси состава й швидкості руху на найважчому перегоні дільниці, що визначає пропускну здатність за принципом досягнення максимальної провізної спроможності;
- вибір маси состава та швидкості руху на керівному підйомі по дільниці, виходячи із принципу найменшої собівартості перевезень.

Маса поїздів на залізницях України (УЗ) обмежується двома параметрами - довжиною приймально-відправних колій та силою тяги локомотива [25-26].

Проблема раціоналізації маси составів поїздів розглядається в роботі [18]. В ній запропоновано розв'язання задачі встановлення раціональної маси составів як за технологічним критерієм, так і за економічним.

Проблема вибору оптимального значення маси поїзда також підіймається в [19]. Припускається, що для прискорення строку доставки та збереження конкурентоспроможності залізниць необхідно буде формувати поїзди меншої маси, основою чого є значно знижені обсяги вантажопотоків на залізницях України [30].

Відомо, що з ростом маси зростають витрати на накопичення составів. З іншого боку, знижується пропускну спроможність дільниць та витрати на оплату праці локомотивних бригад. Згідно [17] раціональний по сумі витрат рівень маси вантажних поїздів залежить від дальності їх слідування, при чому ефект від підвищення маси поїзда тим помітніший, чим потужніші вантажопотоки та більша дальність слідування локомотивів.

В [11] пропонується методика визначення оптимальної маси поїзда з урахуванням часу його формування, приймаючи за критерій мінімум прямих експлуатаційних витрат при заданому рівні технічного використання локомотивів.

Задача визначення маси та довжини поїзда з метою встановлення оптимальної норми складу поїзда розв'язується в [19], при цьому був обраний критерій, виражений в приведених вагоно-годинах, які враховують витрати локомотиво-годин та енергетичні через коефіцієнти приведення.

Важливе значення при рішенні задачі вибору раціональної норми маси поїздів має термін доставки. Час на доставку вантажу, який забезпечує конкурентоспроможність залізничних перевезень, в роботі [20] запропоновано визначати як допустиму тривалість знаходження вантажу в межах даної дільниці. Запропонований у [22] підхід відповідає прагненню формувати повносоставні та повновагові поїзди, а також надає можливості визначення раціонального ряду потужностей локомотивів і створення відповідного парку.

Обіг поїздів підвищеної маси та довжини призводить до подовження приймально-відправних колій, модернізації та підсилення пристроїв тягового енергозабезпечення та засобів СЦБ [23-24].

Для реалізації програми зростання середньої маси та довжини поїзда при дефіциті довжини приймально-відправних колій на станціях розробляються нові технології формування, обробки та пропуску таких поїздів [25]. При цьому використовується принцип системного підходу. Особлива увага надається формуванню поїздів підвищеної довжини: розроблена програма та методика проведення дослідних поїздок динамометричного вагона в поїздах підвищеної маси та довжини, яка дозволяє кожній локомотивній бригаді вести такі поїзда в режимах, найбільш близьких до раціональних, з найменшими витратами часу та ресурсів.

У роботах [16-17] на основі аналізу причин пошкодження автотягачних пристроїв рухомого складу поїздів підвищеної маси і довжини показані най-

більш імовірні причини порушення безпеки руху поїздів. Представлені шляхи підвищення безпеки руху і причини додаткового опору руху поїзда.

Висновок по 1 розділу

Аналіз матеріалів, присвячених сучасним проблемам управління вагонопотоками, показав значний інтерес до цього напрямку досліджень і те, що питання про її остаточне рішення залишається відкритим, даний напрям розробок є актуальним.

Для розробки методів формування раціональної технології пропуску потоків вантажних поїздів на залізничних напрямках, залежно від часу руху та витрат енергетичних ресурсів, необхідна побудова адекватних математичних моделей технологічних процесів роботи залізничних станцій та напрямків і розробка методів техніко-експлуатаційної та техніко-економічної оцінки вибору параметрів поїздопотоків. Вирішення поставлених задач дозволить отримати рекомендації щодо раціональної технології пропуску поїздів на полігонах, параметрів поїздопотоків, внаслідок чого зменшити енергетичні витрати на транспортування вантажів, а також витрати клієнтів-підприємств на транспортну складову. Це дозволить зменшити собівартість продукції та підвищити конкурентоспроможність продукції підприємств.

Список літератури

1. Авен О. И. Оптимизация транспортных потоков / О. И. Авен, С. Е. Ловецкий, Г. Е. Моисеенко – М.: Наука, 1985. – 168 с.
2. Левин Д. Ю. Влияние маршрутизации порожних вагонов на эффективность капитальных вложений в развитие грузовых станций / Д. Ю. Левин // Тр. ВНИИЖТ, 1982. – Вып. 641. – С. 85–89.
3. Тимохин Э. Ю. Организация вагонопотоков при реконструкции станций. / Э. Ю. Тимохин // Тр. ВНИИЖТ, 1982. – Вып. 641. – С. 34–63.
4. Тулупов Л. П. Оптимизация управления перевозками на линейном уровне // Железнодорожный транспорт – 2003. – № 8. – С. 34–37.
5. Резервы улучшения эксплуатации железных дорог / Тр. БелИЖТ. – Гомель, 1971. – Вып. 106. – 63 с.
6. Некрашевич В. И. Влияние закрытия приемо-отправочных путей сортировочных и участковых станций на работу прилегающих участков / В. И. Некрашевич, А. Д. Чернюгов, Т. Н. Родькина // Тр. ВНИИЖТ, 1982. – Вып. 641. – С. 63–84.
7. Новикова А. М. Транспортная политика России на рубеже тысячелетий / А. М. Новикова // Залізн. трансп. України – 2001. – № 4. – С. 19–23.
8. Ковалев В. И. Совершенствовать организацию и управление вагонопотоками / В. И. Ковалев, А. Т. Осьминин // Железнодорожный транспорт – 2005. – № 10. – С. 29–33.
9. Авекирян М. А. Совершенствовать систему показателей эксплуатационной работы / М. А. Авекирян // Железнодорожный транспорт – 2005. – № 10. – С. 10–18.
10. Липовец Н. В. Удосконалення організації пропускання вагонопотоків // Залізничний транспорт України – 2001. – № 4. – С. 15–16.
11. Аксенов И. М. Особенности реструктуризации в современных условиях / И. М. Аксенов, В. В. Пасечник // Залізн. трансп. України. – 2001. – № 1. – С. 7-11.

12. Аналіз та обґрунтування структурних змін і параметрів вантажопотоків у приморських транспортних вузлах України: отчет о НИР / ИКТП-Центр. – № ГР 0195U002056 – К., 1995. – 137 с.
13. Бородин А. Ф. Управление вагонопотоками в современных условиях / А. Ф. Бородин // Железнодорожный транспорт. – 1996. – № 8. – С. 54-57.
14. Тихонов К. К. Выбор оптимальных параметров эксплуатации железных дорог / К. К. Тихонов – М.: Транспорт, 1974. – 192 с.
15. Выбор способов увеличения пропускной способности железнодорожных линий / Тр. ЦНИИ МПС. – Вып. 147. – М.: Трансжелдориздат, 1958. – 246 с.
16. Левин Д. Ю. Расчет пропускной способности участка / Д. Ю. Левин // Железнодорожный транспорт – 2003. – № 8. – с. 18–23.
17. Музикіна Г. І. Дослідження впливу розмірів руху на показники роботи залізничної мережі [Текст] / Г. І. Музикіна, Ю. В. Чибісов // Сборник трудов 10й Международной конференции по транспорту и логистике – 2007. – с. 166.
18. Музикіна Г. І. Оптимізація розподілення поїздопотоків на участках железнодорожного узла [Текст] / Г. І. Музикіна, Ю. В. Чибісов // Доклади XV Міжнародної конференції з автоматичного управління Автоматика –2008 – с. 381–382.
19. Форд Л.Р. Потоки в сетях [Текст] / Л. Р. Форд, Д. Р. Фалкерсон // – М.: «Мир», 1966 Перевод с англ. 372 с.
20. Березина Л. Ю. Графы и их применение: Пособие для учителей [Текст] / Л. Ю. Березина // – М.: Просвещение, 1979 – 143 с.
21. Осьминин А.Т. Организация вагонопотоков и автоматизация расчета плана формирования поездов. // Железнодорожный транспорт – 2004. – №5 – с.21–24.
22. Кутах О.П. Оптимізація організації вагонопотоків на залізницях. // Збірник праць КУЕТТ. Серія «Транспортні системи і технології» – 2002 – с.88–92.

23. Фельдман Э. Д., Межова Р. В., Шулько В. П. Вопросы унификации весовых норм и маршрутизации грузовых перевозок – Труды ЦНИИ МПС, вып. 186 – М.: Трансжелдориздат – 1960 – 176 с.
24. Данько М. І. Модель прогнозування розподілу порожніх вагонів на дирекції залізничних перевезень із застосуванням теорії нечітких множин [Текст] // зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2005. – № 71. – С. 25-30.
25. Лаврухін О. В. Удосконалення технології розподілу вагонів на основі автоматизації змінно-добового планування [Текст] // Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2008. – № 22. – С. 63-64.
26. Нейронные сети / под. ред. Н.Н. КуССуль. – М.: Вильямс, 2006. – 1104 с.
27. Данько М. І. Удосконалення процесу змінно-добового планування на основі застосування інтелектуальних методів [Текст] // М. І. Данько, О. В. Лаврухін, Л. І. Рибальченко, В. О. Романчук // Збірник наукових праць УкрДАЗТ – 2010. – вип. 119 – с. 7–11.
28. Козаченко Д. М. Моделювання роботи залізничного напрямку / Д. М. Козаченко, Г. Я. Мозолевич, О. В. Власюк // Вісник ДНУЗТ. – Д.: ДІТ, 2009. – Вип. 28. – С. 143–148.
29. Козаченко Д. М. Визначення раціональних параметрів поїздопотоків на залізничних напрямках / Д. М. Козаченко, Г. Я. Мозолевич, О. О. Мазуренко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – № 2/3 (50). – С. 40–45.
30. Мозолевич Г. Я. Дослідження поїздопотоків Дніпроперовського залізничного вузла / Г. Я. Мозолевич, Ю. В. Чибісов // Вісник НТУ «ХП». – Х.: ХП, 2011. – Вип. 9. – С. 72–78.