

Харківська державна академія залізничного транспорту

АЛЬОШИНСЬКИЙ ЄВГЕН СЕМЕНОВИЧ

УДК 656.212.5

**РОЗРОБКА МОДЕЛІ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ
“СОРТУВАЛЬНА СТАНЦІЯ – ПРИЛЕГЛІ ДІЛЯНКИ”
ДЛЯ ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЙОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ**

05.22.20 – Експлуатація та ремонт засобів транспорту

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2001

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі “Залізничні станції, вузли та організація митного контролю” Харківської державної академії залізничного транспорту Міністерства транспорту України

Науковий керівник

доктор технічних наук, професор
Нагорний Євген Васильович,
кафедра “Транспортні системи” Харківського
державного автомобільно-дорожнього
технічного університету

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор **Негрей Віктор Якович**,
перший проректор Білоруського державного університету транспорту;

кандидат технічних наук, доцент **Бобровський Володимир Ілліч**,
завідувач кафедри “Станції та вузли” Дніпропетровського державного технічного
університету залізничного транспорту.

Провідна установа

Східноукраїнський національний університет, кафедра транспортних технологій,
Міністерство освіти і науки України, м. Луганськ.

Захист відбудеться “___” _____ 2001 р. о ___ годині на засіданні
спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 Харківської державної академії
залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харківської державної академії
залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий “___” _____ 2001 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Запара В.М.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Вступ. Ринкова економіка України припускає високу динаміку економічних зв'язків, у тому числі і у транспортних потоках. В сучасних умовах транспортного ринку особливе місце в системі критеріїв оцінки роботи залізничного транспорту займає термін доставки вантажів. У цих умовах зростає роль технологічного планування та організації роботи за твердим графіком від пункту виробництва продукції до місця її споживання. Необхідно мати не тільки тверді графіки постачання продукції, обумовлені вимогами споживачів, але й терміни постачання, які б дозволили успішно конкурувати з іншими видами транспорту.

Актуальність теми. Методи, які зараз використовують, не завжди цілком відповідають вимогам оперативності та точності розрахунків. Прості у використанні, як, наприклад, добовий план-графік, недостатньо повно описують структуру та технологію роботи станції. З іншого боку, методи, які надають добру уяву про структуру та технологію, наприклад, імітаційне моделювання, складні в застосуванні на практиці.

Загальним недоліком наявних методів розрахунку є їхня трудомісткість побудови, великі витрати часу і, як наслідок, низька оперативність отримання результатів. Тому в сучасних умовах очевидна необхідність створення нових моделей як окремих станцій, так і всього транспортного комплексу в цілому. При цьому, комплекс "Сортувальна станція - прилеглі ділянки" варто розглядати не тільки як сукупність декількох систем масового обслуговування, але й як єдину логістичну систему, робота якої повинна задовольняти вимогам, запропонованим до транспортного процесу. Тобто, технологія поїзної роботи повинна бути побудована таким чином, щоб у рамках кожного району місцевої роботи із заданим рівнем надійності утримувався встановлений термін доставки і при цьому була б забезпечена нормативна вартість перевезень.

Таким чином, з огляду на Концепцію удосконалення технології пропуску вагонопотоку через транспортний комплекс "Сортувальна станція – прилеглі ділянки" і підвищення ефективності функціонування сортувальних станцій залізниць України, а також недостатнє дослідження цієї проблеми, тему дисертації можна кваліфікувати як актуальну й спрямовану на вирішення важливої науково-технічної задачі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась у відповідності з науково-технічними програмами: Постановою Кабінету Міністрів України № 821 від 04.08.97 р. про затвердження Концепції створення й функціонування національної мережі транспортних коридорів в Україні; Програмою комп'ютеризації Південної залізниці, створеною відповідно до наказів начальника залізниці: "Про впровадження інформаційно-комп'ютерних технологій на залізниці" наказ № 9н від 21.06.96 р., "Про розробку концепції по інформатизації" наказ № 134с від 26.05.97 р.; Концепцією та Програмою реструктуризації залізничного транспорту України, прийнятій державною адміністрацією залізничного транспорту України в 1998 році; а також з науково-дослідною темою "Методологія техніко-економічного обґрунтування комплексного

розвитку та перебудови інфраструктури транспортних коридорів залізниць України” (УДК 656.2. 022. 816: 656. 225, держ. реєстрація № 01004000822), яка виконується на кафедрі “Залізничні станції, вузли та організація митного контролю” Харківської державної академії залізничного транспорту на замовлення Міністерства транспорту України.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є розробка моделі транспортного комплексу “Сортувальна станція - прилеглі ділянки” для вибору раціональної технології його функціонування. Поставлена мета визначила такі основні задачі досліджень:

1. Виконати аналіз існуючих моделей уявлення виробничої ситуації у транспортному комплексі “Сортувальна станція – прилеглі ділянки”;
2. Обґрунтувати вибір моделей уявлення виробничої ситуації в транспортному комплексі “Сортувальна станція – прилеглі ділянки”;
3. Сформулювати концепцію і розробити принципи формування моделі комплексу;
4. Розробити логістичну систему транспортного комплексу “Сортувальна станція – прилеглі ділянки”;
5. Розробити методіку економічної оцінки моделі керування функціонуванням та розвитком транспортного комплексу “Сортувальна станція – прилеглі ділянки”.

Об’єкт дослідження - транспортний комплекс “Сортувальна станція – прилеглі ділянки”.

Предмет дослідження – модель функціонування транспортного комплексу “Сортувальна станція – прилеглі ділянки”.

Методи дослідження. Методи теоретичних досліджень поставлених задач полягають у використанні загальної теорії транспортних систем, теорії мереж Петрі, прийомів і методів теорії масового обслуговування, системи дослідження операцій на транспорті, моделювання, економічного аналізу та теорії логістики.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в рішенні наступних задач:

- побудова на підставі теорії мереж Петрі моделей функціонування технологічних ліній сортувальних станцій та прилеглих ділянок. Запропоновані моделі отримані вперше;
- розробка нової логістичної системи керування транспортним комплексом "Сортувальна станція – прилеглі ділянки";
- формалізація вихідних передумов, які варто враховувати при знаходженні оптимальних рішень для досягнення мінімального терміну доставки при мінімальних експлуатаційних витратах;
- вибір цільової функції винаходження оптимального рішення задачі підвищення ефективності функціонування транспортного комплексу "Сортувальна станція - прилеглі ділянки", яка відрізняється від раніш запропонованих критеріїв при рішенні аналогічних проблем.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій обумовлена коректністю постановки і рішення задач, адекватністю моделей реальним об’єктам, коректністю використання математичного апарату програмування та введенням в моделі свідомо достовірних даних по функціонуванню технологічних ліній забезпечення поїздами локомотивами,

обробки вагонів, інформації та документів як на сортувальних станціях, так і на прилеглих ділянках. Підтвердженням достовірності є задовільний збіг результатів теоретичних досліджень з результатами експериментів на імітаційних моделях і реальних об'єктах Одеської залізниці.

Практичне значення отриманих результатів. На підставі розроблених моделей функціонування технологічних ліній сортувальних станцій і прилеглих ділянок, з'являється можливість моделювання поїзної роботи в рамках автоматизованої системи керування сортувальною станцією (АСКСС) та автоматизованої системи керування на залізничному транспорті (АСКЗТ). Розроблена логістична система керування транспортним комплексом "Сортувальна станція - прилеглі ділянки", дозволяє оптимізувати параметри технологічних ліній обробки вагонів, інформації, перевізних документів та забезпечення поїзними локомотивами. Цільова функція знаходження оптимального рішення задачі підвищення ефективності функціонування транспортного комплексу "Сортувальна станція - прилеглі ділянки" дає можливість оперативного пошуку оптимальних рішень для досягнення мінімального терміну доставки вантажу при мінімальних експлуатаційних витратах.

Запропоновані моделі функціонування технологічних ліній сортувальних станцій та прилеглих ділянок, а також моделі знаходження оптимальних параметрів цільової функції логістичного ланцюга транспортного комплексу "Сортувальна станція - прилеглі ділянки", рекомендовано використовувати при плануванні та організації експлуатаційної роботи сортувальних станцій Одеської залізниці. При цьому технологічні, економіко-математичні рішення, методичні прийоми та аналітичні залежності використані при коректуванні технологічного процесу ст. Одеса-Сортувальна, а також при рішенні питань технічного переоснащення станційної техніки.

Запропоновані моделі функціонування технологічних ліній сортувальних станцій та прилеглих ділянок, а також моделі винаходження оптимальних параметрів цільової функції логістичного ланцюга транспортного комплексу "Сортувальна станція - прилеглі ділянки", використані в учбовому процесі у дипломному проектуванні студентів факультету УПП Харківської державної академії залізничного транспорту, а також на практичних заняттях ІППК ХарДАЗТ.

Практичне впровадження результатів роботи підтвержується відповідними документами, які наведені в додатках до роботи.

Особистий внесок здобувача. Всі положення і результати, які виносяться на захист, отримані автором самостійно. У роботах, опублікованих в співавторстві, дисертанту належить: в роботі [1] автором дисертаційної роботи описані основні напрямки розвитку науки по удосконаленню роботи транспортного комплексу "Сортувальна станція - прилеглі ділянки"; в статті [2] одержано результати аналізу періодів коливань вхідного поїздопотоків на технічних станціях, в наслідок чого отримана можливість виявлення періодів згущеного прибуття поїздів; в статті [3] дисертантом запропонована методика моделювання транспортного комплексу "Сортувальна станція - прилеглі ділянки" з використанням мереж Петрі; в роботах [4, 5] описана та розроблена економіко-математична модель функціонування

логістичного ланцюга транспортного комплексу “Сортувальна станція – прилеглі ділянки”.

Апробація результатів дисертації. Основні матеріали і результати дисертаційної роботи доповідалися і були схвалені на: науково-технічних конференціях та семінарах ХарДАЗТ, Харків 1997-2000 р.р.; 3-й міській науково-практичній конференції “Актуальні проблеми сучасної науки в дослідженнях молодих вчених Харківщини”, Харків, 25 січня 2000 р.; техніко-економічної Ради Одеської залізниці, Одеса, 28 березня 2000 р.

Публікації. За змістом дисертації опубліковано п’ять науково-технічних статей в фахових виданнях.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів та 8 додатків. Повний обсяг роботи – 204 сторінки; 32 рисунки на 32 сторінках; 8 додатків на 30 сторінках; список використаних джерел з 106 найменувань на 10 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність проблеми, сформульовані мета і задачі досліджень, відображені наукова новизна, практичне значення одержаних результатів та особистий внесок; приведені відомості про апробації та публікації результатів досліджень.

У першому розділі проведено аналіз сучасного стану теорії та практики взаємодії сортувальних станцій та прилеглих ділянок. Проведений аналіз вітчизняного та закордонного досвіду керування транспортним комплексом “Сортувальна станція – прилеглі ділянки”, а також аналіз надійності транспортного комплексу “Сортувальна станція – прилеглі ділянки”.

Оскільки станції (у тому числі й сортувальні) є основною виробничою одиницею залізничного транспорту, то їхнє становлення, удосконалення технічного оснащення та організації роботи становлять інтерес вже на протязі багатьох років. Аналітичний огляд робіт показав, що дослідження питань організації роботи станцій та їх взаємодії з прилеглими ділянками знайшли відображення ще в роботах вчених: Фролова А.Н., Васильєва І.І., Ющенко Н.Р., Платонова А.І, які є засновниками теорії взаємодії транспортних систем. В розробці окремих питань цієї теорії також значну роль відіграли праці професора Нікітіна В.Д., Кочнева Ф.П., Бернгарда К.А., Угрюмова А.К., Повороженка В.В., Каретнікова А.Д.. Надалі до питання вдосконалення технології роботи сортувальних станцій та їх взаємодії з прилеглими ділянками також приділяло увагу багато фахівців в галузі залізничного транспорту: Поттгофф Г., Федотов Н.І., Грунтов П.С., Ярошевич В.П., Шабалін Н.Н., Казюлін Г.Є., Сотніков І.Б., Савченко І.Є., Земблінов С.В., Ефіменко Ю.І., Савенко А.С., Галатченко Н.П., Платонов А.І., Акулінічев В.М., Негрей В.Я., Сотніков Є.О., Нагорний Є.В., Грунтов П.С., Бикадоров А.В., Сакульєва Т.Н., Мачерет Д.А. та інші.

Аналіз експлуатаційної роботи сортувальних станцій показав, що за період 1970-1987 років характерна нерівномірна робота станцій, збільшення часу

перебування вагонів на них та ростом кількості затриманих поїздів на підходах по неприйому.

Після розпаду Радянського Союзу робота вітчизняних сортувальних станцій ще більш дестабілізувалася. І хоча середній простій під однією технічною операцією в період 1991-2000 років неухильно знижувався (на 8,2%), середньозважений час перебування вагона на одній технічній станції, та загальний простій на технічних станціях за оберт у 1999 році був майже у двічі більший, ніж у 1990 році. Цей ріст був обумовлений збільшенням числа технічних станцій, які проходить вагон за час повного оборту. Він склав 13,3%, у тому числі з переробкою 21,5%, а без переробки – 9,4%.

З перерахованих вище факторів очевидно, що незмінна протягом багатьох десятиріч технологія процесу перевезень практично "заморозила" швидкість просування вагонопотоків. Це відбувається тому, що зростаюча у країні кількість виробників та споживачів продукції, а також регіонів розміщення пунктів вантаження та вивантаження, блискучо виражена нерівномірністю перевезень, а транспортні зв'язки, що постійно змінюються, не вписуються у детерміновану модель організації перевізної роботи, яка відображається у найголовнішому технологічному документі транспорту - плані формування поїздів. Прийнятий підхід в організації вагонопотоків в сучасних умовах не можна визнати оптимальним. Окрім того, теперішня методика не враховує втрати вагоно-годин на прилеглих ділянках, викликані неприйманням поїздів станціями, в тому числі й тими, де не вимагається переробка. Перераховане вище, ще раз підкреслило необхідність розробки нової моделі транспортного комплексу "Сортувальна станція - прилеглі ділянки", технологія поїздної роботи в якому повинна бути побудована таким чином, щоб у межах кожного району місцевої роботи з заданим рівнем надійності витримувався встановлений термін доставки та при цьому забезпечувалась нормативна вартість перевезень.

У розділі, що розглядається, наведено перелік методів та методологій, завдяки яким можливо встановлення необхідного рівня надійності терміну доставки, з урахуванням того, що запізнення на одному етапі перевезення може компенсуватись на інших етапах.

На основі виконаного аналітичного огляду сформульовані мета, задачі дослідження та загальний методичний підхід до вирішення поставлених задач.

У другому розділі було проаналізовано існуючі моделі уявлення виробничої ситуації у транспортному комплексі "Сортувальна станція – прилеглі ділянки". Доведено, що процес функціонування станцій і ділянок не можна зводити тільки до випадкового, а навпаки, потрібно підвищувати роль його організаційної складової. Результати аналізу існуючих моделей показали, що комплекс "Сортувальна станція – прилеглі ділянки" необхідно розглядати як єдину систему, що задовольняє вимогам, запропонованим до транспортного процесу, що зводяться до схоронної доставки вантажу точно за терміном.

На основі цього визначені теоретичні основи для розробки моделі транспортного комплексу "Сортувальна станція – прилеглі ділянки". При цьому найбільшу адекватність рішенню поставленої задачі показала теорія мереж Петрі.

Це пояснюється тим, що мережі Петрі мають великий перелік властивостей, що являють собою могутній математичний інструмент для дослідження будь-якої системи.

Формальне уявлення мережі Петрі має такий вигляд

$$PN = (P, T, F, W, Mo), \quad (1)$$

де $P = (p_1, p_2, \dots, p_m)$ – кінцева безліч позицій; $T = (t_1, t_2, \dots, t_n)$ – кінцева безліч переходів; F – безліч дуг (потоків відношень)

$$F \subseteq (P \times T) \cup (T \times P), \quad (2)$$

$W:F(1, 2, 3, \dots)$ – вагова функція; $Mo:P(0, 1, 2, 3, \dots)$ – початкове маркірування.

У загальному вигляді мережа Петрі має наступний вигляд (рис.1)

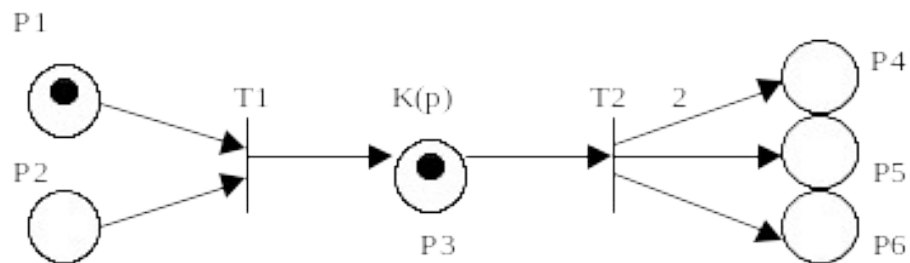


Рис. 1 – Фрагмент мережі Петрі

Основною перевагою мереж Петрі є можливість аналізу за їх допомогою великого переліку властивостей та задач, пов'язаних з рівнобіжними системами, які мають причинно-наслідковий характер. До їх числа також відносять моделювання функціонування транспортного комплексу “Сортувальна станція – прилеглі ділянки”.

З огляду на функціональні, технологічні та інформаційні взаємозв'язки між елементами (вхідними та вихідними дільницями, парками, сортувальними пристроями та т.ін.), була побудована укрупнена модель мережі Петрі, яка відображає роботу комплексу “Сортувальна станція – прилеглі ділянки” (рис.2).

В схемі, що розглядається, $T1$ і $T6$ – робота по прийому з непарних ($P1$) та парних ($P2$) підходів; $T2$ – обробка поїздів у системі розформування-формування; $T3$ і $T7$ – робота по відправленню в непарному та парному напрямках; $T4$ і $T5$ – обробка непарного та парного транзитного вагонопотоків.

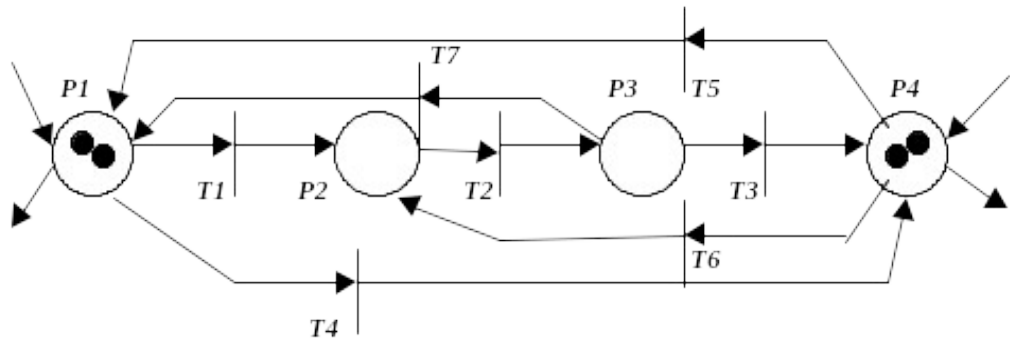


Рис. 2 – Схема моделі функціонування транспортного комплексу “Сортувальна станція – прилеглі ділянки”

У третьому розділі дисертаційної роботи розроблена нова схема логістичної системи керування транспортним комплексом “Сортувальна станція - прилеглі ділянки” та визначені області її застосування, що розглядають пересування матеріальних та інформаційних потоків як на макро-, так і на мікрорівнях (рис. 3)

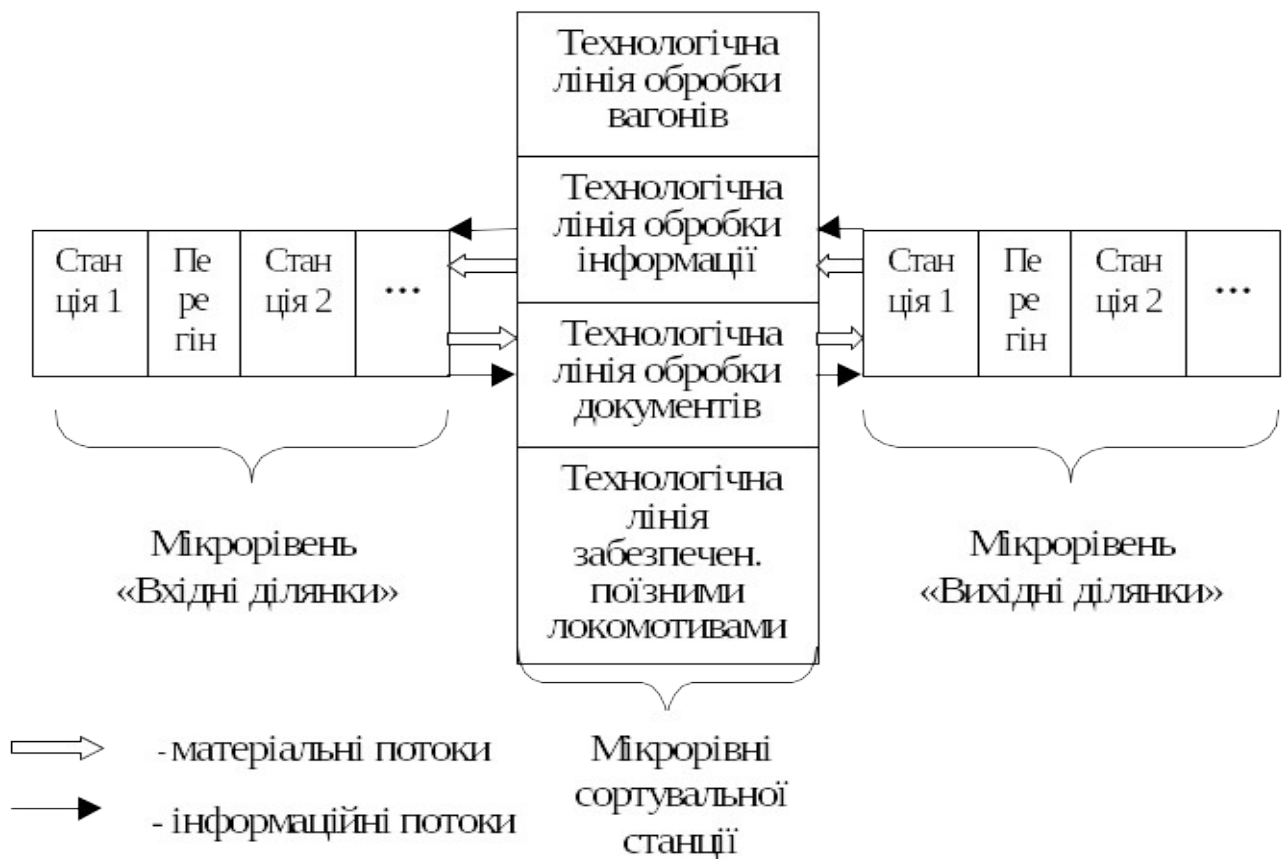


Рис. 3 – Схема логістичної системи комплексу “Сортувальна станція – прилеглі ділянки” залізничного напрямку

Визначено основну мету розробки моделі транспортного комплексу “Сортувальна станція – прилеглі ділянки”, що полягає в оптимальному керуванні комплексом для досягнення мінімального терміну доставки при мінімізації загальних витрат на транспортування вантажів. Для цього була виконана формалізація роботи комплексу “Сортувальна станція – прилеглі ділянки” у вигляді структурно-логічних схем функціонування та взаємодії технологічних ліній обробки вагонів, документів, інформації та забезпечення поїзними локомотивами. На підставі структурно-логічних схем і технології обробки матеріальних та інформаційних потоків на станції та ділянках, розроблені моделі роботи окремих ланок логістичного ланцюга та загальна модель функціонування всього транспортного комплексу “Сортувальна станція – прилеглі ділянки”.

На рис. 4 приведена модель функціонування ділянок наближення сортувальної станції та окремих перегонів мережі залізниць

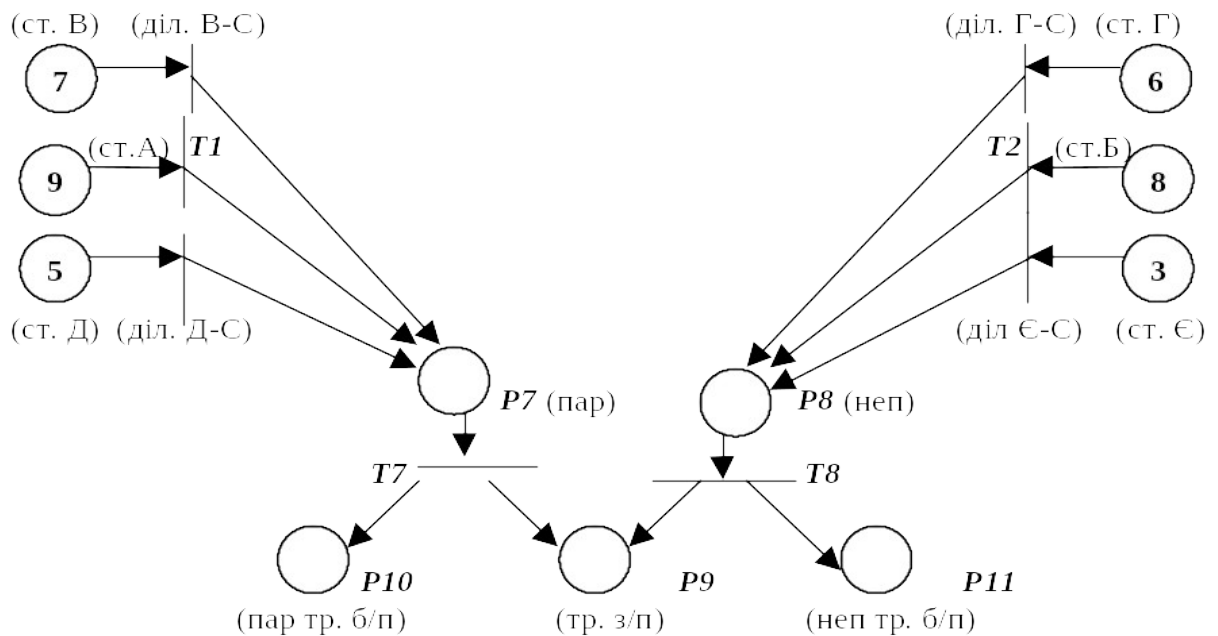


Рис. 4 - Модель функціонування ділянок наближення сортувальної станції

А, наприклад, модель обробки поїздів у парку прийому має наступний вигляд (рис. 5).

Розглянута модель функціонує наступним чином. Пройшовши через горловину $T1$, поїзд потрапляє на колії парку прийому $P3$. Позиція $P3$ має граничну місткість $K(P)$, рівну кількості колій, вільних для прийому поїздів. Якщо всі колії будуть зайняті, то перехід $T1$ буде заблоковано і прибуття поїзда в парк прийому не можливо (на переході фіксується затримка) до звільнення однієї із колій. Аналогічно будуть заблоковані переходи $T3$ і $T4$, якщо в позиціях $P6$ і $P7$ не буде фішок (тобто не буде вільних бригад ПТО та ПКО). Після закінчення ТО та КО, фішки автоматично через переходи $T5$ і $T6$ повертаються в позиції $P6$ і $P7$, а состав готовий до розпуску. При наявності вільного гіркового локомотива (фішка в позиції $P13$) і сортувального листка ($P17$) можна робити розпуск состава з гірки ($T8$) на колії

сортувального парку ($P14$). При цьому тут вже здійснюється повагонний облік (а не облік состава в цілому), тому що з переходів $T1$ і $T7$ відповідно в позиції $P17$ і $P12$ ведуть дуги вагою m . Де m – кількість вагонів у составі. По закінченні розпуску через перехід $T9$ з позиції $P3$ автоматично вилучається фішка, що символізує звільнення колії в парку прийому, а в позицію $P13$ – додається (звільнення гіркового локомотива). Одночасно ведеться статистика по кількості прибулих і перероблених на станції поїздів (позиції $P2$ і $P16$).

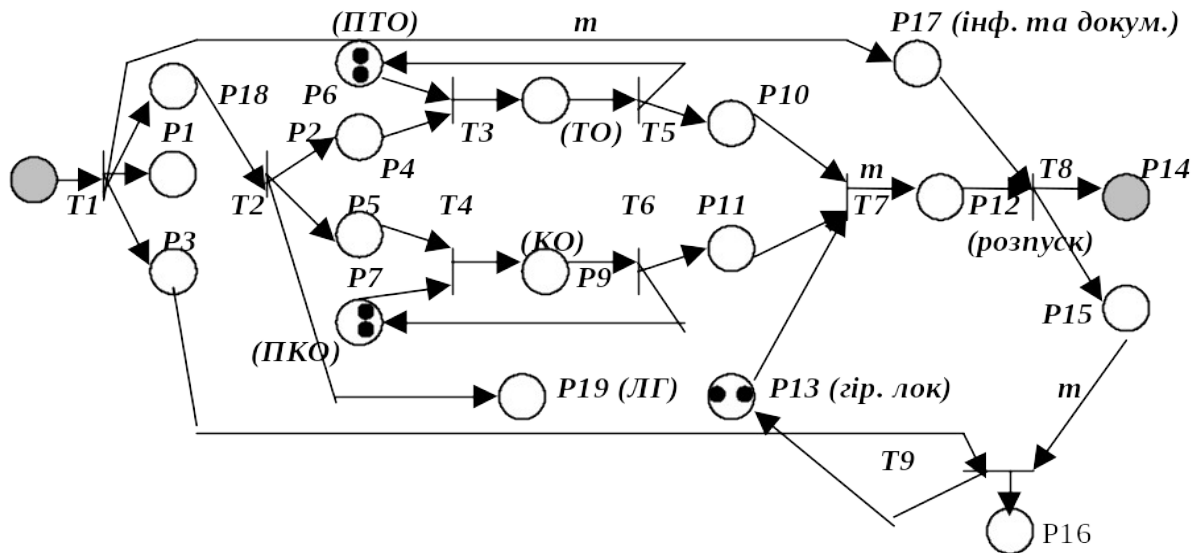


Рис. 5 – Модель обробки составів в парку прийому

Аналогічно побудовані моделі технологічних ліній обробки вагонів, інформації і документів у всіх парках станції та на прилеглих ділянках, а також запропонована модель функціонування технологічної лінії забезпечення поїздами локомотивами.

На підставі всіх отриманих моделей побудована загальна макрорівнева модель функціонування всього транспортного комплексу “Сортувальна станція – прилеглі ділянки”, у якій кожний з переходів являє собою окрему модель (рис. 6).

На приведеному рисунку: $T1, T14$ - Модель роботи вхідних і вихідних ділянок сортувальної станції; $T2$ - Модель обробки поїздів у парку прийому; $T3$ - Модель процесу розформування-формування поїздів; $T4$ - Модель обробки поїздів у парку відправлення; $T5, T7, T9$ - Відправлення, відповідно, з парку відправлення, парного та непарного транзитних парків; $T6$ - Модель обробки поїздів у парному транзитному парку; $T8$ - Модель обробки поїздів у непарному транзитному парку; $T10$ - Модель функціонування технологічної лінії забезпечення поїздами локомотивами; $T11$ - Модель функціонування технологічних ліній обробки інформації і документів по прибуттю поїзда на станцію; $T12$ - Модель функціонування технологічних ліній обробки інформації і документів для транзитних поїздів по відправленню; $T13$ - Модель функціонування технологічних ліній обробки інформації і документів на поїзди свого формування.

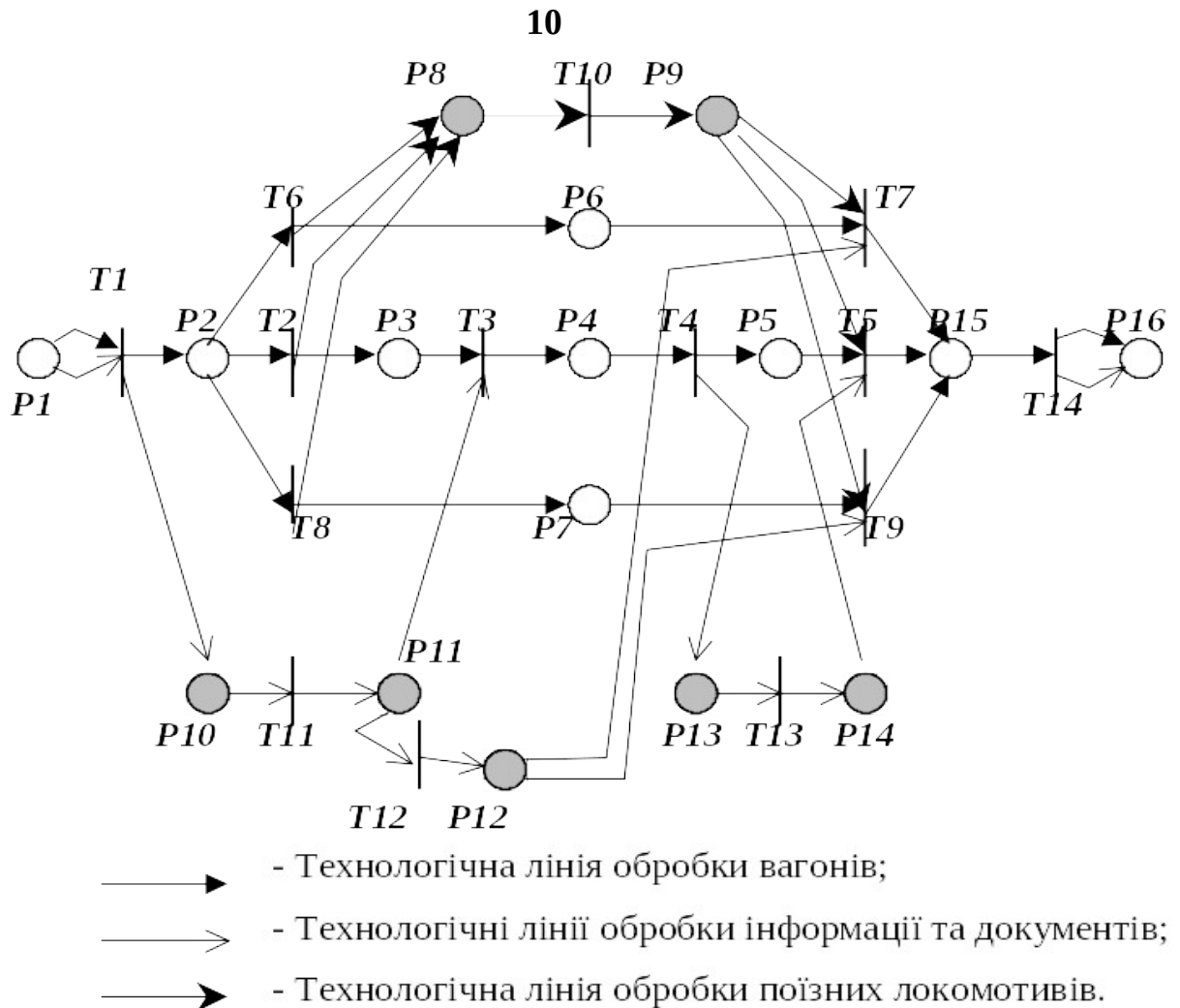


Рис. 6 - Макрорівнева модель функціонування логістичної системи транспортного комплексу “Сортувальна станція – прилеглі ділянки”

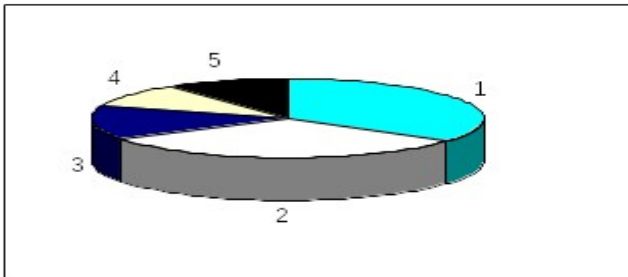
Розроблені на базі теорії мереж Петрі моделі пристосовані до програмного продукту “Сети Петри для Windows”, РосНИИИС, що в інтерактивному режимі дозволяє робити імітаційне моделювання функціонування окремих технологічних ліній і всього транспортного комплексу “Сортувальна станція – прилеглі ділянки” в цілому. В результаті моделювання отримані тривалості виконання основних операцій по обробці вагонів, поїзних локомотивів, інформації та документів на сортувальній станції та прилеглих ділянках.

Розроблені на підставі мереж Петрі моделі показали, що крім наочності та простоти в застосуванні, вони дають можливість враховувати різні ймовірнісні фактори. Це дозволяє вести моделювання поїзної роботи не тільки за середніми чи технологічними даними, а за нормами, що оперативно розраховуються, на кожний конкретний об'єкт керування.

У четвертому розділі проведено моделювання функціонування транспортного комплексу “Сортувальна станція – прилеглі ділянки” та визначення економічної доцільності розробленої моделі.

Для цього був зроблений аналіз ситуації на транспортному ринку України і приведений перелік основних послуг, необхідних для підвищення

конкурентноздатності залізничного транспорту (рис. 7). Після чого визначені основні вимоги, які висувуються споживачами до послуг транспорту, серед яких найбільш значимими є вартість перевезення і терміни доставки вантажу



- 1 – вартість доставки (35 %);
- 2 – термін доставки (31 %);
- 3 – гнучкість обслуговування (14%);
- 4 – надійність постачання вантажу (10%);
- 5 – інші вимоги (10%).

Рис. 7 – Розподіл пріоритетів для споживачів послуг транспорту

На підставі цього визначена цільова функція логістичної системи транспортного комплексу “Сортувальна станція – прилеглі ділянки”, що полягає в досягненні мінімального терміну доставки при мінімізації загальних витрат на транспортування вантажів.

$$\text{при } \begin{cases} T_{\text{досм}} \Rightarrow \text{MIN} \\ C(m) \Rightarrow \text{MIN}, \end{cases} \quad (3)$$

Після виведення цільової функції запропоновано процес її оптимізації, який представлений як задача багатоетапного динамічного програмування з характерним процесом покрокового рішення (рис. 8)

$$C(m) = \sum_{m=0}^{T-1} C_m \{ x(m), x(m+1) \} \quad (4)$$

Вхідні ділянки	Технологіч. лінія обробки інформації на СС	Технологіч. лінія обробки документів на СС	Технологіч. лінія обробки вагонів на СС	Технологіч. лінія забезпечення поїзними локомотив.	Вихідні ділянки
$C_0 = f(Q, L_d, V_p, A_e)$	$C_1 = f(m, P_1, K_1)$	$C_2 = f(m, P_2, K_2)$	$C_3 = f(S, x, M_r, M_\phi, m)$	$C_4 = f(Z_l, t_{\text{проб}})$	$C_5 = f(Q, L_d, V_p, A_e)$
m0	m1	m2	m3	m4	m5

Рис. 8 – Схема розподілу процесу моделювання на макро- та мікрорівнях

У схемі моделювання технологічного процесу проходження кожного етапу ті пов'язано з витратами, що являють собою функції C_i від відповідних параметрів. Моделюючи процес функціонування кожного етапу визначаються витрати від основних найбільш важливих параметрів, що впливають на роботу елементів логістичного ланцюга транспортного комплексу “Сортувальна станція – прилеглі ділянки” залізничного напрямку (транспортного коридору).

На етапі m0 (та m5) оцінкова функція відбиває витрати, пов'язані з пересуванням по прилеглим до сортувальної станції ділянкам. При цьому, витрати прямопропорційно залежать від довжини ділянки (Lд), витрати палива (Уп), електроенергії (Ае) та від середньої ваги поїзда (Q), яку можна виразити через середню кількість вагонів у составі (m)

$$\begin{aligned}
 C_0 = & \sum_{j=1}^{ST+1} t_{\partial,j} \cdot \frac{\sum_{i=1}^N m}{m} \cdot (e_{ПКМ} + e_{МН} + e_{Мh}) + \\
 & + \gamma_e \left(\frac{a_e (mP_{Д} + P_{Л}) \cdot \sum_{j=1}^{ST+1} \frac{\sum_{i=1}^N m}{m} \cdot t_{\partial}}{10^4} \cdot C_e + t_{ПР} \cdot C_{ПР}^{\partial} \right) + \\
 & + (1 - \gamma_e) \cdot \left(\frac{e_n (mP_{Д} + P_{Л}) \cdot \sum_{j=1}^{ST+1} \frac{\sum_{i=1}^N m}{m} \cdot t_{\partial}}{10^4} \cdot C_n + t_{ПР} \cdot C_{ПР}^n \right), \quad (5)
 \end{aligned}$$

На етапах m1 та m2 оцінкова функція відбиває витрати, пов'язані з переробкою інформації та документів безпосередньо на технічній станції. Ці етапи доцільно розглядати разом, тому що основні витрати в сумі залежать від капітальних вкладень у нову апаратуру й устаткування для роботи в рамках системи АСОКП і АСКСС (К), продуктивності засобів по обробці інформації (Р) і середнього числа вагонів у составі (m)

$$C_1 + C_2 = \sum_{j=1}^{ST} (K_{ПРИВ} + C_{ПРИВ}^{ОБР} - \Delta \mathcal{E}_{ПРИВ}), \quad (6)$$

На етапі m3 оцінкова функція відбиває витрати, пов'язані з процесом обробки вагонів на технічних (у тому числі і сортувальних) станціях. С3 є функцією від числа бригад і груп у бригадах по огляду поїздів (S та x), числа укладачів поїздів, числа маневрових локомотивів на гірці та витяжках формування (Мг і Мф), середнього составу оброблюваних поїздів (m)

$$\begin{aligned}
 C_3 = & \sum_{j=1}^{ST} \left[\frac{i}{m} \cdot e_{нН} \cdot t_{ОБР,j} \right] + \sum_{j=1}^{ST} [(M_{Г,j} + M_{Ф,j})(e_{МН}^{МАН} + e_{Мh}^{МАН} + \frac{Z_{СОСТ}}{60}) \cdot t_{МОД} + \\
 & + (S_{П,j} X_{П,j} + S_{О,j} X_{О,j} + S_{Т,j} X_{Т,j}) \cdot 2 \frac{Z_{ОСМ}}{60} \cdot t_{МОД} + C_{Т} \cdot \mathcal{E}_{Т} (\gamma_{Л}^Г + \gamma_{Л}^Ф) \cdot t_{МОД}], \quad (7)
 \end{aligned}$$

На етапі m4 оцінкова функція відбиває витрати, пов'язані із утримуванням на технічних станціях парку поїзних локомотивів. При цьому витрати залежать від розміру локомотивного парку (Zл) та від обсягу роботи з обробки локомотивів, який залежить від пробігу (tпроб)

$$C_4 = \sum_{j=1}^{ST} \left(\sum_{R=1}^K (Z_{Л,R} \sum_P (t_{ОБР,R} \cdot X_{PR} \cdot Z_{ЛХ,P}) + C_{ПРОСТ}^Л \cdot t_{ПРОСТ}) \right), \quad (8)$$

Після підстановки отриманих значень у формулу (3), цільова функція логістичного ланцюга транспортного комплексу “Сортувальна станція – прилеглі ділянки” набуває наступного вигляду

$$\text{при } \sum_{i=1}^N T_{\text{досм.}i} = \sum_{i=1}^N (t_{\text{омп.}i} + \sum_{j=1}^{ST+1} t_{\text{уч.}ij} + \sum_{j=1}^{(1-\alpha)ST} t_{\text{мп.}ij}^{6/n} + \sum_{j=1}^{\alpha ST} t_{\text{мп.}ij}^{\text{неп}} + t_{\text{назн}}) \Rightarrow \text{MIN}; \quad (9)$$

$$C(m) = C_0 + C_1 + C_2 + C_3 + C_4 \Rightarrow \text{MIN}.$$

Для знаходження цільової функції розроблено програмний продукт в вигляді електронних таблиць Excel, що на підставі результатів моделювання виробничої ситуації в системі транспортного комплексу “Сортувальна станція – прилеглі ділянки”, дозволяє встановлювати оптимальні параметри функціонування сортувальної станції та прилеглих ділянок, удосконалення технології їх роботи, на основі чого можливо провести вибір стратегії транспортування вантажів по прилеглих ділянках.

ВИСНОВКИ

У дисертації наведене теоретичне узагальнення і нове вирішення наукової задачі, що виявляється в розробці моделі транспортного комплексу “Сортувальна станція – прилеглі ділянки” для вибору раціональної технології його функціонування. Розроблено концепції та критерії оцінки ефективності функціонування логістичного ланцюга транспортного комплексу “Сортувальна станція – прилеглі ділянки”, а також моделі, що дозволяють робити аналіз виробничого процесу на сортувальних станціях і прилеглих ділянках. Основні наукові результати, висновки та практичні рекомендації роботи такі:

1. Проблема взаємодії сортувальних станцій та прилеглих ділянок не вирішена. У зв'язку з чим велика кількість операцій, що не підлягають прогнозуванню, порушує ритмічність обробки поїздопотоків.

2. Взаємодія підсистем транспортного комплексу “Сортувальна станція – прилеглі ділянки” носить причинно-наслідковий характер. У зв'язку з цим до рішення задач взаємодії окремих елементів комплексу дозволяють прийти системи рівнобіжної обробки інформації і системи паралельно діючих об'єктів. Найкращими із систем рівнобіжної обробки інформації є моделі, засновані на теорії мереж Петрі, тому що мережі Петрі дозволяють досить глибоко досліджувати поведінку системи, що моделюється, та одержувати інформацію про найбільш важливі її характеристики.

3. Розроблено нову логістичну систему керування транспортним комплексом “Сортувальна станція – прилеглі ділянки” та визначені області її застосування, що розглядають пересування матеріальних та інформаційних потоків як на макро-, так і на мікрорівнях. На підставі аналізу отриманих структурно-логічних схем і технології обробки матеріальних та інформаційних потоків на станції та ділянках, розроблені моделі функціонування окремих ланок логістичного

ланцюга та загальна модель функціонування всього транспортного комплексу “Сортувальна станція – прилеглі ділянки”.

4. Зроблено аналіз коливань вхідного вагонопотоку на сортувальну станцію за кілька діб при розбивці доби на 4-, 6- та 12-годинні періоди. Визначено, що, чим менші обрані відрізки часу, тим чіткіше вимальовуються як періоди “збурювання” системи, так і загальний характер розподілу. Таким чином, отримана можливість більш визначеного передбачення інтенсивності надходження та нерівномірності прибуття поїздів на сортувальну станцію.

5. Моделі, розроблені на підставі теорії мереж Петрі, показали, що крім наочності та простоти застосування, вони дають можливість враховувати різні ймовірнісні фактори. Це дозволить вести моделювання поїзної роботи в рамках систем АСКСС та АСОКП як за середніми чи технологічними нормами, так і за нормами, що оперативно розраховуються, на кожний конкретний об'єкт керування. Отримані інтервальні прогнози оцінки мають 90% вірогідність.

6. Зроблено аналіз ситуації на транспортному ринку України і визначені основні вимоги, запропоновані споживачами до послуг транспорту, серед яких найбільш значимими є вартість перевезення (35%) та термін доставки вантажу (31%). На основі аналізу транспортного ринку визначено цільову функцію логістичного ланцюга транспортного комплексу “Сортувальна станція – прилеглі ділянки” та запропонований процес її оптимізації, який представлений як задача багатоетапного динамічного програмування з характерним процесом покорокового рішення.

7. На підставі мереж Петрі запропонований програмний продукт імітаційного моделювання уявлення виробничої ситуації в транспортному комплексі “Сортувальна станція – прилеглі ділянки” та в окремих її технологічних лініях та підсистемах.

8. Розроблено програмне забезпечення, що на підставі результатів моделювання мереж Петрі, дозволяє визначати оптимальні значення аргументів цільової функції – терміну доставки та експлуатаційних витрат, що надає можливість вдосконалювати технологію роботи сортувальних станцій та прилеглих ділянок.

9. Технологічні, економіко-математичні рішення, методичні прийоми та аналітичні залежності використані при коректуванні технологічного процесу станції Одеса-Сортувальна, а також при рішенні питань технічного переоснащення станційної техніки. Впровадження результатів роботи зменшує час середньозваженого простою вагонів на станції на 3,0-3,5 години. Впровадження результатів роботи підтверджується відповідними актами.

10. Запропоновані моделі функціонування технологічних ліній сортувальних станцій та прилеглих ділянок, а також моделі знаходження оптимальних значень аргументів цільової функції логістичного ланцюга транспортного комплексу "Сортувальна станція - прилеглі ділянки" використані на практиці в навчальному процесі при дипломному проектуванні студентів факультету УПП, а також включені в програму навчання слухачів магістратури при

ІПК Харківської державної академії залізничного транспорту. Впровадження результатів роботи в учбовий процес підтверджується відповідними актами.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Нагорний Є.В., Альошинський Є.С. Роль комплексу “Сортувальна станція – прилеглі ділянки” у підвищенні конкурентоспроможності залізничного транспорту // Концепція підвищення ефективності вантажних перевезень на залізничному транспорті: Міжвуз. зб. наук. пр. Вип. 33. – Харків: ХарДАЗТ. – 1998. – С. 3-8.
2. Крячко В.І., Альошинський Є.С. Про нові принципи дослідження взаємозв’язків і логістичного планування перевізних процесів транспортного комплексу “Технічні станції – прилеглі ділянки” // Концепція підвищення ефективності вантажних перевезень на залізничному транспорті: Міжвуз. зб. наук. пр. Вип. 34. – Харків: ХарДАЗТ. – 1999. – С. 69-75.
3. Нагорный Е.В., Алёшинский Е.С. Моделирование функционирования комплекса “Сортировочная станция – прилегающие участки” с помощью сетей Петри // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2000. - № 2. – С. 68-73.
1. Нагорний Є.В., Альошинський Є.С. Економіко-математична модель функціонування логістичного ланцюга транспортного комплексу “Сортувальна станція – прилеглі ділянки”// Зб. наук. пр. ХарДАЗТ. Частина 1 – Вип. 42. – 2000. – С. 51-57.
2. Нагорный Е.В., Алёшинский Е.С. Экономико-математическая модель функционирования логистической цепи транспортного комплекса “Сортировочная станция – прилегающие участки”. Часть 2. Методика определения параметров целевой функции // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2000. - № 6. – С. 38-42.

АНОТАЦІЯ

Альошинський Є.С. Розробка моделі транспортного комплексу “Сортувальна станція – прилеглі ділянки” для вибору раціональної технології її функціонування. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук по спеціальності 05.22.20 – “Експлуатація та ремонт засобів транспорту”. - Харківська державна академія залізничного транспорту, Харків, 2001.

Дисертація присвячена питанням удосконалення технології функціонування сортувальних станцій у взаємодії із прилеглими ділянками. У роботі на базі теорії мереж Петрі здійснена розробка моделей уявлення виробничої ситуації в окремих технологічних лініях та вцілому по транспортному комплексу “Сортувальна станція – прилеглі ділянки”. Розроблені концепції та критерії оцінювання ефективності функціонування логістичного ланцюга транспортного комплексу “Сортувальна

станція – прилеглі ділянки”. Розроблені моделі, які дозволяють робити аналіз та вибір оптимальних варіантів керування виробничим процесом на сортувальних станціях та прилеглих ділянках.

Основні наукові результати роботи знайшли практичне застосування при коректуванні технологічного процесу станції Одеса-Сортувальна, а також в навчальному процесі ХарДАЗТ.

Ключові слова: транспортний комплекс, сортувальна станція, прилеглі ділянки, модель, мережі Петрі, функціонування, оптимізація.

THE SUMMARY

Alyoshinsky E.S. Development of a transport complex "Sorting station - adjoining sites" model for a choice of its rational function technology. - Manuscript.

Thesis on a scientific degree award of the candidate of technical science on a speciality 05.22.20 – “Operation and maintenance of transport mean”. - Kharkov State Academy Of A Railway Transport, Kharkov, 2001.

The dissertation is devoted to the questions of sorting stations functioning at interaction with adjoining sites technology perfection. In the thesis on the Petri nets theory basis is carried out of representation a work situation models of separate technological lines and on a transport complex "Sorting station - adjoining sites". The concepts and estimation criterion of a transport complex "Sorting station - adjoining sites" functioning logistic circuit efficiency are developed. The models allowing to make the analysis and a choice of work control at sorting stations and adjoining sites optimum variants are developed.

The basic scientific results of work have found practical application at a correcting of Odessa-sorting station technological process and in educational process of Kharkov state academy of a railway transport.

Key words: transport complex, sorting station, adjoining sites, model, Petri nets, functioning, optimization.

АННОТАЦИЯ

Алёшинский Е.С. Разработка модели транспортного комплекса “Сортировочная станция – прилегающие участки” для выбора рациональной технологии его функционирования. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 – “Эксплуатация и ремонт средств транспорта”. - Харьковская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 2001.

Диссертация посвящена вопросам совершенствования технологии функционирования сортировочных станций во взаимодействии с прилегающими участками. Произведен анализ современного состояния теории и практики взаимодействия сортировочных станций и прилегающих участков, а также анализ надежности транспортного комплекса “Сортировочная станция – прилегающие участки”.

В работе на основании структурно-логических схем и технологии обработки материальных и информационных потоков на станции и участках, при помощи теории сетей Петри разработаны модели работы отдельных звеньев логистической цепи и общая модель функционирования всего транспортного комплекса “Сортировочная станция – прилегающие участки”. Разработанные на основании сетей Петри модели позволяют вести моделирование поездной работы не по средним или технологическим, а по оперативно рассчитываемым нормам на каждый конкретный объект управления.

Произведен анализ ситуации на транспортном рынке Украины и приведен перечень основных услуг, необходимых для повышения конкурентоспособности железнодорожного транспорта. На основании этого разработаны концепции и критерии оценки эффективности функционирования логистической цепи транспортного комплекса “Сортировочная станция – прилегающие участки”, а также выведена целевая функция, которая заключается в достижении оптимального срока доставки при минимизации эксплуатационных расходов.

Разработаны модели, позволяющие производить анализ и выбор оптимальных вариантов управления производственным процессом на сортировочных станциях и прилегающих участках.

Предложенные модели функционирования технологических линий сортировочных станций и прилегающих участков, а также модели нахождения оптимальных параметров целевой функции логистической цепи транспортного комплекса "Сортировочная станция - прилегающие участки", практически применены при корректировке технологического процесса ст. Одесса-Сортировочная. Технологические, экономико-математические решения, методические приемы и аналитические зависимости использованы в учебном процессе при дипломном проектировании студентов факультета УПП и на практических занятиях ИППК Харьковской государственной академии железнодорожного транспорта при подготовке магистров.

Ключевые слова: транспортный комплекс, сортировочная станция, прилегающие участки, модель, сети Петри, функционирование, оптимизация.

АЛЬОШИНСЬКИЙ Євген Семенович

**РОЗРОБКА МОДЕЛІ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ
“СОРТУВАЛЬНА СТАНЦІЯ – ПРИЛЕГЛІ ДІЛЯНКИ”
ДЛЯ ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЙОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ**

05.22.20 - Експлуатація та ремонт засобів транспорту

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Підписано до друку 20.03.2001 формат паперу А5, папір для тиражувальних апаратів,
друк на різнографі. Замовлення № , тираж 100

Видавництво ХарДАЗТу. Свідоцтво ДК №112 від 06.07.2000 р.
Друкарня ХарДАЗТу, 61050, м. Харків - 50, майдан Фейєрбаха 7