

Дніпропетровський державний технічний університет
залізничного транспорту
Міністерства транспорту України

Пахомова Вікторія Миколаївна

УДК 658.012.011.56.656.212.5.681.323

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ РОБОТИ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ
СОРТУВАЛЬНИМ ПРОЦЕСОМ НА ОСНОВІ РАЦІОНАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ
ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ НА СТАНЦІЯХ**

05.22.20, - експлуатація та ремонт засобів транспорту

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук



Дніпропетровськ
2000

**НТБ
ДНУЗТ**

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі «Електронні обчислювальні машини» Дніпропетровського державного технічного університету залізничного транспорту Міністерства транспорту України

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор **Шафіт Євген Миронович**,
Дніпропетровський державний технічний університет залізничного транспорту,
професор кафедри «Електронні обчислювальні машини»

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Електроніка та обчислювальна техніка» Національної гірничої академії України, заслужений працівник народної освіти України **Кузнецов Георгій Віталійович**

кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри «Станції та вузли» Дніпропетровського державного технічного університету залізничного транспорту Міністерства транспорту України **Муха Юрій Афанасійович**

Провідна установа:

Східноукраїнський державний університет, кафедра транспортних технологій,
Міністерство освіти України, м. Луганськ.

Захист дисертації відбудеться «28» __11__ 2000 р. о 14 годині на засіданні спеціальної вченої ради Д 08 . 820. 02 при Дніпропетровському державному технічному університеті залізничного транспорту Міністерства транспорту України за адресою : 49010 м.Дніпропетровськ ,вул. Акад. Лазаряна , 2 , зал засідань.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Дніпропетровського державного технічного університету залізничного транспорту Міністерства транспорту України.

Автореферат розісланий «25» _10_ 2000 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради
доктор технічних наук



Жуковицький І. В.

ДНУЗТ

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми визначається наступними причинами:

По-перше, стан автоматизованих систем управління технологічними процесами на станціях характеризується необхідністю заміни морально і фізично застарілих систем сучасними інтегрованими системами управління сортувальним процесом.

По-друге, останнім часом на сортувальних станціях відбувався перехід від централізованих систем до децентралізованих, побудованих на багатомашинних комплексах. Нині є технічна та технологічна можливість розвитку децентралізації на основі використання мережевих інформаційних технологій.

По-третє, розвиток обчислювальної техніки виходить на новий рівень архітектури інформаційно-керуючих обчислювальних систем - локальні обчислювальні мережі (ЛОМ). Традиційні методи проектування мереж не враховують технологічних особливостей роботи сортувальної станції і потребують додаткових досліджень.

Зв'язок теми з науковими програмами. Дисертаційна робота виконана у відповідності з розділами Галузевих програм колишнього СРСР:

-0.54.01.12. «Створення та впровадження засобів комплексної механізації та автоматизації виробничих процесів на сортувальних станціях»;

-0.54.01.02. «Розробити та впровадити високоефективні технологічні процеси у господарстві руху та автоматизовану систему управління перевізним процесом».

Відповідно до Державної програми реструктуризації на залізничному транспорті України:

-03.3.1. «Формування інформаційного середовища для забезпечення функціонування нових інформаційних технологій»;

-03.3.3.1. «Комплекс інформаційних технологій управління процесом перевезень».

Мета досліджень: удосконалювання експлуатаційної роботи сортувальної станції шляхом раціонального застосування інформаційних мережевих технологій у системах управління сортувальним процесом. Для реалізації мети на підставі комплексних наукових та експериментальних досліджень на імітаційних моделях необхідно розв'язати наступні задачі:

- Вибрати раціональну технологію організації обміну інформацією на нижньому рівні мережі (вибір методу доступу до фізичного каналу), що зв'язує окремі контролери системи управління в технологічних зонах сортувальної станції.
- Розробити методику вибору параметрів мережі відповідно умовам роботи автоматизованої системи управління розформуванням составів (АСУ РС) на сортувальній станції у масштабі реального часу.
- Вибрати метод доступу до фізичного каналу, що забезпечує мінімальний час реакції мережі архітектури Клієнт-Сервер у системах управління технологічними процесами на сортувальній станції.
- Оцінити вплив часу реакції АСУ РС з мережевою технологією Клієнт-Сервер на експлуатаційні показники сортувальної станції, у тому числі на швидкість розпуску составів

на сортувальній гірці.

Об'єкт дослідження: процес розформування-формування составів на сортувальній станції.

Предмет дослідження: інформаційні потоки, які зв'язують окремі компоненти системи управління розформуванням составів на сортувальній станції.

Методи дослідження. Для рішення поставлених задач було обрано імітаційне моделювання. При розробці імітаційних моделей та аналізу результатів моделювання використовувалися методи теорії ймовірності та математичної статистики. У розроблених імітаційних моделях використані відомі методи завдання системного часу: метод фіксованого кроку і метод до наступної події. Для моделювання потоку сигналів з напірного обладнання використані методи теорії масового обслуговування. На імітаційних моделях поставлені експерименти з використанням методів теорії планування експерименту. Для обробки результатів машинних експериментів використовувалися методи регресійного аналізу. Для рішення оптимізаційних задач (визначення максимально можливої довжини даних у мережі, при якій немає наростання черги запитів) використовувалися чисельні методи.

Наукова новизна отриманих результатів.

1. На основі запропонованих автором варіантів діаграм канального рівня ЛОМ розроблені імітаційні моделі роботи нижніх рівнів мережі в АСУ ТП сортувальної станції, за допомогою яких вперше встановлено, що максимально можливої довжини даних, при якій немає наростання черги запитів у мережі (і погіршення експлуатаційних показників), дає маркерний метод доступу в порівнянні з колективним доступом з розпізнаванням несучої і виявленням колізій.

2. На підставі розробленої автором багаторівневої імітаційної моделі мережі архітектури Клієнт-Сервер в АСУ РС вперше встановлено, що при часі обслуговування запитів сервером вище деякого граничного значення, мінімальне математичне очікування часу реакції системи (і покращення експлуатаційних показників) дає випадковий метод; при часі обслуговування вище цього граничного значення, метод доступу не надає практичного впливу на час реакції системи.

3. Показано, що зменшення часу реакції АСУ РС, на основі використання мережевої технології Клієнт-Сервер, дозволяє збільшити швидкість розпуску составів на сортувальній гірці; знайдена відносна залежність такого збільшення.

Практичне значення одержаних результатів:

- розроблені варіанти локального, зонного та комбінованого розміщення контролерів стрілочних переводів на сортувальних гірках різної потужності, які дають мінімальне число контролерів мережі стрілочної зони, що забезпечують працездатність системи при реальному потоку запитів (послідовність сигналів з напірного обладнання);

- розроблена методика вибору технології організації обміну інформації на нижньому рівні мережі АСУ ТП сортувальної станції, яка забезпечує потрібні характеристики інформаційних потоків (інтенсивність потоку запитів, довжина запиту та інші), що визначають якість роботи взаємозв'язаних систем управління сортувальної станції;

- розроблена методика вибору параметрів мережі відповідно умовам роботи системи управління сортувальним процесом у масштабі реального часу;
- розроблено комплекс програм для практичної реалізації авторських імітаційних моделей, що дозволяють розв'язати поставлені задачі;
- на базі розроблених методик наведені практичні рекомендації щодо проектування структури ЛОМ у перспективній системі автоматизації сортувальної станції.

Впровадження результатів роботи. Розроблені моделі та отримані висновки використані при розробці інформаційно-керуючого комплексу на сортувальній станції (ІКК СС), прийнятого в промислову експлуатацію, при розробці технічного завдання на систему автоматизованого управління розформуванням составів на сортувальній станції (АСУ РС), виконаного за завданням Укрзалізниці, а також у звітах за темами:

92.16.87.87 «Інформаційно-планувальна система для сортувальних станцій (ІПС СС). Технічне забезпечення і підсистема діагностики». Звіт по НДР, № 01870049625, кер. Шафіт Є.М., ДПТ, 1987 р. (автором виконаний аналіз інформаційних потоків, математичних моделей, методів і алгоритмів реалізації основних функцій діагностики ЛОМ АСУ);

«Інформаційно-керуючий комплекс сортувальної системи (ІКК СС)». Звіт по НДР, № 02900008855, кер. Зіброва Т.М., ДПТ, 1990 р. (автором розроблена методика розрахунку інформаційних потоків між окремими підсистемами ІКК-СС);

99.01 «Розробка структури, теоретичних основ і алгоритмів функціонування системи автоматизованого керування процесом розформування потягів на сортувальних станціях». Звіти по НДР, кер. Шафіт Є.М., ДПТ, 1993-95 р.р. (автором розроблені варіанти фізичної архітектури системи АСУ РС на сортувальній станції на основі інформаційних мережевих технологій, а також методика розрахунку параметрів локальної обчислювальної мережі в АСУ РС);

99.2 «Розробка теоретичних основ і інструментальних засобів системного аналізу і проектування архітектури перспективних глобальних і локальних обчислювальних мереж для залізниць України на спеціально створеному лабораторному полігоні, обладнаному сучасними апаратними і програмними засобами». Звіт по НДР, кер. Шафіт Є.М., ДПТ, 1998 р. (автором розроблені математичні й імітаційні моделі маркерного методу доступу до шини і колективного доступу з розпізнаванням несучої і виявленням конфліктів);

«Система автоматизованого контролю виконання технологічного процесу і формування повідомлень у АСУ СС і АРМи оперативного персоналу сортувальної станції (СКАТ-СС)». Звіт по НДР, кер. Шафіт Є.М., ДПТ, 2000 р. (автором розроблені постановка й алгоритмізація задач підсистеми «Парк відправлення», принцип організації інформаційної взаємодії з системами верхнього рівня).

Крім того, матеріали дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі в курсі «Локальні обчислювальні мережі», який викладається на кафедрі ЕОМ ДПТУ. За матеріалами дисертації видано методичний посібник «Дослідження характеристик локальної обчислювальної мережі методом імітаційного моделювання».

Особистий внесок здобувача. У роботах [1]-[3] здобувачем розроблені імітаційні моделі ЛОМ в АСУ РС при випадковому та маркерному методах доступу до шини. У роботах [6], [9] здобувачем наведена методика та результати експериментальних досліджень характеристик ЛОМ в АСУ РС на сортувальній станції.

Апробація результатів дисертації. Основні положення роботи доповідалися та обговорювалися: на школі-семінарі «Мікропроцесорні системи зв'язку і управління на залізничному транспорті» (Алушта, 1993); на семінарі наукової ради АН України з проблем «Теоретична електротехніка і електронне моделювання» (Дніпропетровськ, 1994); на 1-й міжнародній науково-технічній конференції «Актуальні проблеми розвитку залізничного транспорту» (Москва, 1994); на 9-13-й міжнародній школі-семінарі «Перспективні системи управління на залізничному, промисловому і міському транспорті» (Алушта, 1996-2000); на 1-й міжнародній науково-практичній конференції «Інфотранс-96» (Санкт-Петербург, 1996); на 4-7-й Українських конференціях по автоматичному управлінню (Черкаси, 1997; Київ, 1998; Харків, 1999; Львів, 2000).

У повному обсязі робота доповідалась і дістала схвалення: на сумісному засіданні наукового семінару «Обчислювальна техніка і автоматичне управління на залізничному транспорті» і кафедри електронних обчислювальних машин Дніпропетровського державного технічного університету залізничного транспорту; на об'єднаному науковому семінарі Національної гірничої академії (м. Дніпропетровськ).

Публікації. За результатами виконаних досліджень опубліковано 9 друкованих робіт, із них 5 - із співавторами. У тому числі 5 статей у наукових журналах, 4 - в збірниках наукових праць.

Структура та об'єм дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів та висновків, які викладені на 161 сторінках, у тому числі на 18 сторінках розташовані 3 таблиці та 20 рисунків, які повністю займають площу сторінки; на 14 сторінках - список літератури з 151 назви. Представлені окремою книгою 5 додатків на 138 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтовані актуальність теми, сформульовано мету і задачі дослідження, основні положення, що захищаються автором, відомості щодо впровадження на результатів.

У першому розділі виконаний аналіз систем автоматизації сортувальних станцій та інформаційних потоків між окремими технологічними зонами.

Із рис. 1 видно, що в парку прибуття (ПП) приймаються потяги, які поступили до розформування. Після відповідної обробки составів у ПП і виконання необхідних операцій з документами подається гірковий локомотив, який насуває состав на сортувальну гірку (СГ) та розпускає вагони на колії сортувального парку (СП). Після накопичення вагонів і закінчення формування в районі формування (РФ) состави витягують у парк відправлення (ПВ), де з ними виконують відповідні операції з відправки. Переробка інформації, що стосується зазначених технологічних зон станції,

виконується в АСУ сортувальної станції (АСУ СС), а останнім часом – у новій системі КС ЕОД (комплексна система електронного обміну даними), яка відрізняється застосуванням нових технічних засобів та інформаційних технологій, зокрема Клієнт-Сервер.

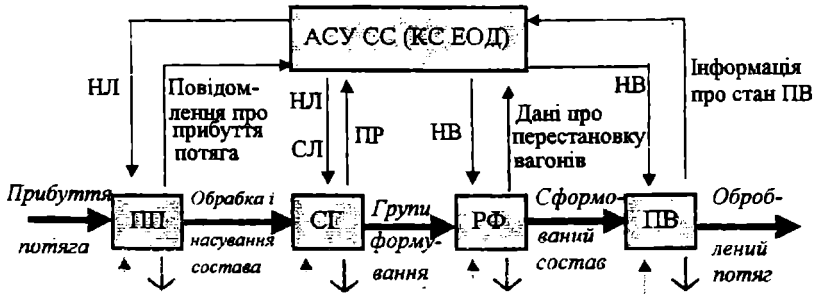


Рис. 1. Схема матеріальних та інформаційних потоків в АСУ РС:

НЛ - натурний лист;

НВ - накопичувальна відомість;

ПР - протокол роботи;

СЛ - сортувальний лист;

- технологічний процес обробки потягів і составів;
- інформаційний зв'язок з АСУ СС;
- інформаційний зв'язок з АРМами;
- інформація з напільного обладнання

Основним джерелом інформації, яка вводиться в АСУ СС (КС ЕОД) на даний час є людина-оператор, але перспективні системи автоматизації (наприклад, АСУ РС) повинні бути обладнані засобами автоматизації вводу інформації в систему верхнього рівня. Прикладом такої системи є інформаційно-керуючий комплекс сортувальної станції (ІКС СС). Показано, що основним середовищем, яке зв'язує головні компоненти АСУ РС, є ЛОМ.

Відмінні особливості технологічного пропуску на сортувальній станції: територіальна розосередженість на станції технологічних дільниць, різноманітність використаного колійного обладнання, обмеження часу на прийняття рішення, високі вимоги до надійності виконання окремих технологічних операцій та інші, визначають необхідність дослідження ЛОМ з метою забезпечення заданих показників якості систем управління технологічними процесами.

У другому розділі визначено місце ЛОМ у загальній архітектурі АСУ РС. Як показано на рис. 2 АСУ РС складається із ряду локальних підсистем: АСУ парком прийому (АСУ ПП), АСУ швидкістю розпуску (АСУ ПР), АСУ маршрутами прямування (АСУ МП), АСУ інтервального регулювання (АСУ ІР), АСУ прицільного регулювання (АСУ ПР), АСУ районом формування (АСУ РФ), АСУ парком відправлення (АСУ ПВ). Багаторівневість комплексу технічних засобів, наявність системного серверу та використання загальних баз даних дозволяє рекомендувати архітектуру Клієнт-Сервер для побудови ЛОМ в АСУ РС.

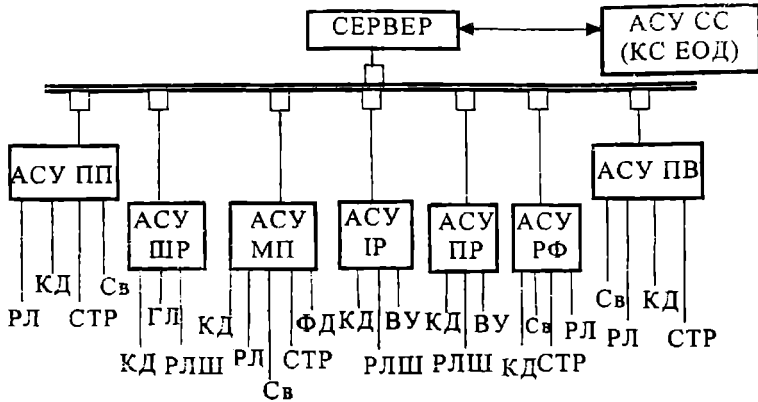


Рис. 2. Структура АСУ РС:

РЛ - рельсові ланцюги, КД - колійні датчики, СТР - стрілки;
Св - світлофор, ГЛ - гірковий локомотив, РЛШ - радіолокаційний швидкомір, ФД - фотодатчики, ВУ - вагоноуповільнювач

У даному розділі обгрунтована необхідність постановки та рішення задачі аналізу локальної мережі в АСУ ТП на сортувальній станції. На основі аналізу моделей, методів і засобів дослідження і проектування обчислювальних систем і мереж поставлено і в наступних розділах розв'язано комплекс задач дисертаційної роботи, який показано на рис. 3. Нижній рівень автоматизації технологічного процесу розглядається в задачі А, яка розбита на такі задачі: задача А1 (вибір істотних факторів), задача А2 (вибір варіанта розміщення контролерів), задача А3 (дослідження нерегулярної структури мережі для гірок різної потужності), задача А4 (дослідження регулярної структури мережі для гірок різної потужності). Дослідження часу реакції системи середнього рівня автоматизації (АСУ ІР) виконано в задачі Б, а саме: в задачі Б1 (при часі обслуговування запиту сервером менш 1 мс) і в задачі Б2 (при часі обслуговування запиту сервером менш 10 мс) при різних методах доступу. Дослідження часу реакції системи верхнього рівня автоматизації (АСУ РС) вирішується в задачі В. Для вирішення цих задач розроблені імітаційні моделі ЛОМ.

У третьому розділі на основі аналізу топології об'єкту автоматизації визначена доцільність використання для даних систем шинної топології, розроблені формальні та імітаційні моделі ЛОМ.

На даному етапі розглядається нижній рівень ЛОМ, що зв'язує контролери нижнього рівня АСУ ТП (контролери стрілочної зони, уповільнювачів, знімання інформації з напільного устаткування парків сортувальної станції й ін.) Такі контролери будемо називати станціями ЛОМ, а сигнали, що надходять на контролери від напільного устаткування, заявками.

НТБ
ДНУЗТ

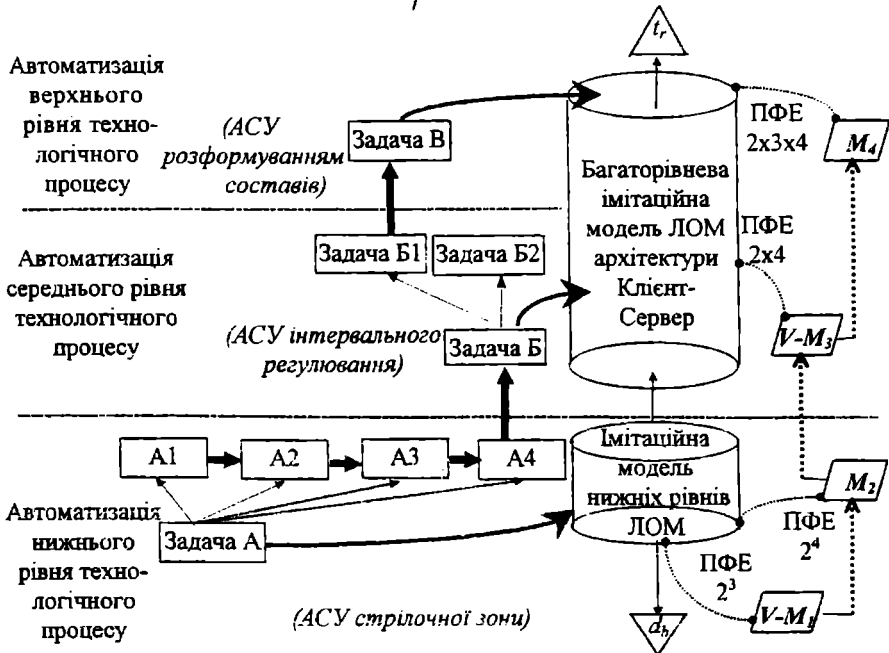


Рис. 3. Комплекс експериментальних задач дослідження:
 d_b - максимально можлива довжина даних, при якій немає
 наростання черги запитів; t_r - час реакції системи з мережевою технологією;
 V - випадковий метод доступу; M - маркерний метод доступу;
 ПФЕ - повний факторний експеримент

На основі виконаної класифікації методів доступу, що використані у ЛОМ, для подальшого дослідження вибрані методи, які відповідають загальноприйнятим міжнародним стандартам. На рис. 4 наведені формальні моделі колективного доступу з розпізнаванням несучої і виявленням колізій (в подальшому – випадкового метода) та маркерного метода доступу до шини, для яких розроблені авторські імітаційні моделі. Імітаційні моделі представлені програмами, де випадковий потік заявок моделювався з заданим законом розподілення.

У ході експериментальних досліджень весь період моделювання T_{mod} було розбито на ряд однакових часових проміжків $\Delta T (\Delta T_0, \Delta T_1, \dots, \Delta T_i, \dots, \Delta T_{k-1})$. На кожному з таких проміжків було визначено середнє число заявок у черзі, що надходять за законом Пуассона (рис. 5).

Середнє число заявок у черзі N_{cp} визначалось за наступною формулою:

$$N_{cp}(T) = \frac{\int_0^T N(t) dt}{T}, \quad (1)$$

де $N(T)$ - число заявок в черзі

НТБ
ДНУЗТ



Рис. 4. Формальна модель каналного рівня:

а) - випадкового методу; б) - маркерного методу

Тому що $N(t)$ є кусочно-лінійною функцією, то можна перейти від формули (1) до формули

$$N_{cp_j} = \frac{\sum_{i=0}^{n_j-1} N_i(t_{i+1} - t_i)}{\Delta T_j}, \quad (2)$$

де N_{cp_j} - середнє число заявок у черзі на j -му часовому проміжку;

n_j - число змін довжини черги на j -му часовому проміжку.

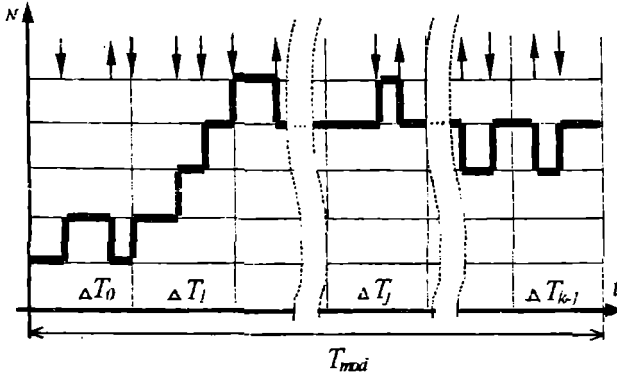


Рис. 5. Динаміка зміни черги заявок

↓ - надходження заявки до черги,

↑ - вихід заявки після обслуговування

На підставі використання імітаційної моделі розроблено методику знаходження максимально можливої спроможності мережі, на підставі якої визначено тенденцію до зростання черги заявок, а також методику знаходження середньої довжини черги заявок, середнього та максимального часу очікування запиту в черзі

У четвертому розділі на розроблених імітаційних моделях виконано

дослідження мережі в перспективних системах автоматизації стрілочної зони (система автоматизації нижнього рівня). У перспективних системах автоматизації стрілочної зони головною технологічною дільницею є стрілочна дільниця (рис. 6).

Основою дослідження є розроблена методика визначення максимально можливої довжини даних заявок, що надходять до станцій мережі (контролерів)

$$d_b(N_{st}, \bar{\Lambda}, V) \rightarrow \max, \quad (3)$$

де N_{st} - число станцій ЛОМ у системі автоматизації;

$\bar{\Lambda}$ - вектор інтенсивностей потоків заявок, що надходять на станції ЛОМ;

V - фізична швидкість передачі даних, при дотриманні обмеження

$$K^3(N_{st}, \bar{\Lambda}, V) \leq K_{cr}^3 \quad (4)$$

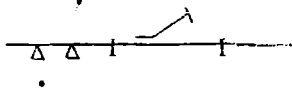


Рис. 6. Стрілочна дільниця:

• - фотодатчик (ФД),

Δ - коливний датчик (КД).

┌—┐ - рейкові ланцюги (РЛ)

де K_{cr}^3 - критичне значення коефіцієнта завантаження,

$K^3 = \tan(\alpha)$, α - кут нахилу прямої, що апроксимують значення N_{cp_j} на осі часу моделювання.

Запропоновані варіанти локального, зонного та комбінованого розміщення контролерів стрілочних переводів (рис. 7). На базі імітаційного моделювання мережі стрілочної зони встановлені істотні фактори, які впливають на роботу ЛОМ: число контролерів у мережі, швидкість передачі даних, інтенсивність вхідного потоку.

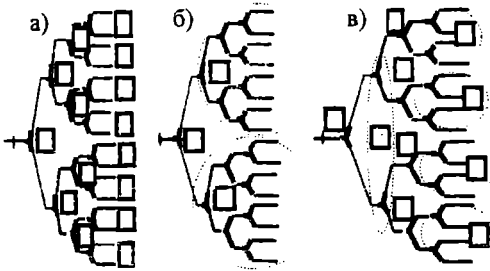


Рис. 7. Розміщення контролерів стрілочних переводів на ГМП (нерегулярна структура): а) – локальне; б) – зонне; в) – комбіноване
□ - місце розташування контролера

Наприклад, дослідження на імітаційній моделі мережі стрілочної зони гірки середньої потужності показало, що зміна числа контролерів з 12 до 8 при збільшенні інтенсивності з 20 запитів/с до 40 запитів/с (запит - сигнал, який надходить з напільного обладнання) впливає на довжину блоку даних, але не веде до наростання черги запитів.

На розроблених імітаційних моделях проведені два експериментальних дослідження нерегулярної структури ЛОМ системи автоматизації стрілочної зони гірок середньої

(ГСП), великої (ГВП) та підвищеної (ГПП) потужності. Так, наприклад, мета першого дослідження «V-M₁»: вибір методу доступу на базі максимально можливої довжини блоку даних (d_b), коли не відбувається наростання черги при різноманітних вхідних параметрах мережі: числі контролерів у мережі (N_{st}); швидкості передачі даних ($5 \leq V \leq 10 \text{ Мбіт/с}$); інтенсивності вхідного потоку (наприклад, $20 \leq \lambda \leq 40 \text{ запит/с}$ для ГСП). Так для маркерного методу коефіцієнти рівнянь регресії визначені в передбаченні, що має місце парна та потрійна взаємодія факторів:

$$\hat{d}_b = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{1,2}x_1x_2 + b_{1,3}x_1x_3 + b_{2,3}x_2x_3 + b_{1,2,3}x_1x_2x_3; \quad (5)$$

де $\hat{d}_b$ - оцінки відгуків; b_i - коефіцієнти моделі; x_i - кодоване значення i -го фактора.

Для знаходження коефіцієнтів взято один із методів теорії планування експерименту - повний факторний експеримент (ПФЕ) 2^3 . Знайдені за відомою формулою математичної статистики b -коефіцієнти у (5) зведені в табл. 1.

Дослідження показало, що маркерний метод доступу в порівнянні з випадковим методом дозволяє використати більшу максимально можливу довжину блоку даних, при якій немає наростання черги запитів.

У другому дослідженні «M₂» одержані залежності середньої довжини черги запитів, середнього та максимального часу очікування запитів у черзі від довжини блоку даних, при різній швидкості передачі даних, при різній інтенсивності потоку запитів для маркерного методу. Отримані залежності дозволяють перейти до рішення питання про необхідні характеристики ЛОМ (кількість станцій - N_{st} , інтенсивність

Таблиця 1

Значення b -коефіцієнтів

Тип СГ	Модель	ШМД							
		b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{123}
ГСП	$\hat{d}_{b_1}$	3523	-797	1209	-1209	-367	367	-475	236
ГВП	$\hat{d}_{b_2}$	1368	-268	471	-195	-90	44	-65	44
ГПП	$\hat{d}_{b_3}$	691	-155	245	-245	-56	56	-89	19

потоків запитів - λ , швидкість обміну - V), які забезпечують необхідні показники якості системи автоматизації стрілочної зони. Для цього був зроблений зворотний перехід від кодованих значень факторів до натуральних. Знайдено область припустимих значень факторів, при яких виконуються умови експлуатаційно-технічних вимог до ЛОМ стрілочної зони. На рис. 8 показано область припустимих значень (N, λ) при $V=10$ Мбіт/с, що обмежена кривими $N_{st} = f_1(\lambda)$, $N_{st} = f_2(\lambda)$, $N_{st} = f_3(\lambda)$, які забезпечують обмеження характеристик ЛОМ: середньої довжини черги запитів (f_1), середнього (f_2) та максимального часу очікування запитів у черзі (f_3).

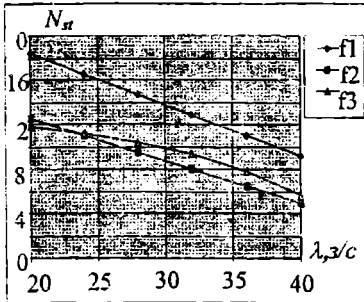


Рис. 8. Перетин області припустимих значень N_{st} і λ площиною $V=10$ Мбіт/с

У цьому розділі виконано також дослідження регулярної структури мережі системи автоматизації стрілочної зони. Рекомендовано використати регулярну структуру ЛОМ стрілочної зони для гірок різних потужностей (число контролерів може бути зменшено до п'яти).

У п'ятому розділі розроблена багаторівнева імітаційна модель мережі архітектури Клієнт-Сервер в системах автоматизації сортувального процесу та проведено ряд експериментів на цій моделі. На рис. 9 наведена структура цієї моделі, в якій запропонована схема пересилки запиту від клієнта до серверу, і, навпаки, відповіді сервера клієнту, через «поштові скриньки» (п/с), що дозволяють емулювати взаємодію різних рівнів моделі. У розробленій моделі ЛОМ архітектури Клієнт-Сервер в АСУ РС доцільно сім рівнів моделі взаємозв'язку відкритих систем подати у вигляді трьох рівнів ієрархії - нижнього (НР), середнього (СР) і верхнього (ВР), таке зображення відповідає реальним протоколам роботи мережі. Модель верхнього рівня ЛОМ передбачає технологію Клієнт-Сервер, у рамках якої запити від усіх станцій мережі, сформовані при наїзді колеса відчіпа на колійний датчик, спрацювання фотодатчика на стрілочній ділянці, в'їзд відчіпу на рейковий ланцюг й ін., надходять у сервер, де обробляються в порядку надходження. Розроблені формальні моделі клієнта і серверу на верхньому рівні. На середніх мережевих рівнях для моделювання вибрано протокол GPX/SPX, розроблені моделі каналу-передавача і каналу-приймача.

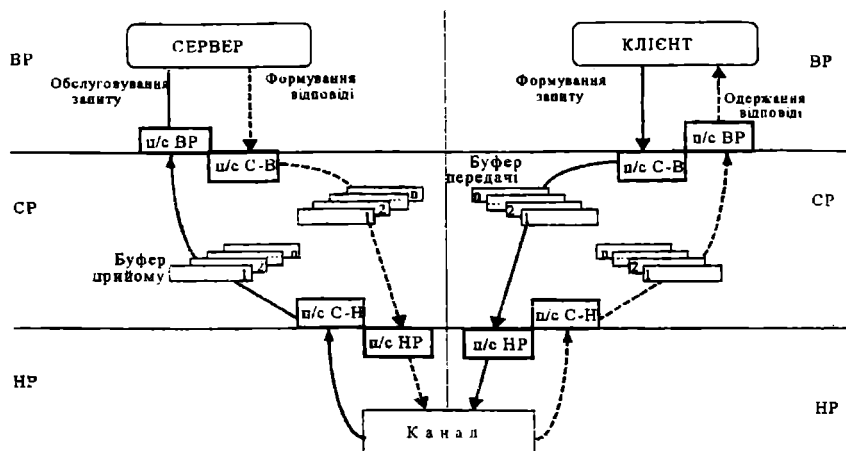


Рис. 9. Багаторівнева модель ЛОМ архітектури Клієнт-Сервер в АСУ ТП на сортувальній станції

В АСУ ТП одним з основних показників є час реакції системи, що впливає як на перероблювальну спроможність технологічного об'єкта, так і на виконання вимог техніки безпеки.

Час реакції системи архітектури Клієнт-Сервер при появі i -го запиту може бути знайдений за формулою:

$$\tau_{r_i} = \tau_{k_i}^{уст} + \tau_{z-v_i}^{обм}, \quad (6)$$

де τ_{r_i} - час реакції системи на i -й запит;

$\tau_{k_i}^{уст}$ - час установаження каналу при обробці i -го запиту;

$\tau_{z-v_i}^{обм}$ - час обміну «запит-відповідь» при обробці i -го запиту.

Тоді оцінка математичного очікування часу реакції буде знайдена за наступною формулою:

$$\hat{m}_{\tau_r} = \frac{\sum_{i=1}^n \tau_{r_i}}{n}, \quad (7)$$

де τ_{r_i} - час реакції для i -го запиту; n - число запитів.

На багаторівневих імітаційних моделях проведені експериментальні дослідження часу реакції системи з мережевою технологією в АСУ IP (задача Б) та АСУ PC (задача В). Метою третього дослідження «V-M₃» в рамках задачі Б є вибір методу доступу в ЛОМ архітектури Клієнт-Сервер при різному часі обслуговування запитів сервером. Метою четвертого дослідження «M₄» в рамках задачі В є вибір швидкості передачі даних у ЛОМ архітектури Клієнт-Сервер при маркерному методі. Для об-

робки результатів експериментів було використано апарат ортогональних поліномів і планування багаторівневих експериментів: у третьому дослідженні використовувався ПФЕ 2х4 (для прикладу на рис. 10 наведена поверхня, яка побудована при випадковому методі доступу), у четвертому - ПФЕ 2х3х4.

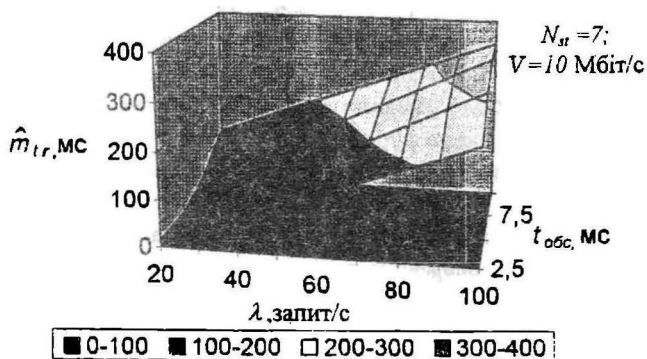


Рис. 10. Залежність математичного очікування часу реакції системи АСУ ІР ($\hat{m}_{tr}$) від інтенсивності потоку запитів (λ) і часу обслуговування запиту сервером ($t_{обс}$)

Із зменшенням часу реакції АСУ РС зменшується інтервал між відривами відчіпів, отже збільшується швидкість розпуску (рис. 11) та зменшується час перебування составів на станції. Зроблено розрахунково економічного ефекту за рік для сортувальних станцій різної перероблювальної спроможності внаслідок скорочення часу виконання окремих технологічних фаз і скорочення часу реакції системи управління.

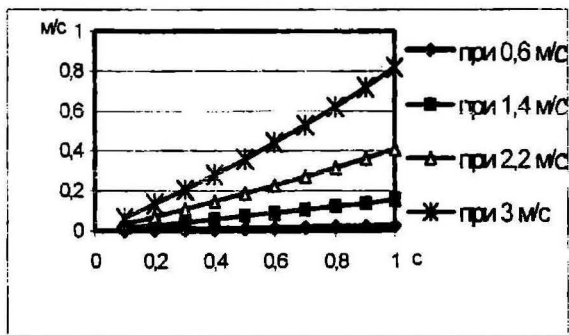


Рис. 11. Збільшення швидкості розпуску внаслідок зменшення часу реакції системи АСУ РС

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішена наукова задача аналізу, вибору та раціонального застосування інформаційних мережевих технологій в системах управління сортувальним процесом, що дозволяє удосконалити експлуатаційну роботу сортувальної станції.

Основні наукові результати, висновки та практичні рекомендації дисертаційної роботи полягають у наступному

1. Стан автоматизованих систем управління технологічними процесами на станціях характеризується необхідністю заміни застарілих систем сучасними системами управління сортувальним процесом з використанням мережевих технологій.

На основі аналізу топології об'єкту автоматизації установлена доцільність використання шинної топології ЛОМ в АСУ ТП на сортувальній станції. На основі наведеної класифікації методів доступу в ЛОМ з шинною топологією, для дослідження обрані випадковий метод (колективний доступ з розпізнаванням несучої та виявленням колізій) і маркерний метод доступу до шини, що відповідають міжнародним стандартам.

2. Через складність математичного опису структури мережі та стохастичного характеру потоку запитів для аналізу ЛОМ вибрано метод імітаційного моделювання і вперше розроблені імітаційні моделі мережі в системах автоматизації технологічного процесу нижнього, середнього та верхнього рівнів, що дозволяє при відсутності реальних систем з ЛОМ на сортувальних станціях проводити попередні дослідження.

3. Внаслідок наукових досліджень та експериментів на розроблених імітаційних моделях ЛОМ перспективної системи автоматизації стрілочної зони на сортувальних гірках:

3.1. Запропоновано варіанти локального, зонного та комбінованого розміщення контролерів стрілочних переводів для регулярної і нерегулярної структури. Рациональним визначено варіант комбінованого розміщення, який забезпечує мінімальне число станцій мережі при їх достатньо близькому завантажуванні для регулярної структури стрілочної зони. При цьому число контролерів може бути зменшено до п'яти.

3.2. На основі проведених повних факторних експериментів на імітаційних моделях роботи нижніх рівнів ЛОМ для різних вхідних параметрів мережі (числі активних станцій, швидкості передачі даних, інтенсивності потоку запитів) встановлені залежності:

- максимально можливої довжини блоку даних, при якій не наростає черга запитів;
- впливу вхідних параметрів ЛОМ на характеристики їх функціонування: середній та максимальний час очікування запиту в черзі та ін

Одержані результати моделювання дозволяють зробити вибір методів доступу до фізичного середовища в ЛОМ для різних районів АСУ РС у залежності від їх конкретних експлуатаційних характеристик, так, наприклад для стрілочної зони доцільно використати маркерний метод доступу, оскільки він дозволяє використати блоки даних майже в 9 разів більшої довжини - 4500 октет (при кількості станцій в мережі 12, швидкості передачі даних 10 Мбіт/с, інтенсивності потоку 80 запитів/с) проти 525 октет - ніж випадковий. Більша довжина блоку даних запиту дозволяє більш інформативно характеризувати стан технологічного процесу.

3.3. На основі отриманих залежностей розроблена методика вибору параметрів ЛОМ технологічних зон сортувальної гірки. Так, наприклад, при інтенсивності потоку запитів від напільного обладнання 35 запитів/с (що відповідає вибраній структурі

стрілочної дільниці та допустимої швидкості руху відчіпа) і швидкості передачі даних 10 Мбіт/с число станцій ЛОМ стрілочної зони не повинно перевищувати 7 при технологічних обмеженнях на середній та максимальний час очікування.

4. Виконано теоретичні та експериментальні (на імітаційній моделі) дослідження архітектури та інформаційних потоків системи АСУ РС, яка представлена комплексом взаємозв'язаних підсистем АСУ ТП технологічними зонами сортувальної станції.

4.1. Багаторівневість комплексу технічних засобів, наявність системного серверу та використання загальних баз даних в АСУ РС дозволяє рекомендувати мережеву архітектуру Клієнт-Сервер для побудови цієї системи. Запропоновані можливі варіанти архітектури АСУ РС на сортувальній станції.

4.2. Вперше побудована багаторівнева імітаційна модель ЛОМ АСУ РС на основі базової моделі взаємодії відкритих систем. Розроблені діаграми становищ, які показують функціонування мережі на різних рівнях.

4.3. На багаторівневій імітаційній моделі мережі архітектури Клієнт-Сервер в АСУ РС визначені показники роботи мережі при різних характеристиках обслуговування мережі і потоків запитів, методах доступу. При цьому вперше встановлено, що при часі обслуговування запитів сервером вище деякого граничного значення, мінімальне математичне очікування часу реакції системи дає випадковий метод. Так, наприклад, знайдено, що при інтенсивності потоку 100 запитів/с і часі обслуговування 20 мс математичне очікування часу реакції при маркерному методі становить біля 330 мс, а при випадковому методі – близько 270 мс.

На цій же моделі знайдено, що максимально припустимий час очікування запиту в черзі забезпечує маркерний метод доступу.

Таким чином, в підсистемах з некритичним часом реакції доцільно використовувати випадковий метод доступу, але в підсистемах з критичним часом обслуговування необхідно використовувати маркерний метод доступу, який дає гарантований максимальний час реакції.

5. Знайдено конкретний вплив використання мережевої технології в системах автоматизації сортувальної станції:

5.1. Із зменшенням часу реакції системи автоматизації сортувального процесу зменшується інтервал між відривами відчіпів, отже збільшується швидкість розпуску та зменшується час перебування составів на станції. Наприклад, при швидкості розпуску 3 м/с зменшення часу реакції на 0,5 с приводить до збільшування швидкості розпуску на 0,36 м/с.

5.2. Використовування мережевої технології в системі автоматизації прискорює виконання окремих фаз у парках сортувальної станції, що скорочує час перебування составів на станції та веде до прискорювання обороту вагонів.

Розрахунок показує, що для станції з перероблювальною спроможністю 5000 вагонів у добу (без урахування транзитних потягів) економічний ефект за рік складе біля півмільйона гривень внаслідок скорочення часу виконання окремих техноло-

гічних фаз і скорочення часу реакції системи керування.

Достовірність результатів виконаних досліджень полягає в тому, що використані відомі математичні методи; методи імітаційного моделювання (послідовне та подійне завдання системного часу); стандартизовані методи доступу до середовища в ЛОМ; моделювання ЛОМ на основі еталонної моделі взаємодії відкритих систем; теоретичні положення та методи теорії планування експерименту, теорії імовірності, теорії математичної статистики, а також в апробації пропозицій при їх практичній реалізації в технічних завданнях на системи ІКК СС, АСУ РС.

Перелік робіт, в яких опубліковані наукові результати:

1. Жуковицкий И.В., Пахомова В.Н. Имитационное моделирование методов доступа в локальных вычислительных сетях (ЛВС) в системах автоматизации сортировочного процесса на станциях // Инфотранс-96. Информационные технологии на железнодорожном транспорте, Санкт-Петербург. - 1996. - с. 313-327;
2. Жуковицкий И.В., Пахомова В.Н. Имитационное моделирование маркерного метода доступа к шине для ЛВС информационно-управляющих систем сортировочной станции // Информационно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 1997 № 5/6. - с. 54-58;
3. Шафит Е.М., Пахомова В.Н. Использование сетевых информационных технологий в системе автоматизации технологического процесса на сортировочных станциях железнодорожного транспорта // Праці 5-ї Української конференції з автоматичного управління «Автоматика-98» - Том 4.- Київ: КПІ, 1998. - с. 360-365;
4. Пахомова В.Н. Имитационное моделирование ЛВС архитектуры Клиент-Сервер в системах автоматизации сортировочного процесса // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті.-1998. - № 2. - с.71-75;
5. Пахомова В.Н. Планирование эксперимента в системах автоматизации стрелочной зоны // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 1999. - № 4.- с. 9-12;
6. Жуковицкий И.В., Пахомова В.Н. Экспериментальные исследования на имитационной сетевой модели информационных потоков в системах автоматизации интервального и прицельного регулирования на сортировочной горке // Вісник Харківського державного політехнічного університету – Вип. 73. - Харків: ХВПУ, 1999. - с. 64 – 69;
7. Пахомова В.Н. Экспериментальные исследования на имитационной модели случайного метода доступа к среде в системах автоматизации маршрутами движения на сортировочной станции // Праці 7-ї Української конференції з автоматичного управління «Автоматика-2000» - Том 4.- Львів: ЛПІ, 2000. - с. 73-78;
8. Пахомова В.Н. Принципы организации структуры локальной вычислительной сети в системах автоматизации стрелочной зоны на сортировочных горках // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті.-2000. - № 2. - с. 7 - 10;
9. Жуковицкий И.В., Пахомова В.Н., Луханин Н.И. Исследование структуры ЛВС в перспективных системах автоматизации стрелочной зоны на сортировочных

горках различных типов (часть 1) // Информационно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 2000. - № 4. - с. 85 - 90.

Анотація

Пахомова В.М. Удосконалення технології роботи систем управління сортувальним процесом на основі раціональної організації інформаційних потоків на станціях. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту, Дніпропетровський державний технічний університет залізничного транспорту, Дніпропетровськ, 2000.

Дисертаційна робота присвячена питанням дослідження характеристик локальних обчислювальних мереж (ЛОМ) в автоматизованих системах управління (АСУ) на сортувальних станціях. Розроблені імітаційні моделі колективного доступу з розпізнаванням несучої та виявленням колізій (КДРН/ВК), маркерного методу доступу до шини (ШМД) і багаторівнева модель ЛОМ архітектури Клієнт-Сервер. У ЛОМ стрілочної зони визначена максимальна довжина даних, при якій не наростає черга запитів. Установлені основні статистичні характеристики часу реакції ЛОМ архітектури Клієнт-Сервер в умовах експлуатації АСУ розформуванням составів (АСУ РС). Результати роботи використані у типовому технічному завданні на АСУ РС.

Ключові слова: сортувальні станції, розформування составів, ЛОМ, КДРН/ВК, ШМД, імітаційні моделі, Клієнт-Сервер.

The summary

Paхомova V.N. The perfection of work technology of management systems of sorting process on the basis of rational organization of information flows on stations. - Manuscript.

The dissertation on a technical science candidate's degree by the speciality 05.22.20 – exploitation and repair transport means. The State Technical Railway Transport University, Dnepropetrovsk, 2000.

The dissertation is devoted to questions of research of the characteristics of Local Area Networks (LAN) in management automatic systems (MAS) on sorting stations. The imitation models of Carrier Sense Multiple Access and Collision Detection (CSMA/CD), Token Access to Bus (TAB) and multilevel models of LAN architecture the Client-Server are developed. The maxi length of data (when is not growing turn) is determined in LAN of points zone. The main statistical characteristics of time reaction the LAN architecture Client-Server under operating conditions the MAS of disbandment of trains (MAS DT) are established. The results of the work are used in the Typical Technical Projects on MAS DT.

Key words: sorting stations, disbandment of trains, LAN, CSMA/CD, TAB, imitation models, Client-Server.

Дніпропетровський
інститут інженерів
залізничного
транспорту
БІБЛІОТЕКА

НТБ
ДНУЗТ

Аннотация

Пахомова В.Н. Совершенствование технологии работы систем управления сортировочным процессом на основе рациональной организации информационных потоков на станциях. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 – эксплуатация и ремонт средств транспорта, Днепропетровский государственный технический университет железнодорожного транспорта, Днепропетровск, 2000.

Диссертация посвящена вопросам исследования характеристик локальных вычислительных сетей (ЛВС) в автоматизированных системах управления (АСУ) на нижнем, среднем и верхнем уровнях автоматизации технологического процесса на сортировочных станциях.

Разработаны имитационные модели нижних уровней ЛВС для коллективного доступа с опознаванием несущей и обнаружением коллизий (КДОН/ОК) и маркерного метода доступа к шине (ШМД) с целью оценки максимально возможной длины блока данных, при которой не происходит нарастания очереди запросов. На разработанных имитационных моделях ЛВС проведены исследования регулярной и нерегулярной структуры сети в перспективных системах автоматизации стрелочной зоны (нижний уровень автоматизации) для сортировочных горок различной мощности с использованием методов теории планирования эксперимента.

Для систем автоматизации среднего (АСУ интервальным регулированием) и верхнего уровней автоматизации (АСУ расформированием составов) разработаны многоуровневые имитационные модели ЛВС архитектуры Клиент-Сервер. Поскольку эти системы являются системами реального времени, то на разработанных многоуровневых имитационных моделях ЛВС архитектуры Клиент-Сервер проведены экспериментальные исследования возможности использования флэш-дисков (хранение наиболее часто используемых компонентов базы данных) и влияния времени обслуживания запроса сервером при различных методах доступа к физической среде. Установлены основные статистические характеристики времени реакции ЛВС архитектуры Клиент-Сервер в рассматриваемых системах автоматизации.

С уменьшением времени реакции системы автоматизации сортировочного процесса за счет применения сетевой технологии уменьшается интервал между отрывами отцепов на вершине сортировочной горки, что ведет к увеличению скорости выпуска и к сокращению времени простоя подвижного состава на станции. К сокращению времени простоя подвижного состава на станции приводит также и ускорение выполнения отдельных технологических фаз в парках сортировочной станции за счет использования сетевой технологии в системах автоматизации.

Результаты работы использованы в информационно-управляющем комплексе сортировочной станции (ИУК-СС) и в типовом техническом задании на автоматизированную систему управления расформированием составов (АСУ РС).

Ключевые слова: ✓сортировочные станции, ✓расформирование составов, ЛВС, КДОН/ОК, ШМД, имитационные модели, Клиент-Сервер.

НТБ
ДНУЗТ

Пахомова Вікторія Миколаївна

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ
СОРТУВАЛЬНИМ ПРОЦЕСОМ НА ОСНОВІ РАЦІОНАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ
ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ НА СТАНЦІЯХ

Автореферат

Підписано до друку 20.10.2000.

Формат 60x84 1/16. Папір для множних апаратів. Різограф.

Умовн. друк. арк. 1,0. Обл. вид. арк. 1,0. Тираж 100 прим.

Зам. 435. Безкоштовно.

Дніпропетровський державний технічний
університет залізничного транспорту

Адреса університету та дільниці оперативної поліграфії:
49010, Дніпропетровськ, вул. Акад. В.А. Масаряна, 2.

Сканировала Камьянская Н.А.

НТБ
ДНУЗТ