

УДК 656.212.2

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.38714

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ МОБІЛЬНОГО ЗАЛІЗНИЧНОГО ВАГОНА ПРИ ДОСТАВЛЕННІ ПОШТИ І ВАНТАЖОБАГАЖУ В МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ

© А. М. Котенко, П. С. Шилась, О. О. Пархоменко

Запропонована нова технологія перевезення пошти і вантажобагажу мобільним залізничним вагоном в міжнародному сполученні. Технологія передбачає доставлення пошти і вантажобагажу самохідним залізничним поштовим вагоном, який може прямувати як у складі пасажирського поїзда так і самостійно. Побудовані графи станів і системи диференціальних рівнянь руху вагона, які досліджено за методом візуального математичного програмування

Ключові слова: пошта, вантажобагаж, графи станів, диференціальні рівняння, мобільний залізничний вагон

It is proposed a new technology of transport of mail and cargo mobile railway wagons in international traffic. The technology provides for the delivery of mail and cargo by self-propelled railway mail car, which can be sent as part of a passenger train and independently. State graphs and systems of differential equations of motion of the carriage are built. They were investigated by means of visual mathematical programming

Keywords: mail, cargo, state graphs, differential equations, mobile railway car

1. Вступ

Необхідність відновлення економіки України, досягнення світових стандартів якості рівня життя, вимагає запровадження новітніх інформаційних та принципово нових технологій забезпечення прискорення доставлення пошти, вантажобагажу на основі розвитку глобальної логістики при міжнародних перевезеннях.

Один з напрямків підвищення ефективності функціонування пошти в державі є доставка її мобільними залізничними вагонами, як альтернатива автомобільному та пасажирському залізничному транспорту.

Для технологічного забезпечення перевезень пошти і вантажобагажу мобільними залізничними вагонами застосовано теорію масового обслуговування, побудовані граф станів руху та диференційні рівняння акад. Колмогорова.

2. Огляд наукових досліджень

Дослідження, проведені в даній роботі [1], були спрямовані на розробку методів і алгоритмів, що дозволяють на основі використання даних про вхідних і вихідних потоках вузлів мережі визначити експлуатаційні показники, необхідні для оперативно-диспетчерського управління перевезеннями пошти по мережі поштового зв'язку. При цьому

основні результати виконаної роботи полягають у наступному:

Показано, що завдання розрахунку мужвулових потоків поштових маршрутів за даними про вхідних і вихідних потоках вузлів мережі можна сформулювати у вигляді задачі нелінійного програмування. При такій постановці обсяг необхідних для вирішення завдання вихідних даних знижується порівняно з обсягом даних, що обробляються при визначенні міжвузлових навантажень за допомогою обстежень поштових потоків.

В роботі [2] розроблена структурна модель поштового зв'язку Російської Федерації на сучасному етапі життєвого циклу, яка доводить суттєва відмінність міжнародного поштового обміну від внутрішньоросійського; виявлені і сформульовані особливості та проблеми сучасного етапу розвитку міжнародного поштового обміну, як результат проведення комплексного аналізу економічної ефективності діяльності ФРУП-«Пошта Росії».

Оптимальні плани руху вхідної міжнародної пошти по мережі поштового зв'язку, отримані на основі розробленого алгоритму вдосконалення оперативного планування, для умов для надходження пошти у звичайному режимі та в період пікових навантажень; нова технологічна карта обробки вхідної міжнародної пошти для практичної реалізації запропо-

нованих оптимальних планів, що враховує особливості митного законодавства Росії.

В роботі [3] відмічається, що існуюча технологія, велика кількість рівнів ієрархії мережі поштового зв'язку потребує значної кількості етапів оброблення поштових відправлень, значної вартості оброблення одного поштового відправлення, значних термінів пересилання поштових відправлень між вузлами поштового зв'язку внаслідок дублювання операцій у вузлах різного рівня ієрархії, через які прямує пошта.

В роботі [4] вказується, що вирішення проблеми скорочення витрат на функціонування мережі поштового зв'язку є основною передумовою забезпечення виконання поштовим зв'язком своєї головної функції – пересилання поштових відправлень і періодичних видань. Вирішення проблеми скорочення термінів проходження пошти і періодичних видань має виключно важливе економічне, політичне, соціальне та культурне значення, обумовлене підвищенням ефективності управління народногосподарським комплексом; зміцненням позицій державної пошти в конкуренції з комерційними поштовими структурами та електронними засобами телекомунікацій; своєчасним доставлянням передплатникам періодичних видань, особливо загальнодержавних; зближенням і більш близьким спілкуванням людей; підвищенням якості послуг поштового зв'язку; піднесенням авторитету державної пошти України; зростанням обсягів поштових відправлень і, як наслідок, зростанням прибутків від їх пересилання.

В роботі [5] визначено умови відсутності простоїв процесів сортування і пакування поштових одиниць, які являють собою математичний опис зазначених процесів та дають можливість визначити середнє значення часу, що витрачається на простоях сортування або упаковки. З проведених досліджень ефективності сортування і пакування поштових одиниць випливає, що при організації процесів сортування із звичайною упаковкою середнє значення реальної продуктивності сортування складає 75 % від технічної внаслідок непередбачених простоїв сортування. Експериментальним шляхом визначено фактичний розподіл значень продуктивності сортування письмової кореспонденції по осередках сортувальних шаф. Розроблено алгоритм закріплення осередків сортувального шафи за поштовими потоками і розрахунку часу та продуктивності сортування, який дає можливість досягти максимальної продуктивності операції ручного сортування письмової кореспонденції. Розроблено алгоритми моделювання процесів сортування і паралельного або послідовного пакування поштових одиниць та алгоритм швидкого моделювання часових показників процесів сортування і пакування поштових одиниць. Розроблена методика оптимізації процесів сортування і пакування поштових одиниць та методика оптимізації кількості та ємності.

У роботі [6] проведено науковий аналіз й узагальнення діючих аспектів формування та впровадження інформаційних систем управління у по-

штовому зв'язку (в умовах впровадження новітніх інформаційних технологій), розвитку послуг поштового зв'язку в Україні. Обґрунтовано, що для оцінки економічної ефективності інформаційних систем управління в поштовий зв'язок доцільно використовувати метод експертного опитування. Розроблено процедуру використання даного методу в конкретних умовах підприємств поштового зв'язку й технологію розрахунку експертних оцінок, визначено вагові коефіцієнти для окремих критеріїв при впровадженні систем управління. Автором досліджено зміст категорії ефективності з погляду застосування в оцінці впровадження інформаційних систем управління та вироблено системний підхід до формування механізму оцінки. Проведені дослідження дозволили автору розробити структурно-функціональну схему яка показує, що склад сучасної інформаційної системи управління повинен включати наступні функціональні модулі: аналіз і контроль стану зовнішнього середовища, прогноз змін; забезпечення адекватної реакції на зміну середовища й стану підприємства; моніторинг (контроль, аналіз, оцінка) стану підприємства; управління витратами; бухгалтерський облік і звітність; інформаційне забезпечення системи управління. Запропоновано зміни у функціональній схемі системи управління підприємствами й мережами поштового зв'язку відповідно до впровадження новітніх інформаційних технологій.

В роботі [7] розроблено методіку зменшення коефіцієнта помилок у транспортній DWDM мережі на основі визначення найкращих параметрів конфігурації компонентів.

3. Математичне моделювання руху мобільного залізничного вагона при перевезенні пошти і вантажобагажу

Граф станів руху мобільного залізничного вагона завантаженого поштою і вантажобагажем наведено на рис. 1

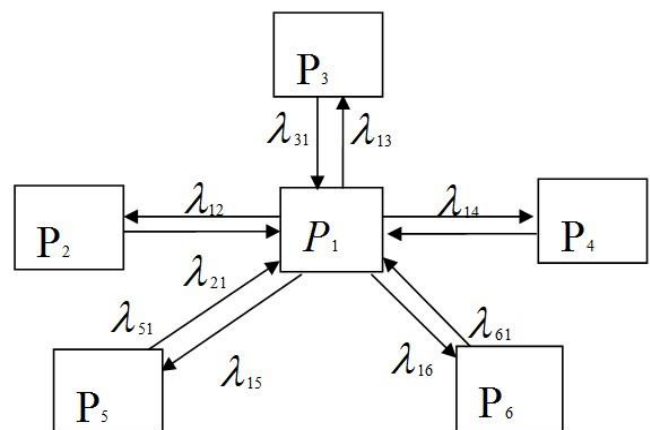


Рис. 1. Граф станів руху мобільного залізничного вагона при доставленні пошти і вантажобагажу в мінародному сполученні

На рис. 1 прийняті наступні позначення ймовірностей станів руху вагона:

– P₁ – знаходження на залізничній дільниці руху мобільного вагона;

– P₂ – знаходження на прикордонній станції під митним контролем;

– P₃ – прямування під вантажні операції з поштою і вантажобагажем;

– P₄ – знаходження під вантажними операціями;

– P₅ – прямування в парк відправлення (призначення);

– P₆ – знаходження в парку відправлення (призначення).

Система диференціальних рівнянь ймовірностей станів руху залізничного вагона з поштою і багажем:

$$\begin{cases} \frac{dP_1}{dt} = \lambda_{21}P_2 + \lambda_{31}P_4 + \lambda_{51}P_5 + \lambda_{61}P_6 - \\ -P_1(\lambda_{12} + \lambda_{13} + \lambda_{14} + \lambda_{15} + \lambda_{16}); \\ \frac{dP_2}{dt} = \lambda_{12}P_1 - \lambda_{21}P_2; \\ \frac{dP_3}{dt} = \lambda_{13}P_1 - \lambda_{31}P_3; \\ \frac{dP_4}{dt} = \lambda_{14}P_1 - \lambda_{41}P_4; \\ \frac{dP_5}{dt} = \lambda_{15}P_1 - \lambda_{51}P_5; \\ \frac{dP_6}{dt} = \lambda_{16}P_1 - \lambda_{61}P_6. \end{cases} \quad (1)$$

Нормувальна умова

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 = 1. \quad (2)$$

Система алгебраїчних рівнянь для граничних станів руху

$$\begin{cases} \lambda_{21}P_2 + \lambda_{31}P_3 + \lambda_{41}P_4 + \\ + \lambda_{51}P_5 + \lambda_{61}P_6 - \\ -P_1(\lambda_{12} + \lambda_{13} + \lambda_{14} + \lambda_{15} + \lambda_{16}) = 0; \\ \lambda_{12}P_1 - \lambda_{21}P_2 = 0; \\ \lambda_{13}P_1 - \lambda_{31}P_3 = 0; \\ \lambda_{14}P_1 - \lambda_{41}P_4 = 0; \\ \lambda_{15}P_1 - \lambda_{51}P_5 = 0; \\ \lambda_{16}P_1 - \lambda_{61}P_6 = 0. \end{cases} \quad (3)$$

Графічні залежності ймовірностей станів руху залізничного вагона від часу у різних системах наведено на рис. 2.

Згідно з рис. 2 стаціонарний режим у системі встановлюється за годину 30 хв.

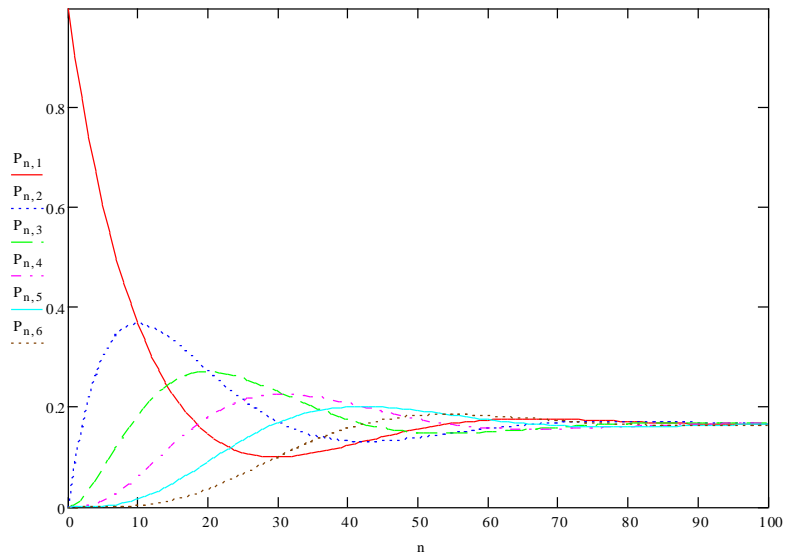


Рис. 2. Графічні залежності ймовірностей станів мобільного залізничного вагона від часу

Система рівнянь динаміки середніх для мобільних залізничних вагонів, що знаходяться на мережі залізниць України, ЄС і США

$$\begin{cases} \frac{dm_1}{dt} = \lambda_{21}m_2 + \lambda_{31}m_3 + \lambda_{41}m_4 + \lambda_{51}m_5 + \lambda_{61}m_6 - \\ -m_1(\lambda_{12} + \lambda_{13} + \lambda_{14} + \lambda_{15} + \lambda_{16}); \\ \frac{dm_2}{dt} = \lambda_{12}m_1 - \lambda_{21}m_2; \\ \frac{dm_3}{dt} = \lambda_{13}m_1 - \lambda_{31}m_3; \\ \frac{dm_4}{dt} = \lambda_{14}m_1 - \lambda_{41}m_4; \\ \frac{dm_5}{dt} = \lambda_{15}m_1 - \lambda_{51}m_5. \end{cases} \quad (4)$$

Нормувальна умова:

$$m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 = N, \quad (5)$$

$$m_1 = N - (m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6),$$

де $m_1, m_2, m_3, m_4, m_5, m_6$ – кількість залізничних вагонів, що знаходяться під обслуговуванням у відповідних системах;

N – загальна кількість залізничних вагонів, що знаходяться на шляху прямування.

Підставляємо m_1 у перше та друге рівняння системи, та отримуємо:

$$\begin{cases} \frac{dm_1}{dt} = \lambda_{21}m_2 + \lambda_{31}m_3 + \lambda_{41}m_4 + \lambda_{51}m_5 + \lambda_{61}m_6 - \\ - [N - (m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6)] * \\ * (\lambda_{12} + \lambda_{13} + \lambda_{14} + \lambda_{15} + \lambda_{16}); \\ \frac{dm_2}{dt} = \lambda_{12} [N - (m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6)] - \lambda_{21}m_2; \\ \frac{dm_3}{dt} = \lambda_{13} [N - (m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6)] - \lambda_{31}m_3; \\ \frac{dm_4}{dt} = \lambda_{14}m_4 - \lambda_{41}m_4; \\ \frac{dm_5}{dt} = \lambda_{15}m_5 - \lambda_{51}m_5; \\ \frac{dm_6}{dt} = \lambda_{16} [N - (m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6)] - \lambda_{61}m_6. \end{cases} \quad (6)$$

Система рівнянь досліджується за методом візуального математичного програмування MathCAD при початкових умовах:

$$t=0; m_2=m_3=m_4=m_5=m_6=0; N=m_1=60.$$

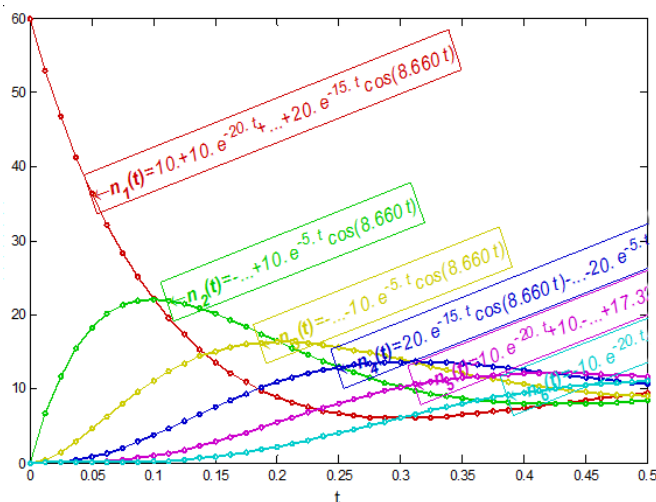


Рис. 3. Залежність часу ліквідування черги мобільних залізничних вагонів у першій системі

Згідно з рис. 3 черга у першій системі буде ліквідована за 0,5 години.

4. Висновки

Запропонована нова технологія перевезень пошти і вантажобагажу у міжнародних сполученнях за допомогою мобільних залізничних вагонів.

Для дослідження режимів руху мобільного залізничного вагона в різних системах при перевезенні пошти та вантажобагажу побудовано граф станів, диференційні рівняння та рівняння динаміки середніх.

Побудовані диференційні рівняння і рівняння динаміки середніх досліджено за допомогою метода візуального математичного програмування Math CAD і Math LAB.

Основні затримки в просуванні пошти в міжнародних сполученнях виникають на прикордонних станціях при виконанні митних операцій.

Література

1. Горлов, В. Н. Разработка и исследование методов оценки эксплуатационных показателей перевозки почты

[Текст]: автореф. дис... канд. тех. наук 05.12.16 / В. Н. Горлов. – Москва, 1993. – 26 с.

2. Мелешко, Д. А. Совершенствование методов оперативного планирования организации движения входящих международных почтовых отправок в контексте современного этапа развития почтовой связи Российской Федерации [Текст]: автореф. ... дис канд. экон. наук 08.00.05 / Д. А. Мелешко. – Москва, 2009. – 30 с.

3. Ларін, Д. Г. Оптимізація розподілу операцій технології оброблення пошти між вузлами мережі поштового зв'язку [Текст]: автореф. ... дис. канд. тех. наук 05.12.02 / Д. Г. Ларін. – Москва, 2005. – 23 с.

4. Мухін, В. Г. Оптимізація мережі поштового зв'язку України [Текст]: автореф. дис. ... канд. тех. наук 05.12.02 / В. Г. Мухін. – Одеса, 2003. – 24 с.

5. Осадчий, Е. Д. Оптимизация обработки письменной корреспонденции в объектах много-уровневой иерархической сети почтовой связи [Текст]: автореф. дис. ... канд. тех. наук 05.12.02 / Е. Д. Осадчий. – Одесса, 2010. – 26 с.

6. Терешко, Ю. В. Методи оцінки ефективності впровадження інформаційних систем управління підприємством поштового зв'язку [Текст]: автореф. дис. ... канд. экон. наук 08.00.04 / Ю. В. Терешко. – Одесса, 2008. – 26 с.

7. Романчук, В. І. Дослідження завад в транспортних DWDM мережах [Текст]: автореф. дис. ... канд. тех. наук 05.12.02 / В. І. Романчук. – Одеса, 2007. – 24 с.

References

1. Gorlov, V. N. (1993). Development and study methods of evaluating the performance of the mail transportation. Moscow, 26.

2. Meleshko, D. A. (2009). Improvement of the methods of operational planning traffic incoming international mail in the context of the modern stage of postal services development of the Russian Federation. Moscow, 30.

3. Larin, D. G. (2005). Optimizing distribution operations technology of mail processing between nodes of the postal network. Moscow, 23.

4. Mukhin, V. G. (2003). The Optimization of the postal network in Ukraine. Odessa, 24.

5. Osadchy, E. D. (2010). Optimization process written correspondence in interest multi-level hierarchical network of postal communications. Odessa, 26.

6. Tereshko, Y. C. (2008). Methods of evaluating the effectiveness of information implementation management systems enterprise mail service. Odessa, 26.

7. Romanchuk, V. I. (2007). The Study of interference in DWDM transport networks. Odessa, 24.

Дата надходження рукопису 17.02.2015

Котенко Анатолій Миколайович, доктор технічних наук, кафедра Управління вантажною і комерційною роботою. Український державний університет залізничного транспорту, пл. Фейербаха 7, м. Харків, Україна, 61050

E-mail: dtnkot@mail.ru

Шилаєв Павло Сергійович, кандидат технічних наук, кафедра Управління вантажною і комерційною роботою, Український державний університет залізничного транспорту, пл. Фейербаха 7, м. Харків, Україна, 61050

E-mail: pauls87@yandex.ru

Пархоменко Олександр Олександрович, аспірант. кафедра Спеціалізовані комп'ютерні системи, Український державний університет залізничного транспорту, пл. Фейербаха 7, м. Харків, Україна, 61050

E-mail: parhomenko88@icloud.com