

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЗАЛІЗНИЦЬ

УДК 565.212

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ РОЗПОДІЛУ ВАГОНОПОТОКІВ НА ТЕХНІЧНИХ СТАНЦІЯХ

Канд. техн. наук Д.В. Константінов,
студ. Т.В. Болдир

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВАГОНОПОТОКОВ НА
ТЕХНИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ**

Канд. техн. наук Д.В. Константинов,
студ. Т.В. Болдырь

**MODELING OF DISTRIBUTION SYSTEM OF TRAFFIC VOLUMES OF TECHNICAL
STATIONS**

Cand. of techn. sciences D.V. Konstantinov,
student T.V. Boldyr

У статті розглянуто питання моделювання системи розподілу вагонопотоків на технічних станціях по залізницях України. Подано модель системи підтримки прийняття рішень, призначеної для наближеного прогнозування процесу обробки вагонопотоків. Модель розроблено на основі математичного апарату методу динаміки середніх і диференціальних рівнянь Колмогорова.

Ключові слова: оперативне регулювання, вагонопотоки, наближене прогнозування, система підтримки прийняття рішень, моделювання.

В статье рассмотрен вопрос моделирования системы распределения вагонопотоков на технических станциях по железным дорогам Украины. Представлена модель системы поддержки принятия решения, которая предназначена для приближенного прогнозирования процесса обработки вагонопотоков. Модель разработана на основе математического аппарата метода динамики средних и дифференцированных уравнений Колмогорова.

Ключевые слова: оперативное регулирование, вагонопотоки, приближенное прогнозирование, система поддержки принятия решений, моделирование.

The article deals with traffic volume modelling at technical stations of Ukraine's railways. It has been studied the functioning of a sorting yard and revealed major shortcomings of the existing system of traffic volume control. Lack of efficient methods and state-of-the-art information technologies requires improvements in operation management. The present stage of development and wide application of information technologies requires the implementation of a decision-making system. The article describes a model of the decision support system intended for traffic volume forecasting. The model has been designed on the base of the mathematical apparatus of dynamics of average and differential Kolmogorov equations.

Key words: control, traffic volume, forecasting, decision-support system, modelling.

Вступ. Залізничний транспорт – одна з найважливіших галузей народного господарства нашої країни, основний вид транспорту, що виконує більше 60 % вантажообігу. Успішність роботи залізниць у ринкових умовах залежить від приділення

значно більшої уваги маркетинговим принципам роботи з вантажовласниками, які полягають у вивченні потреб власників вантажів і розробленні пропозицій щодо їх задоволення. При цьому важливим є вирішення внутрішніх питань оптимізації виробничої

діяльності, що пов'язано з необхідністю поліпшення використання рухомого складу, забезпечення схоронності і прискорення доставки вантажів, раціоналізації перевезень на основі логістичних принципів («від дверей до дверей», «у призначений термін»), наукової організації праці, ритмічності експлуатаційної роботи [1].

Тому для вирішення всіх зазначених завдань необхідно удосконалювати процес управління вагонопотоками шляхом оптимального їх використання та розподілу під виробничими завданнями на мережі залізниць, що, безумовно, пов'язано з удосконаленням системи формування поїздів на технічних станціях. Отже, актуальним питанням у сучасних умовах розвитку залізниць є дослідження та моделювання процесу роботи технічних станцій, що може бути основою для подальшого розроблення комплексу оптимізаційних заходів і пропозицій щодо удосконалення процесу формування поїздів.

Актуальність. При виконанні внутрішньодержавних і міжнародних транспортних зв'язків, у яких задіяні залізниці України, серед усіх технічних станцій головну роль відіграють сортувальні станції. Сортувальні станції розміщені переважно на шляху Європейських транспортних коридорів і на перехрестях основних залізничних напрямів перевезень і є основою великих транспортних вузлів і великих промислових центрів.

Виконання на високому рівні операцій з переробки поїздів потребує відповідного технічного оснащення сортувальних станцій, розроблення і впровадження в дію досконалих технологій роботи і кадрового забезпечення висококваліфікованими працівниками. Особливе значення в роботі сортувальних станцій має система планування роботи.

Планування роботи сортувальних станцій здійснюється з метою встановлення виробничих завдань і подальшого їх регулювання, основних експлуатаційних показників роботи, фінансових показників і забезпечення ефективної оперативної діяльності станції. Планування оперативної роботи технічної станції передбачає забезпечення виконання технологічних операцій у конкретних умовах на добу та зміну. Підставою для змінного і поточного планування є інформація про підхід поїздів, вагонів, локомотивів і розрахунок їх

припущеної наявності на станції до початку періоду, що планується. Для чіткої організації роботи станції розроблені найбільш раціональні маршрути прямування локомотивів по станційних коліях.

Система оперативного планування сприяє безперешкодному прийманню, своєчасному формуванню та відправленню поїздів; скороченню часу перебування вагонів на станції; підвищенню продуктивності маневрових засобів і виконанню планів навантаження.

Оперативне управління технічною станцією повинно максимально ефективно розподіляти роботу станції, щоб забезпечити безперервну, надійну і максимально швидку обробку вагонопотоків. Тому одним зі способів підвищення ефективності оперативного управління є необхідність розвантаження роботи людини-оператора, забезпечуючи цим не тільки прискорення виконання завдань, а і підвищення безпеки руху. А це у свою чергу забезпечить більшу надійність залізничних перевезень, які постійно конкурують із автомобільним транспортом.

Постановка завдання. Отже, враховуючи проблеми залізничного транспорту, які пов'язані з організаційною роботою, потрібні постійний контроль і своєчасне їх вирішення. А саме для забезпечення безперебійної роботи станцій необхідне надання оперативному персоналу залізничної станції можливості прогнозування подій на основі аналізу минулого періоду, можливості ідентифікації вхідних ситуацій транспортних подій на станціях певної дільниці. Такий підхід не повною мірою відображає задоволення потреби в разі побудови системи підтримки прийняття рішення і являє собою перший крок до побудови повнофункціональної системи.

У сучасних умовах розвитку сучасних технологій створення оперативної управлінської системи потребує розроблення і запровадження системи підтримки прийняття рішень (СППР) в умовах створення автоматизованих робочих місць (АРМ), а саме інформаційно-радницьких АРМів [1]. Функціонування такої СППР повинно бути спрямовано на надання управлінському персоналу найбільш оптимальних рішень, отриманих на основі попередніх даних, з прогнозів переміщень вагонопотоків.

Аналіз останніх досліджень. Одними з останніх розробок у даному напрямку є системи оперативного коригування Плану формування поїздів (ПФП) на основі прогнозування та регулювання напрямків прямування вагонопотоків, які дозволяють покращити прийняття своєчасних рішень, спрямованих на підвищення переробної спроможності опорних технічних станцій мережі за рахунок прискорення просування вагонопотоків, що дозволить скоротити простій вагонів під накопиченням, зменшити витрати на накопичення вагонів, раціонально розподілити сортувальну роботу між станціями та забезпечити своєчасну доставку вантажів у погоджені з замовником терміни [2, 3].

Сучасні системи підтримки прийняття рішень не забезпечують надання оперативного рішення в умовах нерівномірності вантажопотоків і вимагають більш гнучкого реагування на раптові зміни інформації, і саме тому вимагають подальшого і своєчасного удосконалення відповідно до тенденцій розвитку сучасних інформаційних технологій.

Основний матеріал. Для вирішення питання удосконалення системи оперативного управління технічною станцією з подальшою перспективою формування гнучкої системи поїздоутворення доцільним є моделювання роботи технічної станції, яке відобразить сутність процесу обробки вагонопотоків з

можливістю короткострокового прогнозування стану кожного елемента системи технічної станції. Для вирішення цього завдання доцільно обрати моделювання на основі використання диференціальних рівнянь Колмогорова за методом динаміки середніх [4].

Розглянемо показники роботи технічної станції, які представлені помісячно за перші сім місяців і подовово за перші десять днів вересня 2013 року, а саме середній час знаходження на технічній станції транзитного вагона без переробки. При цьому можна зауважити, що час подовового знаходження одного вагона під вантажними операціями дуже нерівномірний і непередбачуваний. Тому для забезпечення оптимального оперативного управління, безперервної вантажної роботи і роботи станції в цілому необхідне попереднє планування даного виду роботи. Також якщо розглядати вантажну роботу по місяцях, можна зазначити, що вона на початку року має відносно стабільний об'єм, але вже у березні починається зменшення об'єму роботи з найменшим значенням у травні. Потім спостерігається невелике коливання об'єму в напрямку збільшення в червні та все одно середній час знаходження вагона під вантажними операціями зменшується. Коливання подовового і помісячного об'єму вантажної роботи зазначені на рис. 1 та 2.

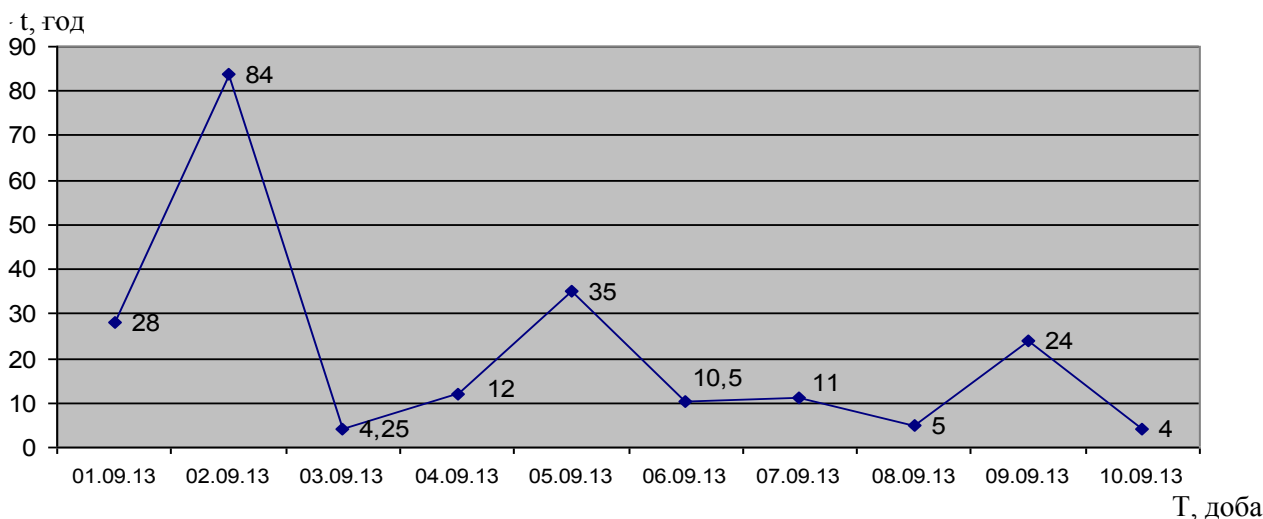


Рис. 1. Середній час знаходження одного вагона під вантажними операціями по днях за першу декаду вересня 2013 року

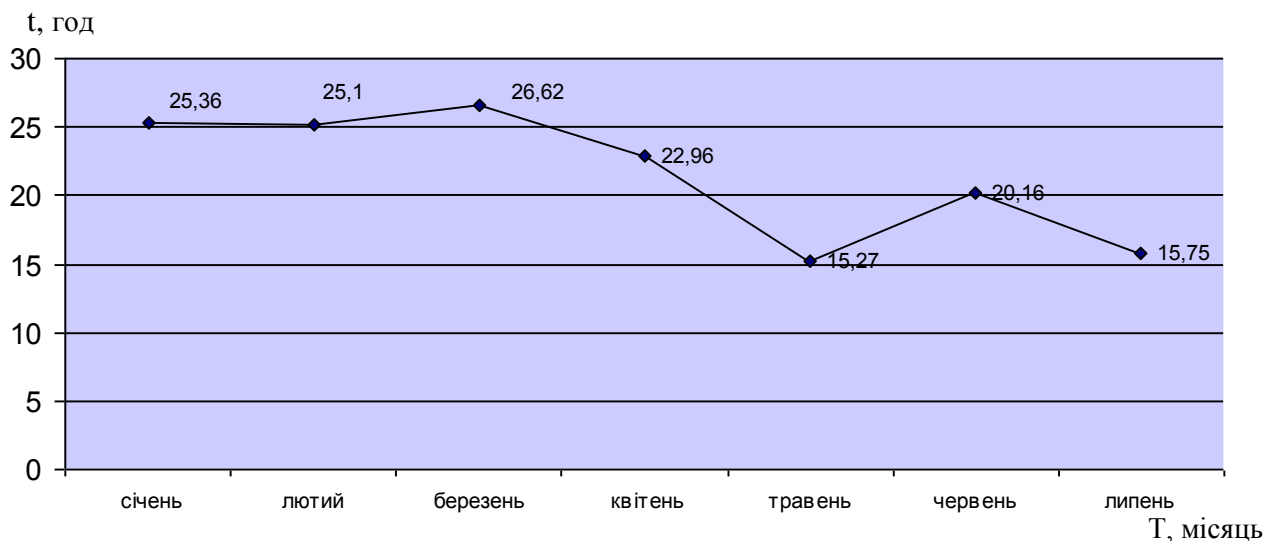


Рис. 2. Середній час знаходження вагона під вантажними операціями по місяцях 2013 року

Першим етапом вирішення поставленого завдання є побудова структури роботи

технічної станції з використанням теорії графів у вигляді зваженого графа $F(m)$ (рис. 3).

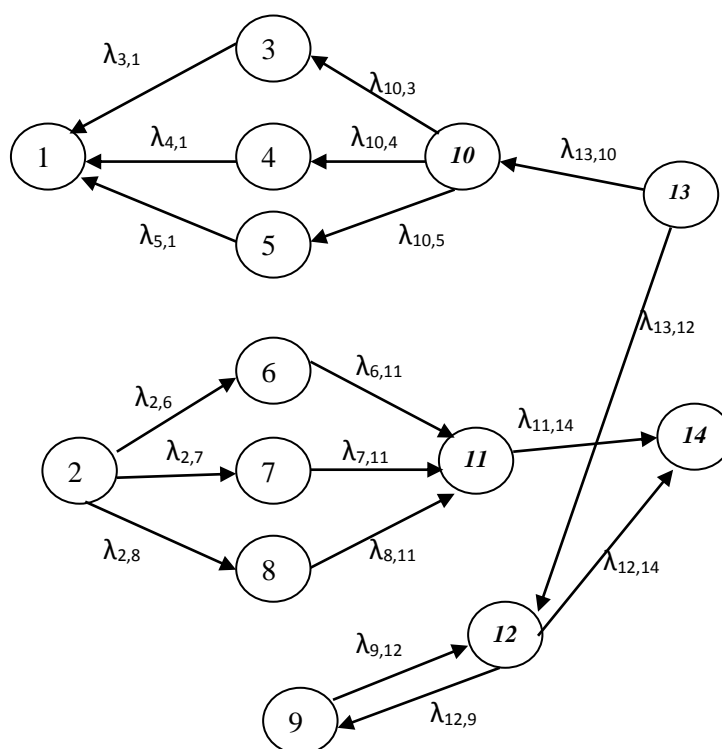


Рис. 3. Зважений граф системи роботи парку приймання сортувальної станції $F(m)$

На даному графі позначено вершини 1-8, 10, 11 – колії проміжної станції, яка розташована з боку переважного вагонопотоку

і за необхідності розосереджує згущений вагонопотік на підході до технічної станції. Вершини 9,12 – це дільниця наближення

прилеглому перегону, 14 – відповідає колії приймального парку сортувальної станції.

Вагою кожної вершини зваженого графа $F(m)$ є кількість вагонів m , що знаходяться в даному елементі станції в певний розрахунковий період часу. Вагою кожного ребра є інтенсивність переходу m вагонів із одного елемента станції в інший $\lambda_{i,j}$, що є параметром зі значним ступенем нерівномірності і визначається залежно від

значень часу виконання основних технологічних операцій у процесі переробки вагонопотоків.

Другим етапом для відображення процесу переміщення елементів m між вершинами графа з певними інтенсивностями $\lambda_{i,j}$ та формування загального вигляду процесу розподілу вагонопотоків між елементами станції з часом побудуємо систему диференціальних рівнянь Колмогорова:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dm_1}{dt} = \lambda_{3,1} * m_3 + \lambda_{4,1} * m_4 + \lambda_{5,1} * m_5; \\ \frac{dm_2}{dt} = -\lambda_{2,6} * m_2 - \lambda_{2,7} * m_2 - \lambda_{2,8} * m_2; \\ \frac{dm_3}{dt} = -\lambda_{3,1} * m_3 + \lambda_{10,3} * m_{10}; \\ \frac{dm_4}{dt} = -\lambda_{4,1} * m_4 + \lambda_{10,4} * m_{10}; \\ \frac{dm_5}{dt} = -\lambda_{5,1} * m_5 + \lambda_{10,5} * m_{10}; \\ \frac{dm_6}{dt} = \lambda_{2,6} * m_2 - \lambda_{6,11} * m_6; \\ \frac{dm_7}{dt} = \lambda_{2,7} * m_2 - \lambda_{7,11} * m_7; \\ \frac{dm_8}{dt} = \lambda_{2,8} * m_2 - \lambda_{8,11} * m_8; \\ \frac{dm_9}{dt} = -\lambda_{9,12} * m_9 + \lambda_{12,9} * m_{12}; \\ \frac{dm_{10}}{dt} = -\lambda_{10,3} * m_{10} - \lambda_{10,4} * m_{10} - \lambda_{10,5} * m_{10} + \lambda_{13,10} * m_{13}; \\ \frac{dm_{11}}{dt} = \lambda_{6,11} * m_6 + \lambda_{7,11} * m_7 + \lambda_{8,11} * m_8 - \lambda_{11,14} * m_{11}; \\ \frac{dm_{12}}{dt} = \lambda_{9,12} * m_9 - \lambda_{12,9} * m_{12} - \lambda_{12,14} * m_{12} + \lambda_{13,12} * m_{13}; \\ \frac{dm_{13}}{dt} = -\lambda_{13,10} * m_{13} - \lambda_{13,12} * m_{13}; \\ \frac{dm_{14}}{dt} = \lambda_{11,14} * m_{11} + \lambda_{12,14} * m_{12}. \end{array} \right. \quad (1)$$

Для побудови графічних залежностей, що будуть відображати процес зміни кількості вагонів у кожному елементі станції з часом, використано програмування з використанням

системи програмної алгебри scilab ver. 5.3.0. Програмний запис частини системи рівнянь Колмогорова наведено нижче.

```

function dx=f(t,x)
dx(1)=0.96*x(3)+0.54*x(4)+0.7*x(5)
dx(2)=-0.7*x(2)-x(2)-0.6*x(2)
dx(3)=-0.96*x(3)+0.96*x(10)
dx(4)=-0.54*x(4)+0.54*x(10)
dx(5)=-0.7*x(5)+0.7*x(10)
dx(6)=0.7*x(2)-0.7*x(6)
dx(7)=x(2)-x(7)
dx(8)=0.6*x(2)-0.6*x(8)
dx(9)=-0.6*x(9)+0.6*x(12)
dx(10)=-0.96*x(10)-0.54*x(10)-0.7*x(10)+1.9*x(13)
dx(11)=0.7*x(6)+x(7)+0.6*x(8)-2.3*x(11)
dx(12)=0.6*x(9)-0.6*x(12)+1.9*x(13)-2.3*x(12)
dx(13)=-1.9*x(13)-0.6*x(13)
dx(14)=2.3*x(11)+0.6*x(12)
endfunction
ic=[110;120;48;27;35;35;50;30;30;95;115;30;95;115]//initial conditions
    
```

За результатами програмного розрахунку отримано графіки залежностей процесів

розподілу вагонопотоків між елементами станції, що зображені на рис. 4.

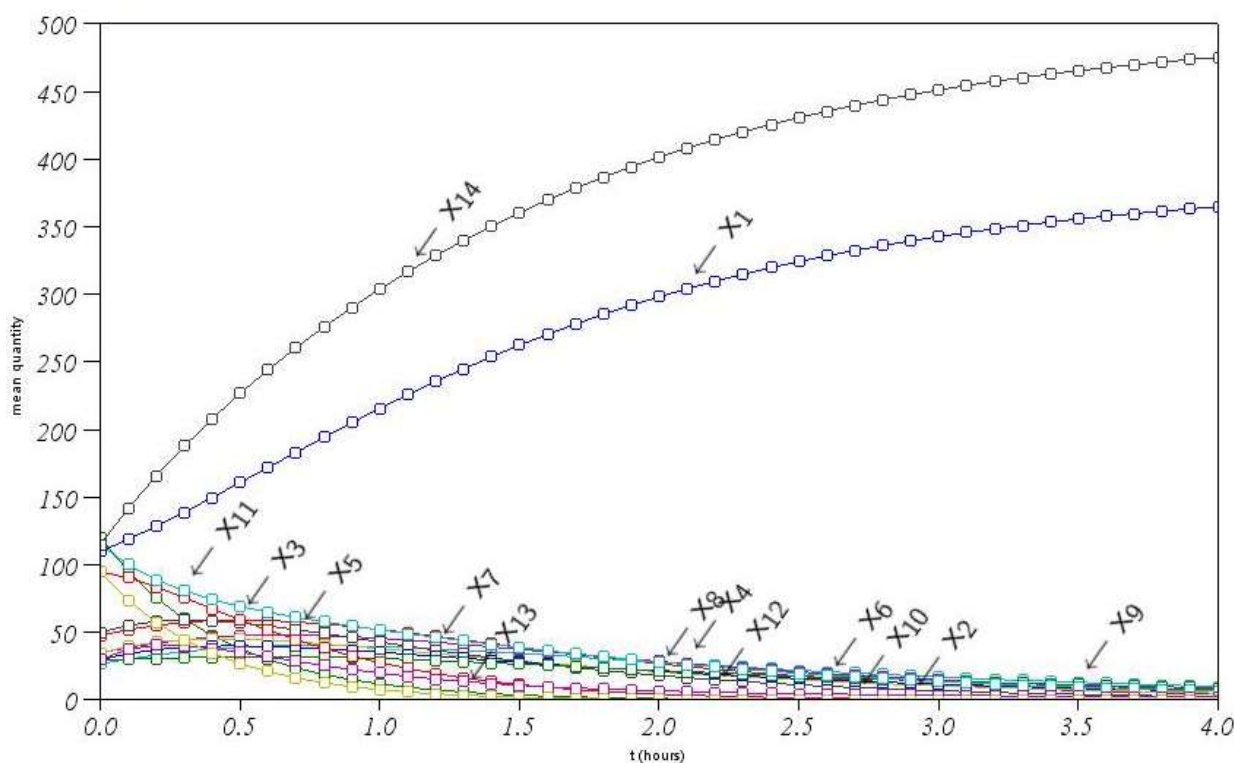


Рис. 4. Залежності розподілу вагонопотоків між елементами станції

Висновок. Подані результати моделювання можуть бути використані в якості системи наближеного прогнозування процесу

обробки вагонопотоків у кожному елементі сортувальної станції, прогнозні значення якої в перспективі можуть бути використані в систе-

мі гнучкого управління обробкою вагонопотоків і регулювання процесу поїздоутворення.

Список використаних джерел

1. Константинов, Д.В. Моделювання оперативного регулювання маршрутами приміського руху на основі нечіткої логіки та нейронних мереж [Текст] / Т.В. Бутько, Д.В. Константинов // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2010. – №1(80)'. – С. 13–19.
2. Кудрявцева, В.А. Основы эксплуатационной работы железных дорог [Текст]: учеб. пособие для студ. учреждений среднего профессионального образования / В.А. Кудрявцева; Образовательно-издательский центр «Академия» – М.: Академия, 2005. – С. 109-120.
3. Інструктивні вказівки з організації вагонопотоків на залізницях України [Текст]. – К.: Головне управління перевезень, 2005. – С. 25-27.
4. Методи дослідження складних систем [Текст]: метод. вказівки з курсу „Основи теорій систем і управління” / Т.В. Бутько, О.М. Ходаківський, В.М. Прохоров та ін.; Українська державна академія залізничного транспорту. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – С. 17-25.
5. Автоматизовані робочі місця АРМ на базі відображених моделей АСК ВП УЗ-Є. Автоматизоване робоче місце чергового по станції. Опис застосування (102101.0.23.02.0.001) [Електронний ресурс] / Львівська залізниця, 2013. – Режим доступу: <http://www.railway.lviv.ua>.

Рецензент д-р техн. наук, професор Є.С. Альошинський

Константинов Денис Володимирович, канд. техн. наук, старший викладач кафедри управління експлуатаційною роботою Української державної академії залізничного транспорту. Тел. 091-90-14-246.
Болдыр Тетяна Валеріївна, студентка групи 12-V-ОПУТм Української державної академії залізничного транспорту. Тел. 066-88-98-964.

Konstantinov D., cand. of technical science, senior lecturer of the Operation Work Management Department UkrSART.
Boldyr T.V., student of Ukrainian State Academy of Railway Transport.