

УДК 656.225:629.21

РОЗРОБЛЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ РУХОМИМ СКЛАДОМ ОПЕРАТОРОМ ІНФРАСТРУКТУРИ В РИНКОВИХ УМОВАХ РОЗВИТКУ ГАЛУЗІ

Асп. Д. В. Арсененко

РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ПОДВИЖНЫМ СОСТАВОМ ОПЕРАТОРОМ ИНФРАСТРУКТУРЫ В РЫНОЧНЫХ УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ

Асп. Д. В. Арсененко

DEVELOPING THE MANAGEMENT MODEL OF ROLLING STOCK INFRASTRUCTURE OPERATOR IN THE INDUSTRY MARKET CONDITIONS

Post graduate D.V. Arsenenko

Розроблено алгоритм і процедуру управління розподілення залізничного рухомого складу. Створено перелік необхідних умов, за яких має існувати динамічний розвиток транспортної галузі та відповідати сучасним ринковим вимогам. Запропоновано динамічну модель, що відтворює інформаційне поле для усіх учасників перевезення.

Ключові слова: логістична технологія, розподіл рухомого складу, залізничний транспорт, логічний контроль, оператор інфраструктури, структурно-логічна модель роботи оператора інфраструктури.

Разработан алгоритм и процедура управления распределением железнодорожного подвижного состава. Создан перечень необходимых условий, при которых должно существовать динамичное развитие транспортной отрасли и соответствовать современным рыночным требованиям. Предложена динамическая модель, воспроизводящая информационное поле для всех участников перевозки.

Ключевые слова: логистическая технология, распределение подвижного состава, железнодорожный транспорт, логический контроль, оператор инфраструктуры, структурно-логическая модель работы оператора инфраструктуры.

The algorithm and process control allocation of railway rolling stock. A list of the necessary conditions under which there must be a dynamic development of the transport sector and meet the current market requirements. A dynamic model that reproduces the information field for all participants in traffic. The railways have to create a system of distribution of rolling stock, which must meet the following criteria: reduction in empty mileage and waiting time under one cargo operation; create conditions for rapid and most profitable decision for further movement of mobile units. The development of such a system is intended to create a truly independent regulator of the transportation process. The relationship between the participants of the transportation process of initial conditions for reform should be composed on the basis of non-discriminatory access to infrastructure resources.

Keywords: logistics technology, the distribution of rolling stock, rail transport, logic control, operator infrastructure, structural - logical model of the infrastructure operator.

Вступ. Зважаючи на стрімку тенденцію інтегрувати залізничну галузь в умови ринку, яка пов'язана зі значним зменшенням більшості якісних показників роботи і дефіцитом бюджетних інвестицій, керівництво галузі стало на порозі вирішення низки питань для подолання цієї проблеми в найкоротший термін. Першочерговим завданням галузі є створення сприятливих умов для залучення інвесторів і створення передумов для розвитку інфраструктури.

Постановка задач у загальному вигляді, її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Основні положення нового закону «Про залізничний транспорт України» [1] розроблені саме для вирішення цього питання. Так, планується замінити термін «залізниця» на новий – «оператор інфраструктури», створити новий орган – Національну комісію з регулювання транспорту (НКРТ) – для коригування складової тарифу та залучення до перевезення приватних перевізників. На даний момент існує багато невирішених питань, як то інвестиційна складова, розрахунок залізничного тарифу (НКРТ) без залучення замовника тощо, але очевидним є вирішення питання створення рівнозначних умов для перевізників у реальних умовах оперативного планування перевезень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зважаючи на постановку задачі в контексті реформування в сучасних умовах, розглянуто питання транспортно-експедиторського обслуговування [2], технології роботи окремих суб'єктів залізничної галузі [3] і питання формування принципів організації роботи вагонів різних форм власності [4, 6]. Важливим є врахування економічної складової при формуванні транспортно-логістичних систем управління вагонами з урахуванням внутрішньої узагальненої економічної ефективності та відповідної якості послуг [8]. Географічне положення українських

залізниць у цілому зобов'язує розглядати будь-які інновації в управлінні з оглядом на подальше інтегрування новоствореної системи в міжнародну транспортну мережу [5, 7] із використанням сучасних інформаційних та інтелектуальних технологій.

Визначення мети та задачі дослідження. На залізницях слід створити систему розподілення рухомого складу на принципах логічного контролю, яка повинна відповідати таким критеріям:

- скорочення порожнього пробігу та часу очікування під однією вантажною операцією;

- створення коректного інформаційного поля для всіх учасників перевезення;

- створення умов для швидкого та максимально вигідного прийняття рішення щодо подальшого прямування рухомої одиниці.

Розроблення такої системи має за мету створення дійсно незалежного регулятора перевізного процесу без змін у кадровій складовій і вкладення вагомих інвестицій.

Відносини між учасниками перевізного процесу за вихідних умов реформування повинні складатися на принципах недискримінаційного доступу до ресурсів інфраструктури.

Відповідно до перспективного стану взаємовідносин між учасниками перевезень на вітчизняних залізницях кожен з них здатний вплинути на якість перевезення в цілому. Учасники перевізного процесу за ступенем відповідальності та впливу на забезпечення перевезення в потрібній якості розподіляються у взаємозв'язку, наведеному на рис. 1. Такий підхід може бути використано як основу для обґрунтування розподілу фінансового результату в умовах підвищення якості, у тому числі за рахунок забезпечення рухомим складом.

Оскільки за дотриманням основної кількості показників якості перевезень несе відповідальність власник інфраструктури (ПАТ «Укрзалізниця»), то першочергове

право на фінансовий результат має саме він. Але це означає, що й більшість собівартості перевізної діяльності повинна враховуватися в результатах роботи даного учасника. Таким чином, при застосуванні конкретної технології перевезень і забезпечення рухомим складом для

кожного учасника перевізного процесу частка фінансового результату (дохідна ставка) по вантажних перевезеннях повинна розраховуватися окремо залежно від виконаної перевізної роботи і видів діяльності.



Рис 1. Учасники перевізного процесу та їх вплив на забезпечення якості транспортного обслуговування

Основна частина дослідження.

Практичним завданням цієї системи є створення умов для подачі під навантаження вагона, який знаходиться під вивантаженням на конкретному полігоні.

Розглянемо роботу диспетчерського апарату управління перевізним процесом з точки зору роботи працівника цеху перевезення в умовах попиту на рухомий склад на всіх рівнях управління перевезенням.

З урахуванням існуючої моделі оперативного управління ієрархічна схема рівнів управління вагонним парком на залізниці та з розподілом обов'язків по колу зобов'язань буде мати вигляд як на рис. 2. У даному контексті ієрархічним рівнем перевезення вважається полігон оперативної роботи, підпорядкований працівнику, що пов'язаний із перевезеннями, у межах його компетенції.

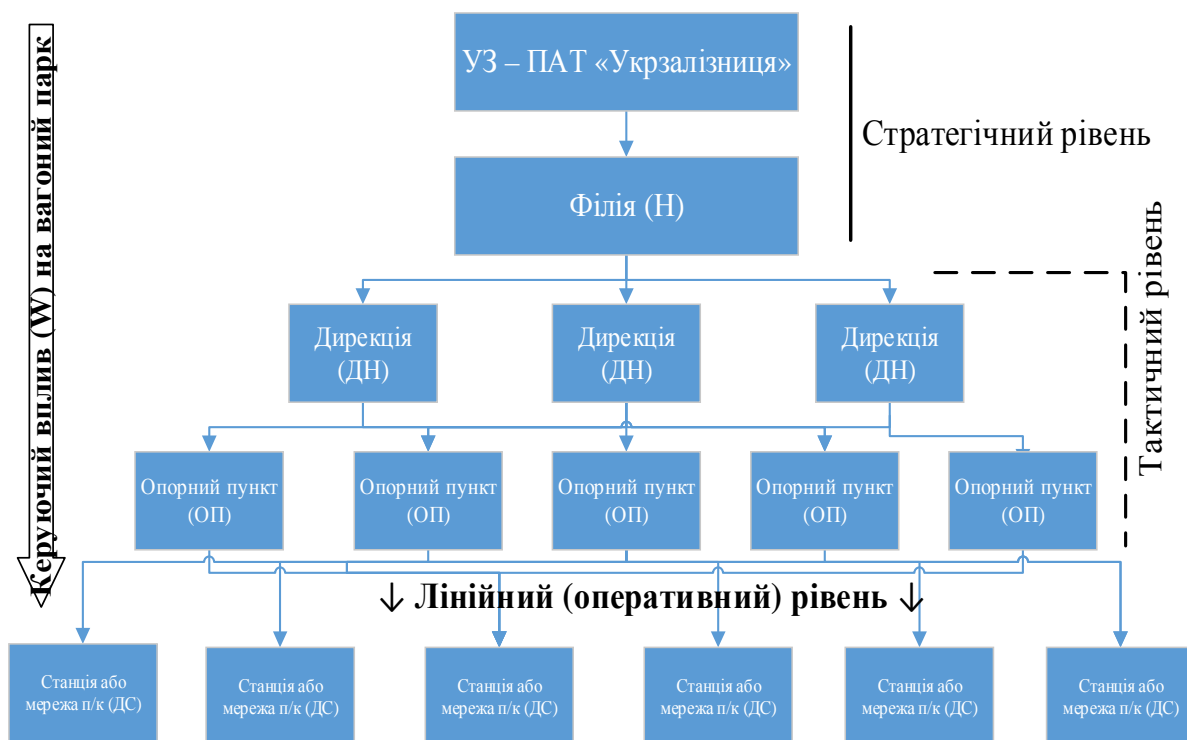


Рис. 2 . Ієрархічна схема рівнів управління вагонним парком на залізниці

Процес роботи системи починається з пам'ятки про закінчення вантажної операції, яку надає вантажоодержувач після вивантаження вагона або групи вагонів. За час, який залишається на підготовку вагона в комерційному відношенні (зняття реквізитів кріплення, очищення від залишків вантажу тощо), подачу маневрового локомотива на забирання,

працівник цеху перевезення повинен прийняти правильне рішення щодо подальшої «долі» вагона. Аналогічне завдання полягає і в розподілі порожнього рухомого складу на сортувальних і дільничних станціях, але у зворотному ієрархічному напрямку.

Діяльність працівника диспетчерського апарату можна моделювати як

систему масового обслуговування, яка покликана створити здорову ринкову конкуренцію щодо використання вантажного ресурсу. Таким чином пропонується підхід до моделювання оперативної діяльності диспетчерського апарату за розподілом вагонів на

принципах теорії масового обслуговування. Головним завданням моделі є отримання досить важливої інформації щодо оцінки імовірності переходу стану вагонів із порожнього в навантажений з урахуванням вихідних параметрів системи (рис. 3).

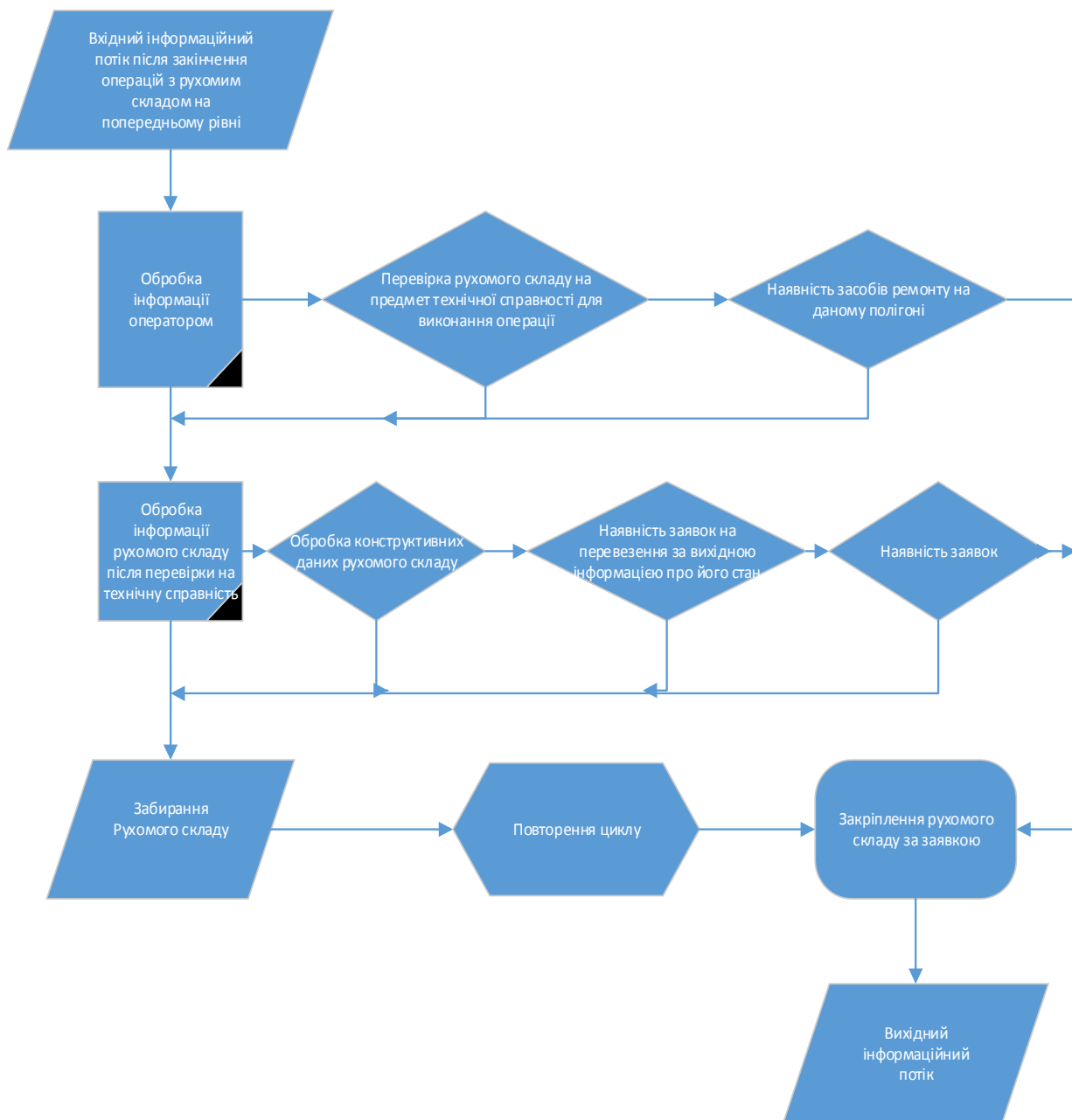


Рис. 3. Структурно-логічна модель роботи оператора інфраструктури

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dU_1^r(t)}{dt} &= -U_1^r(t)W_1 + \sum_{i=1}^n U_1^p(t)W_{i,1}, \\ \frac{dU_2^r(t)}{dt} &= -U_2^r(t)W_2 + \sum_{i=1}^n U_2^p(t)W_{i,2}, \\ &\dots, \\ \frac{dU_n^r(t)}{dt} &= -U_n^r(t)W_n + \sum_{i=1}^n U_i^p(t)W_{i,n}, \\ \frac{dU_1^p(t)}{dt} &= \sum_{i=1}^n U_i^r(t)W_i - U_1^p(t)\sum_{j=1}^n W_{1,j}, \\ \frac{dU_2^p(t)}{dt} &= \sum_{i=1}^n U_i^r(t)W_i - U_2^p(t)\sum_{j=1}^n W_{2,j}, \\ &\dots \\ \frac{dU_n^p(t)}{dt} &= \sum_{i=1}^n U_i^r(t)W_i - U_n^p(t)\sum_{j=1}^n W_{n,j}. \end{aligned} \right. \quad (1)$$

У моделі (1) прийнято:

$U_i^r(t)$ – частина навантажених вагонів, зайнятих в i -му завантажувальному районі, кількість яких прийемо рівним n ;

$U_i^p(t)$ – частина порожніх вагонів, які можуть використовуватися в i -му завантажувальному районі, прийнято, що $\sum_n U_i^p(t) = 1$;

$W_{i,j}$ – імовірність того, що порожній вагон i -го вантажного району буде використаний під завантаження в завантажувальному районі j в інтервалі часу $(t; t+\Delta t)$;

W_i – імовірність вивантаження навантаженого вагона в завантажувальному районі i , прийнято, що $\sum_n W_i = 1$.

Система (1) лінійна, у матричному вигляді записується як $U(t)=WU(t)$ і представлена в нормальній формі Коші.

$$W = \begin{pmatrix} -W_1 & 0 & \dots & 0 & W_{1,1} & W_{2,1} & \dots & W_{n,1} \\ 0 & -W_2 & \dots & 0 & W_{1,2} & W_{2,2} & \dots & W_{n,2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & -W_n & W_{1,n} & W_{2,n} & \dots & W_{n,n} \\ W_1 & W_2 & \dots & W_n & -W_{1,1} - \dots - W_{1,n} & 0 & \dots & 0 \\ W_1 & W_2 & \dots & W_n & 0 & -W_{2,1} - \dots - W_{2,n} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ W_1 & W_2 & \dots & W_n & 0 & 0 & \dots & -W_{n,1} - \dots - W_{n,n} \end{pmatrix} \quad (2)$$

Задача моделювання стійкості забезпечення навантажувальним ресурсом залізничного полігону зводиться до прогнозування спектра власних значень матриці стану W . Важливим завданням системи є факт того, щоб залізничний полігон не просто зберігав стійкість свого деякого стану в цілому, а мав би стійкість до функціонування при варіації параметрів, до яких треба віднести:

- рід вантажу та вимоги до його перевезення;

- технічні характеристики вагона: рід, вантажопідйомність, конструктивні особливості тощо;

- технологічні вимоги навантаження;
- економічну складову як основне завдання замовника та власника рухомого складу.

Матриця станів має вигляд

При розв'язанні даної задачі моделювання стійкої та керованої системи конкретного полігону набуває власних чисел λ_i від можливих імовірностей W_i і $W_{i,j}$ матриці (2). Характерною рисою цієї залежності є функція λ_i від W_i і $W_{i,j}$, яка може бути виражена через власні вектори R_i і S_i матриці W .

Вектор навантажувальних ресурсів $N(t)$ має вигляд

$$u_k(t) = \sum_{i=1}^n c_i e^{\lambda_i t} r_{k,i}, k \in [1; m], \quad (3)$$

де $r_{k,i}$ - компоненти з номером k власного вектора R_i ;

m – розмірність матриці (2);

$c_i = S_i^T U_0$ - визначається вектором початкових значень стану навантажувального ресурсу (навантажений, порожній) U_0 і власними векторами S_i транспонованої матриці стану (2).

Розглянемо умовний залізничний полігон Π , що складається з трьох дирекцій і на якому знаходиться робочий парк напіввагонів кількістю 1000 од. Припустимо, що всі напіввагони є взаємозамінними. Якщо для оператора рухомого складу використання вагонів на кожній з дирекцій є рівнозначним ($U_1^n(t) = U_2^n(t) = U_3^n(t) = 1/3$), то вже до 10 години з початку здійснення управлінської дії з розподілу вагонів система прийде до відносно стаціонарного стану (рис. 4).

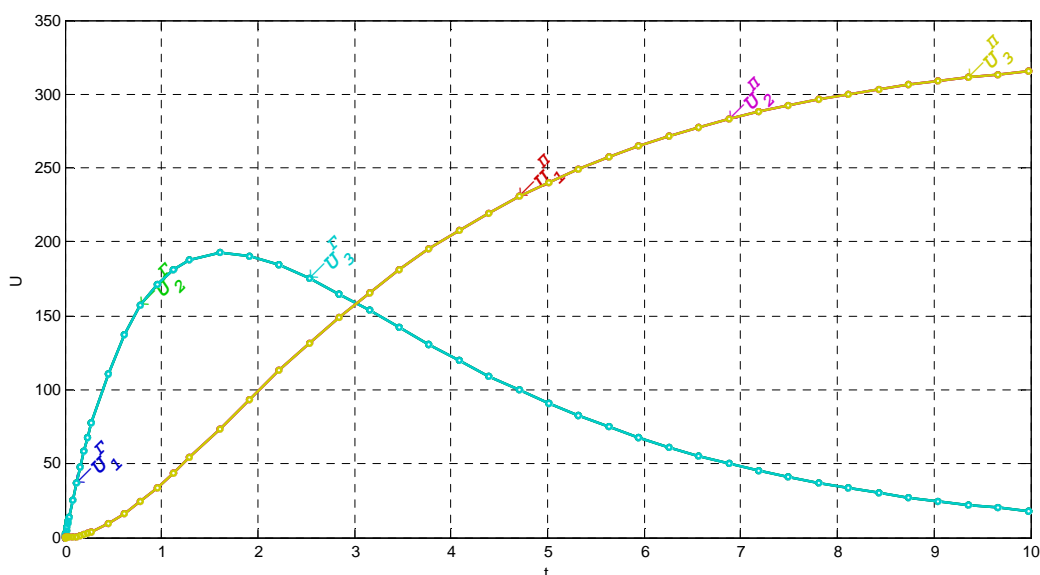


Рис. 4. Результати моделювання для умовного полігону Π та рівновагових трьох дирекцій ($U_1^n(t) = U_2^n(t) = U_3^n(t) = 1/3$)

Якщо для оператора рухомого складу використання вагонів на кожній з дирекцій не є рівнозначним, перша умовна дирекція є найбільш пріоритетною, третя – найменш пріоритетною (тобто прийнято $U_1^n(t) = 0.5, U_2^n(t) = 0.3, U_3^n(t) = 0.2$), то навіть через добу з початку здійснення

управлінської дії з розподілу вагонів (рис. 5) система не буде у стаціонарному стані (стан розподілу напіввагонів прийде до відносно стаціонарного стану лише до 30 год). Це свідчить про необхідність урахування рівномірності при перерозподілі рухомого складу по складових

полігону в умовах недискримінаційного доступу до їх інфраструктури.

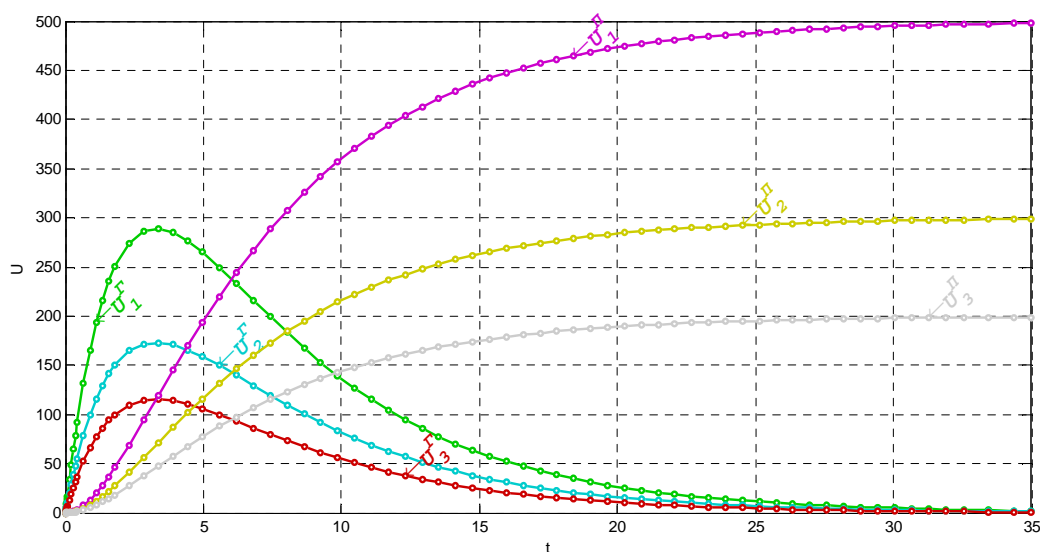


Рис. 5. Результати моделювання для умовного полігону П і трьох дирекцій, що мають різні вагові характеристики ($U_1''(t) = 0.5$, $U_2''(t) = 0.3$, $U_3''(t) = 0.2$)

Таким чином, модель дозволяє зробити висновки про можливість управління в часі окремими параметрами, тобто буде характеризувати стійкість процесу забезпечення навантажувальним ресурсом залізничного полігону. Подальший розвиток моделі можливо здійснити шляхом урахування взаємозамінності рухомого складу та його стану.

Висновки. Запропонована логістична модель в умовах, які формуються на шляху реструктуризації залізничного транспорту, дозволяє розробити оптимальну технологію роботи пункту концентрації з раціональним використанням вагонного парку і роботи

маневрового локомотива з урахуванням усіх вимог транспортної мережі. Використання запропонованих моделей дозволяють зменшити для оператора інфраструктури експлуатаційні витрати при здійсненні управління (W) рухомим складом, зменшити обіг місцевого вагона та, як наслідок, термін доставки вантажу. Дана модель дозволяє прогнозувати місцезнаходження рухомого складу за родом і станом у кожен проміжок часу, що дозволить суттєво збільшити показник корисної роботи на залізничному полігоні. Подальше використання запропонованого підходу полягає в його застосуванні у складі інформаційно-керуючої системи.

Список використаних джерел

1. Про залізничний транспорт України [Електронний ресурс]: проект закону № 3650 від 14.12.2015 р. – Режим доступу: <http://mtu.gov.ua/projects/13/>.
2. Ломотько, Д. В. Розробка технології формування гнучкої системи транспортно-експлуатаційного обслуговування залізницями [Текст] / Д.В. Ломотько, О.М. Пилипейко // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. – Вип. 57. – С. 52-57.

3. Продашук, С.М. Удосконалення технології роботи вантажної станції [Текст] / С.М. Продашук // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 112. – С. 34-37.

4. Ломотько, Д. В. Разработка организационно-технологической модели управления парком грузовых вагонов разной формы собственности. [Текст] / Д.В. Ломотько // Инновационный транспорт. Научно-публицистическое издание. – Екатеринбург: УрГУПС, 2012. – № 4 (5). – С. 8-13.

5. Воронов, В. И. Формирование интегральной логики: принципы и методы международной логистики. Актуальные проблемы управления [Текст] / В.И. Воронов // Материалы 15 Междунар. НПК. – М.: ГУУ, 2010. – Вып. 1. – С. 11-16.

6. Lomotko, D.V. Methodological Aspect of the Logistics Technologies Formation in Reforming Processes on the Railways [Text] // Transportation Research Procedia, Volume 14, 2016, P. 2762-2766. - <http://dx.doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.482>.

7. Ломотько, Д. В. Formation of fuzzy support system for decision-making on merchantability of rolling stock in its allocation [Текст] // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2015. – Т. 6. – № 3 (78). – P. 11-17.

8. Congli, Hao. Optimization on Combination of Transport Routes and Modes on Dynamic Programming for a Container Multimodal Transport System [Text] // Procedia Engineering, Volume 137, 2016, P. 382-390, ISSN 1877-7058. - <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.272>.

Арсененко Данило Володимирович, аспірант кафедри транспортних систем та логістики Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (050) 155-26-74. E-mail: arsenenkodanil@gmail.com.

Arsenenko, Daniil Vladimirovich, Postgraduate student of Department of transport systems and logistics of the Ukrainian state University of railway transport. Tel: (050) 155-26-74. E-mail: arsenenkodanil@gmail.com.

Стаття прийнята 11.12.2016 р.