

**ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ (275)**

---

УДК 656.222.5

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕДУРИ ПОШУКУ РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЗЕРВІВ ЧАСУ  
НА ВІДНОВЛЕННЯ РУХУ ПОЇЗДІВ РІЗНИХ КАТЕГОРІЙ**

Д-р техн. наук А. В. Прохорченко, асп. Д. О. Гурін,  
магістранти І. О. Лагута, В. О. Суницька

**IMPROVEMENT OF THE PROCEDURE FOR SEARCHING RATIONAL TIME  
RESERVES FOR RECOVERY OF TRAIN MOVEMENT OF DIFFERENT CATEGORIES**

D. Sc. (Tech.) A. Prohorchenko, postgraduate student D. Gurin, master I. Lahuta,  
master V. Sunytska

***Анотація.** У статті запропоновано удосконалену процедуру пошуку раціонального резерву часу на відновлення руху поїздів різних категорій залежно від кількості затриманих поїздів на основі епідеміологічної SIR-моделі. Проведено експериментальні дослідження впливу затримки пасажирських поїздів на надійність нормативного графіка руху. Визначено раціональні резерви часу для пасажирських, приміських та вантажних поїздів. Застосування запропонованого підходу дасть змогу покращити роботу залізничної системи України та підвищити рівень надійності графіка руху і, як наслідок, покращить показники якості планування перевезень.*

***Ключові слова:** графік руху поїздів, поїзд, резерв, час на відновлення руху, розповсюдження затримок.*

***Abstract.** This article improves the procedure for finding rational time reserves for the resumption of trains of different categories depending on the number of detained trains on the basis of the epidemiological SIR-model. A modified epidemiological SIR-model has been implemented for the experimental railway line, which allows to take into account the interaction of trains of different priorities in the train schedule and the possibility of resumption of delayed trains due to the set time reserve. The adjustment of the delay rate transfer coefficients on the real data of train delays at the line has been performed. The solution of the system of differential equations of the SIR-model is proposed to be performed by the numerical Runge-Kutta method of the 4th order. Experimental studies of the impact of passenger train delays on the reliability of the regulatory schedule have been conducted. Experimental studies of the impact of passenger train delays on the reliability of the regulatory schedule have been conducted. The dependences of the number of detained trains of different categories on the change in the amount of time reserve for the resumption of trains of different categories are obtained. Rational time reserves for passenger, suburban and freight trains have been established. These results were expertly assessed and confirm the adequacy of the obtained decisions in the practice of developing a regulatory schedule of trains at JSC Ukrzaliznytsia. The application of the proposed approach will automate the complex process of finding rational values of compensation time in the threads of trains of different categories on the railway line and, as a consequence, increase the level of reliability of the regulatory train schedule.*

**Keywords:** *train schedule, train, reserve, time to resume traffic, propagation delays.*

**Вступ.** В умовах підвищення конкурентоспроможності логістики залізничних перевезень в Україні одним із завдань є підвищення точності планування руху поїздів. Одним із головних критеріїв при виборі виду транспорту для перевезення пасажирів або вантажів є його рівень пунктуальності та надійності. Графік руху поїздів (ГРП) є одним з важливих нормативних планів, що визначає рівень пунктуальності, надійності та характеризує ефективність роботи залізничної системи. Залізнична система України працює без встановленого графіка руху вантажних поїздів і має досить ненадійний рівень надання послуг з перевезення. За таких умов актуальним є закладання раціонального резерву часу в графік руху поїздів для дотримання точності і пунктуальності його виконання. Незважаючи на ключову роль, яку відіграє резервний час у розробленні розкладів, найчастіше на практиці використовується експертний підхід, що не дає змоги обґрунтовано вибрати раціональні параметри величини резерву часу на відновлення руху поїздів різних категорій. У цьому дослідженні запропоновано проаналізувати вплив поїздів різних категорій та величини їх резерву часу на надійність графіка руху на дільниці [1]. Отже, дослідження, присвячені теоретичному обґрунтуванню впливу кількості затриманих поїздів на раціональну величину резерву часу на відновлення руху поїздів різних категорій, є актуальними.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Закладання раціонального резерву часу в графік руху поїздів (ГРП) є складним завданням для залізниць, тому що слід задовольнити потреби часу перевезення не тільки пасажирів, а й

підприємців та самої залізниці для уникнення збитковості. У роботі [2] розглянуто проблему втрати часу руху поїздів через обмеження швидкості на окремих ділянках на основі аналітичного підходу. Але даний метод при встановленні резерву не враховує категорії пасажирських поїздів та раптову появу обмеження швидкості через незаплановані ремонти колії. На залізничний транспорт має вплив велика кількість дестабілізаційних факторів, тому важливо у графік обороту составів пасажирських поїздів закладати резерви часу для вчасного прибуття поїздів на станції призначення. При цьому недостатні величини резервів можуть викликати збої в технологічному процесі перевезення, конфліктні ситуації при зайнятті перегонів і значні вторинні затримки, а зайві резерви викликають погіршення показників використання локомотивів, локомотивних бригад, вагонів, станційних колій та неефективне використання пропускнуої спроможності перегонів [3]. Дослідження [4] спрямоване на аналіз визначення затримок поїздів, а також встановлення резервів часу, які необхідно закладати у маршрут прямування вантажних поїздів за розкладом на основі статистичного підходу. Цей метод є досить неточним та узагальнювальним.

Для визначення раціональних величин резерву на станціях у роботі запропоновано програмний інструмент TNV-Prepare, який дає змогу аналізувати в залізничній мережі Нідерландів відхилення в циклічних розкладах руху поїздів та виявляти недоліки розкладу [5]. У Нідерландах поїзди курсують в основному за циклічним графіком – повторення одного і того самого часу прибуття і відправлення щогодини, за винятком додаткових пасажирських поїздів у години

під і вантажних поїздів, які курсують між регулярними поїздами [5]. Однак у залізничній системі України пасажирські поїзди курсують за нециклічним графіком руху, а вантажні взагалі без дотримання розкладу руху, що не дає змоги застосувати даний підхід до України. Графічне зображення подій із синхронізацією руху використовується в ефективному алгоритмі графа, який обчислює розповсюдження затримок поїздів з використанням реалізації лінійної системи в алгебрі  $\max\text{-plus}$ , що включає динаміку нульового порядку, та відповідає розповсюдженню затримок протягом періоду розкладу [6]. Метод розкладання, побудований на лінійності, вводиться для окремого виду структурних та початкових затримок, але такий алгоритм може бути використаний тільки на великомасштабних мережах циклічного графіка руху. У роботі [7] запропоновано вдосконалену імітаційну модель залізничного напрямку, яка відображає процес пропуску поїздів по ділянках і через залізничні станції і дає можливість оцінити вплив використання пропускнуої спроможності на тривалість руху поїздів.

Цікавим підходом для моделювання розповсюдження затримок поїздів у ГПП є епідеміологічні математичні SIR-моделі, які вперше набули поширення в галузі медицини [8, 9] і вже були використані в економічній галузі [10]. Нам відоме одне дослідження в галузі залізничного транспорту [11], де надано математичну модель на основі епідеміологічної SIR-моделі, яка враховує швидкість поширення заторів міської залізниці і спрямована на вивчення поширення перевантаження всієї мережі в умовах перенасичення.

**Визначення мети та завдання дослідження.** Мета цього дослідження полягає у пошуку раціонального резерву

часу на відновлення руху поїздів різних категорій залежно від кількості затриманих пасажирських поїздів на основі епідеміологічної моделі. Це дозволить підвищити рівень надійності нормативного графіка руху поїздів та мінімізувати кількість затриманих поїздів пріоритетного напрямку. Для досягнення мети в роботі поставлено завдання проаналізувати експериментальним шляхом кількість пасажирських, приміських та вантажних поїздів, що затримуються за рахунок варіювання часу на відновлення руху, та дослідити вплив поїздів різних категорій та величини їх резерву часу на надійність нормативного графіка руху поїздів.

**Основна частина дослідження.** В цьому дослідженні для пошуку раціонального резерву часу на відновлення руху поїздів різних категорій залежно від кількості затриманих пасажирських поїздів запропоновано використати модифіковану математичну епідеміологічну модель [12]. У цій моделі загальне число поїздів розподілено на три стани, кожен з яких відіграє важливий етап у процесі розповсюдження затримки у графіку руху поїздів:  $S(t)$  – кількість поїздів, які в момент часу  $t$  рухаються за графіком, але теоретично можуть бути затримані при русі;  $I(t)$  – кількість поїздів, які в момент часу  $t$  рухаються із затримкою за графіком та впливають на рух поїздів інших категорій;  $R(t)$  – кількість поїздів, які в момент часу  $t$  прямували із затримкою, але виконали нагін та рухаються за графіком.

В явному вигляді математичну SIR-модель для трьох категорій поїздів:  $r = 1$  – пасажирські поїзди;  $r = 2$  – приміські поїзди;  $r = 3$  – вантажні поїзди записано нижче:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dS^{r=1}(t)}{dt} &= -(\beta^{1,1}S^1(t)I^1(t) + \beta^{1,2}S^1(t)I^2(t) + \beta^{1,3}S^1(t)I^3(t)); \\ \frac{dS^{r=2}(t)}{dt} &= -(\beta^{2,1}S^2(t)I^1(t) + \beta^{2,2}S^2(t)I^2(t) + \beta^{2,3}S^2(t)I^3(t)); \\ \frac{dS^{r=3}(t)}{dt} &= -(\beta^{3,1}S^3(t)I^1(t) + \beta^{3,2}S^3(t)I^2(t) + \beta^{3,3}S^3(t)I^3(t)); \\ \frac{dI^{r=1}(t)}{dt} &= \beta^{1,1}S^1(t)I^1(t) + \beta^{1,2}S^1(t)I^2(t) + \beta^{1,3}S^1(t)I^3(t) - r^1I^1; \\ \frac{dI^{r=2}(t)}{dt} &= \beta^{2,1}S^2(t)I^1(t) + \beta^{2,2}S^2(t)I^2(t) + \beta^{2,3}S^2(t)I^3(t) - r^2I^2; \\ \frac{dI^{r=3}(t)}{dt} &= \beta^{3,1}S^3(t)I^1(t) + \beta^{3,2}S^3(t)I^2(t) + \beta^{3,3}S^3(t)I^3(t) - r^3I^3; \\ \frac{dR^{r=1}(t)}{dt} &= -\gamma^1I^1, \\ \frac{dR^{r=2}(t)}{dt} &= -\gamma^2I^2; \\ \frac{dR^{r=3}(t)}{dt} &= -\gamma^3I^3. \end{aligned} \right. \quad (1)$$

де  $S^r(t)$  – кількість поїздів, які в момент часу  $t$  рухаються за графіком відповідно до їх категорій  $r$ ;  $\beta^{r,m}$  – швидкість розповсюдження затримки від їх категорій  $r$  до поїздів категорій  $m$ , де  $r = m$  та  $r, m \in R$ ;  $I^r(t)$  – кількість поїздів, які в момент часу  $t$  рухаються із затримкою за графіком відповідно до їх категорій  $r$ ;  $R^r(t)$  – кількість поїздів відповідно до їх категорій  $r$ , які в момент часу  $t$  прямували із затримкою, але виконали нагін і рухаються за графіком;  $\gamma^r$  – швидкість поглинання затримки поїздів відповідно до їх категорій  $r$  (резерв) [13].

Система рівнянь має умову нормування виду  $N^r = S^r(t) + I^r(t) + R^r$ , де

$N^r$  – загальна кількість поїздів класу  $r$  на дільниці;  $N = \sum_r N^r$ ,  $N$  – загальна кількість поїздів усіх класів на дільниці. Початкові умови для системи (1) рівні  $(S^r(t_0), I^r(t_0), 0)$ , де  $S^r, I^r$  – кількість сприятливих та затриманих поїздів у класі  $r$  на дільниці при  $t = 0$  відповідно. Розв’язок системи диференціальних рівнянь SIR-моделі запропоновано виконати чисельним методом Рунге–Кутта 4-го порядку [14].

У межах експериментальних досліджень у роботі використана налаштована SIR-модель на дільниці Л–С одного із залізничних полігонів АТ «Укрзалізниця» [12]. На основі математичної моделі (1) початковими умовами для проведення дослідження залежності кількості затриманих поїздів від резервів часу в нитках графіка

руху є:  $S_1(t_0) = 4$  (пасажирські поїзди, що прямують за графіком),  $S_2(t_0) = 4$  (приміські поїзди, що прямують за графіком),  $S_3(t_0) = 32$  (вантажні поїзди, що прямують за графіком),  $I^r(t_0) = 5$  (затримані пасажирські поїзди, що мають вплив на прямування поїздів інших категорій). У процесі моделювання були закладені різні резерви часу для пасажирських поїздів, що дає змогу оцінити кількість затриманих

поїздів різних категорій залежно від величини закладеного часу резерву. Початкові умови параметрів  $\gamma^1 = 0,04$  год;  $\gamma^2 = 0,0667$  год;  $\gamma^3 = 0,025$  год. У межах етапів моделювання один із параметрів  $\gamma^r$  ставав змінним, інші фіксувались відповідно до початкових умов. Результати дослідження подано у табл. 1.

Таблиця 1

Результати моделювання кількості затриманих поїздів різних категорій від закладених резервів часу в нитках пасажирських поїздів

| Пасажирські поїзди,<br>$r = 1$ | Приміські поїзди,<br>$r = 2$ | Вантажні поїзди,<br>$r = 3$ | Резерв часу, хв |
|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------|
| 0,032                          | 1,400                        | 1,369                       | 18,0            |
| 0,086                          | 1,384                        | 1,386                       | 12,0            |
| 0,551                          | 1,366                        | 1,430                       | 6,0             |
| 0,001                          | 1,789                        | 1,239                       | 4,0             |
| 1,683                          | 1,356                        | 1,483                       | 3,0             |
| 2,117                          | 1,356                        | 1,356                       | 2,4             |
| 2,489                          | 1,352                        | 1,511                       | 2,0             |
| 2,997                          | 1,351                        | 1,528                       | 1,5             |
| 5,0                            | 0,0                          | 0,0                         | 0,0             |

На основі табл. 1 побудовано графік залежності кількості затриманих поїздів різних категорій від зміни величини

резерву часу на відновлення руху пасажирських поїздів, що подано на рис. 1.



Рис. 1. Залежність кількості затриманих поїздів різних категорій від зміни величини резерву часу на відновлення руху пасажирських поїздів

Найбільш раціональним резервом на відновлення руху пасажирських поїздів є час 4 хв, тому що збільшення часу призведе до збільшення кількості затриманих пасажирських поїздів (вони мають найвищу пріоритетність), а кількість затриманих приміських та вантажних поїздів майже не зміниться. При резерві 4 хв кількість затриманих пасажирських поїздів сягає нуля, приміських – 1,79 поїзда, вантажних – 1,24 поїзда. Якщо ж резерв часу взяти менше 4 хв, тоді кількість затриманих пасажирських поїздів значно збільшиться. Це призведе до порушення надійності та пунктуальності графіка руху поїздів.

Аналогічно проводимо дослідження для приміських та вантажних поїздів. Результати моделювання кількості затриманих поїздів різних категорій від закладених резервів часу в нитках приміських поїздів наведено у табл. 2.

Відповідно до рис. 2 найбільш раціональним резервом на відновлення руху приміських поїздів через затримку пасажирських поїздів є час 6 хв. Якщо взяти час меншим, то це призведе до збільшення кількості затриманих як

пасажирських, так і поїздів інших категорій, а при збільшеній величині резерву кількість затриманих поїздів найвищого пріоритету майже не зміниться, а пропускна спроможність станції знизиться.

Результати моделювання кількості затриманих поїздів різних категорій від закладених резервів часу в нитках вантажних поїздів наведено у табл. 3. Залежність кількості затриманих поїздів різних категорій від зміни величини резерву часу на відновлення руху вантажних поїздів подано на рис. 3.

Згідно з графіком на рис. 3 найбільш раціональний резерв на відновлення руху вантажних поїздів, які мають найнижчу пріоритетність серед інших категорій поїздів, складає 12 хв. У процесі збільшення або зменшення величини резерву незмінною залишається кількість затриманих пасажирських та приміських поїздів, а число вантажних поїздів при закладеному резерві 12 хв становить 0,65, що значно нижче, ніж при 6 хв.

Вищенаведені результати моделювання дали змогу чисельно оцінити вплив

закладеного резерву часу на відновлення руху поїздів різних категорій на кількість затриманих поїздів на дільниці. Отже, найбільш раціональним резервом часу в графіку руху для пасажирських поїздів є 4 хв, для приміських – 6 хв, для вантажних

– 12 хв. Ці результати були експертно оцінені і підтверджують адекватність отриманих рішень у практиці розроблення нормативного графіка руху поїздів на АТ «Укрзалізниця».

Таблиця 2

Результати моделювання кількості затриманих поїздів різних категорій від закладених резервів часу в нитках приміських поїздів

| Пасажирські поїзди,<br>$r=1$ | Приміські поїзди,<br>$r=2$ | Вантажні поїзди,<br>$r=3$ | Резерв часу,<br>хв |
|------------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------|
| 1,596                        | 0,134                      | 0,537                     | 18,0               |
| 1,616                        | 0,265                      | 0,759                     | 12,0               |
| 1,657                        | 0,835                      | 1,213                     | 6,0                |
| 1,683                        | 1,356                      | 1,483                     | 4,0                |
| 1,700                        | 1,756                      | 1,657                     | 3,0                |
| 1,711                        | 2,059                      | 1,778                     | 2,4                |
| 1,720                        | 2,306                      | 1,871                     | 2,0                |
| 1,732                        | 2,629                      | 1,986                     | 1,5                |
| 5,0                          | 0,0                        | 0,0                       | 0,0                |

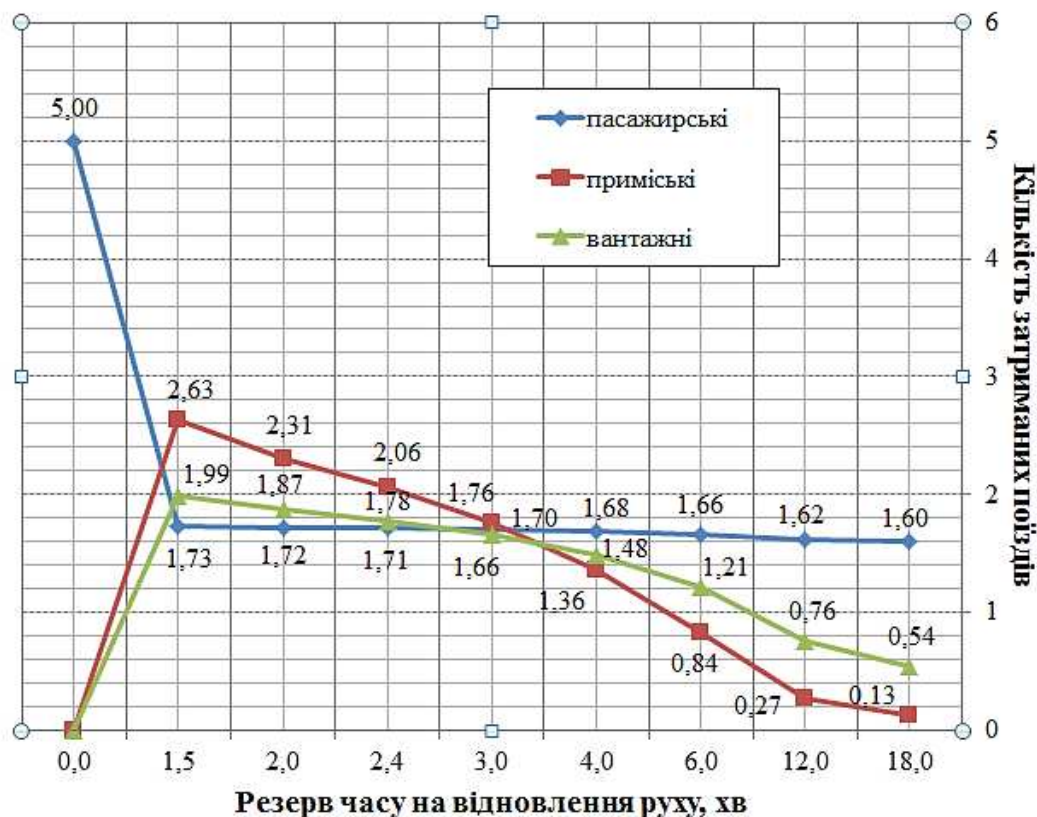


Рис. 2. Залежність кількості затриманих поїздів різних категорій від зміни величини резерву часу на відновлення руху приміських поїздів

Таблиця 3

Результати моделювання кількості затриманих поїздів різних категорій від закладених резервів часу в нитках вантажних поїздів

| Пасажи́рські поїзди,<br>$r = 1$ | Приміські поїзди,<br>$r = 2$ | Вантажні поїзди,<br>$r = 3$ | Резерв часу,<br>хв |
|---------------------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------|
| 1,680                           | 1,356                        | 0,366                       | 18,0               |
| 1,681                           | 1,356                        | 0,654                       | 12,0               |
| 1,683                           | 1,356                        | 1,483                       | 6,0                |
| 1,684                           | 1,356                        | 2,072                       | 4,0                |
| 1,685                           | 1,356                        | 2,481                       | 3,0                |
| 1,685                           | 1,356                        | 2,775                       | 2,4                |
| 1,686                           | 1,356                        | 3,005                       | 2,0                |
| 1,686                           | 1,356                        | 3,299                       | 1,5                |
| 5,0                             | 0,0                          | 0,0                         | 0,0                |



Рис. 3. Залежність кількості затриманих поїздів різних категорій від зміни величини резерву часу на відновлення руху вантажних поїздів

**Висновки.** Запропонована процедура на основі епідеміологічної SIR-моделі дає змогу визначити експериментальним

шляхом найбільш раціональні резерви часу на відновлення руху поїздів різних категорій залежно від кількості затриманих



пасажирських поїздів. Встановлено, що для дільниці Л–С раціональним резервом часу на відновлення в нитці графіка руху для пасажирських поїздів є 4 хв, для приміських – 6 хв, для вантажних – 12 хв. Проведене дослідження дозволило теоретично обґрунтувати вплив кількості затриманих поїздів та визначити раціональну величину резерву часу на

відновлення руху пасажирських, приміських та вантажних поїздів, що раніше не вдавалося зробити. Такий підхід може стати інструментом для побудови нормативних графіків. Це дасть змогу підвищити рівень надійності нормативного графіка руху поїздів та мінімізувати кількість затриманих поїздів пріоритетного напрямку.

### Список використаних джерел

1. Butko T., Prokhorchenko A., Golovko T., Prokhorchenko G. 2018 Development of the method for modeling the propagation of delays in noncyclic train scheduling on the railroads with mixed traffic. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol.1/3(91). P. 30–39.
2. Курган М. Б., Маркова О. С. Втрати часу руху поїздів на ділянках обмеження швидкості. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна*. 2007. Вип. 18. С. 54–61.
3. Баланов В. О. Аналіз факторів, які впливають на забезпечення руху вантажних поїздів за розкладом. *Транспортні системи та технології перевезень*: зб. наук. праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. 2015. Вип. 10. С. 5–9.
4. Резерви часу при організації руху вантажних поїздів за розкладом / Д. М. Козаченко, М. І. Березовий, В. О. Баланов, В. В. Журавель. *Експлуатація та ремонт засобів транспорту. Наука та прогрес транспорту*. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. 2015. № 2 (56). С. 108.
5. Goverde R. M. P., Hansen I. A. Delay propagation and process management at railway stations. 5th World Conference on Railway Research (WCRR 2001): proceedings CD-ROM of the World Conference on Railway Research (WCRR 2001), Köln, November 25-29, 2001. Köln, 2001. P. 1-10.
6. Goverde R. M. P. A delay propagation algorithm for large-scale railway traffic networks. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2010. Vol. 18, No 3. P. 269-287. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2010.01.002> (last access: 01.10.2020).
7. Бобровський В. І., Коробйова Р. Г., Баланов В. О. Імітаційна модель для оцінки пропускної здатності залізниць. *Наука та прогрес транспорту*. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. 2018. №6 (78). С. 16–27.
8. Марценюк В. П., Цяпа Н. В. SIR-моделювання епідемії гострих респіраторних захворювань. *Медична інформатика та інженерія* / Тернопільський державний медичний університет ім. І. Я. Горбачевського. Тернопіль, 2009. № 4. С. 65-69.
9. Янчевская Е. Ю., Меснянкина О. А. Математическое моделирование и прогнозирование в эпидемиологии инфекционных заболеваний. *Вестник Российского университета дружбы народов*. Серия: Медицина. 2019. № 3 (23). С. 328–334. URL: <https://doi.org/10.22363/2313-0245-2019-23-3-328-334> (дата обращения 01.10.20).
10. Стрельченко І. Проблеми та перспективи моделювання лавиноподібних процесів усередині систем фінансових інститутів. *Економічний аналіз*. Київ. 2013. Вип. 12. С. 329–332.

11. Zeng Z., Li T. Analyzing Congestion Propagation on Urban Rail Transit Oversaturated Conditions: A Framework Based on SIR Epidemic Model. *Urban Rail Transit*. 2018. URL: <https://doi.org/10.1007/s40864-018-0084-6> (last access: 01.10.2020).

12. Development of a method for studying the impact of the time reserve value on the reliability of the train schedule based on the epidemiological SIR model / S. Panchenko, A. Prokhorchenko, O. Dekarchuk, D. Gurin, D. Mkrtychian, V. Matsiuk. *Journal IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 1002 012016. URL: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1002/1/012016> (last access: 01.10.2020).

13. Інструкція зі складання графіка руху поїздів на залізницях України: ЦД-0040. Затв. Укрзалізницею 05.04.2002. Вид. офіц. Київ: Транспорт України. 2002. 164 с.

14. *Differential Equations with Matlab (3rd Edition)* / B. R. Hunt, R. L. Lipsman, J. E. Osborn, J. M. Rosenberg. 2019. 304 p.

---

Проخورченко Андрій Володимирович, д-р техн. наук, професор кафедри управління експлуатаційною роботою Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: 0666357601.

E-mail: [prokhorchenko@kart.edu.ua](mailto:prokhorchenko@kart.edu.ua).

Гурін Дмитро Олегович, аспірант кафедри управління експлуатаційною роботою Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057)730-10-88. E-mail: [dmitriy.gurin1990@gmail.com](mailto:dmitriy.gurin1990@gmail.com).

Лагута Ірина Олегівна, магістрант, група 221-ОПУТ-Д19 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: 0505317237. E-mail: [irinalaguta8@gmail.com](mailto:irinalaguta8@gmail.com).

Суніцька Вікторія Олександрівна, магістрант, група 221-ОПУТ-Д19 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (095)7245759. E-mail: [sunitskayav@gmail.com](mailto:sunitskayav@gmail.com).

Prokhorchenko Andrii, Dr. Sc. (Tech.), professor, department of Railway Operation and Management, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: 0666357601. E-mail: [prokhorchenko@kart.edu.ua](mailto:prokhorchenko@kart.edu.ua).

Gurin Dmytro, postgraduate student, department of Railway Operation and Management, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057)730-10-88. E-mail: [dmitriy.gurin1990@gmail.com](mailto:dmitriy.gurin1990@gmail.com).

Lahuta Iryna, master, Group 221-OPUT-D19, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: 0505317237.

E-mail: [irinalaguta8@gmail.com](mailto:irinalaguta8@gmail.com).

Sunytska Viktoriia, master group 221-OPUT-D19 Ukrainian State University of Railway Transport.

Tel.: (095)7245759. E-mail: [sunitskayav@gmail.com](mailto:sunitskayav@gmail.com).

Статтю прийнято 03.11.2020 р.