УДК 656.212

# УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНОЇ СТАНЦІЇ МЕТОДАМИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

**Жолтикова К.О., Коваль О.П., Пивоварова Н.В., Роговий А.С., Хуснутдінов І.Г.**

# PERFECTION OF RAILWAY STATION WORK BY METHODS OF IMITATING MODELLING

**Zholtikova K., Koval E., Pivovarova N., Rogovoy A., Husnutdinov I.**

*За допомогою імітаційоного моделювання на прикладі вантажної станції досліджено вантажну та комерційної роботи. Розраховані етапи встановлення та перенесення нових вагонних ваг на станцію. Розроблено математичну модель перевірки доцільності введення нової схеми зважування, за рахунок складання імітаційної моделі роботи нових ваг в нових умовах і визначено, що зважування вагонів на 1-й колії парка скоротить перепробіги локомотивів та простої вагонів, а також підвищується пропускна здатність. За результатами імітаційного моделювання отримано, що якщо поїзд не встиг зважитися, а другий вже у вхідного сигналу, третій вже готовий вийти з під'їзної колії і тоді з'являється очікування, але цей збій значно менше потребує часу ніж перепробіги при вихідній схемі зважування.*

***Ключові слова:*** *залізнича станція, вантажна робота, імітаційне моделювання, зважування, ваги*

**Постановка проблеми**. Залізниця нашої країни перебуває у складних умовах переходу до ринкових відносин. Відбувається зміна вимог до якості перевезень, виконуваних залізничним транспортом. Змінюється якісний склад перевезених вантажів, у корені змінилася система планування перевезень, зростає конкуренція з боку інших видів транспорту. Вантажні станції є найважливішим елементом залізничного транспорту. У нових економічних умовах вони покликані зіграти ключову роль у справі залучення вантажів до перевезень. Від роботи цих станцій безпосередньо залежить фінансове становище всієї галузі в цілому. Тому поліпшення роботи вантажних станцій – величезний резерв підвищення ефективності роботи транспорту в цілому.

**Аналіз існуючих положень**. Зараз на більшості вантажних станцій встановлено ваги, але в багатьох випадках вони застарілі. Використання вагів не обмежується тільки зважуванням. За допомогою використання нового вагового обладнання є можливість: - завжди бути інформованими про кількість матеріальних запасів, які буде визначено шляхом точного зважування на підприємстві;

- підвищити продуктивність праці (а отже прибуток), автоматизувавши рутинні процеси зважування;
- створити оперативний зв'язок між ланцюгами виробничої або торгівельної структури (наприклад, АРМ вагового майстра -> бухгалтерія -> дирекція).

**Постановка задачі**. Для успішної оптимізації процесу зважування вагонів необхідно:

- провести статистичний аналіз зважування вагонів;
- зробити математичне моделювання на основі імітаційної моделі досліджуваної системи зважування;
- провести апробацію моделі;
- розрахувати ефективність отриманої моделі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вирішення практичних задач тільки аналітичними методами часто сполучено із великими ймовірностями отримання не досить точного результату [1]. За останні кілька десятиліть накопичився досвід використання тих або інших методологічних підходів і моделей для розрахунку й оптимізації транспортних систем взагалі, і систем залізничного транспорту зокрема [2, 3, 4]. Але аналіз показує, що часто методи використаються некоректно [5].

Сучасне імітаційне моделювання застосовується в основному для дослідження ситуацій та систем, що можна описати як системи масового обслуговування. Це не обмежує застосування імітаційного моделювання, оскільки на практиці будь-яку ситуацію дослідження операцій або прийняття рішень можна тією чи іншою мірою розглядати, як систему масового обслуговування. Із цієї причини методи імітаційного моделювання знаходять широке застосування в задачах, що виникають у процесі створення систем масового обслуговування, систем зв'язку; в економічних і комерційних завданнях, включаючи оцінки поводження споживача, визначення цін, економічне прогнозування діяльності фірм; у соціальних та соціально-

психометричних завданнях; на транспорті; у задачах аналізу військових стратегій і тактик.

На залізничному транспорті одним з найважливіших параметрів є пропускна здатність [6, 7]. Під пропускною здатністю звичайно розуміють максимальне число поїздів установленої ваги, що може бути пропущене через станцію протягом доби при найкращому використанні постійних пристроїв і прийнятої технології роботи [7]. Фактичні можливості станції пропускати поїздопоток можуть виявитися або вище максимальної розрахункової величини, або нижче її, тому що порядок використання постійних пристроїв змінюється залежно від сформованих експлуатаційних умов. Організація руху поїздів, технологія роботи станції не можуть бути заздалегідь, на всі випадки життя, визначені як найвигідніші, найкращі. По своїй сутності пропускна здатність станції – величина багатоелементна [7].

Для дослідження транспортних систем, в тому числі й дослідженні пропускної здатності, найчастіше використають аналітичний детермінований метод розрахунку, теорію масового обслуговування, графічний метод та імітаційне моделювання. Але використання кожного з вищенаведених методів може привносити деяку помилку у розрахунки. Порівнювальна оцінка, проведена в [5] показує, що явну перевагу має метод імітаційного моделювання, але він є дуже трудомістким й недостатньо продуктивним, коли є багатоваріантність.

**Мета.** Метою роботи є удосконалення роботи залізничної станції методами імітаційного моделювання.

**Результати досліджень.** Для розрахунку роботи залізничної станції використалося імітаційне моделювання за допомогою програми Ithink та було спроектовано граф імітаційної моделі руху поїздів маршрутів через стрілки та колії, що дало змогу розрахувати основні параметри роботи станції. Програми, що дозволяють використати апарат імітаційного моделювання, сприяють збереженню фінансових витрат, що не потрібно використати для коштовних експериментів.

На перщому етапі моделювання роблять обрробку вихідних даних щодо законів розподілу основних величин, що входять до моделювання, за допомогою теорії ймовірності. Далі, отримавши закон розподілу, визначаємо числові характеристики випадкових величин: математичне очікування, початковий момент, центральний момент, моду, медіану, дисперсію, середньоквадратичне відхилення, коефіцієнти асиметрії та ексцесу. З отриманих даних проведемо графічну оцінку системи [10].

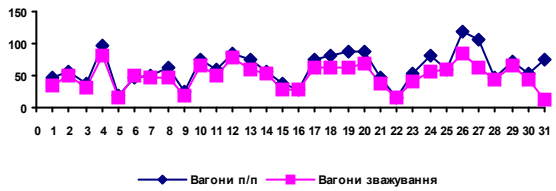


Рис. 1. Порівняння загального обігу вагонів по станції з вагонами, які підлягають зваженню

З рис.1 видно, що частота прибування вагонів, що будуть проходити операцію зважування майже дорівнює частоті загального вагонообігу станції, значить система є доцільною для вровадження нових ваг [8, 9].

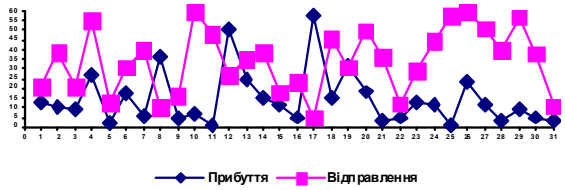


Рис. 2. Порівняння обігу вагонів по станції (прибуття – відправлення), які підлягають зважуванню

За допомогою рис. 2 перевіряється система на зайнятість, як по прибуттю так і по відправленню. І визначено, що система буде працювати в обох випадках.

Алгоритм зважування та математичної моделі процесу наведено на рис. 3, включає в себе блоки, де 1 блок – містить начало дослідження; 2 блок – містить дані для проведення дослідження – вибірка даних вагонів; 3 блок – присвячений аналізу та перегляду ситуації, яка склалася на даний випадок по вагонах; 4 блок – виконуються розрахунки, пов'язані з технічними нормами навантаження вагонів; якщо умова виконується, тоді переходимо до 10 блоку; 5 блок – якщо умова 4–го блоку не виконується, а саме – технічна норма навантаження вагонів, то 6 блок – якщо умова 5–го не виконується, тоді розраховується подача навантажених вагонів; 7 блок – якщо умова 6–го блоку не виконується, тоді розраховується подача порожніх вагонів; якщо умова цього блоку не виконується, тоді ми переходимо до 4–го блоку; 8, 9 блок – якщо умова виконується в 6–му та 7–му блоках, тоді проводяться здвоєнні операції та навантаження порожніх вагонів; а також переходимо до 11-го блоку; 10 блок - містить дослідження певними методами для вагонів, які туди потрапляють з 4–го блоку; переходимо до 11–го блоку – собівартості; 11 блок – розрахунок собівартості вагонів повинен дорівнюватися min значенню з блоків 8, 9; переходимо з цього блоку до 12 блоку; 12 блок – знайшли оптимальність використання рухомого складу; переходимо до 13 блоку; 13 блок – закінчення алгоритму.

Прибуття поїздів на колію зважування наведено в таблиці.

Апробація системи. За допомогою імітаційного моделювання перевіряємо чи буде система працювати в сучасних умовах. На рис.4 наведена схема імітаційного моделювання.

Приймаємо в якості подій прибуття поїзда на колію, де вже розташовані нові ваги та його зваження, тоді маючи прибування поїздів наведених в таблиці 1 складаємо імітаційну модель, алгоритм якої показано на рис. 5.

Маючи модель пропускання поїздів через колію з вагами та дані по прибуттю та відправленню

поїздів за добу перевірено працездатність системи, та зведено результати розрахунків до діаграми, що показано на рис. 6.

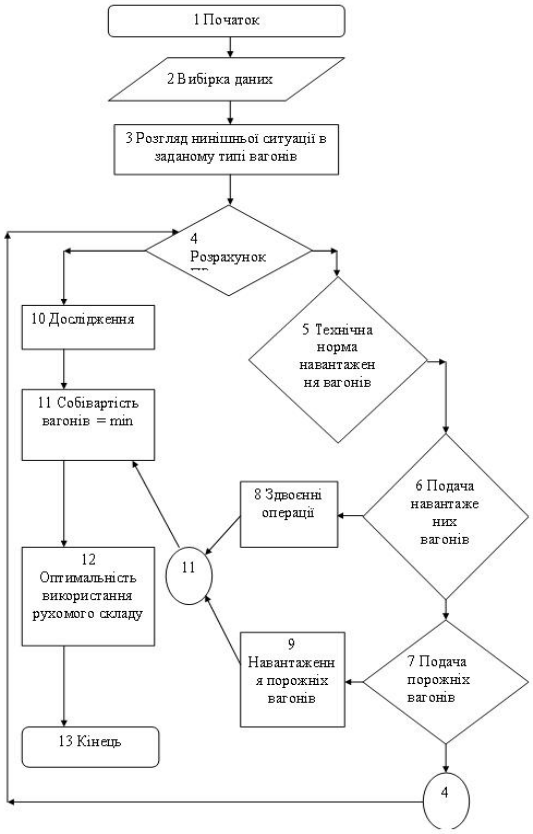


Рис. 3. Алгоритм математичної моделі, що відображує процес зважування на станції

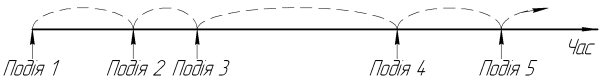


Рис.4. Схема імітаційного моделювання

Таблиця

**Прибуття поїздів на колію зваження**

| № п/п | Час прибуття | Час зваження | Час відправлення | Час затримки |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 9:01 | 10 | 9:11 | |
| 2 | 9:38 | 10 | 9:48 | |
| 3 | 10:15 | 8 | 10:23 | |
| 4 | 10:33 | 10 | 10:43 | 10 |
| 5 | 10:53 | 9 | 11:02 | 10 |
| 6 | 14:02 | 5 | 14:07 | |
| 7 | 15:10 | 12 | 15:22 | |
| 8 | 16:01 | 10 | 16:01 | |
| 9 | 17:20 | 5 | 17:25 | |
| 10 | 17:30 | 10 | 17:40 | 5 |
| 11 | 17:46 | 8 | 17:54 | 6 |
| 12 | 18:22 | 10 | 18:32 | |
| 13 | 18:44 | 8 | 18:52 | |
| 14 | 19:18 | 10 | 19:28 | |
| 15 | 21:20 | 7 | 21:27 | |
| 16 | 21:35 | 15 | 21:50 | |
| 17 | 21:57 | 11 | 22:09 | 7 |
| 18 | 4:05 | 3 | 4:08 | |
| 19 | 6:23 | 10 | 6:33 | |

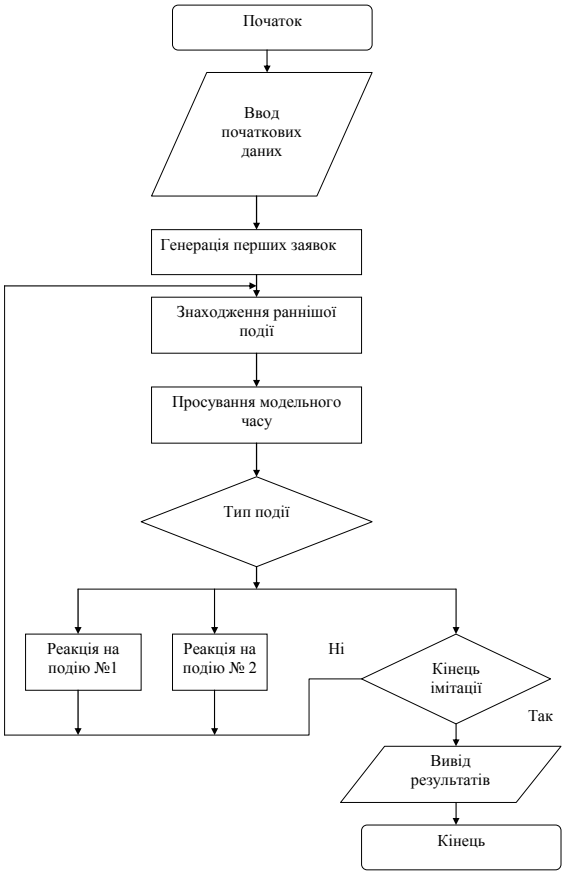


Рис. 5. Алгоритм імітаційної моделі системи зважування

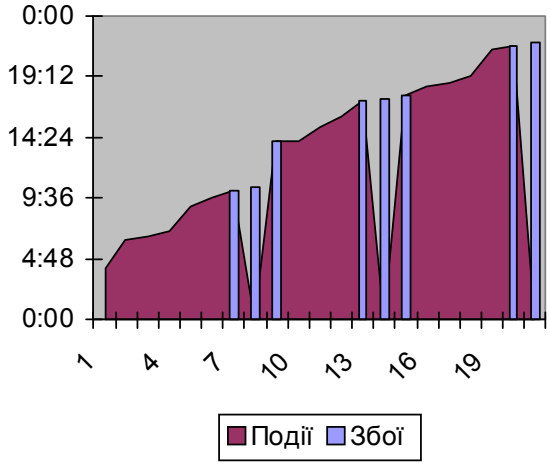


Рис. 6. Діаграма отриманої імітаційної моделі пропуску поїздів через колію з вагами

Складено імітаційну модель пропуску поїздів і визначено, що система може працювати зі збоями або ні. Система в цілому працює без збоїв але є тимчасові затримки (з10:00 до 14:00 і з 17:00 до 18:30). Для того щоб система працювала без збоїв потрібно, щоб усі події з'являлися вчасно [11, 12]. Тобто скласти приблизний графік навантаження та руху.

**Висновки.**

- Досліджено вантажну станцію щодо вантажної та комерційної роботи. Розраховані етапи встановлення та перенесення нових вагонних ваг на станцію.

- Розроблено математичну модель перевірки доцільності введення нової схеми зважування, за рахунок складання імітаційної моделі роботи нових ваг в нових умовах і визначено, що зважування вагонів на 1-й колії парка скоротить перепробіги локомотивів та простої вагонів, а також підвищується пропускна здатність.

- За результатами імітаційного моделювання отримано, що якщо поїзд не встиг зважитися, а другий вже у вхідного сигналу, третій вже готовий вийти з під'їзної колії і тоді з'являється очікування, але цей збій значно менше потребує часу ніж перепробіги при вихідній схемі зважування.

**Література**


1. Акулиничев В.М. и др. Математические методы в эксплуатации железных дорог. М. Транспорт, 1981, – 224с.
2. Кельтон В. Имитационное моделирование. / В.Кельтон, А.Лоу. – 3-е изд. – СПб.:Питер,2004. – 848 с.
3. Хорафас Д.Н. Системы и моделирование. Перевод с англ. Изд-во «Мир», М., 1967.
4. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – наука и искусство. / Р.Шеннон. – М.:Мир,1978. – 418 с.
5. Расчет и оптимизация транспортных систем с использованием моделей (теоретические основы, методология): Автореф. дис….д-ра. техн. наук: 05.22.08/ А.Э.Александров; УрГУПС. – Екатеринбург, 2008. – 50 с.
6. Левин Д.Ю. Оптимизация потоков поездов. – М.: Транспорт, 1988. – 175 с.
7. Моделирование транспортных систем. Персианов В.А., Скалов К.Ю., Усков Н.С., М-изд-во «Транспорт» 1992г., – 209 с.
8. Єдиний технологічний процес роботи станції Рутченкове і під'їзних колій. - Д.: ДЗ, 2004. - 215 с.
9. Техническо-распорядительный акт станции Рутченкове. – Д.: ДЗ, 2004. – 56 с.
10. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Учеб. пособие для вузов. Изд. 7 – е, стер. – М.: Высш. шк., 1999. – 479 с.
11. Управление грузовой и коммерческой работой на железнодорожном транспорте/ А.А. Смехов, В.В. Повороженко, А.Т. Дерибас и др. Под ред. А.А. Смехова. - М.: Транспорт, 1990. - 351 с.
12. Л.М. Петренко, В.В. Габа. Управління вантажною та комерційною роботою на залізничному транспорті. – Київ: КУЕТТ, 2004. – 461 с.


**References**


1. Bartosh E.T. Jenergetika izotermicheskogo podvizhnogo sostava. M., "Transport", 1976, 303 s.
2. Ekimovskij, I.P. Jekspluatacija i tehnicheskoe obsluzhivanie refrizheratornogo podvizhnogo sostava : ucheb. dlja PTU / I.P. Ekimovskij. – M. : Transport, 1983. – 192 s.
3. Panferov, V.I. Optimizacija rezhima preryvistogo otoplenija / V.I. Panferov, A.N. Nagornaja, E.Ju. Pashnina // Problemy teplojenergetiki: materialy Vserossijskoj nauch.-tehn. konf. studentov, aspirantov i molodyh uchenyh. -Cheljabinsk: Izd-vo JuUrGU, 2006. – S. 31-32.
4. Kaehtina R.I. Tehnologija perevozki skoroportjashhih-sja gruzov: Ucheb. pos. – M.: RGOTUPS, 2001. –108 s.
5. Mironenko V. K. Vpliv kil'kosti grup priznachen' miscevih vagoniv u skladah poïzdiv na rozmiri peredava-l'nogo ruhu ta termini dostavki vantazhiv [Tekst] / V. K. Mironenko, V. I. Macjuk // Problemy jekonomiki i upravlenija na zheleznodorozhnom transporte : materi-aly Vtoroj Mezhdunarodnoj nauch.-prakt. konf. – T. 1. — Kiev, 2007. – S. 210–211.
6. Naumenko, Sergej Nikolaevich. Razrabotka i issledovanie jenergeticheskih sistem dlja zheleznodorozhnyh perevozok skoroportjashhihsja gruzov : dissertacija ... doktora tehnicheskih nauk : 05.14.01 / Naumenko Ser-gej Nikolaevich; [Mosk. gos. un-t putej soobshh. (MIIT) MPS RF].- Moskva, 2008.- 271 s.
7. Naumenko S. N., Tejmurazov N. S. Aktual'nye pro-blemy razvitija hladotransporta //Zheleznodorozhnyj transport. – 2008. – №. 4. – S. 88-91.
8. Naumenko S. N., Postnikov I. V., Tejmurazov N. S. Sistema kontrolja rashoda topliva i temperaturnogo rezhima perevozki gruzov v refrizheratornom podvizhnom sostave //Vestnik nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta. – 2009. – №. 4.
9. Perevozka skoroportjashhihsja gruzov: Spravochnik/ A. P. Leont'ev, V. D. Tkachev, I. I. Batrakov i dr. – M.: Transport, 1986, – 304 s.
10. Terterov M.N., Lysenko N.E., Panferov V.N. Zheleznodorozhnyj hladotransport. - M.: Transport, 1987. - 255 s.
11. Terterov M. N. Dostavka skoroportjashhihsja gruzov. –M.: Transport, 1992. – 167 s.
12. S. Naumenko,V. Panferov, Konštrukčne materiálly a možnosti nových železničných termických kontajnerov pre Ruské Železnice, Zborník prednášok XVI medzinárodnej konferencie «Súčasnė problėmy v koľajových vozidlách», Diel II, Žilina 8.-10.10.2003, SLOVENSKO, 135-141.


**Жолтикова К, Коваль Е.П., Пивоварова Н.В., Роговой А.С., Хуснутдинов И.Г. Совершенствование работы железнодорожной станции методами имитационного моделирования.**


*На основе имитационного моделирования на примере грузовой станции исследованы грузовая и коммерческая работы. Рассчитаны этапы установки и переноски новых вагонных весов на станцию. Разработана математическая модель проверки целесообразности введения новой схемы взвешивания. За счет составления имитационной модели работы новых весов в новых условиях определено, что взвешивание вагонов на 1-ом пути парка сократит перепробеги локомотивов и простои вагонов, а также повышается пропускная способность. По результатам имитационного моделирования получено, что если поезд не успел взвеситься, а второй уже у входного сигнала, третий уже готов выйти с подъездного пути и тогда появляется ожидание, но такое совпадение значительно меньше требует времени чем перепробеги при исходной системе взвешивания.*



***Ключевые слова:*** *железнодорожная станция, грузовая работа, имитационное моделирование, взвешивание, весы.*

**Zholtikova K., Koval Ye.P., Pivovarova, Rogovoy A.S., Husnutdinov I.G. Perfection of railway station work by methods of imitating modelling.**

*On the basis of imitating modelling on an example of cargo station cargo and commercial works are investigated. Stages of installation and resocks of new carload scales are calculated on station. The mathematical model of expediency introduction check of the new scheme of weighing is developed. At the expense of drawing up of new scales work imitating model in new conditions it is defined that weighing of cars on 1st way of park will reduce rerun of locomotives and idle times of cars, and also throughput raises. By results of imitating modelling it is received that if the train has not had time to be weighed, and the second already at an entrance signal, the third is already ready to leave from an access road and then there is an expectation, but such coincidence demands time than rerun at initial system of weighing much less.*

***Keywords:*** *railway station, cargo work, imitating modelling, weighing, scales.*

**Жолтикова К.** – магістрант кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті», СНУ ім. В.Даля, м. Сєвєродонецьк, Україна.

**Коваль О.П.** – магістрант кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті», СНУ ім. В.Даля, м. Сєвєродонецьк, Україна.

**Пивоварова Н.В.** – магістрант кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті», СНУ ім. В.Даля, м. Сєвєродонецьк, Україна.

**Роговий А.С.** – к.т.н., доцент кафедри «Теоретична механіка і гідравліка», ХНАДУ, м. Харків, Україна, e-mail: asrogovoy@ukr.net

**Хуснутдинов И.Г.** – магістр кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті», СНУ ім. В.Даля, м. Сєвєродонецьк, Україна.

Рецензент: д.т.н., проф. Чернецька-Білецька Н.Б.

Стаття подана 22.03.2015