

УДК 656.212

КОЗАЧЕНКО Д. М., д. т. н., доцент, начальник науково-дослідної частини (ДНУЗТ)
ЖУРАВЕЛЬ І. Л., старший викладач (ДНУЗТ)
ПАСІЧНИЙ О. М., асистент (ДНУЗТ)

Програмні засоби для функціонального моделювання залізничних станцій

Вступ

Імітаційне моделювання станційних процесів є ефективним засобом аналізу та оцінки показників функціонування залізничних станцій, їх техніко-технологічних і економічних параметрів. Використання імітаційних моделей як під час виконання проектних робіт, так і під час оперативного управління на станціях дозволяє приймати найбільш раціональні рішення, що направлені на скорочення власних витрат станцій і збільшення прибутку від виконання перевізного процесу.

Аналіз досліджень і публікацій

Імітаційне моделювання почало використовуватись для дослідження станційних процесів з появою перших серійних ЕОМ.

В перших дослідженнях [6, 16, 20] створення імітаційних моделей залізничних станцій здійснювалось з метою аналізу завантаження технічних пристроїв станцій (колісного розвитку, маневрових локомотивів, сортувальних пристроїв тощо). В цих роботах станції розглядались як системи масового обслуговування, параметри якої встановлюються методом статистичних випробувань. Однак, через обмеженість ресурсів тодішніх ЕОМ при побудові моделей приймались суттєві спрощення. Потік заявок (поїздів, вагонів), що надходять в обслуговування, розглядався як найпростіший, інтенсивність обслуговування приймалась постійною і

т.п., тож результати моделювання не відповідали реальним умовам роботи вантажних станцій.

Подальший розвиток теорія моделювання залізничних станцій отримала в роботі [17], в якій сформульовані загальні принципи формалізації станцій і вузлів, викладено методологію побудови їх функціональних моделей. При цьому рекомендовано застосовувати системний підхід до побудови їх моделей. Станція структурно представлена у вигляді множини різноманітних технологічних блоків, що пов'язані між собою, кожному з яких відповідає конкретна фаза обслуговування заявки. Результати досліджень запропоновано використовувати для перевірки надійності технічних засобів і системи обслуговування, визначення пропускної спроможності станцій і вузлів, а також під час вибору варіантів проектних рішень.

Розвиток ЕОМ і підвищення їх продуктивності дозволило створювати моделі, що дають можливість детально імітувати складні технологічні процеси, які реалізуються на сортувальних станціях і в залізничних вузлах [9, 13]. Однак запропоновані моделі являли собою програмний опис роботи конкретної станції і для їх створення були необхідні як досвідчені технологи, так і програмісти.

Усунення даної проблеми досягається шляхом відокремлення формального представлення технології роботи станції від універсального моделюючого модулю. Такий підхід дозволяє використовувати різноманітні

спеціалізовані редактори для автоматизованої побудови технологічних процесів роботи станцій. Для формалізації технологічних процесів застосовуються мережі Петрі [7, 19, 21], мережеві графіки [1], скінченні автомати [2, 3, 10, 18] та ін. Практичний досвід використання моделі, запропонованої у [3], довів її високу ефективність під час моделювання роботи технічних станцій. Перевагами даної моделі є можливість проведення імітаційних експериментів як в автоматичному, так і в автоматизованому режимі за участю людини-оператора. Це дозволило побудувати на її основі широке коло програмних продуктів [5, 10].

В той же час виявлено й недоліки моделі [3], що пов'язані зі значними витратами часу на опис технології роботи станцій, особливо вантажних і промислових. На відміну від умов роботи технічних станцій, де обробляється велика кількість однотипних об'єктів, для вантажних і промислових станцій характерним є обробка невеликої кількості об'єктів, але зі складною та унікальною технологією. Вирішення даної проблеми може бути здійснено шляхом розробки методів, які дозволяють формалізувати технологію роботи станції з використанням бібліотеки типових елементів та спеціалізованих програмних засобів для побудови технології роботи станцій в автоматизованому режимі.

Мета

Метою статті є вдосконалення функціональної моделі вантажних станцій, яке направлене на скорочення витрат часу на формалізацію технологічних процесів їх роботи за рахунок використання типових елементів технології розробки програмних засобів автоматизації побудови технологічних процесів станцій.

Методика

Вирішення поставленої в дослідженні задачі вдосконалення моделі

функціонування вантажної станції виконувалося з використанням методів теорії масового обслуговування, імітаційного моделювання, скінченних автоматів (КА) та об'єктно-орієнтованого аналізу.

В якості базової моделі в дослідженні використано модель, представлену в [3] з урахуванням її вдосконалення згідно з [11]. В даній моделі станція чи її окремих технологічний комплекс розглядається як багатозадачна багатоканальна СМО, яка управляється. При цьому вхідний потік утворюють об'єкти, які вимагають обслуговування на станції (поїзди, состави, локомотиви). Фазами обслуговування є окремі технологічні операції (закріплення составу, технічний огляд, комерційний огляд, розформування составу тощо), які виконуються у визначеній послідовності згідно з технологічним процесом. Тривалості операцій технологічного процесу можуть приймати постійні значення чи моделюються як випадкові величини, параметри яких залежать від характеристик об'єкта. Обслуговуючими пристроями є виконавці технологічних операцій – маневрові локомотиви, сортувальні гірки, бригади пункту технічного обслуговування (ПТО), працівники пункту комерційного огляду (ПКО) та ін.

Основними елементами технологічного процесу на станції є технологічні операції Q , виконавці E і об'єкти технології O .

Для можливості створення бібліотеки типових елементів станційної технології необхідно розробити структури даних для формального представлення функціонування окремих об'єктів станцій незалежно від роботи інших її елементів. Функціонування станції пов'язано з виконанням технологічних операцій з вантажами, вагонами, локомотивами, поїздами тощо, які передбачені її технологічним процесом. В розробленій

моделі кожна технологічна операція представляється структурою, наведеною в [11].

Виконання технологічних операцій на станції забезпечують виконавці. Прийнято, що кожен технологічну операцію повинні виконувати виконавці визначеної спеціалізації (наприклад, закріплення состава виконує сигналіст, технічний огляд вагонів – бригада ПТО, комерційний огляд вагонів – працівники ПКО, розпуск состава – маневровий локомотив і сортувальна гірка або витяжна колія і т. і.). В той же час, виконавець конкретної спеціалізації може виконувати кілька різноманітних операцій (наприклад, сигналіст виконує закріплення состава та прибирання гальмівних башмаків). Якщо на станції є кілька виконавців однієї спеціалізації, то для виконання роботи може використовуватися будь-який з вільних виконавців даної спеціалізації. На початку моделювання усі виконавці вважаються вільними. Для спрощення моделі станції колії та стрілочні зони також можуть розглядатися як виконавці. Опис структури виконавців і порядку виконання технологічної операції окремим виконавцем наведено в [11].

Використання виконавців робіт на станції моделюється за допомогою списків U , які динамічно змінюються. Виконавець E_r вважається зайнятим, якщо на поточний момент часу він виконує деяку технологічну операцію (знаходиться в списку U_q будь-якої операції) чи знаходиться в списку очікування виконання наступних операцій з тим же об'єктом (список U_o будь-якого об'єкта). Для обліку вільних виконавців в моделі технологічного процесу ведеться динамічний список U_r . Наприклад, після виконання операції з групою вагонів щодо подавання-прибирання на вантажні fronti (ВФ) станції маневровий локомотив, який виконує цю операцію, звільняється та може виконувати іншу операцію з будь-яким об'єктом –

подавання-прибирання нової групи вагонів або розформування состава тощо. Навпаки, після виконання операції причеплення маневрового локомотива до состава з метою його розформування цей локомотив не звільняється, а очікує прибирання башмаків і виконує з даним составом наступні елементи розформування.

Порядок звільнення виконавців визначається параметром f_p шаблону роботи:

- якщо $f_p = -1$, то після закінчення виконання технологічної операції виконавця необхідно перемістити до списку вільних виконавців станції U_r ;

- якщо $f_p = 0$, після закінчення виконання технологічної операції виконавця необхідно перемістити до списку виконавців, які очікують виконання операцій U_o того ж об'єкта, що ним обслуговувався;

- якщо $f_p > 0$, то після закінчення виконання технологічної операції виконавця необхідно перемістити до списку виконавців, які очікують виконання операцій U_o об'єкта, ідентифікатор якого дорівнює f_p .

В процесі зайняття та звільнення виконавця у відповідності до параметрів, які вказують на необхідність графічного виводу позначки роботи на плані-графіку станції, а також позначки відповідної технологічної операції подаються команди до інформаційної моделі [12] для формування плану-графіку.

В якості об'єктів в моделі [3] розглядаються локомотиви та состави. При цьому в процесі моделювання вважається, що об'єкт по мірі обслуговування повинен перейти з початкового стану s_o до кінцевого стану s_k , після чого він виключається із системи обслуговування. На вантажних і промислових станціях, на відміну від технічних, робота виконується з окремими вагонами (групами вагонів),

при чому можуть реалізовуватися різні варіанти їх обслуговування. В результаті виникає необхідність створення більшої кількості об'єктів, які відповідають окремим вагонам чи групам, зі складною технологією. Крім цього, на промислових станціях обертаються вагони внутрішнього парку, які після виконання визначеного циклу операцій не виключаються із системи обслуговування, а використовуються для виконання того ж або іншого циклу операцій. Для вирішення вказаних проблем пропонується розглядати функціонування станції не як обслуговування окремих об'єктів від моменту їх надходження до моменту їх вибуття зі станції, а як процес узгодженої взаємодії елементарних технологічних об'єктів. В якості таких об'єктів можуть розглядатися як об'єкти, що надходять для обслуговування на станцію (поїзди, поїзні локомотиви, вагони, вантажі і т. і.), так і окремі технічні засоби станції (маневрові локомотиви, сортувальні колії, ВФ тощо). Згідно з об'єктно-орієнтованою парадигмою кожен окремий об'єкт характеризується властивостями та поведінкою [4].

У моделі станції під поведінкою об'єкта розглядаються технологічні операції, які з ним виконуються, а також певний технологічним процесом порядок виконання цих операцій. Формалізація об'єктів спільно з їх поведінкою дозволяє створювати бібліотеки елементарних технологічних процесів і, за рахунок їх використання, скоротити витрати часу на формалізацію технології роботи станцій. Властивості об'єктів і їх поведінка описуються в шаблонах d . Шаплони об'єктів представляються у вигляді структур:

$$d_y = \{I_d, P_c, W_d, E_d, A\}, y = 1, 2, \dots, n_d, \quad (1)$$

де I_d – ідентифікатор шаблону об'єкта;

P_c – множина властивостей об'єкта зі значеннями за замовчуванням;

W_d – шаплони технологічних операцій,

що виконуються з об'єктом;

E_d – список виконавців, необхідних для обслуговування об'єкта;

A – скінченний автомат, що описує порядок виконання технологічних операцій з об'єктом.

При цьому параметри P_c представляють властивості об'єкта, а W_d та A – його поведінку.

Технологічний процес об'єкта представляється у вигляді детермінованого КА

$$A = \{X, Z, S, F_z, F_s\}, \quad (2)$$

де X, Z – відповідно, вхідний та вихідний алфавіти; S – множина станів автомата; F_z, F_s – функції виходів і переходів.

Кожен стан автомата відповідає певному стану технологічного обслуговування об'єкта. Множина станів автомата визначається числом різних фаз обслуговування об'єкта, які розрізняються комбінаціями технологічних операцій, що мають різну ступінь завершеності.

Вхідний алфавіт X автомата включає три підмножини вхідних сигналів $X = \{X_1, X_2, X_3\}$; тут X_1 – закінчення технологічних операцій; X_2 – експлуатаційна подія; X_3 – команди, які надходять від особи, що приймає рішення (ОПР).

Функції виходів F_z і переходів F_s автомата A виконують перетворення вхідної послідовності сигналів $x_j = \{x_1, x_2, \dots, x_k\}$ у відповідну вихідну послідовність $z_j = \{z_1, z_2, \dots, z_k\}$. Для формалізації різних варіантів технології обслуговування деякого об'єкта використовуються різні вхідні послідовності x_j . Вибір послідовності x_j виконується ОПР. Порядок обробки сигналів при їх надходженні до КА залежить від того, до якої підмножини вони відносяться. По завершенню деякої послідовності операцій об'єкти виключаються з моделі станції або

залишаються в стані очікування виконання такої послідовності операцій.

Враховуючи, що таблиці виходів і переходів відповідних КА є сильно розрідженими, то для представлення автоматів обраний орієнтований граф.

При додаванні шаблону об'єктів до моделі станції з бібліотеки встановлюється відповідність між виконавцями об'єкта E_d і виконавцями станції E .

У процесі моделювання на підставі шаблонів класів об'єктів d_y при ініціалізації моделі станції, по командах, що надходять від генератора вхідного потоку або від інших об'єктів, проводиться створення екземплярів об'єктів O_j . При цьому об'єкти представляються за допомогою структур:

$$O_j = \{I_o, d_{ш}, P, s, U_o, Q_o\}, j = 1, 2, \dots, n_o, \quad (3)$$

де I_o – ідентифікатор об'єкта;

P – множина властивостей об'єкта;

s – поточний стан об'єкта, що визначає фазу технологічного процесу його обслуговування;

U_o – список виконавців, які очікують початку виконання операцій з об'єктом;

Q_o – список технологічних операцій, виконуваних з об'єктом у поточний момент часу;

n_o – загальне число об'єктів, що знаходяться в системі обслуговування.

Властивості об'єктів в пам'яті ЕОМ зберігаються у вигляді асоціативного списку, кожен елемент якого описується структурою, що містить ключ і дані. Ключ являє собою ціле число. Значення ключа відповідає типу даних:

1001 – 1999 – цілі числа;

2001 – 2999 – речові числа;

3001 – 3999 – текстові значення.

При цьому, значення ключів 1001-1500, 2001-2500, 3001-3500 використовуються для обов'язкових властивостей, а ключів 1501-1999, 2501-2999, 3501-3999 – для властивостей, які визначені користувачем.

Технологічний процес окремого об'єкта моделюється послідовністю

переходів КА з одного стану до іншого по мірі виконання передбачених операцій.

Результати

Запропоновану модель реалізовано у вигляді програмного комплексу для функціонального моделювання станцій, в т. ч. вантажних і промислових. Програмний комплекс містить дві основні програми – «Редактор технологічного процесу роботи станцій» і «Добовий план-графік роботи станцій».

«Редактор технологічного процесу роботи станцій» являє собою мультівіконний редактор в кожному з вікон якого відображається КА технологічного процесу обробки окремого об'єкту (рис. 1).

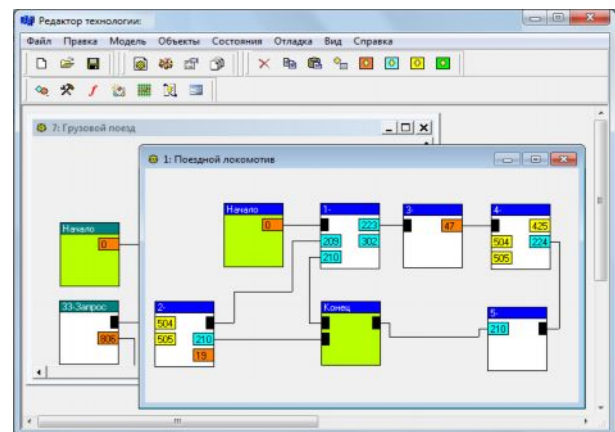


Рис. 1. Головне вікно програми «Редактор технологічного процесу роботи станцій»

В процесі описання технології роботи станції формується КА та налаштовуються функції виходів та переходів, описуються параметри об'єктів. Приклад діалогового вікна налаштування функції переходу, що виконується після закінчення роботи, представлено на рис. 2.

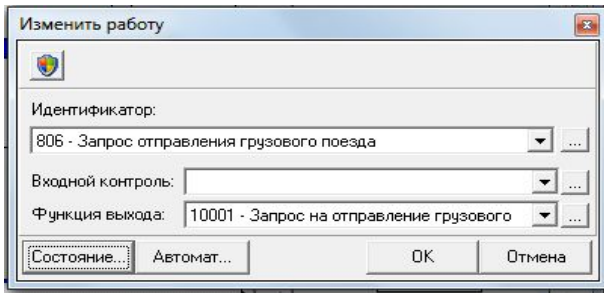


Рис. 2. Діалогове вікно налаштування функції переходу

Приклад діалогового вікна опису параметрів об'єкта представлено на рис. 3

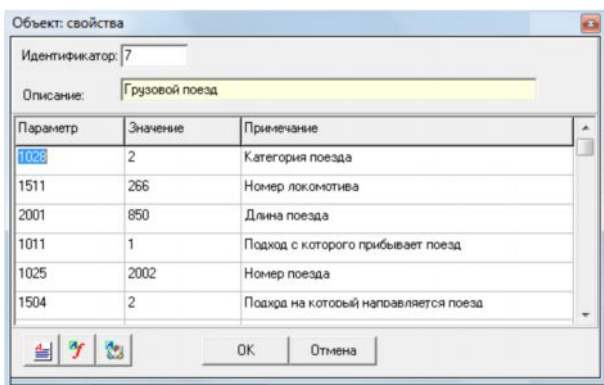


Рис. 3. Діалогове вікно для параметрів об'єкта

Формування опису виконавців, шаблонів технологічних операцій та ін. виконується за допомогою спеціалізованих форм. Для прикладу на рис. 4 представлено діалогове вікно для опису виконавців.

Під час моделювання можуть використовуватися наступні функції: математичні та логічні; роботи зі строками та списками; роботи з об'єктами; управління розрахунками; розрахунку тривалості технологічних операцій та інші. Для формування вказаних функцій розроблено спеціальну функціональну мову обробки текстових виразів. При цьому вирази можуть готуватись як у текстовій формі, так і за допомогою спеціальних форм. Приклад форми для формування функції

визначення тривалості технічного огляду состава поїзда представлено на рис. 5.

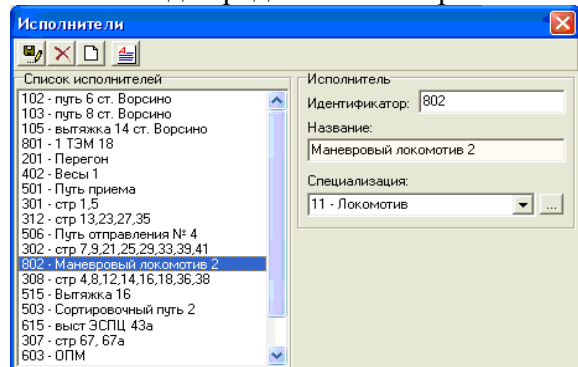


Рис. 4. Діалогове вікно для опису виконавців технологічних операцій на станціях

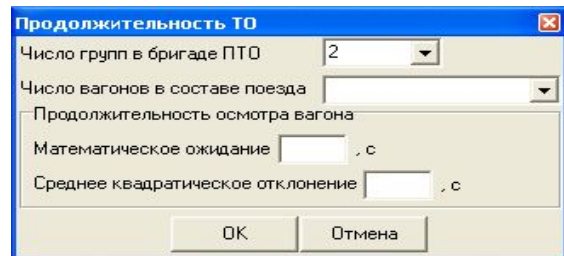


Рис. 5. Формування функції визначення тривалості технічного огляду состава поїзда

«Редактор технологічного процесу роботи станцій» дозволяє також здійснювати покрокове налагодження технології окремих об'єктів з контролем значень усіх параметрів. Результатом роботи редактору технологічного процесу роботи станцій є текстовий файл технологічного процесу, що є вихідним для подальшого імітаційного моделювання. Також передбачена можливість збереження шаблонів об'єктів у вигляді окремих файлів для використання їх при інших технологічних процесів.

Програма «Добовий план-графік» забезпечує виконання імітаційного моделювання роботи залізничної станції. Головне вікно програми представлено на рис. 6. Процес функціонування станції відображається на годинній сітці у

традиційному вигляді добового плану-графіку.

Моделювання роботи станції здійснюється ОПР в інтерактивному режимі. Якщо в процесі імітації роботи

станції відбувається перехід одного з об'єктів до стану, який містить вхідний сигнал підмножини X_3 (команда від ОПР), то процес моделювання призупиняється в очікуванні рішення ОПР.

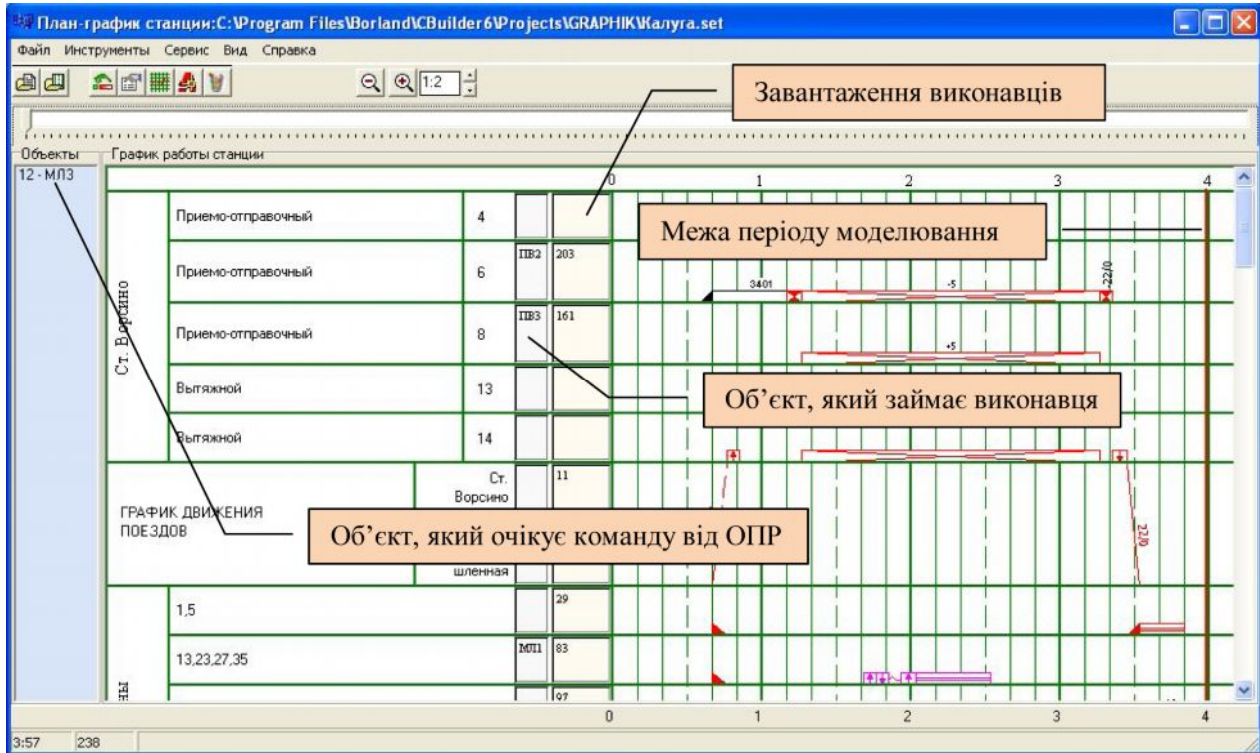


Рис. 6. Головне вікно програми «Добовий план-графік роботи станції»

Відповідний об'єкт виводиться у лівій частині вікна програми. Зміна положення межі періоду моделювання забезпечує повторення процесу моделювання з певного моменту з можливістю зміни порядку зайняття виконавців.

Результатами функціонального моделювання роботи залізничної станції є план-графік роботи станції, який можна експортувати у вигляді графічних файлів *dxg*, *wmf* и *eps*, а також показники роботи станції, такі як завантаження окремих виконавців і тривалості знаходження об'єктів в окремих фазах обслуговування.

Висновки

1. У відповідності до принципів об'єктно-орієнтованого підходу запропо-

новано структуру моделі, яка забезпечує формалізацію об'єктів сумісно з їх поведінкою. Такий підхід дозволяє описувати функціонування окремих об'єктів незалежно від роботи інших елементів станції і створювати на їх основі бібліотеки типових елементів технологічних процесів.

2. Реалізований на основі запропонованої моделі програмний комплекс дозволяє в автоматизованому режимі розробляти технологію роботи станцій та здійснювати імітаційне моделювання їх функціонування в ергатичному режимі під контролем людини. Використання представленого програмного комплексу дозволяє скоротити витрати часу на отримання техніко-експлуатаційної оцінки вантажних станцій, які проектуються, та існуючих.

Список літератури

1. Бобровский, В. И. Функциональное моделирование железнодорожных станций в тренажерах оперативно-диспетчерского персонала [Текст] / В. И. Бобровский, Р. В. Вернигора // Математичне моделювання. – 2000. – № 2 (5). – С. 68-71.
2. Бобровский, В. И. Эргатические модели железнодорожных станций [Текст] / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора // Зб. наук. праць КУЕТТ: Серія «Транспортні системи і технології» – 2004. – Вип. 5. – К.: КУЕТТ, 2004. – С. 80-86.
3. Бобровский, В. И. Технико-экономическое управление железнодорожными станциями на основе эргатических моделей [Текст] / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2004. – № 6. – С. 17-21.
4. Буч, Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений (UML 2) [Текст] / Г. Буч, Р. А. Максимчук, М. У. Энгл и др. // Третье издание – М.: Вильямс, 2010. – 720 с.
5. Вернигора, Р. В. Підготовка ДСП станцій ділянки з використанням тренажерного комплексу [Текст] / Р. В. Вернигора, В. В. Малашкін // Збірник наукових праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна «Транспортні системи і технології перевезень» – 2010. – Вип. 1 – С. 34-37.
6. Ветухов, Е. А. Определение уровня загрузки станций методом моделирования их работы на ЭЦВМ [Текст] / Е. А. Ветухов, Е. А. Сотников // Железнодорожный транспорт. – 1969. – № 7. – С. 34-37.
7. Загарий, Г. И. Моделирование процесса перевозок на железных дорогах Украины с помощью расширенных сетей Петри [Текст] / Г. И. Загарий, Ю. М. Федюшин // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 1997. – № 4. – С. 52-56.
8. Ивахненко, А. Г. Моделирование сложных систем по экспериментальным данным [Текст] / А. Г. Ивахненко, Ю. П. Юрачковский – М.: Радио и связь, 1987. – 120 с.
9. Ивницкий, В. А. Оперативный анализ работы и нормирование простоев на станции с использованием имитационного моделирования [Текст] / В. А. Ивницкий, А. Г. Миркин // Вестник ВНИИЖТа. – 1990. – № 7. – С. 7-10.
10. Козаченко, Д. М. Програмный комплекс для імітаційного моделювання роботи залізничних станцій на основі добового плану-графіку [Текст] / Д. М. Козаченко, Р. В. Вернигора, Р. Г. Коробйова // Залізн. трансп. України. – 2008. – № 4 (70). – С. 18-20.
11. Козаченко, Д. Н. Объектно-ориентированная модель функционирования железнодорожных станций [Текст] / Д. Н. Козаченко – С. 47-55.
12. Коробьева, Р. Г. Информационная модель для анализа станционных процессов на ЭВМ [Текст] / Р. Г. Коробьева // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 31. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 50-54.
13. Лещинский, Е. И. Имитационное моделирование на железнодорожном транспорте [Текст] / Е. И. Лещинский – М.: Транспорт, 1977. – 176 с.
14. Лоу, А. М. Имитационное моделирование [Текст] / А. М. Лоу, В. Д. Кельтон – СПб.: Питер 2004. – 848 с.
15. Мартин, Ф. Ф. Моделирование на вычислительных машинах [Текст] / Ф. Ф. Мартин // Под ред. д. ф.-м. н. Коваленко И. Н. – М.: Советское радио, 1972. – 288 с.
16. Падня, В. А. Применение теории массового обслуживания на транспорте [Текст] / В. А. Падня. – М.: Транспорт, 1968. – 208 с.
17. Персианов, В. А. Моделирование транспортных систем [Текст] / В. А. Персианов, К. Ю. Скалов, Н. С. Усков – М.: Транспорт, 1972. – 208 с.
18. Ульяненкова, Н. В. Современные тенденции рационального использования технического оснащения грузовой станции [Текст] / Н. В. Ульяненкова, В. В. Храбров //

Транспорт: Наука, техника, управление. – ВИНТИ. – 1999. – № 5. – С. 65-66.

19. Федюшин, Ю. М. Применение сетей Петри для моделирования процессов управления на железнодорожном транспорте [Текст] / Ю. М. Федюшин // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 1996. – № 3, 4. – С. 7-12.

20. Шабалин, Н. Н. Моделирование процессов массового обслуживания на станциях [Текст] / Н. Н. Шабалин // Железнодорожный транспорт. – 1971. – № 5. – С. 64-65.

21. Milinkovic, S. A fuzzy Petri net model to estimate train delays [Текст] / S. Milinkovic, M. Markovic, S. Veskovic, M. Ivic, N. Pavlovic // Simulation Modelling Practice and Theory. – 2013. – № 33. – P. 144-157.

Анотації

Мета. Метою статті є вдосконалення функціональної моделі вантажних станцій, яке направлено на скорочення витрат часу на формалізацію технологічних процесів їх роботи за рахунок використання добірки типових елементів технології. **Методика.** В якості методів дослідження використовувались методи теорії масового обслуговування, імітаційного моделювання, скінченних автоматів і об'єктно-орієнтованого аналізу. **Результати.** В результаті дослідження розроблено формальну модель функціонування вантажної станції, яка дозволяє представити окремі елементи станційної технології сумісно з їх описом. Дану модель реалізовано у вигляді програмного комплексу. **Наукова новизна.** За рахунок використання об'єктно-орієнтованого підходу під час організації даних вдосконалено модель функціонування вантажних станцій, що дозволяє створювати бібліотеки елементарних технологічних процесів і скоротити витрати часу на формалізацію технології роботи цих станцій. **Практична значимість.** Використання програмного комплексу, розробленого на базі запропонованої моделі, дозволяє скоротити витрати часу на отримання техніко-експлуатаційної оцінки вантажних станцій, які проектується, та існуючих.

Ключові слова: залізнична станція; технологічний процес; імітаційне моделювання; план-графік роботи станції; об'єктно-орієнтований підхід

Цель. Целью статьи является совершенствование функциональной модели грузовых станций, которое направлено на сокращение затрат времени на формализацию технологических процессов их работы за счет использования подборки типичных элементов технологии. **Методика.** В качестве методов исследования использовались методы теории массового обслуживания, имитационного моделирования, конечных автоматов и объектно-ориентированного анализа. **Результаты.** В результате исследования разработана формальная модель функционирования грузовой станции, которая позволяет представить отдельные элементы станционной технологии совместно с их описанием. Данная модель реализована в виде программного комплекса. **Научная новизна.** За счет использования объектно-ориентированного подхода при организации данных усовершенствована модель функционирования грузовых станций, позволяет создавать библиотеки элементарных технологических процессов и сократить затраты времени на формализацию технологии работы этих станций. **Практическая значимость.** Использование программного комплекса, разработанного на базе предложенной модели, позволяет сократить затраты времени на получение технико-эксплуатационной оценки грузовых станций, проектируемых и существующих.

Ключевые слова: железнодорожная станция; технологический процесс; имитационное моделирование; план-график работы станции; объектно-ориентированный подход

Purpose. The purpose of this paper is the improvement of the functional model of freight stations, which is aimed at reducing the time required to formalize the technological processes of their work through the use of lists of typical elements of technology. **Methods.** The methods of research used the methods of the theory of mass service, simulation, finite state machines and object-oriented analysis. **Results.** The study is designed formally model of the freight station, which allows the presentation of the individual elements of the station technology together with their description. This model is implemented in the form of a software system. **Scientific novelty.** Through the use of object-oriented approach to data management improved model of the freight stations, it's possible to create libraries of elementary processes and reduce the time to formalize the technology of these stations. **The practical significance.** Using the complex, which is designed based on the proposed model, can reduce the time required to obtain the technical and operational evaluation of freight stations that are designed and existing.

Keywords: railway station; technological process; simulation modeling; the schedule of the station; the object-oriented approach