

УДК 656.212.5:681.3

ЖУКОВИЦЬКИЙ І. В., д.т.н., професор,  
УСТЕНКО А. Б., к.т.н., доцент (ДНУЗТ),  
ЗИНЕНКО О. Л., к.т.н. (Укрзалізниця)

## Створення нових можливостей АСК ВП УЗ із підтримки оперативного планування призначення локомотивів до складу вантажних поїздів

### Вступ

Ефективна підтримка управління процесом перевезень з боку інформаційних систем нині є вимогою часу. Спільною платформою такої підтримки нині стає єдина Автоматизована система керування вантажними перевезеннями Укрзалізниці (АСК ВП УЗ-С) [1]. На її можливості значною мірою спираються АСУ господарств УЗ, зокрема – автоматизована система управління локомотивним господарством (АСУ-Т). Традиційно основною функцією АСУ на залізниці лишається всебічний контроль поточної управлінської ситуації. Разом з тим, стрімкий розвиток засобів інтерактивної взаємодії користувачів із комп'ютерними системами створює умови реалізації нових можливостей АСУ щодо безпосередньої підтримки прийняття управлінських рішень [2]. Далі розглянуте рішення задачі, яка стала першою спробою використання інтерактивних технологій в підтримці оперативного планування і управління на платформі АСК ВП УЗ. Підходи, які були використані в рамках цієї задачі, а також конкретні програмні засоби, що створені під час її реалізації, можуть бути використані для подальшого розвитку інформаційної підтримки управління процесами перевезень.

### Задача та технологія оперативного планування призначення локомотивів до складу вантажних поїздів

Однією з важливих задач забезпечення ефективності використання локомотивного парку є раціональне планування використання локомотивів в складі вантажних поїздів. Таке планування повинно забезпечити мінімізацію витрат на перевезення за умовою виконання технологічних обмежень. Між тим, аналіз існуючої

технології доводить, що диспетчери, які на практиці виконують планування, майже не враховують економічну складову призначень. Ефективним засобом удосконалення управління може стати підтримка рішень диспетчерського персоналу з використанням математичних методів оптимізації, коли комп'ютерна система, враховуючи економічні критерії, моделює для диспетчера наслідки використання різних варіантів плану.

Аналіз технології оперативного управління експлуатації локомотивів (ОУЕЛ) доводить, що очікувані витрати для різних варіантів призначень включають як складові, які не залежать від ситуації управління (перш за все, витрати на паливе або електроенергію, які визначаються вибором серії локомотиву), так і ті, що визначаються особливостями такої ситуації (зокрема витрати, які пов'язані з очікуванням складами готовності локомотивів або навпаки, з локомотивами готовності складів). Принципово важливо, що очікувані витрати останнього типу містять суттєві випадкові складові. Це підтверджують результати досліджень фактичної тривалості типових стадій підготовки локомотивів за даними АСК ВП УЗ (рис.1).

### Математична модель оптимізації планування призначень локомотивів

В роботі [3] вперше запропоновано використовувати для оптимізації планування роботи локомотивів в поїздах математичний апарат "задачі про призначення". Рішення такої задачі з використанням ряду відомих методів [4] дозволяє знайти розподіл локомотивів, який мінімізує сумарні витрати на перевезення (рис.2). При цьому очікувані витрати на перевезення  $i$ -го поїзду  $j$ -м локомотивом вважаються детермінованими і незмінними в часі.

© І. В. Жуковицький, А. Б. Устенко, О. Л. Зиненко, 2011

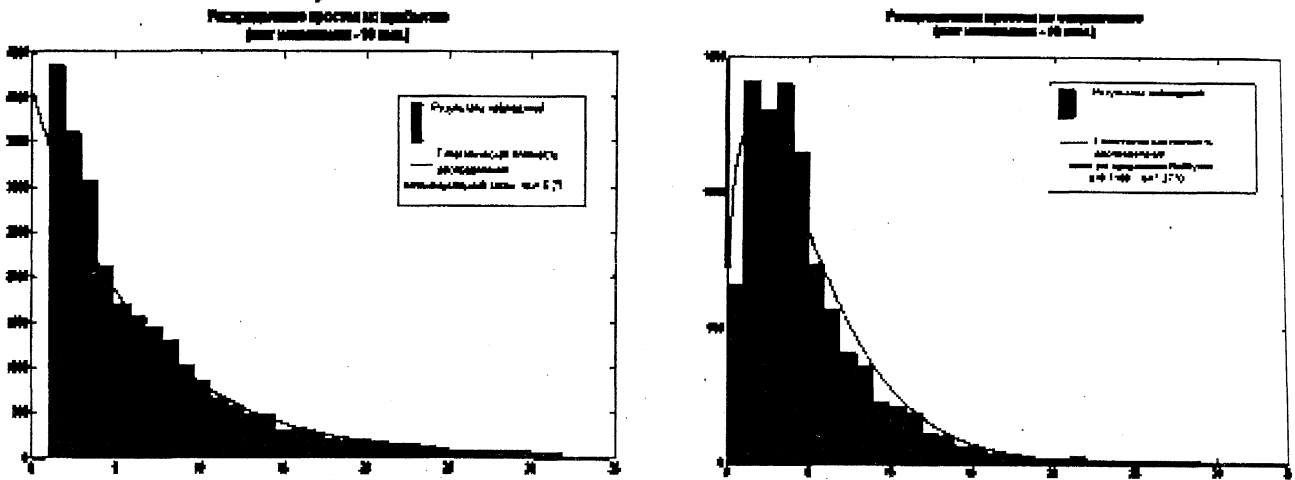


Рисунок 1 – Приклади ідентифікації законів розподілу тривалості стадій підготовки локомотивів (по прибуттю та по відправленню)

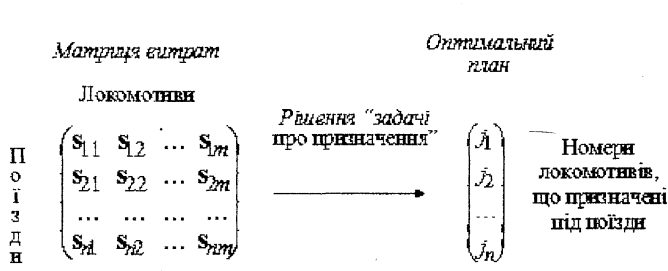


Рисунок 2 – Використання математичної моделі “задачі про призначення” для оптимізації призначень локомотивів в поїзді

Однак аналіз досліджень, які описані вище, свідчить: такі витрати містять складову, яка залежить від часу. Дійсно, з часом прогноз готовності локомотивів і составів може уточнюватись, а відтак вочевидь змінюються і оцінки відповідних очікуваних витрат. Враховуючи ці міркування, доречно використати для оцінки витрат  $s$  поняття статистичного ризику  $r$  – очікуваних витрат при конкретному виборі управлінського рішення в умовах невизначеності [5]. Таким чином, очікувані витрати на перевезення состава певним локомотивом можна подати у вигляді:

$$s = \sum_l c_l + \sum_k r_k, \quad (1)$$

де  $c_l$  – складові “фіксованих” витрат (зокрема, на паливо, зарплату локомотивних бригад тощо);  $r_k$  – “ризик” (очікувані витрати на простой локомотивів і составів в зв’язку з несинхронністю їх готовності).

Підходи до оцінки ризиків ілюструє рис.3.

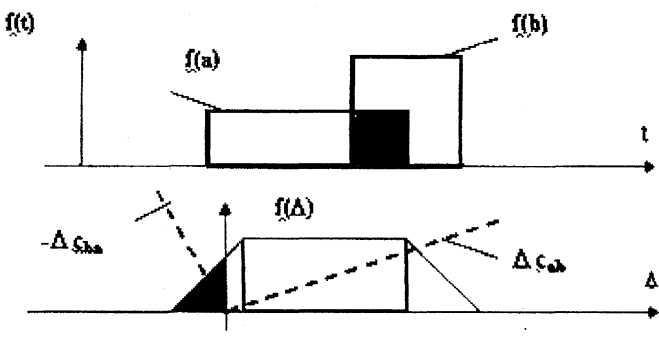


Рисунок 3 – Приклад оцінки ризику, що пов’язаний із взаємним очікуванням готовності локомотиву та поїзду

На рис.3.  $f(a)$  та  $f(b)$  – функції розподілу часу готовності першого та другого готового об’єкту (відповідно локомотиву та составу або навпаки);  $f(\Delta)$  – функція розподілу часу очікування;  $c_{ab}$  та  $c_{ba}$  – питомі витрати від простоїв в очікуванні об’єктами одне одного.

Як видно на рис.3, при перетинанні функцій  $f(a)$  та  $f(b)$  існує ризик як очікування як об’єкту а, так і об’єкту b. Формула для розрахунку повного ризику має вигляд:

$$R = c_{ab} \int_0^{\infty} \int_{\Delta}^{\infty} \varphi(\Delta) d\Delta d\Delta + c_{ba} \int_0^{\infty} \int_{-\Delta}^{\infty} \varphi(\Delta) d\Delta d\Delta. \quad (2)$$

Розрахунок ризику може бути виконаний для будь-яких функцій  $f(a)$  та  $f(b)$  за допомогою чисельних методів. Для рівномірних розподілів можливе аналітичне рішення. В роботі [6] авторами запропонований метод інтерактивної динамічної оптимізації призначень локомотивів, який використовує описану вище

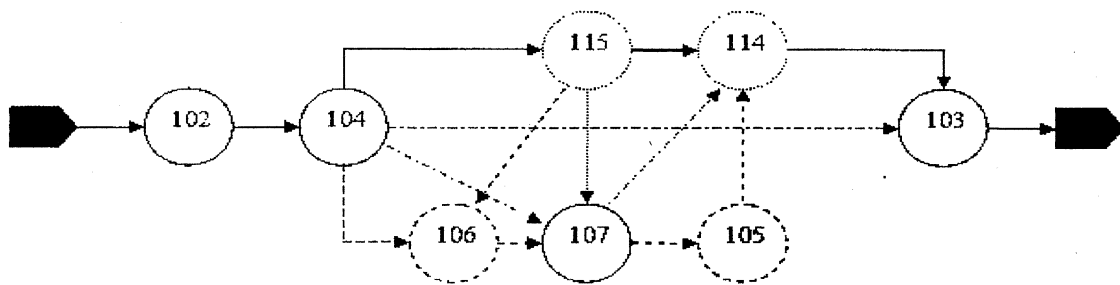
математичну модель і пристосований для інтерактивної взаємодії диспетчера і комп'ютерної інформаційної системи.

**Метод інтерактивної динамічної оптимізації призначень локомотивів**

Метод передбачає рішення задачі оптимізації плану призначень в потоковому режимі. При цьому зміна ситуації управління постійно відображується в динамічній моделі процесу перевезень АСК ВП УЗ. Одержання даних про виконання операцій з локомоти-

вами та складами приводить до корекції прогнозу їх готовності до перевезень.

Прогнозування готовності локомотивів виконується, виходячи з типових технологічних послідовностей операцій та поточної стадії підготовки (рис.4). При цьому враховується, який варіант типового технологічного процесу реалізується в даній ситуації (наприклад, чи необхідно для даного локомотиву виконання технічного обслуговування ТО-2). Середній час перебування локомотиву на певній стадії підготовки визначається за результатами статистичної обробки даних АСК ВП УЗ для конкретної станції.



*Основні облікові стадії підготовки*

- 102 – простоювання по прибуттю
- 103 – простоювання по відправленню
- 104 – технічні операції (приймання, здача, екіпірування, ТО-1)
- 105 – простоювання в очікуванні роботи
- 106 – простоювання в очікуванні ТО-2
- 107 – виконання ТО-2
- 114 – прийняття локомотива бригадою
- 115 – здача локомотива бригадою

*Типові технологічні ланцюги стадій підготовки*

- Без виконання ТО-2  
102, 104, (115), (114)
- З виконанням ТО-2  
102, 104, (115), (106), 107, (114)

(в дужках вказані необов'язкові елементи)

Рисунок 4 – Схеми зміни облікових станів локомотивів в АСК ВП УЗ при підготовці локомотивів до роботи в поїздах

Корекція прогнозу в свою чергу впливає на розрахунок ризиків і вибір оптимальних призначень локомотивів, які інформаційна система рекомендує диспетчеру. При цьому диспетчер може впливати на побудовання оптимізованого плану призначень, коректуючи параметри планування (наприклад, оцінки витрат від простоїв локомотивів або пріоритети складів, які повинні вивозитись). Приймаючи рішення з призначення конкретного локомотиву, диспетчер виключає відповідну пару локомотив-состав із планування, після чого побудовання оптимізованого плану призначень виконується знову.

**Реалізація підтримки оперативного планування призначень локомотивів в поїзди на платформі аск вп уз**

Описаний метод підтримки оперативного планування призначень локомотивів реалізується в АСК ВП УЗ в формі веб-рішення на базі самостійного серверу застосувань (аналітичного серверу ОУЕЛ). Такий підхід дозволяє, з одного боку, обмежитись використанням на комп'ютерах користувачів стандартних програм веб-браузерів, а з іншого – виключити додаткове навантаження на сервери баз даних АСК ВП УЗ від нерегламентованого струму запитів, які виникають при інтерактивній роботі користувачів

Використання сучасних веб-технологій дозволяє створити зручний графічний інтерфейс для підтримки планування призначень локомотивів (рис.5). Для кожного складу та локомотиву, які готуються до перевезень на станції, відображаються прогнозовані інтервали часу їх готовності. При натисканні кнопки "Розрахувати" формується оптимізований для поточної ситуації план призначень, і зображення конкретних локомотивів в анімаційному режимі переміщуються до відповідних складів. Диспетчер може впливати на побудовання плану, змінюючи пріоритетність складів або коректуючи прогноз готовності об'єктів перевезень. Також він може за власним розсудом змінити призначення, що рекомендовані інформаційною системою, просто "перетягуючи" зображення локомотивів від одного складу до іншого.

В створенні плану призначень приймають участь різні виконавці (зокрема, поїзні та локомотивні диспетчери дирекцій з вантажних перевезень, чергові по станціях та локомотивних депо). Сервер ОУЕЛ створює єдиний прозорий інформаційний простір для їх взаємодії. По суті, в його середовищі створюється комплекс АРМ для всіх учасників планування. При цьому для кожного робочого місця адміністратором серверу визначаються певні повноваження його користувача. Наприклад, локомотивний диспетчер або черговий депо може уточнювати прогноз готовності локомотиву, а поїзний диспетчер – виконувати побудовання та корекцію плану призначень. Дії кожного з учасників відображаються для всіх інших в реальному часі.

## Висновки

Реалізація задачі планування призначень локомотивів створює передумови для подальшого розвитку напрямку підтримки управлінських рішень (зокрема, планування) на платформі АСК ВП УЗ.

Так, в ході цієї розробки був створений та впроваджений механізм обміну даними між серверами баз даних і аналітичним сервером застосувань. Створені типові програмні рішення для інтерактивного інтерфейсу користувачів аналітичних серверів. Впроваджені типові рішення щодо адміністрування АРМ користувачів, які створюються в середовищі серверу ОУЕЛ. Ефективність цих рішень базується на використанні сучасних веб-технологій.

## Література

1. *Великодний В.В.* Компонентно-ориентированное программирование в разработках интегрированной среды автоматизированной системы управления железнодорожного транспорта Украины / Великодний В.В., Землянов В.Б., Скалозуб В.В., Жуковицкий И.В., Цейтлин С.Ю. // Информационно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2005. - №5. – С.63-68.
2. *Жуковицкий И.В.* Принципы построения системы поддержки принятия решений и управления вантажними перевезеннями на основе аналитических серверов АСК ВП УЗ / Жуковицкий И.В., Скалозуб В.В., Устенко А.Б. // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 17. – С.28-34.
3. *Моргунов А. И.* Задача о назначениях и планирование работы железнодорожного транспорта // Вестник ВНИИЖТ. – 2004. - №6. – С. 25-28.
4. *Шухман А.Е.* Эмпирический анализ методов решения задачи о назначениях / Шухман А.Е., Шухман Е.В. // Вызовы XXI века и образование. Материалы всеросс. науч.-пр. конференции. – Оренбург, ОГУ, 2006. – 230 с.
5. *Хэмди А. Таха.* Введение в исследование операций. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 912 с.
6. *Жуковицкий И.В.* Метод интерактивной динамической оптимизации распределения локомотивов для работы в поездах на основе оценки рисков. / Жуковицкий И.В., Устенко А.Б., Зиненко О.Л. // Информационно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2006. - №4. – С.86-91.

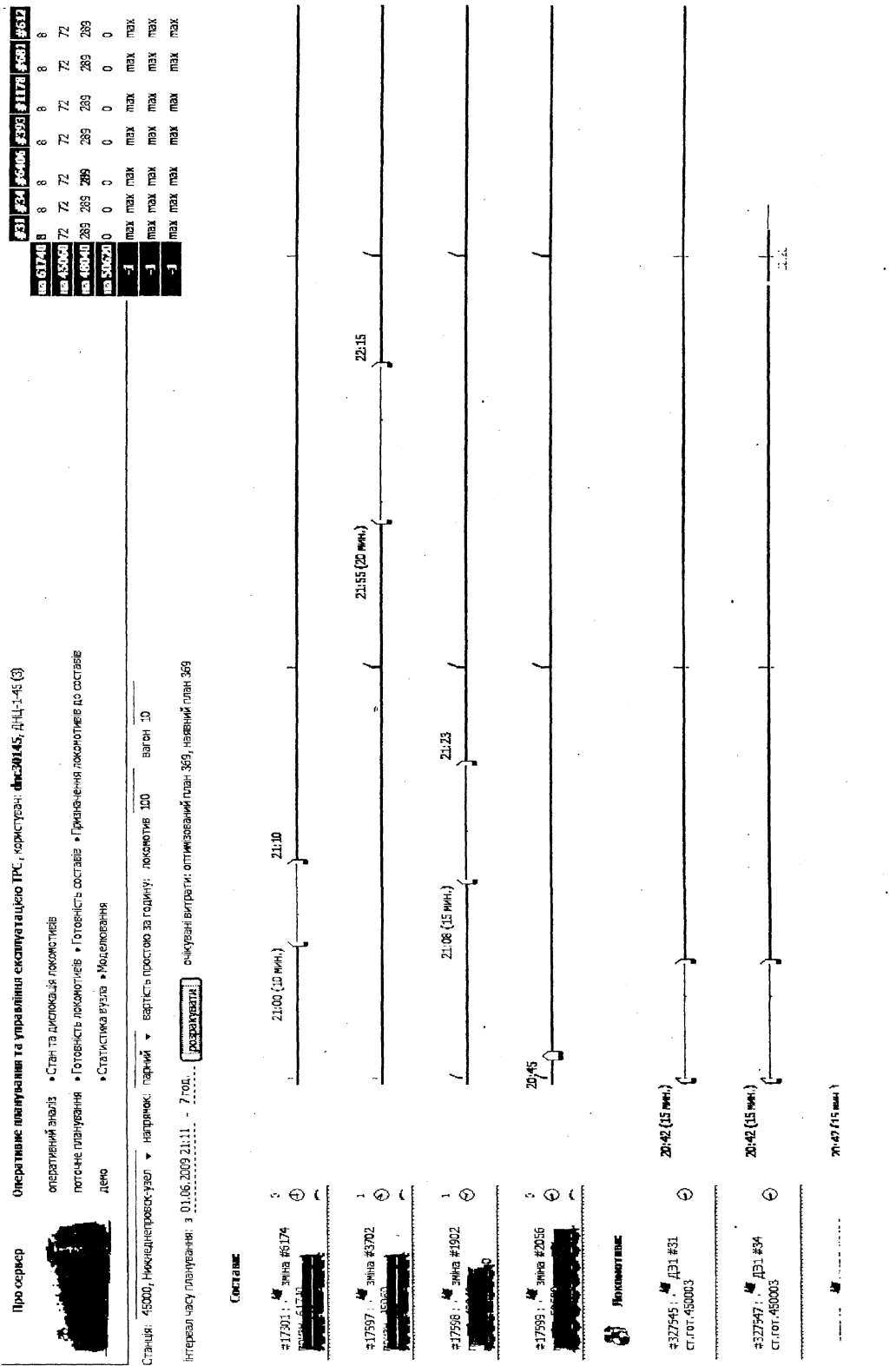


Рисунок 5 – Графічний інтерфейс для рішення задачі оптимізації призначень локомотивів в поїзди

**Резюме**

**Ключові слова:** вантажний поїзд, призначення локомотивів, автоматизована система планування

Розглядається можливість використання серверів застосувань в складі АСК ВП УЗ як аналітичних серверів для підтримки оперативного планування призначення локомотивів до складу вантажних поїздів

*Поступила 30.06.2011 г.*

Рассматривается возможность использования серверов приложений в составе аск вп уз как аналитических серверов для поддержки оперативного планирования назначения локомотивов в состав грузовых поездов

It is considered the possibility of using applications servers of automatized control system by ukrainian railway goods transportations as analytical servers to support the operative planning for locomotives assignment forming a part of goods trains