

*Робота присвячена удосконаленню процедури корегування плану формування поїздів на основі формалізації технології організації групових поїздів оперативного призначення. Розроблено математичну модель, яка дозволяє вибирати раціональний маршрут об'єднання груп вагонів для організації погоджених групових поїздів зі змінними сполученнями груп вагонів на сітьовому рівні. Для рішення даної математичної моделі запропоновано застосувати генетичний алгоритм*

*Ключові слова: залізничний транспорт, оперативне управління, план формування поїздів, вагонопотік, груповий поїзд, генетичний алгоритм*

*Робота посвящена усовершенствованию процедуры корректировки плана формирования поездов на основе формализации технологии организации групповых поездов оперативного назначения. Разработана математическая модель, которая позволяет выбрать оптимальный маршрут объединения групп вагонов для организации согласованных групповых поездов со сменными сочетаниями групп вагонов на сетевом уровне. Для решения данной математической модели предложено применить генетический алгоритм*

*Ключевые слова: железнодорожный транспорт, оперативное управление, план формирования поездов, вагонопоток, групповой поезд, генетический алгоритм*

УДК 656.222.3

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.47886

# ФОРМАЛІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ГРУПОВИХ ПОЇЗДІВ ОПЕРАТИВНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Т. В. Бутько

Доктор технічних наук, професор\*

E-mail: uermp@ukr.net

А. В. Прохорченко

Кандидат технічних наук, доцент\*

E-mail: railwayhub@yandex.ua

А. М. Киман\*\*

Головний інженер

Залізнична станція Знам'янка

Одеська залізниця

E-mail: dnmz.zn@gmail.com

\*Кафедра управління експлуатаційною роботою\*\*\*

\*\*Кафедра управління

вантажною і комерційною роботою\*\*\*

\*\*\*Український державний

університет залізничного транспорту

майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, Україна, 61166

## 1. Вступ

В умовах кризових явищ на ринку вантажних перевезень України спостерігається тенденція щодо зменшення обсягів вагонопотоків на залізничній мережі, і як наслідок, збільшується період накопичення составів, що призводить до невиконання строків доставки вантажів, тощо. В той же час загострюється конкуренція з автомобільним вантажним транспортом в секторі перевезень вагонних та групових відправок [1]. Дана ситуація вимагає вирішення завдання щодо удосконалення діючих технологій перевізного процесу, пов'язаних з формуванням, організацією та відправленням вантажних поїздів на основі концепції, яка дозволить надати властивість гнучкості в експлуатаційній роботі залізниць з урахуванням змін умов формування вагонопотоків у поїзди [2].

Основу організації вагонопотоків складає план формування поїздів (ПФП), який визначає рівень завантаження технічних засобів транспорту, а також розподіл сортувальної і маневрової роботи між станціями і пунктами відправлення і призначення вантажних поїздів [3]. В даний час план формування поїздів, який визначає вид та напрямки поїздів та груп вагонів, які формують станції, розробляється раз в рік, а мето-

ди розрахунку ПФП базуються на середньодобових планових вагонопотоках та не враховують їх коливань по величині та структурі на протязі сезонів року, днів тижня та годин доби. За таких умов виникають ситуації на станціях мережі, коли вагонні струмені, що виділені в самостійні призначення мають добову потужність менше встановлених норм маси та довжини вантажних поїздів для відправлення. Для уникнення перепростоїв та прискорення просування вагонів можливим є проведення корегування плану формування для окремих поїздів на основі застосування технології погодженої організації групових поїздів оперативного призначення [4, 5].

## 2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Дослідженням в області розробки плану формування групових поїздів для залізниць України, або їм подібних, приділялось багато уваги з причин високої ефективності даної технології [3, 5]. Можна виділити напрямки досліджень, що більш сконцентровані на аналітичних дослідженнях залежності вагоно-годин простою вагонів від варіантів об'єднання самостійних призначень у груповий поїзд. В роботі [6] доведено

ефективність застосування групових поїздів, так, наприклад, об'єднання двох призначень в груповий поїзд дозволяє скорочувати період накопичення у 2 рази. В межах даних досліджень удосконалювались підходи щодо розрахунку простоїв вагонів та вибору найбільш ефективних варіантів їх групової добірки. До недоліків даного підходу можна віднести обмежені можливості автоматизації розрахунків, що вимагає проведення розрахунків в ручному режимі, і як наслідок на практиці, формування групових поїздів виконується тільки для декількох, окремо взятих призначень без аналізу експлуатаційної ситуації на сітьовому рівні. З причин відсутності більш ефективних підходів технологія організації групових поїздів не набула широкого застосування на залізницях України. На практиці, окрім складності аналітичного моніторингу експлуатаційної ситуації на сітьовому рівні, майже неможливо вже сплановані варіанти організації обігу групових поїздів, синхронізувати по прибуттю на станціях обміну груп в умовах відсутності жорсткого графіку руху. Менш розвиненим але більш перспективним для залізниць України є напрямок досліджень, що присвячений просторовій організації групових поїздів на сітьовому рівні з меншою деталізацією аналітичних залежностей. Так, ефективність сітьового формування ланцюгів групових поїздів з послідовною заміною груп одразу на декількох технічних станціях за напрямком слідування вагонопотоку над формуванням одиничного групового поїзда була доведена в роботі [7].

Як показує практика, процес корегування ПФП для організації ланцюгів групових поїздів на залізничній мережі України є досить тривалим з причин відсутності автоматизованих технологій виявлення на станціях полігону мережі груп вагонів, прогнозний простій яких перевищує нормативний для відправлення в самостійному призначенні та розрахунку раціональних варіантів об'єднання даних груп з іншими струменями для організації групових поїздів оперативного призначення на мережі [4, 5]. Значна інерційність в плануванні та неможливість в ручному режимі комплексно оцінити експлуатаційну обстановку на сітьовому рівні унеможлиблює застосування оперативних рішень щодо формування групових поїздів у взаємодії зі станціями на полігоні мережі.

На залізницях в багатьох країнах, включаючи Францію, Італію, Німеччину, Бельгію, Польщу та навіть США на практиці частка в сфері організації перевезень малопотужних потоків в системі технічної маршрутизації або перевезень повагонних відправок (англ., single wagon load або wagonload freight) хоч і зменшується, але складає від 30 до 40 % від загальних обсягів [8]. Враховуючи велику вартість переробки вагонів на сортувальних станціях та необхідність підвищення економічної ефективності, інтенсивно використовується технологія перевезень із застосуванням групової спеціалізації поїздів, які здійснюють рух за жорстким розкладом. У світі формалізація даної технології отримала розвиток в області Проблем формування блоків (англ., blocking problem, BP) [9–13]. Дані дослідження присвячені просторовій організації групових поїздів на сітьовому рівні, а запропоновані математичні моделі не відображають специфіку організації перевезень залізниць України і тому мають обмежене застосування.

Приймаючи до уваги, що у більшості досліджень не приділялося уваги удосконаленню технології оперативного прискорення просування вагонопотоків малопотужних дальніх струменів на основі погодженої організації групових поїздів оперативного призначення на сітьовому рівні, необхідним є проведення додаткових досліджень щодо формалізації даної технології з урахуванням специфіки організації перевезень на залізницях України.

### 3. Мета і завдання дослідження

Метою роботи є удосконалення процедури корегування плану формування поїздів на основі формалізації технології організації групових поїздів оперативного призначення. Для досягнення поставленої мети були поставлені наступні завдання дослідження:

- провести аналіз технології організації групових поїздів на мережі залізниць України для формування вимог щодо формалізації технології організації групових поїздів оперативного призначення;
- розробити математичну модель, яка дозволяє вибирати раціональний маршрут об'єднання груп вагонів для організації погоджених групових поїздів зі змінними сполученнями груп вагонів на сітьовому рівні;
- для підвищення ефективності рішення математичної моделі організації групових поїздів оперативного призначення застосувати оптимізаційний метод на основі генетичного алгоритму.

### 4. Розробка математичної моделі організації групових поїздів оперативного призначення на основі процедури еволюційного моделювання

В межах вирішення поставлених завдань в роботі запропоновано представити залізничну мережу у вигляді неорієнтованого графу  $G(P, E)$  [14], де  $P$  – множина вершин,  $i \in P$ , вершини  $i=1, n$  відповідають технічним станціям можливого прослідування, формування-розформування групових поїздів, або на яких виконуються операції з обміну груп;  $E$  – множина ребер  $e_{ij}$ , що з'єднують відповідні вершини графа та відповідають залізничним лініям  $(i, j)$  між станціями мережі, де  $e_{ij} \in E$ ,  $i, j=1, n$ . Інформація про зв'язки вершин графу міститься в матриці суміжностей  $\xi$ , з елементами

$$\xi_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо рух між станціями } i \text{ та } j, \\ 0, & \text{в іншому випадку.} \end{cases}$$

Враховуючи, що на початку розрахунку є відомою інформація про кількість груп вагонів, їх місце знаходження (станція відправлення-станція призначення), то можна позначити через  $A$  – множину всіх груп вагонів  $a \in A$ ,  $a=1, K$ , які потенційно можуть бути включені до групових поїздів. Тоді кількість вагонів у групі визначається як  $m_a$ . Позначимо через  $s$  – вершину, що відповідає станції відправлення групи вагонів  $a$ , а через  $r$  – вершину, що є станцією призначення відповідної групи вагонів  $(s, r \in P)$ , рис. 1.

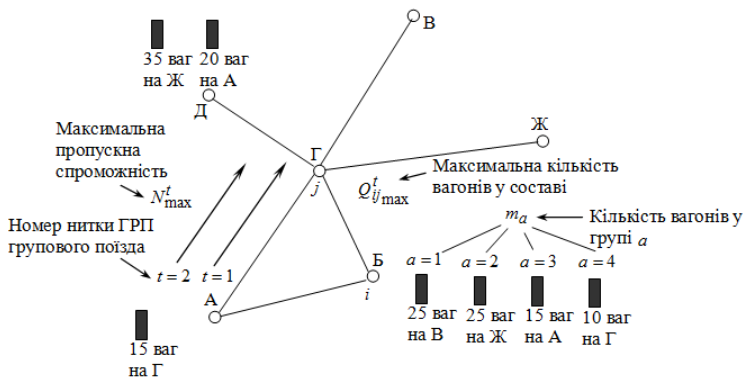


Рис. 1. Граф  $G(P, E)$ , що відображає схему полігону залізничної мережі для організації групових поїздів

Для формалізації поставленої задачі важливим є проведення аналізу технології організації групових поїздів на мережі. Для прикладу на рисунку 2 представлено два варіанти організації групових поїздів відповідно до вище вказаної експлуатаційної ситуації на мережі (рис. 1).

На схемі першого варіанту обмін групами виконується на двох технічних станціях А та Г. Одразу можна визначити, що перевагою даного варіанту (рис. 2, а) є просування більшої кількості груп вагонів, що призводить до простою лише 15 вагонів на станції А. До недоліків даного варіанту слід віднести збільшений час пробігу груп вагонів від станції Б через станцію А. Крім того, збільшуються витрати на маневри по обміну груп вагонів, так як обмін проводиться на двох станціях. Перевагою другого варіанту (рис. 2, б) є значно менший час слідування груп вагонів та зменшення витрат на маневрові операції по обміну груп вагонів. До недоліків слід віднести невключення до плану організації групових поїздів двох груп вагонів по станції Б загальною кількістю 25. Крім того на дільниці Б–Г сформовано поїзд неповної маси та довжини, що теж збільшує витрати на просування даних груп вагонів.

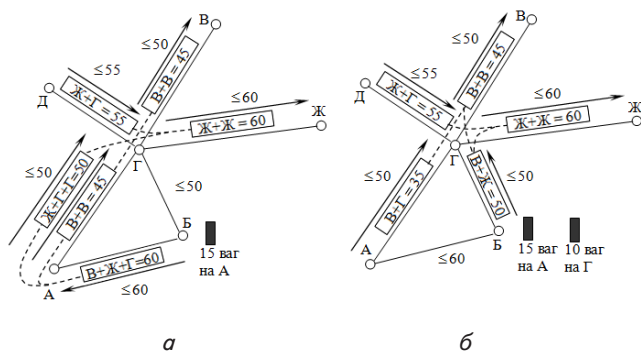


Рис. 2. Схема організації групових поїздів на залізничному полігоні: а – організація групових поїздів через дві станції обміну груп вагонів; б – організація групових поїздів через одну станцію обміну груп вагонів

Аналіз технології доводить, що на формування групового поїзду впливає обмеження на максимальну кількість вагонів в составі поїзда на кожній із дільниць; загальна кількість організованих поїздів на дільниці теж обмежується виділеною

$$b_{ija}^t = \begin{cases} 1, & \text{якщо група вагонів } a \text{ включена до поїзда } t \text{ на дільниці } ij, \\ 0, & \text{в іншому випадку.} \end{cases}$$

максимальною пропускною спроможністю для даної технології; маршрути слідування груп вагонів не завжди повинні бути найкоротшими по відстані або тривалості руху, так як інколи доцільно направляти вагони на паралельні шляхи, що дозволяє організувати більшу кількість групових поїздів; маса та довжина групових поїздів повинна бути диференційована так, як в деяких випадках економічно доцільно відправити неповноваговий груповий поїзд.

Отже, приймаючи до уваги, що перед проведенням розрахунків є відомою інформація про станцію призначення кожної групи вагонів, важливим є визначення їх маршрутів слідування по мережі. Для можливості моделювання маршруту слідування по мережі від станції відправлення до станції призначення кожної групи вагонів а необхідно ввести змінну  $x_{ij}^a$ , яка приймає значення

$$x_{ij}^a = \begin{cases} 1, & \text{якщо маршрут для групи } a \text{ прокладено із } i \text{ до } j, \\ 0, & \text{в іншому випадку.} \end{cases}$$

Для дотримання умови неперервності маршруту необхідним є встановлення наступних обмежень:

– кожен проміжний пункт на шляху проходження може бути відвіданий тільки один раз

$$\sum_i x_{ij}^a = 1, \quad i = \overline{2, n}; \quad \sum_j x_{ij}^a = 1, \quad j = \overline{1, n-1}. \quad (1)$$

– якщо ж і-та вершина не входить в найкоротший маршрут, то відповідна сума як для вхідних, так і вихідних дуг вершини графа повинна бути рівною нулю (тобто неорієнтоване ребро представлено у вигляді сукупності несумово паралельних дуг). Тоді для будь-якого пункту мережі, крім початкового і кінцевого, повинна виконуватися умова

$$\sum_i x_{ij}^a - \sum_k x_{jk}^a = 0, \quad j \neq s, r, \quad (2)$$

де k – індекс, що нумерує дуги, які ведуть із вузла j. Перша сума береться по дугам, що ведуть у вузол j.

Для початкового пункту повинна виконуватись умова  $\sum_i x_{ij}^a - \sum_k x_{jk}^a = -1$ , якщо  $j = s$ , для кінцевого –

$$\sum_i x_{ij}^a - \sum_k x_{jk}^a = 1, \quad \text{якщо } j = r, \text{ при } 0 \leq x_{ij}^a \leq 1 \text{ для всіх } i, j.$$

Окрім визначення напрямку слідування груп вагонів необхідним є вирішення задачі формування групового поїзда. Для моделювання прив'язки кожної групи вагонів  $m_a$  до нитки поїзда на дільниці слід ввести змінну  $b_{ija}^t$ , де  $t \in T$  – множина всіх групових поїздів в мережі ПФП, що приймає значення

Згідно до вище проведеного аналізу технології кожний вантажний поїзд t на дільниці має обмежен-

ня по мінімальній  $Q_{ijmin}^t$  та максимальній кількості вагонів  $Q_{ijmax}^t$ . Обмеження даної умови має вид

$$Q_{ijmin}^t \leq \sum_a b_{ija}^t \cdot m_a \leq Q_{ijmax}^t, \quad (3)$$

$$\sum_t b_{ija}^t \leq 1. \quad (4)$$

Обмеження (4) визначає необхідність включення кожної групи вагонів до складу поїзда лише один раз.

Для моделювання вибору нитки графіку руху вантажного поїзда  $t$  необхідним ввести змінну

$$y_{ij}^t = \begin{cases} 1, & \text{якщо на дільниці } ij \text{ існує поїзд } t, \\ 0, & \text{в іншому випадку,} \end{cases}$$

Умову дотримання заданої максимальної кількості групових поїздів  $N_{ijmax}$ , для яких виділена пропускна спроможність на дільниці [15] можна записати як

$$\sum_t y_{ij}^t \leq N_{ijmax}, \quad (5)$$

де  $N_{ijmax}$  – максимальна пропускна спроможність, що виділена на дільниці  $(i, j)$  для руху групових поїздів оперативного призначення, поїздів.

Відповідно до вище зазначених обмежень математична модель корегування плану формування поїздів на основі погодженої організації групових поїздів оперативного призначення можна записати у вигляді обмежень (1)–(5) та цільової функції виду

$$F = \underbrace{\sum_{i^o} \sum_a c_{перед} P t_{i^o} m_a}_{\text{витрати на станціях обміну груп}} + \underbrace{\sum_t \sum_a \sum_i \sum_j \xi_{ij} x_{ij}^a c_{рух} L t_{ij} b_{ija}^t \cdot m_a}_{\text{витрати при русі}} + \underbrace{\sum_t \sum_a c_i^{простою} \cdot M t_i^a \cdot m_a}_{\text{витрати в очікуванні відправлення}} \rightarrow \min, \quad (6)$$

де  $i^o$  – змінна на множині станцій  $P$ , що відповідає номеру станцій обміну груп вагонів  $i^o = 1, n$ ,  $i^o \in P$ ;  $c_{перед}$  – вартість 1 вагоно-години витрат на переформування состава на станціях обміну груп вагонів, грн.;  $c_{рух}$  – вартість 1 вагоно-години в русі вагонів в організованих групових поїздах по дільниці, грн.;  $c_i^{простою}$  – вартість 1 вагоно-години простою вагону на станції  $i$ , грн.;  $L t_{ij}$  – час руху групового поїзда по дільниці  $ij$ , год;  $P t_{i^o}$  – час на проведення маневрів при виконанні операції обміну груп вагонів на станції  $i^o$ , год;  $M t_i^a$  – час простою вагонів на станції  $i$ , год.

Для рішення даної математичної моделі корегування плану формування поїздів на основі погодженої організації групових поїздів оперативного призначення запропоновано застосувати оптимізаційний ме-

тод на основі генетичного алгоритму (англ., Genetic Algorithm, GA) [16].

Для зменшення складності рішення запропоновано декомпонувати оптимізаційну задачу за рахунок рішення підзадачі пошуку маршруту слідування груп вагонів на мережі лише частково в межах GA. В межах фітнес-функції генетичного алгоритму (GA) підзадачу маршрутизації реалізовано із застосуванням алгоритму Дейкстри [17]. Критерієм пошуку є мінімізація часу слідування вагонів. Спираючись на специфіку технології організації групових поїздів на мережі важливим є перебір всіх варіантів, тому в роботі запропоновано в межах генетичного алгоритму ввести змінну  $i^o$ , що дозволить визначати станцію обміну груп вагонів. Таким чином, змінна  $i^o$  є транзитною вершиною, що визначається генетичним алгоритмом, і через яку здійснюється пошук маршруту на основі алгоритму Дейкстри в межах фітнес-функції GA.

Будь-який варіант маршруту прямування груп вагонів між опорними станціями, через які можливе прискорене їх просування, відповідає одному із рішень задачі, що кодується у вигляді хромосоми  $H$ . Така хромосома являє собою генну комбінацію і складається з двох частин  $H_s = (G_1, G_2)$ ,  $s = \overline{1, S}$ , де  $s$  – номер хромосоми в популяції  $S$ . Гени в першій частині моделюють варіанти формування групових поїздів на кожній із дільниць, тоді, як у другій частині гени моделюють номер станції обміну груп вагонів для кожної групи. Схема кодування та декодування хромосоми генетичного алгоритму для рішення задачі організації групових поїздів на мережі представлена на рис. 3.

В межах запропонованого оптимізаційного методу використано гібридний оператор схрещування комбінаторно-змінного типу, який дозволяє в першій частині хромосоми проводити лише перестановки генів, тоді як у другій гени фіксовані та є змінними, що приймають різні значення. У першій частині хромосоми  $G_1$  множина генів складається з ідентифікаторів номерів груп вагонів  $a$ , та ідентифікаторів ниток графіку руху вантажних поїздів  $t$ , у яких можливим є рух даних груп вагонів. Ідентифікатори ниток мають послідовну нумерацію, що залишилась після послідовно занумерованих груп вагонів.

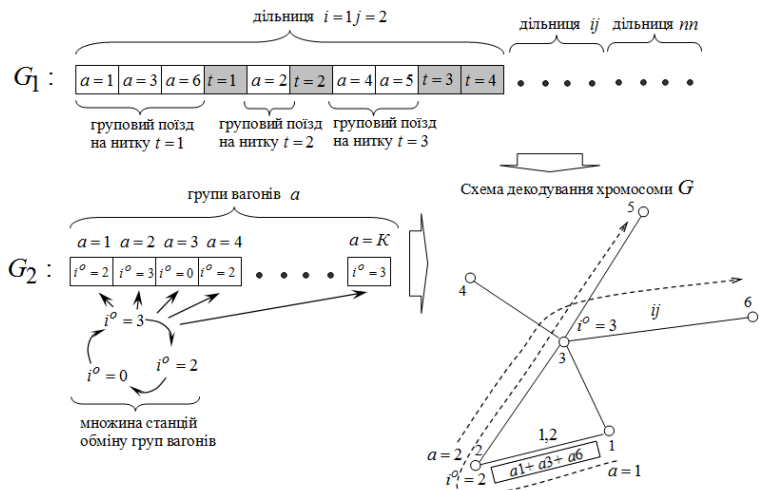


Рис. 3. Схема кодування і декодування хромосоми генетичного алгоритму

Якщо між двома ідентифікаторами ниток графіку не буде ідентифікатора номера групи вагонів, то процедура декодування у фітнес-функції GA, розшифровує ситуацію як таку, що нитка порожня, і, отже не слід використовувати всі наявні нитки графіку групових поїздів. Перебір варіантів здійснюється за рахунок перестановки генів-цифр.

У другій частині кожен ген є змінним та приймає цілочисельні значення всіх номерів транзитних вершин  $i^o$ , які повинні бути визначені заздалегідь, та нуль. При декодуванні значення нуль розшифровується у фітнес-функції, як відсутність транзитної вершини, а отже алгоритм Дейкстри повинен здійснити пошук маршруту груп вагонів без транзитної вершини (станції обміну груп вагонів).

Для оцінки всіх можливих варіантів схем організації групових поїздів оперативного призначення у GA цільова функція (6) з обмеженнями (1)–(5) представлена у вигляді функції безумовної оптимізації, в якій обмеження моделюються за рахунок штрафних функцій.

#### 4. Висновки

Проведений аналіз технології організації групових поїздів на мережі залізниць України дозволив встановити, що на формування групового поїзду впливає обмеження на максимальну кількість вагонів в складі поїзда на кожній із дільниць; загальна кількість організованих поїздів на дільниці теж обмежується виділеною максимальною пропускною спроможністю для даної технології; маршрути слідування груп вагонів

не завжди повинні бути найкоротшими по відстані або тривалості руху, так як інколи доцільно направляти вагони на паралельні шляхи, що дозволяє організувати більшу кількість групових поїздів; маса та довжина групових поїздів повинна бути диференційована так як в деяких випадках економічно доцільно відправити неповноваговий груповий поїзд.

Згідно з виявленими обмеженнями та необхідними умовами в роботі запропоновано сформувати математичну модель організації групових поїздів оперативного призначення на основі процедури еволюційного моделювання, яка дозволяє вибирати раціональний маршрут об'єднання груп вагонів для організації погоджених групових поїздів зі змінними сполученнями груп вагонів на сітьовому рівні. Для рішення даної математичної моделі застосовано оптимізаційний метод на основі генетичного алгоритму, який дозволяє підвищити точність і швидкість знаходження раціональних варіантів організації обігу групових поїздів на залізничній мережі великої розмірності.

Корегування ПФП на основі запропонованої автоматизованої процедури пошуку раціональних варіантів організації групових поїздів оперативного призначення надасть можливість станціям працювати як єдиний технологічний комплекс. Ефективне використання цієї можливості дозволить забезпечити високий рівень їх оперативної співпраці з метою безперешкодного просування вагонопотоків, зменшуючи обіг вагона. Запропонований підхід вирішення поставленої задачі дозволить раціонально розподілити сортувальну роботу між технічними станціями мережі залізниць та забезпечити своєчасну доставку вантажів у погоджених з замовником термінах.

#### Література

1. Механізми ефективного використання та розвитку потенціалу транспортно-дорожнього комплексу України [Текст]. – К.: Національний інститут стратегічних досліджень, 2014. – 60 с.
2. Бутко, Т. В. Формування логістичної технології просування вантажопотоків за жорсткими нитками графіку руху поїздів [Текст] / Т. В. Бутко, Д. В. Ломотько, А. В. Прохорченко, К. О. Олійник // Збірник наукових праць. – 2009. – № 78. – С. 71–75.
3. Тихомиров, И. Г. Организация движения на железнодорожном транспорте. Ч. 2 [Текст] / И. Г. Тихомиров, П. А. Сыцко, П. С. Грунтов и др.; под ред. И. Г. Тихомирова; 3е изд. – Мн.: Высш. школа, 1979. – 224 с.
4. Прохорченко, А. В. Удосконалення технології роботи полігону мережі на основі організації групових поїздів за жорстким графіком руху [Текст] / А. В. Прохорченко, Р. О. Євреїмов // Збірник наукових праць. – 2010. – Вип. 114. – С. 192–196.
5. Божко, М. П. Аналіз впливу оперативного формування двогрупових поїздів на окремі показники плану формування технічних станцій [Текст]: зб. наук. пр. / М. П. Божко, О. О. Мазуренко // Транспортні системи та технології перевезень. – 2011. – Вип. 2. – С. 22–30.
6. Заглядимов, Д. П. Организация движения на железнодорожном транспорте: Учебник для техникумов [Текст] / Д. П. Заглядимов, А. П. Петров, Е. С. Сергеев; 4-е изд. – М.: Транспорт, 1964. – 543 с.
7. Луговцов, М. Н. Взаимосвязь методик расчета путевого развития сортировочных парков станций и плана формирования, и основные подходы к их усовершенствованию [Текст] / М. Н. Луговцов, Н. А. Кекиш / Научно-практический журнал Весник Белорусского государственного университета транспорта: наука и транспорт. – 2007. – Вип. 1/2. – С. 71–74.
8. Heydenreich, T. How to save wagonload freight [Text] / T. Heydenreich, M. Lahrman. – Railway Gazette International, 2010. – P. 126–129.
9. Bodin, L. D. A model for the blocking of trains [Text] / L. D. Bodin, B. L. Golden, A. D. Schuster, W. A. Romig // Transportation Research Part B: Methodological. – 1980. – Vol. 14, Issue 1-2. – P. 115–120. doi: 10.1016/0191-2615(80)90037-5
10. Gorman, M. F. The freight railroad operating plan problem [Text] / M. F. Gorman // Ann. Oper. Res. – 1998. – Vol. 78. – P. 51–69.
11. Newton, H. N. Constructing Railroad Blocking Plans to Minimize Handling Costs [Text] / H. N. Newton, C. Barnhart, P. H. Vance // Transportation Science. – 1998. – Vol. 32, Issue 4. – P. 330–345. doi: 10.1287/trsc.32.4.330
12. Ahuja, R. K. Solving Real-Life Railroad Blocking Problems [Text] / R. K. Ahuja, K. C. Jha, J. Liu // Interfaces. – 2007. – Vol. 37, Issue 5. – P. 404–419. doi: 10.1287/inte.1070.0295

13. Hasany, R. M. A comprehensive formulation for railroad blocking problem [Text] / R. M. Hasany, Y. Shafahi, S. F. Kazemi // In ECMS. Proceedings 27th European Conference on Modelling and Simulation, 2013. – P. 758–763. doi: 10.7148/2013-0758
14. Харари, Ф. Теория графов [Текст] / Ф. Харари. – М.: Наука, 1973. – 300 с.
15. Прохорченко, А. В. Концептуальні підходи до управління пропускнуною спроможністю залізничної інфраструктури в умовах конкуренції на ринку перевезень [Текст] / А. В. Прохорченко // Залізничний транспорт України. – 2013. – Вип. 3/4. – С. 63–65.
16. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы [Текст] / Д. Рутковская, М. Пилинский, Л. Рутковский; пер. с польск. И. Д. Рудинского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 452 с.
17. Dijkstra, E. W. A note on two problems in connexion with graphs [Text] / E. W. Dijkstra // In Numerische Mathematik. – 1959. – Vol. 1, Issue 1. – P. 269–271. doi: 10.1007/bf01386390

*Розглядається задача вибору методології для управління проектом. Для її вирішення запропоновано використовувати математичну модель оптимізації змісту проекту за п'ятьма критеріями і метод вирішення цього завдання, що розвиває ідею методу поступок. У наведеній статті дана задача вирішена для проекту в області ІТ із застосуванням двох методологій Scrum і Crystal Clear. Розрахунки виконано за допомогою програмного засобу «ScopePro». Наводиться опис результатів і аналіз їх стійкості до зміни вихідних даних*

*Ключові слова: управління проектами, методологія, вибір, оптимізація змісту, Scrum, Crystal Clear, стійкість*

*Рассматривается задача выбора методологии для управления проектом. Для ее решения предложено использовать математическую модель оптимизации содержания проекта по пяти критериям и метод решения этой задачи, развивающий идею метода уступок. В приведенной статье данная задача решена для проекта в области ИТ с применением двух методологий Scrum и Crystal Clear. Расчеты произведены с помощью программного средства «ScopePro». Приводится описание результатов и анализ их устойчивости к изменению исходных данных*

*Ключевые слова: управление проектами, методология, выбор, оптимизация содержания, Scrum, Crystal Clear, устойчивость*

УДК 519.857.6  
DOI: 10.15587/1729-4061.2015.47406

# РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ВЫБОРА МЕТОДОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТОМ НА ОСНОВЕ ОПТИМИЗАЦИИ СОДЕРЖАНИЯ ПРОЕКТА

**И. В. Кононенко**

Доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой\*

**А. В. Харазий**

Аспирант\*

\*Кафедра стратегического управления  
Национального технического университета  
"Харьковский политехнический институт"  
ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002

## 1. Введение

Методология управления проектом оказывает большое влияние на время его осуществления, на стоимость, на качество продуктов этапов и всего проекта в целом, на риски ему сопутствующие. Путем решения задачи оптимизации содержания проекта для альтернативных методологий можно сделать обоснованный выбор наиболее эффективной методологии.

Известны работы, посвященные выбору методологии для управления конкретным проектом, которые содержат общие рекомендации по применению «тяжелых» и «гибких» методологий, однако не предлагается сделать выбор наиболее адекватной методологии путем решения оптимизационной задачи.

Предлагаемая работа представляет собой изложение результатов выбора методологии управления проектом на основе многокритериальной оптимизации содержания проекта, а также проверку на устойчивость полученного решения.

## 2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Выбору методологий для управления конкретным проектом посвящена работа [1]. В ней даны общие рекомендации по выбору среди водопадных, спиралеподобных и адаптивных методологий, приведены их характеристики. Предложенные рекомендации не