

УДК 330.4:519.86:656.21

С.І. Мишко

**МОДЕЛЮВАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ
ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ
ПРОМІЖНОЇ ЗАЛІЗНИЧНОЇ СТАНЦІЇ**

Описується алгоритм моделювання визначення економічних показників ефективного функціонування проміжної залізничної станції, який базується на технологічному процесі обробки вагонопотоків.

Вступ. Робота проміжної залізничної станції – це складний процес, який полягає у виконанні сортувальних операцій і залежить від цілого ряду факторів таких, як невизначеність багатьох вхідних даних, випадковість зовнішніх та внутрішніх дій, складність організації надійного обліку та оперативного управління виробничим процесом по розформування поїздів та формування нових поїздів для подальшого їх транспортуванню.

Аналіз останніх досліджень показав, що при розробці та реалізації визначення стратегії функціонування проміжної залізничної станції для підвищення достовірності інформації в останні роки впроваджуються такі сучасні технічні засоби, як система ідентифікації рухомого складу поїздів [1], [2].

Невирішені проблеми. Порушення технології роботи станції приводить до черг при розформуванні потягів та формування нового складу потягу для просування до клієнта матеріального потоку, затримки вагонопотоків на підходах до станції, порушення логістичних зв'язків між споживачами та поставщиками продукції. А це все веде до збільшення наднормативних витрат станції при обслуговуванні потягів при їх розформуванні та формуванні нових, що відповідно зменшує прибутковість станції. Перед управлінням станції стоїть проблема визначення такої стратегії функціонування, щоб на основі визначеного за допомогою моделювання технологічного процесу роботи станції, який описано в [3] та [4]. визначити економічні показники, які будуть характеризувати роботу станції за таких умов функціонування.

Метою даної статті є опис алгоритму економічної частини моделі визначення економічних показників ефективного функціонування проміжної залізничної станції складається з визначення формул сумарного накопиченого доходу станції, формул сумарних накопичених витрат станції та формули накопиченого

прибутку станції. Все це дасть можливість визначити таку стратегію управління параметрами моделі ефективного функціонування проміжної станції, при якій максимізується її усереднений приведений прибуток.

Основний матеріал. Формула сумарного накопиченого доходу станції від операцій розформування на $BKP_n^{(P\Phi)}$ партій вагонів, які залишилися на станції, а також від операції технічного та комерційного огляду і контролю (повагоного) на $BKP_n^{(P\Phi)}$ потягів - на протязі інтервалу $T(t_1)$ модельного часу має вид:

$$D_n^{(P\Phi)}(T(t_1)) = D_n^{(P\Phi)}(T(t_0)) + \delta[s_n, S_n^{(P\Phi)}(t_0)] \cdot y_{s_n}^{(P\Phi)+}(t_1) \cdot \sum_{m \in I}^{W_{s_n}(t_1)} V_{ms_n}(t_0) \cdot [TAR^{(P\Phi)} \cdot y_{ms_n}(t_1) + TAR^{(KHT)}]$$

де $BKP_n^{(P\Phi)}$ - прийомо-відправні колії, на які в порядку черговості надходить потяг із можливої черги на вхід n -го напрямлення для операції розформування;

$W_{s_n}(t_1)$ - кількість партій вагонів в s_n -му потязі;

$S_n^{(P\Phi)}(t_0)$ - номер потягу розформування на $ПВК_n^{(P\Phi)}$ в момент t_0 ;

$y_{s_n}^{(P\Phi)+}(t_1)$ - індикатор факту закінчення розформування s_n -го потягу в момент t_1 , який знаходиться на $ПВК_n^{(P\Phi)}$;

$V_{ms_n}(t_0)$ - кількість вагонів m -ї партії на вході в момент t_0 ;

$TAR^{(P\Phi)}$ - норма тарифу за розформування одного вагону (відчеплення та переїзд на відповідну $ПК$);

$TAR^{(KHT)}$ - норма тарифу за проведення повагоного технічного та комерційного потягу на $ПВК_n^{(P\Phi)}$;

$y_{ms_n}(t_1)$ - індикатор відчеплення m -ї партії вагонів від s_n -го потягу на $ПВК_n^{(P\Phi)}$.

Формула накопиченого доходу станції, який отримано від операцій формування потягів на $ПВК_n^{(P\Phi)}$ в n -му напрямленні від станції має вид:

$$D_n^{(\Phi)}(T(t_1)) = D_n^{(\Phi)}(T(t_0)) + \delta_{s_n} [S_n^{(\Phi)}(t_0) \cdot y_{s_n}^{(\Phi)+}(t_1) \cdot V_{s_n}^{(\Phi)+}(t_1) \cdot TAR^{(\Phi)}]$$

де $PBK_n^{(\Phi)}$ - прийомо-відправні колії n -го напрямлення, на які надходить потяг після розформування і необхідна кількість вагонів оброблених на $ПК$ (під'їзних коліях) партій для формування чергового виїзного потягу;

$S_n^{(\Phi)}(t_0)$ – номер потягу формування, який знаходиться на $PBK_n^{(\Phi)}$ на момент t_0 ;

$y_{s_n}^{(\Phi)+}(t_1)$ - закінчення формування s_n -го потягу на $PBK_n^{(\Phi)}$;

$V_{s_n}^{(\Phi)+}(t_1)$ - кількість вагонів доукомплектування виїзних потягів в момент t_1 ;

$TAR^{(\Phi)}$ – норма тарифу за формування одного вагону (переїзд та причеплення до потягу, що формується).

Формула доходу від обробки партій вагонів на $ПК$ для станції, якщо $d_i=1$, тобто якщо станція приймає участь в обробці вагонів на i -й $ПК$, норма тарифу за обробку одного вагону в даному випадку – функція від виду обробки:

$$D_n^{(III)}(T(t_1)) = D_n^{(III)}(T(t_0)) + \sum_i y_i^{(+)}(t_1) \cdot nv_i(t_0) \cdot d_i \cdot TAR(Vid_i(t_0))$$

де $y_i^{(+)}(t_1)$ – індикатор звільнення i -ї $ПК$ в момент t_1 ;

$nv_i(t_0)$ – обсяг (кількість) партії вагонів на i -й $ПК$;

$TAR(Vid_i(t_0))$ – норма тарифу за обробку вагонів на i -й $ПК$ при умові участі засобів транспортно-первантажувальної техніки станції на даному $ПК$.

Запишемо формулу загального сумарного накопиченого доходу станції за період моделювання на протязі $T(t_1)$:

$$D(T(t_1)) = \sum_{n=1}^2 [D_n^{(P\Phi)}(T(t_1)) + D_n^{(\Phi)}(T(t_1))] + D^{(III)}(T(t_1)) .$$

Формула сумарних накопичених витрат станції від наднормативних очікувань партій вагонів на ПБК_n^(PΦ) в черзі з урахуванням знову надійшовших в момент t_1 в черзі, що є початком обробки на відповідній ПК, має вид:

$$P_n^{(P\Phi)}(T(t_1)) = P_n^{(P\Phi)}(T(t_0)) + \sum_i [[\sum_{p \in \{NP_{ni}^{(P\Phi)}(t_0)\}} (1 - \delta [\{NP_{ni}^{(P\Phi)}(t_0)\}, \emptyset \}) \cdot X(t_1) \cdot P\{NP_{ni}^{(P\Phi)}(t_0), NV_{ni}^{(P\Phi)}(t_0), p\}] + [R \{ y_{s_n}^{(P\Phi)}(t_1), S_n^{(P\Phi)}(t_0) \} \cdot \delta [i, \delta \{ I_{m_{s_n}}(t_1); m \in W_{s_n}(t_1); y_{m_{s_n}}(t_1) = 1 \}] \cdot \Delta_{mni}^{(оч)} \cdot V_{m_{s_n}}(t_0)] E_t^{(оч)}]$$

де $\{NP_{ni}^{(P\Phi)}(t_0)\}$ – послідовність номерів партій i -го призначення обробки, яка надійшла з n -го входу утворюючих чергу по мірі надходження на вхід n розформування в момент t_0 ;

$\{NV_{ni}^{(P\Phi)}(t_0)\}$ – послідовність обсягів партій, які чекають надходження на i -у ПК в момент t_0 ;

$I_{m_{s_n}}(t_1)$ - якщо m -а партія s_n -го потягу на вході n підлягає відчипленню, то подальший автомат визначає номер ПК;

$\Delta_{mni}^{(оч)} = const \rightarrow 0$. Дана величина є умовною малою величиною, що означає час простою партії вагонів, тільки що розформованої і надійшовшої в чергу до i -го призначення обробки. Вводиться з метою коректування обчислення даного функціоналу (29) у випадку початкового його нульового значення і відсутності черги до i -ої ПК.

$E_i^{(ov)}$ – добові витрати від очікування на $ПВК_n^{(P\Phi)}$ вагоном надходження на i -у $ПК$.

Формула сумарних накопичених витрат станції від наднормативного очікування партіями вагонів в черзі на $ПВК_n^{(\Phi)}$ з урахуванням знову надійшовших після обробки на $ПК$ партій, що означає початок формування виїзних потягів, має вид:

$$P_n^{(\Phi)}(T(t_1)) = P_n^{(\Phi)}(T(t_0)) + x \sum_{r=1}^{R_n^{(\Phi)}(t_0)} (1 - \delta[\{NP_n^{(\Phi)}(t_0)\}, \emptyset]) \cdot X(t_1) \cdot NV_{rn}^{(\Phi)}(t_0, p) + \sum_i y_i^{(+)}(t_1) \cdot \delta[nj_i(t_0), n] \cdot nv_i(t_0) \cdot \Delta t_n^{(\Phi)} \cdot E_n^{(оч)}$$

де $\{NP_n^{(\Phi)}(t_0)\}$ - послідовність номерів партій вагонів, які очікують на $ПВК_n^{(\Phi)}$ участі в порядку черговості в формуванні виїзних потягів;

$nj_i(t_0)$ – направлення подальшого руху партії вагонів, які обробляються на i -й $ПК$;

$\Delta t_n^{(\Phi)} = const \rightarrow 0$. Визначається згідно з попередньою константою у формулі (29) і також гарантує коректність при визначенні функціонала (30).

$E_n^{(оч)}$ – добові витрати від очікування на $ПВК_n^{(\Phi)}$ вагоном початку участі в формуванні виїзного потягу.

Визначимо накопичені витрати станції за період моделювання $T(t_1)$ від простою розформованих потягів на $ПВК_n^{(P\Phi)}$ в очікуванні надходження $ПВК_n^{(\Phi)}$ (прийомо-відправні колії n -го направлення, на які надходить потяг після розформування і необхідна кількість вагонів оброблених на $ПК$ партій для формування чергового виїзного потягу):

$$PS_n^{(P\Phi)}(T(t_1)) = PS_n^{(P\Phi)}(T(t_0)) + [(1 - \delta[S_n^{(P\Phi)}(t_0), \emptyset]) \cdot \delta[s_n, S_n^{(P\Phi)}(t_0)] \cdot [y_{s_n}^{(P\Phi)0}(t_1) \cdot X(t_1) + (1 - y_{s_n}^{(P\Phi)0}(t_1)) \cdot y_n^{(P\Phi)}(t_1) \cdot y_{s_n}^{(P\Phi)+}(t_1) \cdot [y_n^{(\Phi)}(t_1) + R\{y_{s_n}^{(\Phi)0}(t_1), S_n^{(\Phi)}(t_0)\}] \cdot \Delta t_n^{(P\Phi)оч}] \cdot E_{оч}^{(P\Phi)}$$

де $y_{s_n}^{(P\Phi)0}(t_1)$ - індикатор простою вже розформованого потягу на $PBK_n^{(P\Phi)}$ в наслідок зайнятості $PBK_n^{(\Phi)}$ виїзним потягом, що формувався;

$y_n^{(P\Phi)}(t_1)$ - індикатор того, що на протязі проміжка $X(t_1)$ n -ї колії розформування зайняті потягом, який розформується;

$y_n^{(\Phi)}(t_1)$ - на протязі інтервалу $X(t_1)$ n -ї колії формування зайняті потягом, що формується;

$y_{s_n}^{(\Phi)0}(t_1)$ - індикатор простою s_n -го потягу на $PBK_n^{(\Phi)}$ із-за недостатньої кількості вагонів, які очікують своєї участі в формуванні виїзного потягу в n -му напрямлені;

$\Delta t_n^{(P\Phi)оч} = const \rightarrow 0$. Гарантує коректність при визначенні функціонала (31).

$E_{оч}^{(P\Phi)}$ - добові витрати за наднормативний простою потягу на прийомо-відправних коліях розформування в очікуванні надходження їх на $PBK_n^{(\Phi)}$.

Накопичені витрати станції від наднормативних простоївпотягів в очікуванні вагонів доукомплектування на $PBK_n^{(\Phi)}$ буде обчислено наступним чином:

$$PS_n^{(\Phi)}(T(t_1)) = PS_n^{(\Phi)}(T(t_0)) + (1 - \delta[S_n^{(\Phi)}(t_1), \emptyset]) \cdot \delta[S_n, S_n^{(\Phi)}(t_1)] \cdot [\delta[NM_{s_n}(t_0), n+2] \cdot \delta[NM_{s_n}(t_1), n+4] \cdot (1 - Z_{s_n}^{(\Phi)}(t_1)) \cdot \Delta t_n^{(оч)\Phi} + \delta[NM_{s_n}(t_0), n+4] \cdot (1 - Z_{s_n}^{(\Phi)}(t_0)) \cdot X(t_1)] \cdot E_{оч}^{(\Phi)}$$

де $Z_{s_n}^{(\Phi)}(t_1)$ - індикатор достатньої кількості вагонів доукомплектування потягу на $PBK_n^{(\Phi)}$.

$\Delta t_n^{(оч)\Phi} = const \rightarrow 0$ гарантує коректність при визначені функціонала (32).

$E_{оч}^{(\Phi)}$ - добові витрати за наднормативний простой потягу формування на $ПВК_n^{(\Phi)}$ в очікувані вагонів.

Наведемо формулу загального накопичення витрат станції:

$$P(T(t_1)) = \sum_{n=1}^2 [P_n^{(P\Phi)}(T(t_1)) + P_n^{(\Phi)}(T(t_1)) + PS_n^{(P\Phi)}(T(t_1)) + PS_n^{(\Phi)}(T(t_1))] + EP \cdot T(t_1)$$

де EP – експлуатаційні витрати (добові).

Формула накопиченого прибутку буде мати вид:

$$PP(T(t_1)) = D(T(t_1)) + P(T(t_1)).$$

Формула усередненого прибутку запишеться так:

$$dPP(T(t_1)) = PP(T(t_1)) \cdot T(t_1).$$

Формула накопиченої кількості потягів, які обслуговувались станцією за період $T(t_1)$ має вид:

$$S^{(+)}(T(t_1)) = S^{(+)}(T(t_0)) + \sum_{n=1}^2 (1 - \delta[S_n^{(\Phi)}(t_1), \emptyset]) \cdot \delta[S_n, S_n^{(\Phi)}(t_1)] \cdot y_{s_n}^{(\Phi)+}(t_1).$$

Сформулюємо постановку задачі: визначити таку стратегію управління параметрами моделі, при якій максимізується усереднений приведенний прибуток станції:

$$C_0 = \frac{dPP(T(t_1))}{S^{(+)}(T(t_1))} \rightarrow \max. \quad (1)$$

До управляємих параметрів відносяться:

- норми тарифів при розформуванні потягів за технічний та комерційний огляд і контроль вагонів, за обробку вагонів на $ПК$ при використанні ресурсів станції;
- добові витрати при затримках потягів на $ПВК_n^{(P\Phi)}$ та $ПВК_n^{(\Phi)}$, а також витрати при наднормативних пророях партій вагонів, які

очікують обробку на ПК, або початку формування виїзних потягів;

- технічні нормативи розформування, формування, навантаження, розвантаження вагонів.

Під управлінням параметрами розуміється процес варьовання нижчих та верхніх меж із значень параметрів з урахуванням інтересів станції (формула (1)) і вантажовласників(границі параметрів).

Висновки. Раціоналізація параметрів технологічних ліній обробки вагонів, документів і інформації на залізничній станції здійснюється шляхом підбору такого сполучення величин інтенсивності обслуговування надійшовши на станцію вагонопотоків, при яких економічні втрати на їх обробку будуть мінімальні.

Перебираючи за допомогою розробленого програмного забезпечення варіанти обробки вагонопотоків на залізничній станції, які забезпечують фази розформування та формування нових поїздів, можна добитися максимізації усередненого приведенного прибутку станції.

Література:

1. Принципи побудови інтегрованої інформаційно-керуючої системи технолого-економічного управління залізницями України (ТЕМП-УЗ) / В.С. Алейник, О.П. Бочаров, Б.О. Кривоший, В.О. Шиш // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2004. - № 4, 5. – с. 54-58.
2. Луканин Н.И., Титов Н.Ф., Шиш В.А. Повышение эффективности функционирования технических передаточных станций Украины // Залізничний транспорт.- 2006. - № 1. – с. 34-38.
3. Мишко С.І. Економіко-математичне моделювання технологічних процесів роботи залізничної проміжної станції // Залізничний транспорт України. – 2006. - №5. – с. 30-36.
4. Мишко С.І. Математична модель економічного блоку управління роботою проміжної залізничної станції // Матеріали I Международной научно-практической конференции «Становление современной науки – 2006». Том 3. Экономические науки. 16-30 октября 2006 года. – Днепропетровск: Наука и образование, 2006. – с. 41-42.