

ОРГАНІЗАЦІЯ ТА УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ
ПЕРЕВЕЗЕНЬ

УДК 656.225:65.012

Ломотько Д.В., к.т.н., доцент (УкрДАЗТ)

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗПОДІЛУ
РУХОМОГО СКЛАДУ НА ПОЛІГОНІ

Вступ. Залізничний транспорт грає важливу роль у економіці України: в сучасних умовах передбачено підвищення ефективності його функціонування за рахунок приведення конструкції залізничних станцій, їх технічного оснащення і технології роботи у відповідність з реальними обсягами перевезень. Нажаль, останнім часом залізниці зазнають дефіциту рухомого складу, який може бути використаним для задоволення транспортних потреб вантажовласників. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є впровадження ефективних методів розподілу рухомого складу на базі сучасних інформаційних технологій з розробкою автоматизованих систем підтримки прийняття рішень на основі принципів ресурсозбереження.

В теперішній час на залізничному транспорті намітилась тенденція зростання обсягів перевезень: якщо в середньому за добу у 2000 році обсяг навантаження складав 13113 вагонів, то у 2004 – 17242 вагонів. В той же час робочий парк вантажних вагонів складав 114372 вагонів, а в 2004 - 99190 вагонів. Це свідчить про необхідність створення ефективних підходів до контролю оптимальності розподілу рухомого складу на полігоні шляхом використання сучасних математичних моделей.

Постановка проблеми. Ефективна система розподілу рухомого складу на полігоні в першу чергу важлива для залізниці тому, що за рахунок скорочення непродуктивного порожнього пробігу вагонів зменшуються додаткові витрати, які безпосередньо пов'язані з підсилкою рухомого складу під навантаження та з простоем вагонів під початково-

кінцевими операціями. Крім того своєчасне забезпечення вантажовласника рухомим складом дозволяє підвищити конкурентоспроможність залізниць та якість транспортного обслуговування вантажовласників.

В процесі розподілу рухомого складу не всі підрозділи залізниць спрямовані у своїй діяльності до мети, результатом виконання якої буде ефективний розподіл вагонів на полігоні в цілому. Можливі ситуації, коли підрозділи виконують розподіл раціонально, але дуже повільними темпами. Таким чином перед управлінськими підрозділами залізниць стає задача розробки системи безперервного контролю за виконавчими підрозділами з метою раціонального планування розподілу вагонів на полігоні.

Аналіз досліджень і публікацій. Питання оптимізації розподілу рухомого складу, як ресурсу, розглянуті у наукових роботах багатьох вітчизняних та закордонних вчених. Нажаль, питанням розробки механізму ефективного контролю та прийняття управлінських рішень з боку залізниці при розподілі вагонів ще недостатньо приділяється уваги.

Наприклад, підхід до рішення задачі розподілу рухомого складу розглянуто у [1]. Автор пропонує прикріпити вагони до станцій наливу в цілому на полігоні, але проблеми контролю за виконанням майже не торкається. Нетрадиційний підхід до проблеми розподілу рухомого складу запропоновано на залізницях Німеччини (DBAG), Федеральних залізницях Швейцарії та залізницях Франції (SNCF). У зв'язку з постійним зниженням частки залізничного транспорту у вантажних перевезеннях вантажі прямують за модульною системою. Цей підхід дозволяє прискорити термін доставлення вантажу та скоротити необхідну кількість рухомого складу [2].

В публікації [3] авторами розроблені моделі аналізу виконання плану перевезення вантажів і плану формування вантажних поїздів з метою подальшого оперативного корегування вагонопотоків на базі гнучкої моделі поїздоутворення на основі нечіткої ситуаційної системи прийняття рішення.

Формулювання мети (постановка завдання). Ефективність системи розподілу рухомого складу під навантаження визначається не тільки технологічними параметрами, а і системою мотивації та контролю за виконанням забезпеченості вагонами на полігоні на певному рівні. Представимо залізницю у вигляді дворівневої системи [4]. На верхньому рівні ієрархії знаходиться керуючий орган – центр управління, а на нижньому рівні – виконавчі підрозділи. Нехай виконавчому підрозділу необхідно досягти до заданого моменту визначеного значення будь-якого

показника, який пов'язано з розподілом та використанням рухомого складу, як ресурсу. Таким показником може бути робочий парк вагонів на полігоні, середньодобове навантаження, середній простій вагонів та інше.

Після отримання завдання від центру управління система починає «прямувати» до мети по певній траєкторії, яка залежить від багатьох факторів. Проблема контролю за діяльністю виконавчого підрозділу залізниці полягає у наступному: якщо центр з'ясує, що досягнення мети підрозділом неможливе, то потрібно знайти цей момент як можливо раніше для здійснення управлінського впливу, або змінити параметри показника таким чином, щоб він став досяжним. Цю зміну можливо виразити, наприклад, в зменшенні кількісної оцінки заданого планового результату або у збільшенні часу на досягнення при обов'язковому застосуванні механізму мотивації підрозділу. Задачею системи контролю буде оцінка поточного стану виконання показника, ризику його невиконання підрозділом, а також близькості до критичної області, з якої досягнення певного рівня показника буде неможливо. Крім того, система контролю повинна накопичувати інформацію для можливих змін завдання.

Підвищення ефективності технології розподілу рухомого складу.

Розглянемо процес розподілу рухомого складу (ресурсу) на полігоні з метою розробки моделі ефективного безперервного механізму контролю за виконавчими підрозділами залізниць. Оцінку ефективності здійснимо за критерієм своєчасного досягнення заданого рівня показника з урахуванням отриманого прибутку від перевезення на полігоні. Для спрощення розглянемо варіант розподілу на полігоні одного типу рухомого складу, наприклад напіввагонів, який позначимо за R . Запропонований механізм контролю можливо використовувати для виконавчих підрозділів по кожному виду ресурсу, тому принципового значення таке спрощення не має.

Припустимо, що за інтервал планування $t_{пл}$ виконавчому підрозділу на полігоні потрібно отримати значення показника $R_{пл}$. Близькість фактичного значення показника до планового є критерієм якісного виконання завдання центра управління. Оскільки центру управління відомо про технологічні спроможності виконавчого підрозділу, то існує мінімальна r_{min} та максимальна r_{max} оцінки швидкості змінення тенденції значень показника $R_{пл}$ за певний час (рисунок 1). Фактично можливо

вважати $r = \frac{dR}{dt}$.

Для центра управління важливо знайти точки контролю за станом виконання завдання, які повинні бути моментами часу прийняття рішення про управлінський вплив на діяльність підрозділу або про перегляд параметрів завдання. Зокрема, в певний момент часу при $t \geq \frac{R_{пл}}{r_{max} - r_{min}}$, поточний рівень ресурсу R може потрапити в заштриховану область на рисунку 1. В цьому випадку досягнення запланованого показника $R_{пл}$ в заданий час $t_{пл}$ стає неможливим. Цю область будемо називати забороненою і центр управління наближення до неї треба розглядати як загрозу невиконання задачі. Контроль за виконавчим підрозділом повинний бути організований таким чином, щоб можна було вчасно втрутитися в його діяльність, якщо стан системи наближається до небезпечної зони.

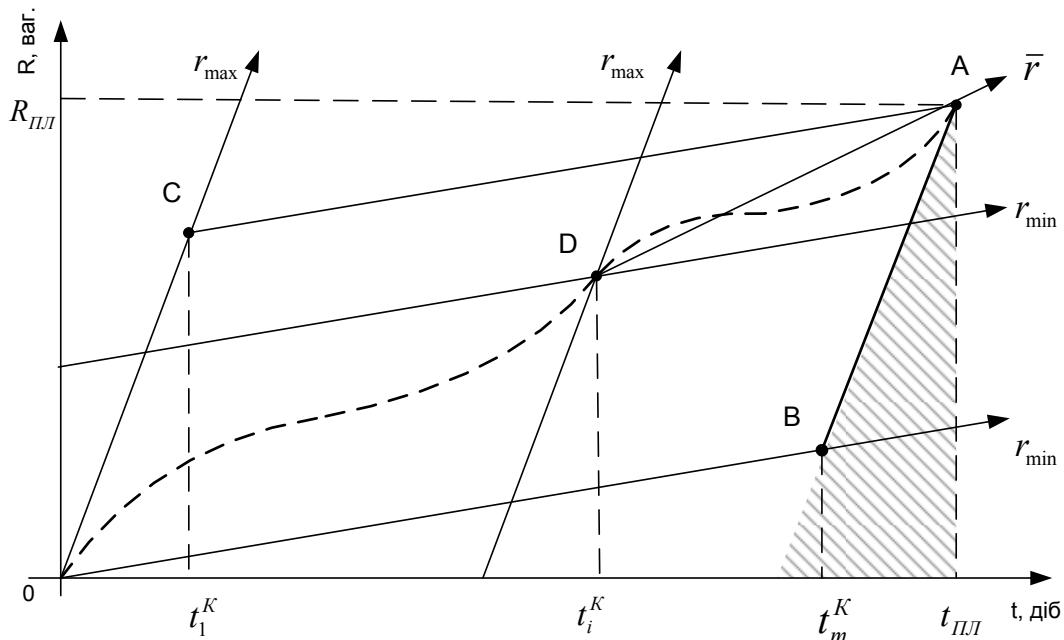


Рисунок 1 - Система контролю за виконанням завдання центра

Крім того, організація системи контролю повинна задовольняти двом вимогам: з одного боку, точок контролю повинно бути досить багато з метою підвищення надійності контролю; з іншого боку, проведення контролю спричиняє залізниці певні витрати, тому кількість точок контролю повинна бути обмежена.

Розглянемо наступну постановку задачі: нехай процес контролю за виконавчим підрозділом є безперервна операція, тому в кожний момент часу центру потрібно приймати рішення про необхідність контролю. Завданням центру є встановлення оцінок (при заданій точності) рівня виконання запланованого показника, можливості його виконання і ступіні ризику невиконання плану.

Нехай r_i є поточною оцінкою можливості досягнення значення $R_{пл}$ за плановий період, $r_i \in [r_{min}; r_{max}]$. По суті r_i є величиною зміни планового показника R за певний інтервал часу. Якщо відносна точність виміру r_i складає $\delta(r_i)$, $\delta(r_i) \in [0; 1]$, то можливо визначити відповідно нижню та верхню границі інтервальної оцінки зміни значення показника R в поточний момент часу:

$$\begin{aligned} r_i^{\min} &= r_i - \Delta r_i, r_i \in [r_{min}; r_{max}]; \\ r_i^{\max} &= r_i + \Delta r_i, r_i \in [r_{min}; r_{max}]. \end{aligned} \quad (1)$$

При цьому будемо вважати, що абсолютне значення точності виміру планового показника складає:

$$\Delta r_i = (r_{max} - r_{min}) \delta(r_i). \quad (2)$$

Для будь-якого i -го моменту часу можливо оцінити імовірність p_i невиконання планового рівня показника:

$$p_i = \frac{\bar{r}_i - r_{min}}{r_{max} - r_{min}}; \bar{r}_i = \frac{R_{пл} - r_i}{t_{пл} - i}, \quad (3)$$

де \bar{r}_i - оцінка мінімально можливих змін показника R , при яких за період $t_{пл}$ буде досягнуто планове значення $R_{пл}$ (див. рисунок 1).

Тоді інтегральну оцінку виконання показника к t_i -му моменту часу можливо зробити наступним чином:

$$R_i = \int_0^t \bar{r}_i dt, t \in [0; t_{пл}]; \quad (4)$$

$$R_i^{\max} = \int_0^t r_i^{\max} dt = \int_0^t \left(\bar{r}_i + (r_{\max} - r_{\min}) \delta(r_i) \right) dt; \quad (5)$$

$$R_i^{\min} = \int_0^t r_i^{\min} dt = \int_0^t \left(\bar{r}_i - (r_{\max} - r_{\min}) \delta(r_i) \right) dt, \quad (6)$$

де $R_i, R_i^{\max}, R_i^{\min}$ - оцінки значення показника відповідно при значеннях зміни показника за певний період часу $\bar{r}_i, r_i^{\max}, r_i^{\min}$.

Без сумніву, центр найбільш зацікавлений визначити найгірший випадок, тобто R_i^{\min} . Для даного випадку визначимо мінімально можливі зміни r_i^{\min} показника R , при яких за період до $t_{пл}$ буде досягнуто планове значення $R_{пл}$:

$$r_i^{\min} = \frac{R_{пл} - R_i^{\min}}{t_{пл} - t_i} = \frac{R_{пл} - R_i + (r_{\max} - r_{\min}) \int_0^t \delta(r_i) dt}{t_{пл} - t_i}. \quad (7)$$

Для будь-якого t_i -го моменту часу будемо задавати необхідну точність виміру планового показника в залежності від імовірності невиконання $\delta(r_i) = f(p_i)$. Дійсно, чим більше ризик недосягнення планового рівня показника використання рухомого складу $R_{пл}$ в поточний момент часу, тим більші витрати несуть центр та виконавчий підрозділ на прийняття управлінського рішення. Це пов'язано з наближенням показника роботи виконавчого підрозділу до небезпечної зони, вхід до якої здійснює досягнення планового значення неможливим. Тому в даному випадку центру треба знати стан виконання показника виконавчим підрозділом з можливо більшою точністю з метою своєчасного втручання у ситуацію. В той же час, якщо значення показника оцінюється як цілком безпечно, то для центру нема необхідності нести додаткові управлінські витрати.

Вигляд функції $\delta(r_i) = f(p_i)$ з може бути досить різноманітним, але повинні виконуватись наступні умови: $f(p_i) \in [0; 1], f(0) = 1; f(1) = 0$. В найпростішому випадку для визначення $\delta(r_i)$ з урахуванням (3) отримаємо:

$$\delta(r_i) = 1 - p_i = \frac{r_i^{\text{min}} - r_{\text{max}}}{r_{\text{min}} - r_{\text{max}}} \quad (8)$$

Якщо в певний момент часу t_i^K виявиться, що $\delta(r_i) = 1$, то це означає, що подальший контроль за виконавчим підрозділом не потрібний, оскільки значення показника R досягне планового значення $R_{\text{пл}}$ в термін $t_{\text{пл}}$ навіть при $r_i = r_{\text{min}}$. З іншого боку, при $\delta(r_i) \approx 0$ виконання завдання буде неможливим, оскільки поточне значення показника R буде знаходитись у забороненої зоні.

Висновки. Запропонована технологія розподілу рухомого складу в умовах функціонування механізму безперервного контролю за виконавчими підрозділами залізниць при враховує специфіку роботи залізниць і є ефективною з точки зору упорядкування витрат центру, які пов'язані з управлінськими функціями. Одночасно система дає можливість центру управління виконувати управлінський вплив тільки на ті виконавчі підрозділи, які ставлять під загрозу невиконання планові показники перевезень.

Як можливе розширення в задачу можна ввести функцію управління і розглядати два варіанти оптимізаційної задачі: з кінцевою кількістю точок контролю виконавчого підрозділу і з безперервним контролем з метою мінімізації витрат у плановий час. В цьому випадку треба буде визначати оптимальної траєкторії досягнення планового рівня показника. Крім того, запропоновані підходи можливо використовувати для впровадження системи контролю за іншими технологічними показниками роботи залізниць.

Список літератури

1. Ивницкий В. А. Динамическая оптимизация прикрепления порожних нефтецистерн к станциям налива // Вестник ВНИИЖТ, 2003, № 2
2. Модульная система грузовых перевозок. // Железные дороги мира. 2004. №12.
3. Бутько Т.В., Лаврухін О.В. Планування перевезень вантажу на основі раціональної організації вагонопотоків на залізниці із застосуванням теорії нечітких множин // Східно-Європейський журнал передових технологій 2004.- Спецвипуск 7 [1]. – с. 16-19.

4. Ломотько Д.В., Кузнецов М.М. До питання оптимізації розподілу рухомого складу під навантаження на залізничному полігоні // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті.- № 4, 2005. - с. 96-101.

УДК 656.2.08

Мойсеєнко В.И., к.т.н., професор (УкрГАЗТ)

ОЦЕНКА ВОССТАНАВЛИВАЕМОСТИ ОПЕРАТОРОВ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Постановка проблемы. Системы управления технологическими процессами в промышленности и на транспорте до настоящего времени в ближайшем обозримом будущем предполагают наличие человека-оператора в контуре управления. В транспортных системах, реализующих ответственные технологические функции, роль человека существенно возрастает. Это объясняется тем, что кроме обычных задач управления оператор обеспечивает безопасность при возникновении нештатных ситуаций. Надежные свойства человека-оператора в настоящее время изучены недостаточно. В первую очередь это объясняется сложностью и неоднозначностью процессов, свойственных интеллектуальным организмам, что требует создания сложных моделей [1].

Анализ исследований и публикаций. Известны работы специалистов, рассматривающих надежность систем управления с оператором [2,3]. В общем виде вероятность безотказной работы такой системы в течении времени $(t_1, t_1 + \Delta t)$ определяется работой техники и способности человека безошибочно выполнять обязанности:

$$P(t_1, \Delta t) = P(t_1, \Delta t)p_o(\Delta t), \quad (1)$$

где $P(t_1, \Delta t)$ – вероятность безотказной работы техники в интервале времени $(t_1, \Delta t)$;