

ДО ПИТАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗПОДІЛУ РУХОМОГО СКЛАДУ ПІД НАВАНТАЖЕННЯ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ПОЛІГОНІ

Ломотько Д.В. к.т.н., Кузнєцов М.М. інж. (УкрДАЗТ)

Вступ

Залізничний транспорт - одна із найважливіших галузей народного господарства України. Він забезпечує розвиток всіх видів виробництва, постачання товарів до споживачів, задовольняє потреби населення в перевезеннях. Шляхом реалізації ефективних підходів до організації використання рухомого складу залізничний транспорт сприяє саморозвитку та підвищенню прибутковості суміжних галузей економіки держави.

В сучасних умовах ринкових відносин між виробниками і споживачами матеріальних ресурсів організація роботи транспорту і підприємств ускладнюється, а витрати зростають. В сфері транспорту задіяні великі людські і матеріальні ресурси, в тому числі - рухомий склад, вантажно-розвантажувальні машини, склади і споруди зі значними капіталовкладеннями. Від ефективності використання ресурсів істотно залежить собівартість перевезень, кінцева вартість продукції і рентабельність залізниці: у 2000 році питома вага порожнього пробігу вагонів в загальному склала 40.4%, а в 2004 – 38.2%. Витрати на транспортне обслуговування - це прямі витрати на продукцію, які складають від до 40% собівартості, а в деяких випадках - більше.

Постановка проблеми

Ринковий підхід диктує відхід від традиційних методів планування розподілу обмеженого матеріального ресурсу – рухомого складу, при якому питання часто вирішується без урахування інтересів окремих суб'єктів, які вирішують свої транспортні проблеми залізничним транспортом. Виникає необхідність оцінки ефективності використання рухомого складу з точки зору клієнтури та з позиції отримання максимального прибутку. Дійсно, ці параметри, як правило, визначаються виходячи з власних інтересів перевізника. Врахування інтересів вантажовласників і інших учасників процесу транспортування

дозволяють отримати додатковий прибуток та підвищити ефективність використання рухомого складу.

Питання ефективного використання рухомого складу виникає у разі зміни форми власності внаслідок придбання, орендування вагонів, а також з вагонами, що належать іншим державам. Через це основна множина вагонів роздробляється на невеликі частини, якими, з різних причин, важко ефективно управляти. Таким чином, необхідна розробка спеціальних критеріїв та методів, за якими можливо оцінювати ефективність розподілу та використання рухомого складу при транспортному обслуговуванні клієнтури.

Аналіз досліджень і публікацій

Розв'язанню проблеми ефективності функціонування процесів транспортного обслуговування в сучасних умовах приділена значна увага у працях Бутько Т.В., Воркута А.І., Данько М.І., Міротіна Л.Б., Смахова А.А., Цветова Ю.М. та інших вчених. В той же час комплексному розв'язанню проблеми управління та розподілу рухомого складу на базі ринково-орієнтованих критеріїв ще недостатньо приділяється уваги.

Зокрема, підходи до рішення задачі розподілу спеціального рухомого складу розглянути у /1/. Автор за рахунок застосування сучасних інформаційних технологій пропонує удосконалити рішення задачі прикріплення порожніх цистерн до станцій наливу шляхом динамічної оптимізації забезпечення навантажувальними ресурсами. Цей підхід удосконалено у /2/ - враховано важливий фактор: придатність спеціального вагону під навантаження даного роду вантажу. З іншого боку запропоновано рішення задачі у /3/ - автори вважають первинним визначення району тяжіння, до якого прикріплюють рухомий склад під вантажні операції.

Формулювання мети (постановка завдання)

Ефективність і якість функціонування залізниць України в значній мірі залежить від раціональної координації роботи різних підрозділів, оптимального перерозподілу між ними обсягів перевезень та формування на цій основі необхідних управлінських рішень. В першу чергу - це забезпечення навантажувальними ресурсами з використанням методів, які у комплексі враховують інтереси перевізника та вантажовласника. Ефективна організація

роботи в даному напрямку вимагає розв'язання декількох актуальних науково-прикладних задач, основними серед яких є розробка критеріїв ефективного розподілу рухомого складу під навантаження, формування інформаційних та функціонально-організаційних структур організаційного управління процесами транспортного обслуговування та розробка методів прогнозування виробничо-господарської і фінансової діяльності клієнтури та залізниць /4/.

Нажаль, технологічний процес перевезень вантажів на окремих рівнях є роздрібним, інтереси окремих суб'єктів не скоординовані, тобто системна взаємодія вантажовласників, виконавчих підрозділів залізниць та їх управлінь потребує удосконалення. В зв'язку з цим розглянемо проблему розподілу рухомого складу під навантаження за критерієм отримання на полігоні залізницею мінімуму непродуктивних витрат, які пов'язані з переміщенням порожніх вагонів або з недоотриманням прибутку від нездійснених перевезень. Слід також приділити увагу інтересам клієнтури, наявності на залізничному полігоні компаній-операторів, які мають власні (орендовані) вагони, можливості взаємозаміни вагонів. Одним із основних економічних показників стають витрати по можливій заміні та подаванню під навантаження одного чи іншого виду рухомого складу, навіть – власного чи орендованого.

Оптимізація розподілу рухомого складу під навантаження на залізничному полігоні

Розглянемо процес функціонування транспортного полігону, його основні елементи і зв'язки у вигляді описової моделі з подальшою її формалізацією. Оптимізацію розподілу здійснимо з урахуванням співвідношення «корисності» кожного типу рухомого складу. Отже, розподіл рухомого складу можна представити у вигляді процесу обміну ресурсу одного виду на ресурс іншого виду в умовах мінімізації витрат від раціонального використання ресурсу (під ресурсом надалі будемо розуміти всі типи рухомого складу).

В організації системи розподілу рухомого складу можна виділити наступні елементи: центр управління, виконавчі підрозділи та навколишнє середовище.

Центр управління здійснює основний вплив на транспортний ринок, який значно перевершує можливості всіх інших суб'єктів на ринку, та має можливість перерозподілу рухомого складу і фінансів. Центр при визначених обставинах

додає в замкнуту транспортну систему визначену кількість ресурсу для його використання. Запропонуємо наступні критерії віднесення учасників транспортного ринку до категорії центрів управління:

- фінансовий критерій. Це означає, що центр самостійно використовує визначений обсяг ресурсу, який може бути використаний для перерозподілу. Цей ресурс повинен бути більшим за визначену величину $r > r_{\min}$, або у відсотковому співвідношенні складати визначену частину від загального ресурсу R ;
- формальні і юридичні критерії. Це може бути, наприклад, відповідність статуту установи, наявність ліцензій, дозволів та ін.;
- можливість додавати в транспортну систему ресурс (емісія ресурсу).

Виконавчі підрозділи є різноманітними суб'єктами технологічного процесу транспортування – залізничні станції, дирекції перевезень, експедиторські організації. Всі вони є рівноправними учасниками розподілу ресурсів, але можливості по самостійному перерозподілу ресурсу в них значно менші, ніж у центрів.

Навколишнє середовище - велика група середніх, дрібних і дуже дрібних суб'єктів транспортного ринку, що не мають можливостей серйозно впливати на ситуацію на ринку і пасивно використовують рухомий склад для реалізації своїх інтересів.

На транспортну систему (залізничний полігон) діють зовнішні фактори, а також відбуваються технологічні процеси усередині між її елементами. В цілому наслідком усіх змін є зміна прибутку та витрат в результаті розподілу ресурсів. Основний показником оптимальності функціонування системи розподілу рухомого складу, буде показник ефективності розподілу ресурсу k . Метою оптимізації розподілу рухомого складу на полігоні буде мінімізація змін кількості ресурсу за період часу t .

Слід зазначити, що ринкова «корисність» ресурсу складається під впливом попиту та пропозиції серед виконавчих підрозділів, а також з урахуванням нормативних і адміністративних обмежень і умов. Тому рівень ефективності розподілу ресурсу k на полігоні повинен базуватись на принципах ресурсозбереження. Зменшення чи збільшення рівня ефективності розподілу

ресурсу здійснюється за рахунок проведення перерозподілу рухомого складу в наслідок неефективних (збиткових) чи ефективних (прибуткових) операцій по транспортуванню вантажів.

У центра управління є можливість брати участь у процесі розподілу ресурсів. Центр здійснює нормативне регулювання, але на первісному етапі не бере безпосередню участь у розподілі ресурсів. Виконавчі підрозділи повинні здійснювати це за встановленими правилами у межах своїх ресурсних можливостей і можливості отримання максимуму корисності від використання рухомого складу. Навколишнє середовище в залежності від ситуації також бере участь в розподілі через виконавчі підрозділи. На основі представленої описової моделі розподілу рухомого складу розроблено графічну модель, що наведено на рис. 1.

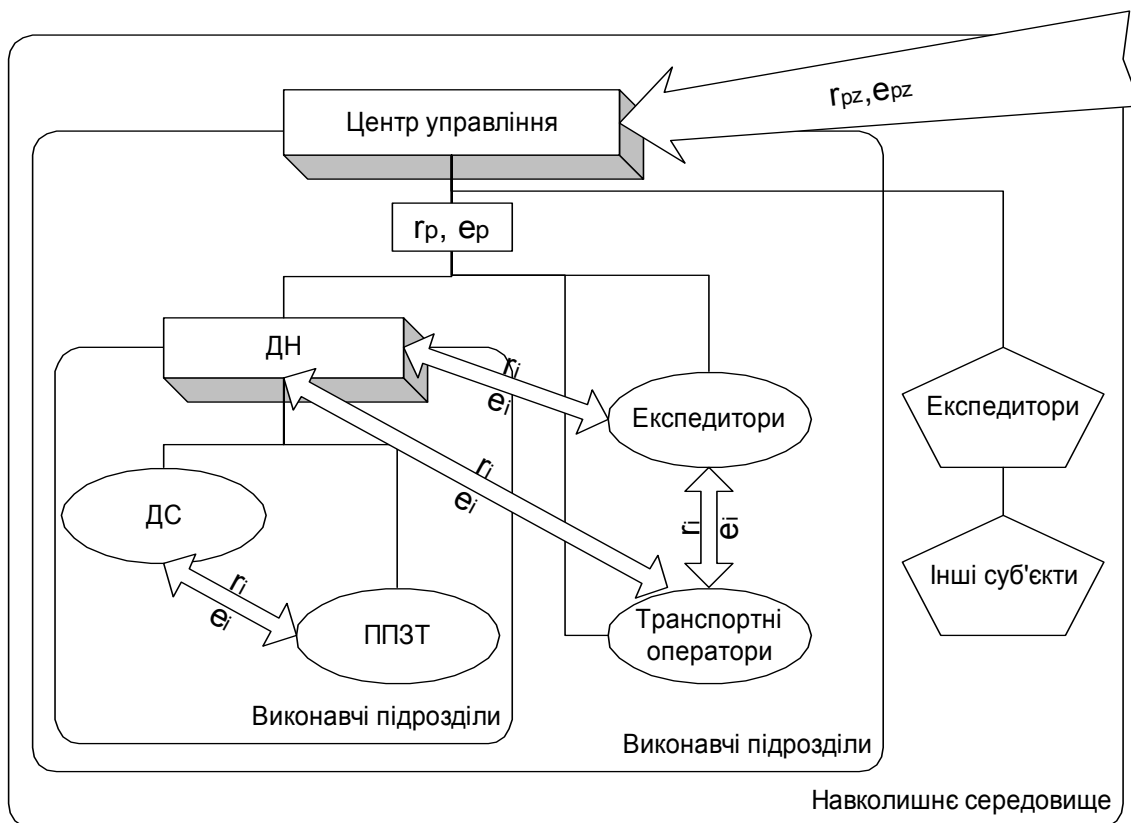


Рис. 1 – Структура системи розподілу рухомого складу на полігоні

Коли можливості самостійного розподілу ресурсу виконавчими підрозділами вичерпані, в цьому процесі починає брати участь центр. Основною причиною цього є корегування сформованого підрозділами розподілу рухомого складу на полігоні взагалі, оскільки центр керує ситуацією на полігоні у цілому. Центр використовує наявні у нього ресурсні можливості на протязі деякого часу,

що фактично означає зміну ефективності розподілу k ресурсу на величину Δk таким чином, щоб виконувалась умова

$$k_{\min} < k < k_{\max}. \quad (1)$$

Перебування k поза межами коридору (1) можна визначити як умову для здійснення центром процесу розподілу ресурсів. Нижня межа коридору k_{\min} є мінімальним рівнем сумарної беззбитковості від транспортної діяльності на полігоні, верхня межа k_{\max} встановлюється з урахуванням вимог нормативних актів, вимог антимонопольного комітету та ін. Центр починає функціонувати по підтримці рівня ефективності розподілу рухомого складу у заданих межах з урахуванням того, що є можливість додавати на полігон ресурс ззовні.

Метою діяльності центру управління, як організаційної структури, є перерозподіл ресурсу (рухомого складу) серед виконавчих підрозділів з мінімізацією ризиків для усіх учасників перевізного процесу та вантажовласників. Центр тільки координує процес розподілу ресурсу - у нього не виникає інтересів у самому процесі розподілу і його дії спрямовані на підтримку співвідношення відповідного рівня ринкової ефективності ресурсу.

Діяльність виконавчих підрозділів визначимо як процес проведення обміну ресурсами за визначеними правилами з метою підтримання ринкової «корисності» k ресурсу у заданих межах (1).

Успішні результати діяльності системи розподілу пов'язані з необхідністю узгодження індивідуальних цілей і інтересів центра і виконавчих підрозділів з цілями залізниці та вантажовласників в цілому. У деякі моменти вони можуть знаходитися в протиріччі. Це відбувається тоді, коли виконавчі підрозділи здатні робити процес розподілу ресурсу за визначеним співвідношенню ефективності ресурсу, що складається на транспортному ринку. Але це співвідношення не задовольняє центр, для якого важливим є підтримання умови (1) на полігоні у цілому. Питання рішається шляхом раціонального розподілу функцій, завдань і робіт між виконавцями, стимулюванням, координацією і синхронізацією їхнього виконання, що забезпечує виконання розподілу ресурсу. Можлива ситуація, коли для виконавчих підрозділів відсутні інтереси в даний момент по перерозподілу чи обміну ресурсу одного виду на ресурс іншого виду.

Для спрощення розглянемо варіант, коли на полігоні існують два типа рухомого складу, наприклад криті вагони та напіввагони. У різних частках полігону можуть виникати потреби в одному з видів ресурсів, і надлишок іншого виду ресурсу. Потреба і надлишок можуть бути виражені в таких одиницях виміру, як вагони, витрати у гривнях, вагоно-години простою. Позначимо ресурс одного виду за R , а іншого виду за E . Кількість учасників розподілу на полігоні транспортного ринку складає n .

Позначимо r_i - надлишок ресурсу типу R у i -го виконавчого підрозділу. Його можливо використати в іншому підрозділі, якщо загальна корисність від цієї операції не зменшиться. Відповідно, сукупний надлишок всього ресурсу R можна визначити як

$$\Delta R = \sum_{i=1}^n r_i . \quad (2)$$

Надлишок ресурсу типу E у i -го виконавчого підрозділу позначимо e_i , сукупний надлишок

$$\Delta E = \sum_{i=1}^n e_i . \quad (3)$$

Якщо у i -го підрозділу існує потреба в ресурсі типу R , то це означає, що i -й підрозділ здатен за обсяг ресурсу r_i (його потреба) запропонувати визначений обсяг ресурсу e_i (його надлишок). Співвідношення r_i/e_i будемо називати співвідношенням розподілу ресурсу для i -го підрозділу. Підрозділ здатен перекрити свою потребу в ресурсі за таким, або більшим ніж це співвідношенням. Окремий випадок - коли у підрозділі немає інтересу, що підкріплений надлишком якого-небудь типу ресурсу, в обміні ресурсу. В цьому випадку $r_i=0$, $e_i=0$, а співвідношення розподілу не визначено. Сукупність інтересів виконавчих підрозділів на полігоні буде виражено співвідношенням

$$\frac{\sum_{i=1}^n r_i}{\sum_{i=1}^n e_i} = \frac{\Delta R}{\Delta E} = k . \quad (4)$$

Значення k фактично є співвідношенням перерозподілу ресурсів та відбиває рівень ефективності розподілу, який встановлено на полігоні без втручання центру.

Ресурс визначеного типу потрібний виконавчим підрозділам для здійснення перевезень, деякі підрозділи готові запропонувати надлишок ресурсу іншого виду. Процес розподілу та обміну ресурсу відбувається на основі заявок вантажовласників. Замовлення s_i i -го вантажовласника на ресурс R чи E є функцією пріоритету i -го підрозділу на одержання необхідного йому ресурсу і готовності віддати визначену кількість ресурсу в обмін. Величина замовлення на ресурс залежить від співвідношення розподілу ресурсу r_i/e_i .

Нехай в районі тяжіння i -го виконавчого підрозділу є надлишок ресурсу r_i і потреба в ресурсі e_i . Всі інші підрозділи теж мають зацікавленість у ресурсі, з цими інтересами вони представлені на полігоні. Підрозділ з урахуванням співвідношення розподілу вирішує, який обсяг ресурсу він може замінити на інший ресурс. Таким чином, величина заявки на ресурс є функцією пріоритету φ_i i -го підрозділу від співвідношення розподілу ресурсу, що встановлений в даний момент часу t на полігоні

$$g_i = \varphi_i \left(\frac{\sum_{i=1}^n r_i}{\sum_{i=1}^n e_i} \right) = \varphi_i(k). \quad (5)$$

Основна задача центра в процесі розподілу ресурсів - підтримка стабільного співвідношення розподілу k , щоб його зміни за період часу t були мінімальні

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta k}{\Delta t} \rightarrow \min. \quad (6)$$

Такий підхід дає можливість зменшити непродуктивні пробіги порожнього рухомого складу та виконати перевізну роботу меншою кількістю вагонів, що відповідає принципам ресурсозбереження. Система незамкнута і можливе надходження або вибуття ресурсу ззовні, якщо таке рішення прийме центр. Таким чином, у центра є наступні обсяги ресурсів: ресурс E и R , що мається у підрозділів на полігоні; обсяги ресурсів r_p та e_p , які у даний момент не пропонується для використання, але є в резерві центра; обсяги ресурсів r_{pz} та e_{pz} , що можуть при необхідності бути притягнутими ззовні (у даний час він знаходиться поза полігоном).

Процес розподілу ресурсів починається з моменту часу $t=0$ при початковому співвідношенні розподілу k_0 . На момент часу t співвідношення розподілу ресурсу

буде k_t . Теоретично $k_t \in [0; \infty]$. Таким чином співвідношення розподілу (ефективність) є функцією $k_t = f(t)$, тобто процес є динамічним і стохастичним чи стохастичним із трендом.

Вище показано, що у i -му підрозділу є ресурс для перерозподілу, причому розподіл відбудеться, якщо співвідношення розподілу для підрозділу буде відповідати наступній умові

$$\frac{r_i}{e_i} \leq \frac{\sum_{i=1}^n r_i}{\sum_{i=1}^n e_i}. \quad (7)$$

Сукупні обсяги ресурсу, так саме як обсяги ресурсів кожного з підрозділів у кожен момент часу змінюються, тому відповідно r_i та e_i є залежними від часу t .

З урахуванням основної задачі центру - збереження утвореного під впливом попиту та пропозицій на ресурс стабільної величини співвідношення розподілу ресурсу у визначених межах – можна визначити цільову функцію центра

$$\begin{cases} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta k}{\Delta t} \rightarrow 0; \\ k \in [k_{\min}; k_{\max}] \end{cases}. \quad (8)$$

Цільова функція виконавчого підрозділу відбиває той факт, що одержання фактичного обсягу ресурсу g_i є функцією від співвідношення розподілу ресурсу, що складається на полігоні (5). Мета підрозділу – накопичення необхідного обсягу ресурсу за максимально короткий період часу. Це означає, що

$$\begin{cases} g_i = \varphi_i(k) \rightarrow G_i; \\ t \rightarrow \min; \\ k \in [k_{\min}; k_{\max}] \end{cases}, \quad (9)$$

де G_i – граничний обсяг ресурсу, що необхідний підрозділу при $t \rightarrow \min$.

Будемо вважати, що для центра та підрозділів відкрита вся інформація про полігон, і не існує інша невідома їм інформація про ситуацію на полігоні. Нехай на момент часу t співвідношення розподілу складає $k = \Delta R / \Delta E$. Відповідно до своєї мети центр може впливати на ситуацію на полігоні шляхом додавання або зменшення пропозиції ресурсу. Якщо визначити, що сукупний обсяг ресурсу

складається з обсягу ресурсів підрозділів та резервів центру, то $R = \sum_{i=1}^n r_i + r_p$,

$E = \sum_{i=1}^n e_i + e_p$. При цьому, додавання резерву ресурсу r_p або e_p означає збільшення загальної кількості ресурсу для розподілу та збільшення співвідношення розподілу k .

Підрозділи подають пріоритетні і неприоритетні замовлення на ресурс з можливістю перерозподілу надлишку. Після попереднього встановлення співвідношення розподілу $k' = \Delta R / \Delta E$ центр аналізує ситуацію на полігоні на відповідність умові (1). Якщо умова задовольняється, то усі замовлення підрозділів задовольняються. Якщо поточне значення k' перебуває поза межами k_{\min}, k_{\max} , центр додає обсяг ресурсу для відповідності умові (1)

$$e_p = \frac{R}{k'} - E, \quad k' > k_{\max}; \quad (10)$$

$$r_p = k' E - R, \quad k' < k_{\min}. \quad (11)$$

Після остаточного визначення k задовольняються замовлення підрозділів, процес розподілу продовжується далі, а підрозділи подають замовлення на наступний період часу, тобто маємо ітеративний процес.

Тактика дій підрозділів пов'язана з замовленням ресурсу на весь обсяг потреби у вагонах з урахуванням можливого обмеження максимальної кількості ресурсу. Замовлення відбувається тільки у тому випадку, якщо виконується умова (7). Підрозділ подає наступну заявку при виникненні у нього потреби в наступний момент часу.

Центр може також встановлювати обмеження по величині замовлення для підрозділів, що може бути обумовлено загальним дефіцитом ресурсу, специфікою технології роботи з іновагонами та ін. Це означає, що кожен підрозділ може замовити обсяг ресурсу в кожний конкретний момент часу t не більш визначеної величини $r_i \leq r_o$. Цю ситуацію можливо представити як

$$r_i = r_o + r_{iz}, \quad (12)$$

де r_{iz} - надлишковий попит на ресурс, що не може бути задоволений через обмеження в момент часу t . Слід зазначити, що співвідношення розподілу k встановлюється в будь-якому випадку з урахуванням замовлень, що не

перевищують граничної величини r_0 . При цьому залишається визначений сукупний обсяг попиту на ресурс $R_{iz} = \sum_{i=1}^n r_{iz}$, який через обмеження не може бути задоволеним в момент часу t . Далі можливі декілька варіантів наступних дій:

- незадоволений обсяг на ресурс буде задовольнятися у наступний момент часу t , підрозділи додадуть його до наступних замовлень;
- підрозділи вирішують, що сформована на полігоні ситуація не задовольняє їх інтересам та інтересам вантажовласників, умову (9) не виконано і не нададуть замовлення на ресурс в наступний момент часу t ;
- центр може змінити величину обмеження ресурсу, що замовляється;
- центр може зняти обмеження шляхом ліквідації дефіциту ресурсу ззовні.

Таким чином, у наступний момент часу t ситуація розвивається аналогічно наведеному вище. Центр встановлює нову граничну умову r_{0n} для даного моменту часу, при цьому на полігоні буде існувати нова кількість ресурсу R_{t+1} , виходячи з нових можливих обмежень на даний момент часу t . Також можливо існування нового незадоволеного попиту на ресурс. Подача замовлень на ресурс виконавчими підрозділами здійснюється з урахуванням їх потреби по накопиченню даного виду ресурсу, їх переробної спроможності і прогнозованого обсягу об'ємів перевезень. Аналогічно встановлюється потреба та можливий дефіцит для ресурсу E .

При даній системі розподілу ресурсу можна запропонувати наступні способи управління процесом:

- додавання центром ресурсу на полігон для корегування співвідношення розподілу;
- введення попередніх замовлень на ресурс для наступного періоду для підрозділів; дана міра спрямована на підвищення рівня інформованості центру про плановані обсяги ресурсу на наступний період часу;
- обмеження по величині заявки ресурсу.

Висновки

Запропоновано підхід до рішення задачі раціонального розподілу рухомого складу на полігоні за критерієм корисності такого розподілу з урахуванням

ресурсозберігаючих підходів. Розглянута модель легко поширюється для більшої кількості типів рухомого складу – для цього треба встановити співвідношення розподілу k_1, k_2, \dots, k_m між кожним типом ресурсу. Запропоновано критерії для оцінки ефективності управління процесами розподілу рухомого складу в сучасних умовах.

Крім того, на базі розглянутої моделі можливо скорегувати існуючу організаційно-управлінську структуру по розподілу рухомого складу з метою підвищення ефективності її функціонування. З єдиних системних позицій проведено аналіз шляхів забезпечення ефективного функціонування процесів розподілу рухомого складу на полігоні та запропоновано на цій основі підхід до прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Список літератури

1. Ивницкий В. А., Буянов В. А., Соколов Н. Б. Динамическая оптимизация обеспечения намечаемой погрузки погрузочными ресурсами // Вестник ВНИИЖТ. 2000. № 5. С. 28-31.
2. Ивницкий В. А. Динамическая оптимизация прикрепления порожних нефтецистерн к станциям налива // Вестник ВНИИЖТ, 2003, № 2
3. Запара В.М., Кизим О.В. Подходы к определению районов тяготения региональных распределительных центров // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 2001. - №5. – С. 25-30.
4. Бурков В.В., Ириков В.А. Модели и методы управления организационными системами. Москва.- Наука, 1994. - 266 с.

Ломотько Д.В. До питання оптимізації розподілу рухомого складу під навантаження на залізничному полігоні.- Інформаційно – керуючі системи на залізничному транспорті. Харків.- 12с.

Розглянуто питання підвищення ефективності технології розподілу рухомого складу під навантаження на залізничному полігоні.

Запропоновано методика оптимізації розподілу рухомого складу за критерієм корисності такого розподілу з урахуванням ресурсозберігаючих підходів, що спрямовано на зниження витрат та на підвищення прибутковості і конкурентоспроможності залізниць.

Бібл. 4.

Ломотько Д.В. К вопросу оптимизации распределения подвижного состава под погрузку на железнодорожном полигоне.- Информационно - управляющие системы на железнодорожном транспорте. Харьков.- 12с.

Рассмотрен вопрос повышения эффективности технологии распределения подвижного состава под погрузку на железнодорожном полигоне.

Предложена методика оптимизации распределения подвижного состава по критерию полезности такого распределения с учетом ресурсосберегающих подходов, которые направлены на снижение затрат и на повышение прибыльности и конкурентоспособности железных дорог.

Библ. 4.