
УДК 629.4.027

**МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ВИРОБНИЦТВ З РЕМОНТУ
ЛОКОМОТИВІВ**

Канд. техн. наук Ю. М. Дацун

**МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ ПО РЕМОНТУ
ЛОКОМОТИВОВ**

Канд. техн. наук Ю. Н. Дацун

METHODS OF FORMING VIRTUAL PRODUCTION FOR REPAIRING LOCOMOTIVES

Cand. of techn. sciences Y. Datsun

У статті визначено, що основним критерієм при формуванні віртуальних виробництв з ремонту локомотивів повинно бути отримання синергетичного ефекту. Для цього запропоновано формування віртуальних виробництв за принципом доповнення компетенцій складових ремонтного виробництва з урахуванням визначених коефіцієнтів відповідності виробництв. Наявність вагових коефіцієнтів частинних критеріїв відповідності виробництв дає змогу розв'язувати задачу багатокритеріальної оптимізації методами, які використовують процедури ранжирування критеріїв і порівняння альтернатив. Порівняння

результатів розв'язання задачі багатокритеріальної оптимізації показало, що найбільшою адекватністю в таких умовах характеризуються методи адитивної та мультиплікативної згорток.

Ключові слова: локомотив, ремонт, виробництво, віртуальне підприємство, синергетичний ефект.

В статье определено, что основным критерием при формировании виртуальных производств по ремонту локомотивов должно быть получение синергетического эффекта. Для этого предложено формирование виртуальных производств по принципу дополнения компетенций составляющих ремонтного производства с учетом определенных ранее коэффициентов соответствия производств. Наличие весовых коэффициентов частных критериев соответствия производств позволяет решать задачу многокритериальной оптимизации методами, использующими процедуры ранжирования критериев и сравнения альтернатив. Сравнение результатов решения задачи многокритериальной оптимизации показало, что наибольшей адекватностью в таких условиях характеризуются методы аддитивной и мультипликативной сверток.

Ключевые слова: локомотив, ремонт, производство, виртуальное предприятие, синергетический эффект.

In the paper the need to transform of repair production of locomotives of railways in modern conditions is formulated. To expand the technological capabilities of repair productions it is proposed to use new organizational and production forms - virtual enterprises. It was determined that the main criterion for the formation of virtual enterprises for the repair of locomotives should be obtainment a synergistic effect. For this purpose, it is proposed the formation of virtual enterprises by the principle of supplementing the competences of the components of repair production with the account of the previously determined coefficients of conformity of production. Coefficients of conformity of repair production are complex indicators which are calculated by four components of repair production: the equipment and the tool, the personnel, the working environment, the documentation. The presence of weight coefficients of particular criteria the conformity of productions allows to solve the problem of multicriteria optimization by methods that use procedures of ranking criteria and comparing alternatives. The objective function is represented as the minimization of criteria. A comparison of the results of the solution of the optimization problem of multicriteria optimization showed that the methods of additive and multiplicative convolutions are characterized by the greatest adequacy in such conditions.

Key words: locomotive, production, repair, synergetic effect, virtual enterprise.

Вступ. Однією з найгостріших проблем залізниці України є фізичне та моральне старіння основних фондів, що спричиняє зниження показників безпеки руху на залізниці, збільшення собівартості перевезень.

Локомотиворемонтні підприємства галузі працюють в умовах зменшення програми ремонту та постійного браку коштів. Для збільшення прибутковості та конкурентоспроможності ремонтні підприємства змушені розширювати номенклатуру ремонту типів

рухомого складу за рахунок інших серій магістрального і промислового залізничного транспорту. При цьому ремонтні підприємства не завжди мають таку можливість, з огляду на високий рівень витрат на переналадження виробничого процесу, складну й інерційну структуру управління. Якісні зміни в такій ситуації можливі за рахунок кооперації підприємств, колективів та окремих людей задля вирішення поставлених завдань. Розвиток інформаційних та мережевих

технологій викликав появу нових організаційно-виробничих форм – віртуальних підприємств, що характеризуються динамічною, гнучкою та адаптивною структурою. Для впровадження концепції віртуальних підприємств з ремонту локомотивів, крім вирішення правових та фінансових питань, потребує визначення процес пошуку можливих виконавців і ресурсів, що оптимально відповідають поставленим завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Концепція віртуальних підприємств з'явилась на початку 90-х років ХХ ст. [1, 2] як найбільш передова та ефективна форма організації підприємства з точки зору наявних технічних і економічних умов. Тобто віртуальне підприємство означає мережеву, комп'ютерно-інтегровану організаційну структуру, що об'єднує неоднорідні ресурси, розташовані в різних місцях. Нерідко акцент робиться на тимчасовий характер об'єднання ресурсів у віртуальній організації: тоді вона розуміється як міжорганізаційне гнучке підприємство, що створюється на обмежений період, головна мета якого — отримання вигоди завдяки розширенню асортименту товарів і послуг [3-5]. На основі результатів аналізу зарубіжних та вітчизняних праць у [6] пропонується удосконалити систему технічної експлуатації тягового рухомого складу за рахунок створення віртуальної системи управління технічною експлуатацією рухомого складу, як нового, так і модернізованого та існуючого з урахуванням його стану, виду, ремонтного рівня депо та системи його ремонту в комплексі. У запропонованому підході під час формування ремонтної складової враховуються ремонтні виробництва локомотивних депо, що значно звужує можливості віртуального підприємства. Визначення оптимального розміщення по базах ремонту проводиться на рівні одиниць рухомого складу (тепловозів), з урахуванням кількості стійл та часу

очікування в черзі. На сьогодні зниження обсягів роботи, чисельності експлуатованого парку локомотивів та програми їх ремонту не призводить до появи черг локомотивів в очікуванні обслуговування чи ремонту. Нинішні реалії вимагають від підприємств можливості виконувати ремонт значно більшої номенклатури рухомого складу різних років виготовлення, видів руху і навіть різних форм власності. Ремонт окремих вузлів та агрегатів локомотивів останнім часом може проводитися навіть невеликими спеціалізованими підприємствами. У таких умовах неабиякої актуальності набувають методи формування віртуальних підприємств із визначенням оптимальної структури для повузлового ремонту локомотивів за рядом певних критеріїв.

Визначення мети та завдання дослідження. Визначення та оцінка методів формування віртуального підприємства з ремонту локомотивів.

Для цього необхідно провести аналіз основних статей витрат при ремонті локомотивів, визначити основний критерій та сформулювати оптимізаційну задачу формування віртуальних виробництв з ремонту локомотивів. Порівняти методи вирішення задачі оптимізації та визначити методи, що характеризуються найбільшою адекватністю.

Основна частина дослідження. Аналіз основних статей витрат під час ремонту локомотивів [7] показав, що 50 % від усіх витрат припадає на комплектуючі вироби й послуги підрядних організацій. На сировину і матеріали витрачається 11 %. Внутрішньовиробничі витрати становлять менше ніж 40 % від загальної калькуляції. Це свідчить про те, що резерви скорочення витрат при ремонті локомотивів усередині підприємства практично вичерпані. Масштаб витрат на ремонт вузлів і виробництво комплектуючих на інших підприємствах доводить доцільність застосування віртуальних принципів організації ремонтних виробництв.

Основними системними якостями віртуальних підприємств є нелінійність розвитку, стійкість зв'язків, цілісність і структурність. Нелінійність віртуальних підприємств обумовлена виникненням синергетичного ефекту функціонування системи як результату спільної дії підсистем і елементів, що входять до неї. Це виражається в тому, що системі притаманні не тільки властивості кожної її складової, а й низка принципово нових властивостей, системних якостей, породжених взаємодією цих частин [1].

Дослідження інтеграційних процесів складних систем [2, 3] нині показують, що отримання синергетичного ефекту є їх основною економічною метою.

Одним з основних етапів ефективного формування віртуального підприємства є відбір і об'єднання виконавців і партнерів, що мають ключові компетенції для виконання конкретного замовлення відповідно до цілей і завдань проекту [4].

Для забезпечення позитивного синергетичного ефекту при формуванні віртуального підприємства з ремонту локомотивів необхідно уникати дублювання технологічних можливостей агентів. Якщо цю умову висловити через коефіцієнт відповідності ремонтного виробництва [5], то вона матиме вигляд

$$K_{c1} + K_{c2} + K_{c3} + \dots + K_{cn} \rightarrow 1, \quad (1)$$

де $K_{c1} \dots K_{cn}$ — коефіцієнти відповідності виробництв агентів, що входять до складу віртуального ремонтного підприємства.

Підхід, при якому реалізується прагнення пошуку підприємств-агентів з високим ступенем відповідності вимогам (відповідно високим значенням коефіцієнта відповідності) буде викликати дублювання компетенцій, а значить, частина обладнання, виробничих площ або персоналу буде використовуватися неефективно, що буде викликати негативний синергетичний ефект. Об'єднання підприємств з незначними

можливостями може призвести до нестачі необхідної компетенції віртуального підприємства, що не дасть змоги повною мірою виконувати поставлені завдання. Однак участь підприємств різного ступеня підготовки, але з умовою доповнення компетенцій, буде викликати позитивний синергетичний ефект.

Згідно з [5] коефіцієнт відповідності ремонтного виробництва є комплексним показником і він розраховується на підставі чотирьох компонентів ремонтного виробництва: K_c^0 — обладнання та інструмент, K_c^p — персонал, K_c^s — робоче середовище, K_c^d — документація. З цього випливає, що процес вибору підприємств-агентів для віртуального підприємства з ремонту локомотивів можна сформулювати як оптимізаційну задачу. Цільова функція в такому випадку матиме вигляд

$$\begin{cases} 1 - \sum K_c^d \\ 1 - \sum K_c^o \\ 1 - \sum K_c^s \\ 1 - \sum K_c^p \end{cases} \rightarrow \min \quad (2)$$

$$0 < K_c^i < 1$$

Подана задача (2) повинна розв'язуватися методами багатокритеріальної оптимізації. Усі методи багатокритеріальної оптимізації різні за своєю природою і в загальному випадку дають ефективні (Парето-оптимальні) рішення, що не збігаються між собою. Разом з тим, не можна аргументовано стверджувати, що один з цих методів кращий за інший. А сам факт наявності їх різноманіття часто призводить до протилежних результатів, що свідчить про відсутність одного найкращого методу. Іншими словами, не існує апіорі кращого методу багатокритеріальної оптимізації. А значить, при розв'язанні багатокритеріальної задачі некоректно обмежуватися якимось певним методом, необхідно

використовувати їх сукупність, сформовану особою, що приймає рішення [6].

Усі методи розв'язання багатокритеріальних задач можна умовно розділити на дві групи. У методах першої групи прагнуть скоротити кількість критеріїв до одного метакритерію, для чого вводять додаткові припущення, що стосуються процедури ранжирування критеріїв і порівняння альтернатив. У методах другої групи прагнуть скоротити кількість альтернатив у вихідній множині, виключивши свідомо погані альтернативи [8, 9].

Під час аналізу невідповідностей у [5] було визначено ступінь впливу компонентів ремонтного виробництва на

технологічний процес ремонту у вигляді коефіцієнтів вагомості. Застосування вагових коефіцієнтів частинних критеріїв функції (2) дасть змогу розв'язувати поставлену задачу методами першої групи.

Для проведення обчислень було обрано три ремонтних виробництва-центри та шість виробництв-агентів (таблиця). Як видно з таблиці, серед обраних виробництв є такі, що характеризуються низькими значеннями коефіцієнтів відповідності («А», «1», «2»), високими значеннями коефіцієнтів відповідності («В», «3», «4») і такі, що мають високі й низькі значення коефіцієнтів за різними компонентами («С», «5», «6»).

Таблиця

Коефіцієнти відповідності локомотиворемонтних виробництв за компонентами

K_c^i	Виробництва-центри			Виробництва-агенти					
	А	В	С	1	2	3	4	5	6
K_c^0	0,33	0,82	0,38	0,26	0,46	0,65	0,84	0,12	0,63
K_c^p	0,26	0,76	0,18	0,24	0,58	0,54	0,81	0,26	0,57
K_c^s	0,13	0,57	0,86	0,18	0,34	0,61	0,73	0,47	0,23
K_c^d	0,18	0,52	0,82	0,2	0,41	0,57	0,78	0,59	0,17

Поставлена задача формування віртуальних підприємств за умови досягнення найбільшого синергетичного ефекту розв'язувалася методами згорток (адитивна, мультиплікативна, мінімаксна) та методом головного критерію (рисунок).

Для виробництва «А» найменші значення метакритерію, отримані методами згорток, відповідають виробництву «4», а значення, отримане методом основного критерію, відповідає виробництву «3». Отриманий результат підтверджує той факт, що застосування методу головного критерію може призводити до певної

похибки внаслідок неврахування впливу інших критеріїв.

Для виробництва «В» найменші значення метакритерію, отримані чотирма методами, відповідають виробництву «1».

Для виробництва «С» найменші значення метакритерію, отримані методами основного критерію, адитивною та мультиплікативною згортками вказують на виробництво «6». Найменший критерій, отриманий мінімаксним методом, відповідає виробництву «2», що пояснюється нечутливістю мінімаксного методу до вихідної множини критеріїв [10].

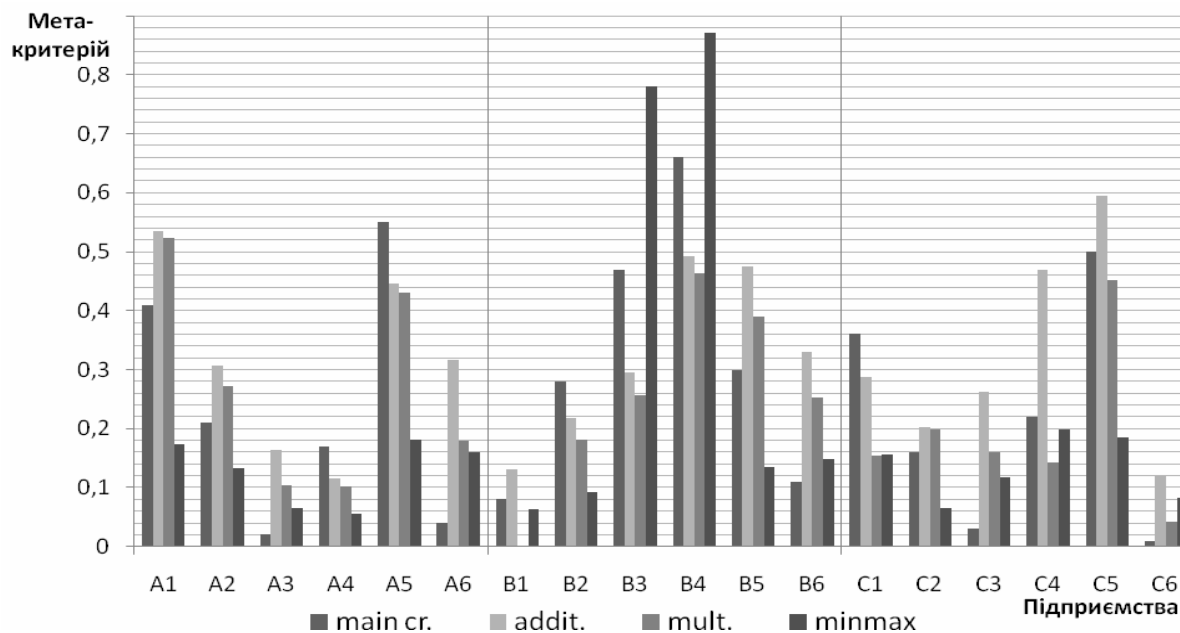


Рис. Порівняння значень метакритерію, отриманих різними методами розв'язання

Загальні результати розрахунків указують на позитивний ефект, тобто кожному ремонтному виробництву-центру із обмеженої множини виробництв-агентів обрано таке об'єднання, з яким віртуальне виробництво буде найбільш ефективним за рахунок позитивного синергетичного ефекту.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Результати дослідження інтеграційних процесів складних систем та витрат під час ремонту локомотивів визначають, що основним критерієм формування віртуальних виробництв з ремонту локомотивів повинно бути отримання синергетичного ефекту.

Для досягнення максимального позитивного синергетичного ефекту завдання формування віртуальних виробництв з ремонту локомотивів запропоновано розглядати використовуючи коефіцієнти відповідності виробництв у рамках багатокритеріальної оптимізації.

Розв'язання задачі багатокритеріальної оптимізації проводилося методами згортки (адитивна, мультиплікативна, мінімаксна) та методом головного критерію. Отримані результати підтвердили те, що застосування методу головного критерію призводить до певної похибки внаслідок неврахування впливу інших критеріїв. Найбільшу адекватність у таких умовах показали методи адитивної та мультиплікативної згортки.

Список використаних джерел

1. Haken, H. Synergetics: Introduction and Advanced Topics [Text] / H. Haken. – Springer; Softcover reprint of the original 1st ed. 2004 edition, 2012. – 768 p.
2. Malakooti, B. Operations and Production Systems with Multiple Objectives [Text] / B. Malakooti. – John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2014. – 1114 p.
3. Puranam, P. Vanneste, B. Corporate Strategy: Tools for Analysis and Decision-Making [Text] / P. Puranam, B. Vanneste. – Cambridge University Press, 2016. – 322 p.

4. Дацун, Ю. М. Оцінка критеріїв формування віртуального підприємства з ремонту локомотивів [Текст] / Ю. М. Дацун // Вісник східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2017. – № 3(233). – С. 64 – 67.
5. Дацун, Ю. М. Оцінка рівня відповідності локомотиворемонтного виробництва [Текст] / Ю. М. Дацун // Наука та прогрес трансп. Вісн. Дніпр. нац. ун-ту залізн. трансп. – 2017. – № 3(69). – С. 23–31. doi: 10.15802/stp2017/103937.
6. Keeney, R. L. Raiffa H. Decisions with multiple objectives: preferences and value tradeoffs [Текст] / R. L. Keeney, H. Raiffa. – Cambridge University Press, 2003. – 569 p.
7. Пузырь, В. Формирование адаптивного производства по ремонту локомотивов / В. Пузырь, Ю. Дацун // Transport Problems 2017: proceedings IX international scientific conference. – Katowice, 2017. – P. 686 – 690.
8. Marttunen M., Lienert J., Belton V. Structuring problems for Multi-Criteria Decision Analysis in practice: A literature review of method combinations [Text] / M. Marttunen, J. Lienert, V. Belton // European Journal of Operational Research. – 2017. - Volume 263, Issue 1. – p. 1–17. doi:10.1016/j.ejor.2017.04.041
9. Multicriteria analysis of real-life engineering optimization problems: statement and solution [Text] / R. Statnikov. A. Bordetsky. A. Statnikov // Nonlinear Analysis: Theory, Methods & Applications. – 2005. - Volume 63, Issues 5–7. – p. e685-e696. doi:10.1016/j.na.2005.01.028
10. Hamacher H. Nickel S. Multicriteria planar location problems [Text] / H. Hamacher. S. Nickel // European Journal of Operational Research. – 1996. - Volume 94, Issue 1. – P. 66-86. doi:10.1016/0377-2217(95)00186-7.

Дацун Юрій Миколайович, канд. техн. наук, доцент кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057)730-19-99. E-mail: remlocomot@gmail.com.

Datsun Yurii cand. of techn. sciences, associate professor department of maintenance and repair of rolling stock Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057)730-19-99. E-mail: remlocomot@gmail.com.

Стаття прийнята 18.08.2017 р.