

**В. В. КУЛЕШОВ****СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ОПЕРАТОРОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА**

Выделены основные вопросы составления плана-графика производства вагоностроительных предприятий или подготовки вагонов операторов подвижного состава к погрузке на короткий период каждой из запланированных на выпуск номенклатурной позиции по родам вагонов подвижного состава. Предложена модель определения потребного парка вагонов, которая построена как двухэтапная модель стохастического программирования на сети железных дорог Украины, учитывающая, в отличие от существующей, дефицит парка вагонов или их излишек при спаде грузопотоков.

**Ключевые слова:** информационно-управляющая система, парк грузовых вагонов, оператор подвижного состава.

**Введение.** В настоящее время методология исследования ресурсосберегающих технологий железнодорожного транспорта Украины направлена на организацию перевозочного процесса на основе Единой автоматизированной системы управления грузовыми перевозками Укрзалізничці (АСК ВП УЗ-Е). Однако, не учитывается координация технологических процессов компаний-операторов подвижного состава, предприятий-поставщиков, грузоотправителей, станций погрузки, формирования, попутных технических станций, станций выгрузки или передачи на другие виды транспорта, грузополучателей, предприятий-потребителей, эксплуатационно-ремонтных предприятий, прежде всего использования вагонных парков.

Развитие АСК ВП УЗ-Е на железных дорогах Украины обеспечивается высоким уровнем насыщенности средствами автоматизации всех уровней управления Укрзалізничці от руководящих структур к рабочим местам линейного уровня. Это подтверждается тем, что АСК ВП УЗ-Е сетевого и дорожного уровней обеспечивает автоматизированное информационное обслуживание почти 92% потребителей железнодорожных услуг [1, 2]. Однако, развитие ресурсосберегающих технологий на основе информационно-управляющих систем компаний-операторов подвижного состава (ИУС КОПС) еще не завершено. ИУС КОПС возможно реализовать на основе использования теории сложных систем и представлять собой расширенную логистическую систему с участием предприятий-производителей, предприятий-потребителей, предприятий представляющих железнодорожные услуги и других видов транспорта в узлах.

Такое исследование ресурсосберегающих технологий даст возможность управления технологическими процессами региональных отраслевых компаний, особенно, в горно-добывающей и металлургической промышленности больших полигонов транспортной системы (Донбасс - Приднпровье - Донбасс, Полтавский ГОК - Европейские потребители - Полтавский ГОК, Кривой Рог - морские порты - Кривой Рог и др., в т.ч. при организации перевозок массовых и ценных грузов как в течение года, так и в периоды сезона).

**Анализ литературных данных и постановка проблемы.** В работах [3, 4] при организации перевозок не достаточно рассмотрены развитые информационные технологии, с помощью которых возможно обеспечить развитие железнодорожных услуг пользователям. В книгах [4, 5] рассмотрена логистика перевозок, однако не полностью учтены межгосударственные перевозки железнодорожным транспортом

компаний-операторов подвижного состава. В работах [6 – 10] изложены основные подходы к организации перевозок, однако не рассматривается организация перевозок на основе информационно-управляющих систем компаний операторов. Рассмотрение указанных работ показывает, что проблема создания ИУС КОПС должна учитывать развитие логистических систем, в т.ч. различных видов транспорта.

Цель и задачи исследования – совершенствование методологии исследования ресурсосберегающих технологий на основе информационно-управляющих систем компаний операторов подвижного состава (ИУС КОПС).

**Основная часть.** Железнодорожный транспорт Европейского союза имеет долю около 16% рынка внутренних грузовых перевозок. На автомобильные перевозки приходится больше 70 % всех грузовых - тонно-километров [1]. Белая книга транспорта - политические инициативы нацеленные на удовлетворение спроса в условиях повышения мобильности парков, сохранение и привлечение новых объемов перевозок, обеспечение безопасности элементов транспортной инфраструктуры, необходимости перехода на «зеленые» виды транспорта (из автомобильного транспорта на железнодорожный).

Одним из направлений технического реформирования железнодорожного транспорта - изменение технологий, систем взаимодействия с пользователями железнодорожных услуг, операторами подвижного состава и применение новых инструментов управления ресурсосберегающими технологиями на основе информационно-управляющих систем компаний операторов подвижного состава. Причины усовершенствования организационно-технологической модели использования грузовых вагонов разной формы собственности на железных дорогах Украины обусловлены тем, что на инфраструктурном пространстве Укрзалізничці происходит взаимодействие большого количества участников рынка: железных дорог, операторов перевозок, владельцев подвижного состава, вагоноремонтных предприятий, инфраструктуры, координация всех участников перевозочного процесса на базе единых требований по организации перевозок.

Наиболее сложно обстоит дело с принятием решений, когда речь идет о мероприятиях, опыта в проведении которых еще не существует. При составлении перспективного плана развития парка вагонов компаний-операторов подвижного состава на несколько лет вперед. При планировании приходится опираться

© В. В. Кулешов. 2015

на большое количество данных и параметров производственных программ и планов перевозок грузов, которые не отличаются устойчивостью, относящихся не столько к прошлому опыту, сколько к предвидимому будущему. Выбранное решение должно, по возможности, гарантировать от ошибок, связанных с неточным прогнозированием, и быть достаточно эффективным для широкого круга условий. Для обоснования такого решения выполняется сложная система математических расчетов. В таком случае, может быть необходимо пренебречь точной оценкой и использовать аппроксимацию пригодности, которая способна быть вычислена эффективно.

Вообще, чем сложнее организуемое мероприятие, чем больше вкладывается в него материальных средств, чем шире спектр его возможных последствий, тем менее допустимы решения, не опирающиеся на научный расчет, и тем большее значение получает совокупность научных методов, позволяющих заранее оценить последствия каждого решения, заранее отбросить недопустимые варианты и рекомендовать те, которые представляются наиболее удачными.

Практика порождает все новые и новые задачи оптимизации причем их сложность растет. Требуется новые математические модели и методы, которые учитывают наличие многих критериев, проводят глобальный поиск оптимума. Применение аппроксимации пригодности может стать одним из наиболее многообещающих подходов, позволяющих обоснованно решать сложные задачи реальной жизни с помощью генетических алгоритмов.

Решение задач повышения эффективности перевозок в большей степени зависит от четкости взаимодействия и качества работы не только служб, структурных подразделений железных дорог и операторских компаний-владельцев вагонного парка (КОПС), но и с учетом изменения системы оперативного планирования перевозок на базе ИУС КОПС. Инструментом оперативного планирования перевозок грузов в парке собственных вагонов операторских компаний является план-график работы пользователей железнодорожных услуг и вагоностроительных предприятий. Он регламентирует сроки выпуска как продукции предприятий-отправителей, так и постройку вагонов вагоностроительными предприятиями. Его построение представляет собой многовариантную задачу, решаемую с учетом большого объема нормативной, плановой и учетной информации, а также ряда ограничений и дополнительных условий. Суть задачи заключается в том, чтобы составить для рассматриваемой технологической стадии обработки план-график производства вагоностроительных предприятий или подготовки вагонов КОПС к погрузке в календарном разрезе на короткий период по каждой из планируемых на выпуск номенклатурной позиции по родам вагонов подвижного состава.

При построении плана-графика работы КОПС в качестве критерия оптимальности принимается обязательность выполнения структурным подразделением предприятия в каждом из планируемых коротких периодов специфицированной модели производства и подготовки вагонов к перевозкам при условии, что

производственный процесс одного рода вагонов протекает в устойчивом или близком к нему режиме

$$\left\{ \left( \sum_{\tau=1}^{\alpha} P_{i\tau} - \sum_{\mu=\Gamma_H}^{\Gamma_H+\alpha} z_i^{\mu} \right) \rightarrow 0 \right\}, \quad (1)$$

С учетом обеспечения КОПС нормативным уровнем потребного парка вагонов по роду подвижного состава (группе вагонного парка) взаимозаменяемых позиций, что необходимые позиции своевременно запускаются в производство. Модель имеет вид

$$\left\{ \sum_{i=1}^u \left[ \left( \sum_{\tau=1}^{\alpha} P_{i\tau} - \sum_{\mu=\Gamma_H}^{\Gamma_H+\alpha} z_i^{\mu} \right) - \sum_{\tau=1}^{\alpha} P_{i\tau}^3 \right] \cdot C_i \right\} \rightarrow \Pi_{\gamma}, \quad (2)$$

где  $P_{i\tau}$  - объем грузов, нуждающихся в перевозке, и выпуска потребного парка вагонов по роду  $i$  в планируемые сутки  $\tau$ ;  $z_i^{\mu}$  - имеющийся парк вагонов по роду вагонов на стадии производства  $\mu$ ;  $\tau = 1, 2, \dots, \alpha$  - планируемые сутки;  $\mu = \Gamma_H, (\Gamma_H + 1), \dots, (\Gamma_H + \alpha)$  - стадии производства грузов, нуждающихся в перевозке, и потребного парка вагонов, начиная с нижней границы конкурентоспособности с детализацией до рода вагонов  $i$  на рассматриваемой технологической стадии ( $\Gamma_H$ ) до ( $\Gamma_H + \alpha$ );  $P_{i\tau}^{np}$  - объем грузов, нуждающихся в перевозке, и потребного парка вагонов  $i$ , которые переходят с предыдущего периода  $\tau$ ;  $\Gamma_B$  - верхняя граница производства грузов, нуждающихся в перевозке, и потребного парка вагонов  $i$ ;  $C_i$  - цена вагона планируемого рода потребного парка вагонов  $i$ ;  $i = 1, 2, \dots, u$  - взаимозаменяемые позиции, характеризующиеся конструктивной и технологической однородностью, одинаковой структурой трудоемкости, одинаковыми трудовыми затратами, объединенные в одну группу;  $\Pi_{\gamma}$  - величина нормативных объемов грузов и потребного парка по роду вагонов  $\gamma$ .

Поскольку процес перевозок в парке вагонов КОПС представляет динамическое явление определение парка вагонов КОПС зависит от их производства, процес производства вагонов описывается ограничениями

$$\begin{aligned} 1) & \sum_{\tau=1}^D P_{i(j)\tau} = P_{i(j)}; \\ 2) & \sum_{i=1}^m P_{i(j)\tau}^{np} \cdot C_{i(j)} = \frac{\sum_{i=1}^m P_{i(j)\tau}^{np} \cdot C_{i(j)}}{D}; \\ 3) & \sum_{\mu=\Gamma_H}^{\mu_{\max}} z_i^{\mu} \rightarrow \min n_{pu} \left( \sum_{i=1}^u \sum_{\mu=\Gamma_H}^{\Gamma_B} z_{i(j)}^{\mu} \cdot C_{i(j)} \right)_{\tau} = \Pi_{\gamma}; \\ 4) & \sum_{\tau=1}^h P_{i(j)\tau} \geq n_{i(j)\min}; \\ 5) & P_{i(j)\tau}^{np} = \left( P_{i(j)} - \sum_{\mu=\Gamma_H}^{\Gamma_B} z_{i(j)}^{\mu} \right) n_{np} \pm \frac{n_6 \Pi_{\gamma}}{C_{i(j)}}; \\ 6) & P_{i(j)}^3 \geq n_{i(j)\min}^{3an} \left( n_{i(j)\min} \right); \\ 7) & \sum_{i=1}^u P_{i(j)}^3 \cdot C_{i(j)} = \Pi_{\gamma} + \sum_{i=1}^u P_{i(j)} \cdot C_{i(j)} - \sum_{i=1}^u \sum_{\mu=\Gamma_H}^{\Gamma_B} z_{i(j)}^{\mu} \cdot C_{i(j)}, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $D$  - количество рабочих дней в планируемом месяце;  $P_{i(j)}$  - программа производства по роду потребного парка вагонов  $i(j)$  на технологической стадии «и» в планируемом месяце;  $i = 1, 2, \dots, p$  - вагоны, планируемые к производству, ремонту, подготовке к погрузке в данные сутки  $\tau$ ;  $P_{i(j)\tau}^{np}$  - программа производства по роду потребного парка вагонов  $i(j)$  в планируемые сутки  $\tau$  на технологической стадии «и»;  $i = 1, 2, \dots, m$  - номенклатурные позиции перевозимых грузов в планируемом месяце;  $n_{i(j)\min}^{zan}$  - минимальная партия производства груза по роду потребного парка вагонов  $i(j)$ ;  $n_{i(j)\min}$  - минимальная партия по роду потребного парка вагонов  $i(j)$  на стадии «и»;  $n_{\max}$  - максимальный номер числовой стадии рода потребного парка вагонов, на который имеется задел по роду вагонов  $i(j)$ ;  $P_{i(j)}^{pp}$  - программа производства по роду потребного парка вагонов на стадии «и» в планируемом месяце;  $\eta_{np}$  - планируемый коэффициент прироста производства груза;  $\eta_g$  - удельный вес задела, имеющегося по роду потребного парка вагонов  $i$ , в общем нормативном заделе на планируемой технологической стадии.

Составление план-графика производства потребного парка вагонов и перевозок грузов диктуется необходимостью обеспечения оптимального режима производственного процесса в течение всего периода, на который составляется план-график благодаря чему учитывается дефицит отдельного рода потребного парка вагонов, спад объемов перевозок или их возрастание.

**Выводы.** Стандартные методы оптимизации не могут справиться с проблемами определения парка вагонов вследствие того, что не отличаются устойчивостью многие параметры производственных программ и планов перевозок грузов. В таком случае, может быть необходимо пренебречь точной оценкой и использовать аппроксимацию пригодности, которая способна быть вычислена эффективно. Очевидно, что применение аппроксимации пригодности может стать одним из наиболее многообещающих подходов, позволяющих обоснованно решать сложные задачи реальной жизни с помощью генетических алгоритмов.

Предложенная модель определения потребного парка вагонов построена как двухэтапная модель стохастического программирования на сети железных дорог Украины, которая учитывает, в отличие от существующей, дефицит потребного парка вагонов или их излишек при спаде грузопотоков.

**Список литературы:** 1. Транспортна стратегія України на період до 2020 року. Схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. №1555-р. [Електронний ресурс] Ре-

жим доступу: <http://www.mintrans.gov.ua/uk/discussion/15621.html>/ 10.12.2009. – Загол. з екрану. 2. Державна цільова програма реформування залізничного транспорту на 2010-2019 роки. В редакції постанови Кабінету Міністрів України від 26 жовтня 2011 р. N 1106 [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1106-2011-p>. – Загол. з екрану. 3. Бодюл, В. И. Система управления перевозками грузов для операторов железнодорожного подвижного состава [Текст] / В. И. Бодюл, А. Н. Феофилов // Наука и техника транспорта. – 2012. – Вып. 1. – С. 57–62. 4. Ковалев, В. И. Управление парками вагонов стран СНГ и Балтии на железных дорогах России [Текст]: уч. пос. для вузов железнодорожного транспорта / В. И. Ковалев, С. Ю. Елисеев, А. Т. Осминин и др.; под ред. В. И. Ковалева, С. Ю. Елисеева, Е. Ю. Мокеичева. – М.: Маршрут, 2006. – 245 с. 5. Данько, М. І. Визначення парку вагонів операторських компаній для забезпечення перевезень вантажів залізничним транспортом [Текст] / М. І. Данько, В. В. Кулешов // Зб. наук. праць УкрДАЗТ, 2004. - Вип. 57. – С. 121-128. 6. Данько, М. І. Розробка організаційно-технологічної моделі управління парком грузовых вагонов разной формы собственности [Текст] / М. І. Данько, Д. В. Ломотко, В. В. Кулешов // Інноваційний транспорт. Научно-публіцистическе видання №4(5), 2012. - С. 8-13. 7. Данько, М. І. Побудова моделі оцінки інвестицій у залізничну інфраструктуру при взаємодії залізничних адміністрацій та операторів перевезень [Текст] / М. І. Данько, Д. В. Ломотко, В. В. Кулешов // Зб. наук. праць / УкрДАЗТ, 2012 Вип. 134 – С. 7-13. 8. Данько, М. І. Формування вимог до технології взаємодії залізничних адміністрацій і власників рухомого складу [Текст] / М. І. Данько, Д. В. Ломотко, В. М. Запара, В. В. Кулешов // Зб. наук. праць УкрДАЗТ, 2011. Вип. 124 – С. 5-11. 9. Задачі оптимального проектування надійних мереж [Текст] / Н. З. Шор, І. В. Сергієнко, В. П. Шило, П. І. Стецюк та інші. Під ред. Н. З. Шора.- К.: Наукова думка, 2005. -С. 132-161. 10. Кулешов, В. В. Удосконалення інформаційної технології роботи з вагонами різних форм власності з метою оптимізації пропускнуої спроможності залізничних транспортних систем / Кулешов В. В. // Зб. наук. праць УкрДАЗТ, 2011 Вип. 124 – С. 83-90.

**Bibliography (transliterated):** 1. Transport strategy of Ukraine for the period till 2020. Approved by the order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated December 16, 2009 №1555-R. Available at: <http://www.mintrans.gov.ua/uk/discussion/15621.html>/10.12.2009. 2. The state target program of reforming the railway transportation for 2010-2019. In the wording of resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 26 October 2011 N 1106. Available at: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1106-2011-p>. 3. Bodiul, V. I., Feofilov, A. N. (2012). Control System of freight transportation for the railway rolling stock. Science and transport equipment, 1, 57–62. 4. Kovalev, V. I., Eliseev, S. Y., Osminin, A. T.; In: Kovalev, V. I., Eliseev, S. Y., Mokeichev, E. J. (2006). Parks cars countries of the Commonwealth of Independent States and Baltic States on the Railways of Russia. M: Marshoute, 245.5. Danko, M. I. Kuleshov, V. V. (2004). Definition fleet operators to ensure the transport of goods by rail. Collection of scientific works Ukrainian state Academy of railway transport, 57, 121-128. 6. Danko, M. I., Lomotko, D. V., Kuleshov, V. V. (2012). Development of organizational and technological model of management of the park of freight cars of different ownership forms. Innovative transport. Scientific publication entitled №4(5), 8-13. 7. Danko, M. I., Lomotko, D. V., Kuleshov, V. V. (2012). Building models for assessment of the investment in railway infrastructure in the interaction of railway administrations and operators of transport. Collection of scientific works Ukrainian state Academy of railway transport, Issue 134, 7-13. 8. Danko, M. I., Lomotko, D. V., Zapara, V. M., Kuleshov, V. V. (2011). Formation of requirements to the technology of interaction of railway administrations and owners of rolling stock. Collection of scientific works Ukrainian state Academy of railway transport, 124, 5-11. 9. Shore, N. Z., Sergienko, I. V., Shylo, V. P., Stetsyuk, P. I. and others (2005). The problems of optimal designing reliable networks Edited by Shor, N. Z. – K. – Kiev: Naukova Dumka, 132-161. 10. Kuleshov, V. V. (2011) Improving the information technology work on cars of different ownership to optimize the capacity of rail transport systems. Coll. Science. works UkrDAZT, 124, 83-90.

Поступила (received) 26.05.2015

## Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Кулешов Валерій Вячеславович** – кандидат технічних наук, доцент, Український державний університет залізничного транспорту, доцент кафедри залізничних станцій та вузлів; тел.: 093-180-57-58; e-mail: [kharkov.kuleshov@yandex.ua](mailto:kharkov.kuleshov@yandex.ua).

**Кулешов Валерій Вячеславович** – кандидат технических наук, доцент, Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, доцент кафедры железнодорожных станций и узлов; тел.: 093-180-57-58; e-mail: [kharkov.kuleshov@yandex.ua](mailto:kharkov.kuleshov@yandex.ua).

**Kuleshov Valery** – Candidate of technical Sciences, associate Professor, Ukrainian State University of Railway Transport, assistant professor of railway stations and junctions; Contact tel.: 093-180-57-58; e-mail: [kharkov.kuleshov@yandex.ua](mailto:kharkov.kuleshov@yandex.ua).

УДК 519.687

К. А. МАЦУЕВА

**МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНОГО РОЗПОДІЛЕННЯ НАВАНТАЖЕННЯ В ІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ НА БАЗІ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ**

Розвиток комп'ютерних технологій призводить до все більшого використання технологій хмарних обчислень в тому числі в математичних і експериментальних дослідженнях. Актуальним завданням є дослідження ефективних методів керування продуктивністю і оптимізації використання програмних і апаратних складових ресурсів. В рамках дослідження побудовано модель інформаційної системи для наукових досліджень на базі хмарних досліджень, проаналізовано характеристики і приведено алгоритм для ефективного надання послуг в обчислювальних системах на базі хмарних обчислень.

**Ключові слова:** розподілення навантаження, хмарні обчислення, моделювання, розподілені системи, керування ресурсами, динамічна консолідація, інформаційна система.

**Вступ.** В теперішній час розвиток комп'ютерних технологій пов'язаний з використанням інформаційних технологій, що, в свою чергу, породжує необхідність в розробці і активному використанні мережевих мультимедійних послуг. Найбільш активно розвиваються методи спрощення і доступності математичних і експериментальних досліджень.

Існує певна статистична закономірність споживання існуючих обчислювальних потужностей, що показує, що 80% ресурсів необхідні лише в 20% часу і навпаки. Навантаження на апаратні і програмні ресурси носить плаваючий характер.

В даний час для забезпечення зберігання мультимедіа контенту і доступу до ресурсів найбільш вигідним є застосування гібридних хмарних систем. Масштабування та інші характеристики, властиві хмарним обчисленням, є одним з важливих факторів, що впливають на тенденції розміщення та надання інформаційних послуг для наукових досліджень.

Вузьким місцем мультимедійних сервісів є точка передачі відеопотоку через обмеженість пропускної здатності вихідного каналу. При доступі до вже існуючого контенту створюється високе навантаження на систему зберігання даних. При он-лайн мовленні (наприклад, відеоконференції) створюється високе навантаження на службу стискання і обробки контенту. Крім того, специфіка роботи Internet полягає в тому, що в глобальних з'єднаннях не підтримуються наскрізні ширококомовні трансляції (multicast, broadcast). Відправка пакетів групі користувачів або всім користувачам мережі можлива тільки в межах локальної мережі, в глобальних мережах можуть відправлятися тільки адресні (unicast) пакети. Як наслідок, для кожного клієнта при зверненні до сервісу трансляції створюється персональний потік (точка-точка), що при великій кількості звернень призводить до вичерпання пропускної здатності каналу зв'язку.

**Постановка задачі.** В рамках дослідження встановлено, що забезпечення доступу до ресурсів обчислювальної системи має такі особливості:

- навантаження періодичне і одночасно проходять звернення до декількох різнотипних ресурсів;

- при зверненні до корпоративних сервісів не враховується пріоритет обслуговування і виділення смуги пропускання для критично важливого трафіка.

- до 80 % навантаження можливо спланувати, так як для доступу до ресурсів використовуються попередні запити на користування сервісом (наприклад запис на лекцію або вебінар) і статистичних даних використання інформаційних ресурсів для зменшення навантаження на бази даних.

Традиційно оптимізація використання обчислювальних ресурсів здійснюється за допомогою процедури балансування навантаження. Як правило, балансування полягає в розподілі запитів між певними компонентами, обробниками хмарної системи на основі оцінки завантаженості і їх стану. Так як хмарна система керується з єдиного контролера, це означає що отриманий запит може бути відданий на обробку будь-якого з активних пристроїв, що підтримують роботу обраної програми. Однак, робота додатків часто залежить не тільки від обсягу оперативної пам'яті і процесорного часу, необхідних для виконання запиту користувача [2-5].

**Результати досліджень.** Для аналізу ресурсів обчислювальної системи для наукових досліджень зроблена рівнева модель на основі базових високонавантажених доступних зовнішнім користувачам підсистем: підсистема інтерактивних додатків; підсистема представлення інформаційних матеріалів (електронна бібліотека); підсистема трансляції і публікації матеріалів (відеопортал).

Як зазначалося раніше, прогнозування наванта