

УДК 004.9

В.В. Кашковский, Буяндэлгэр Отгонэрдэнэ

Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, Российская Федерация

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

Аннотация. В целях повышения провозной способности грузовых железнодорожных перевозок в РАО РЖД организована Система технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов. Эффективность этой системы в большой степени зависит от оптимальности выбранного междеповского пробега грузовых вагонов.

В рамках представленной работы разработана информационная система для учёта отказов вагонов по факту проведения ТР-1 и ТР-2. Данная статистика позволяет строить гистограммы отказа вагонов в зависимости от пробега. Полученные экспериментальные плотности распределения (гистограммы) используются как исходные данные для статистической модели Системы технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов. Разработанное ПО для данной модели имитирует эксплуатацию вагонов с пошаговым увеличением назначенного пробега между ДР. Для каждого шага вычисляется число ДР, ТР-1 и ТР-2. Полученная зависимость позволяет найти оптимальный пробег. В работе в качестве исходных данных использована статистика отказов, полученная в ВСЖД. Рельеф монгольских железных дорог существенно отличается от рельефа железных дорог Восточной Сибири. Поэтому большое практическое значение имеет задача сбора статистики по ТР-1 и ТР-2 для монгольских железных дорог. Решение этой задачи предполагается в рамках дальнейшего развития данной работы.

Ключевые слова: информационные системы, системный подход, статистическое моделирование, эксплуатация железнодорожного транспорта, технический объект, парк технических объектов, управление состоянием парка технических объектов.

V.V. Kashkowsky, Buyandelger Otgonerdene

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

DEVELOPMENT OF THE INFORMATION SYSTEM FOR THE MAINTENANCE AND REPAIR OF FREIGHT CARS

Annotation. In order to increase the carrying capacity of freight rail transportation, RAO RZhd has organized the Maintenance and Repair System for Freight Cars. The efficiency of this system to a large extent depends on the optimality of the selected inter-depot run of freight cars.

As part of the presented work, an information system has been developed to account for the failures of wagons upon the fact of TR-1 and TR-2. This statistic allows you to build histograms of car failure depending on mileage. The obtained experimental distribution densities (histograms) are used as initial data for a statistical model of the Freight Car Maintenance and Repair System. The developed software for this model simulates the operation of wagons with a step-by-step increase in the assigned mileage between the others. For each step, the number of DR, TR-1 and TR-2 is calculated. The resulting dependence allows you to find the optimal mileage. In the work, the failure statistics obtained in the VSZHD were used as initial data. The relief of the Mongolian railways differs significantly from the relief of the railways of Eastern Siberia. Therefore, the task of collecting statistics on TR-1 and TR-2 for Mongolian railways is of great practical importance. The solution of this problem is assumed as part of the further development of this work.

Keywords: information systems, system approach, statistical modeling, operation of railway transport, technical facility, park of technical facilities, management of the state of the park of technical facilities.

Введение. В 1825 году вступила в строй первая в мире общественная паровая железная дорога Стоктон — Дарлингтон в северо-восточной Англии. Для неё Джордж Стефенсон построил первый в мире успешный паровоз Locomotion № 1, который впоследствии стал именем нарицательным. [1]. После этого эпохального события началось бурное развитие железнодорожного транспорта во всём мире.

По состоянию на 1 июня 2020 года Российская Федерация располагала парком в более чем 1182,6 тыс. грузовых вагонов различного назначения. Этот парк активно развивается, при этом большая роль отводится обновлению этого парка. Так за первые 5 месяцев 2020 года

было построено и введено в эксплуатацию 23,6 тыс. вагонов. Из них 12,2 тыс. – инновационные вагоны, новой конструкции и 11,4 тыс. – вагоны стандартной конструкции. Средний возраст вагонов по всем моделям и родам подвижного состава – 12,3 года, по полувагонам средний возраст составляет 8,8 года [2]. Структура парка вагонов Российской Федерации показана на рис. 1.

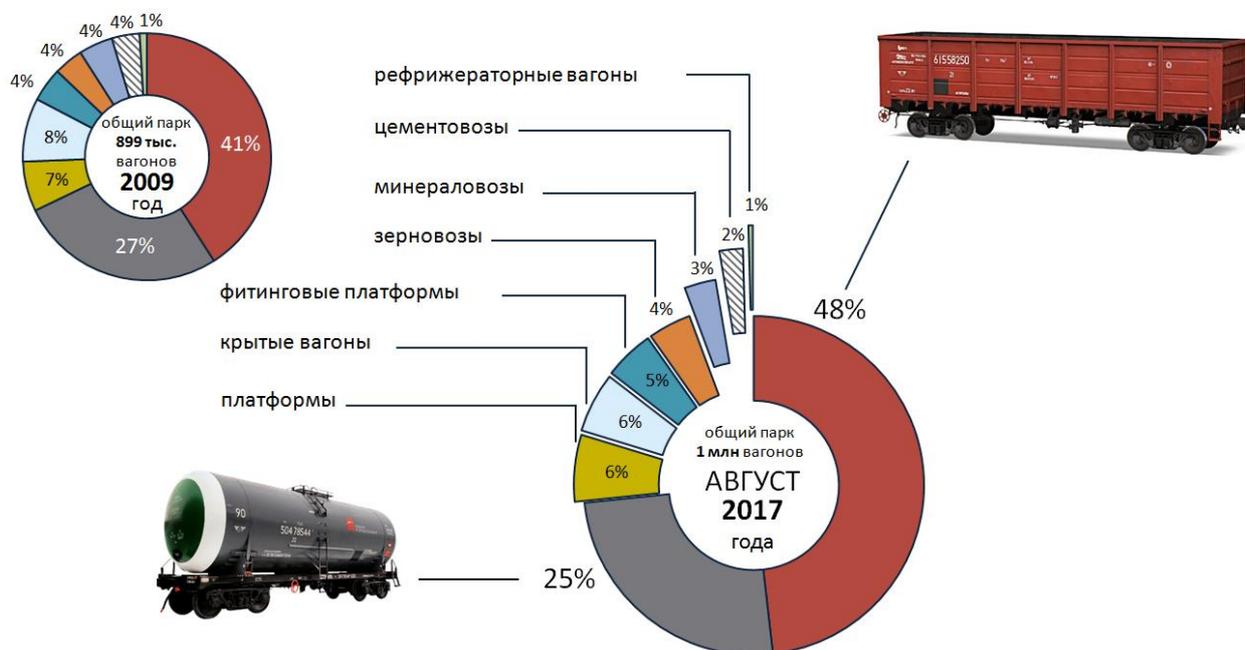


Рис. 1. Структура парка грузовых вагонов Российской Федерации [3]

Железные дороги в Монголии ведут свою историю с 1938 года и в настоящее время глубоко кооперированы с ОАО «РЖД». Структурная схема железных дорог Монголии показана на рис. 2.

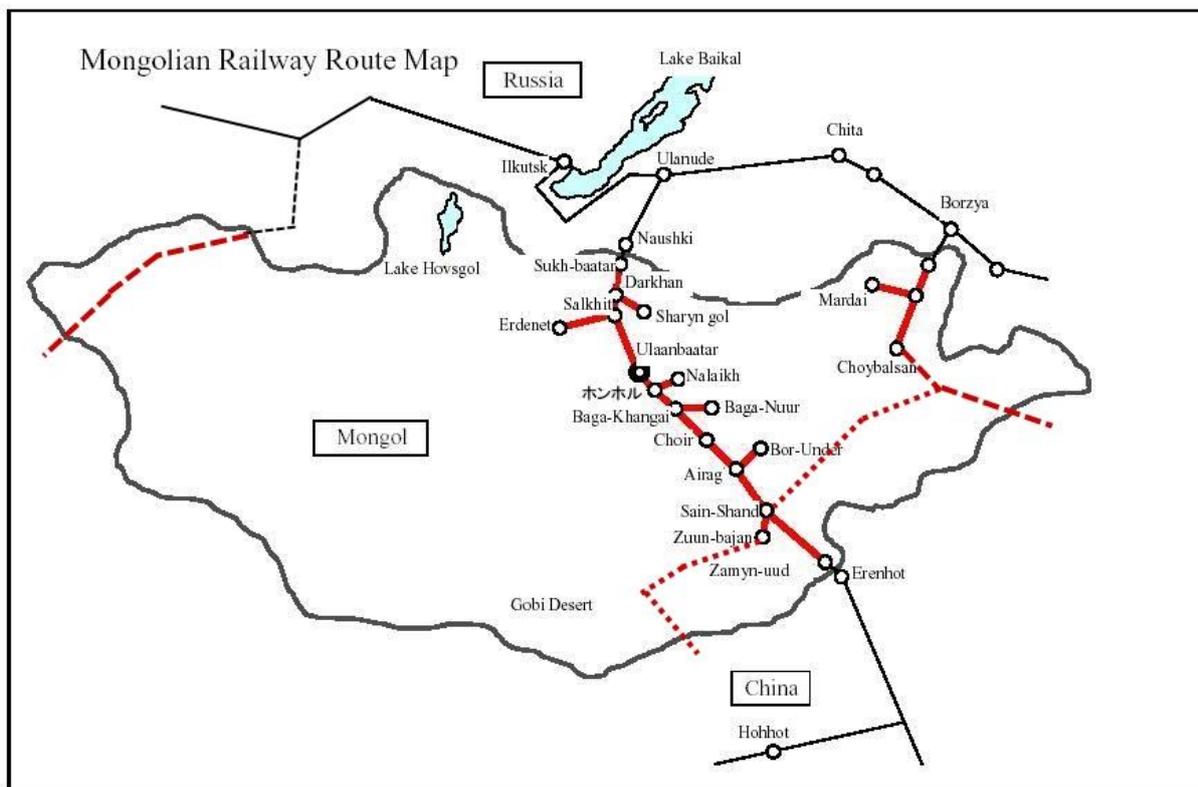


Рис. 2. Схема железных дорог Монголии [4].

Совместное Монголо-Российское акционерное общество «Улан-Баторская Железная дорога» — одно из ведущих предприятий экономики Монголии, от работы которого во многом зависит экономика всей страны. Через станцию Наушки Улан-Баторской железной дороги, ежемесячно проходит порядка 200 полувагонов и 100 крытых вагонов «Первой Грузовой Компании» (ПГК). ПГК — это крупнейший частный оператор грузовых железнодорожных перевозок России. Всего через станцию Наушки ежемесячно проходит более 950 вагонов, везущих транзитные грузы в Россию через Монголию [5].

Очевидно, что столь обширный вагонный парк требует проведения целого ряда организационных мероприятий различной направленности для обеспечения эффективной работы подвижного состава. Одним из направлений подобной работы является разработка методик и программного обеспечения по оптимизации эксплуатационных затрат на ремонт и техническое обслуживание вагонного парка. Некоторым аспектам данной научной тематике и посвящена данная работа.

Постановка задачи. Железнодорожные перевозки имеют стратегическое народно-хозяйственное значение для России и Монголии. Для грузоперевозок используют крытые вагоны, полувагоны, вагоны-цистерны, думпкары, хопперы, платформы, фитинговые платформы, вагоны бункерного типа, транспортёры, автомобилевозы, вагоны-кенгуру (для перевозки автомобильных полуприцепов), изотермические, вагоны-ледники, рефрижераторные, вагоны-термосы. Для успешного и эффективного функционирования грузоперевозок необходима организация своевременного ремонта грузовых вагонов, осуществляемая в рамках Системы технического обслуживания и ремонта вагонов. Организации работы Системы технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов посвящён ряд руководящих документов [6-15]. Данная система предназначена для обеспечения устойчивой работы вагонного парка, поддержания его технического состояния на заданном уровне, повышения эксплуатационной надёжности и распространяется на вагоны, допущенные к эксплуатации в международном сообщении, включая вагоны с продлённым сроком службы [13]. Система технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов предусматривает следующие виды технического обслуживания и ремонта [13]:

- Техническое обслуживание - ТО;
- Техническое обслуживание с диагностированием - ТОД;
- Текущий отцепочный ремонт (ТР) подразделяющийся на:
 - текущий отцепочный ремонт - ТР-1;
 - текущий отцепочный ремонт - ТР-2;
- Деповай ремонт - ДР;
- Капитальный ремонт - КР;
- Капитальный ремонт с продлением срока службы - КРП.

Нормативы периодичности производства капитальных ремонтов установлены по критерию календарной продолжительности эксплуатации вагона от постройки (капитального ремонта) до момента подачи вагона в первый (последующий) капитальные ремонты [13].

Нормативы периодичности производства деповайских ремонтов, устанавливаются, по выбору владельца, по одному из двух критериев [13]:

- по комбинированному критерию, одновременно учитывающему фактически выполненный объем работ, выраженный в километрах пробега вагона, и календарную продолжительность, выраженную в годах, использования вагона от постройки (планового ремонта) до момента подачи вагона в первый (последующий) плановые ремонты, при этом вагон выводится в ремонт при достижении одного из двух указанных показателей;
- по единичному критерию календарной продолжительности эксплуатации вагона, выраженной в годах, от постройки (планового ремонта) до момента подачи вагона в первый (последующий) плановые ремонты.

В случае применения и первого, и второго критериев, объем работ, выполненный грузовым вагоном можно выразить через его средний пробег. Так, например, исследования, выполненные в рамках представленной работы, показали, что в случае использования

комбинированного критерия средний пробег вагонов между деповскими ремонтами составляет порядка 160 тыс. км.

Очевидно, что чем больше пробег между деповскими ремонтами, тем больше износ вагонов и тем больше будет отцепочных ремонтов ТР-1 и ТР-2. Исходя из этого можно найти такой междеповский пробег при котором общее число ДР, ТР-1 и ТР-2 будет минимальным. Для решения задачи оптимизации междеповского пробега грузовых вагонов необходима информационная система, которая накапливает статистику по отказам и позволяет выполнить исследования по надёжности грузовых вагонов. Решению данной задачи и посвящена данная работа.

Решение задачи. Физическая модель базы данных информационной системы учёта отказов вагонов показана на рис. 3.

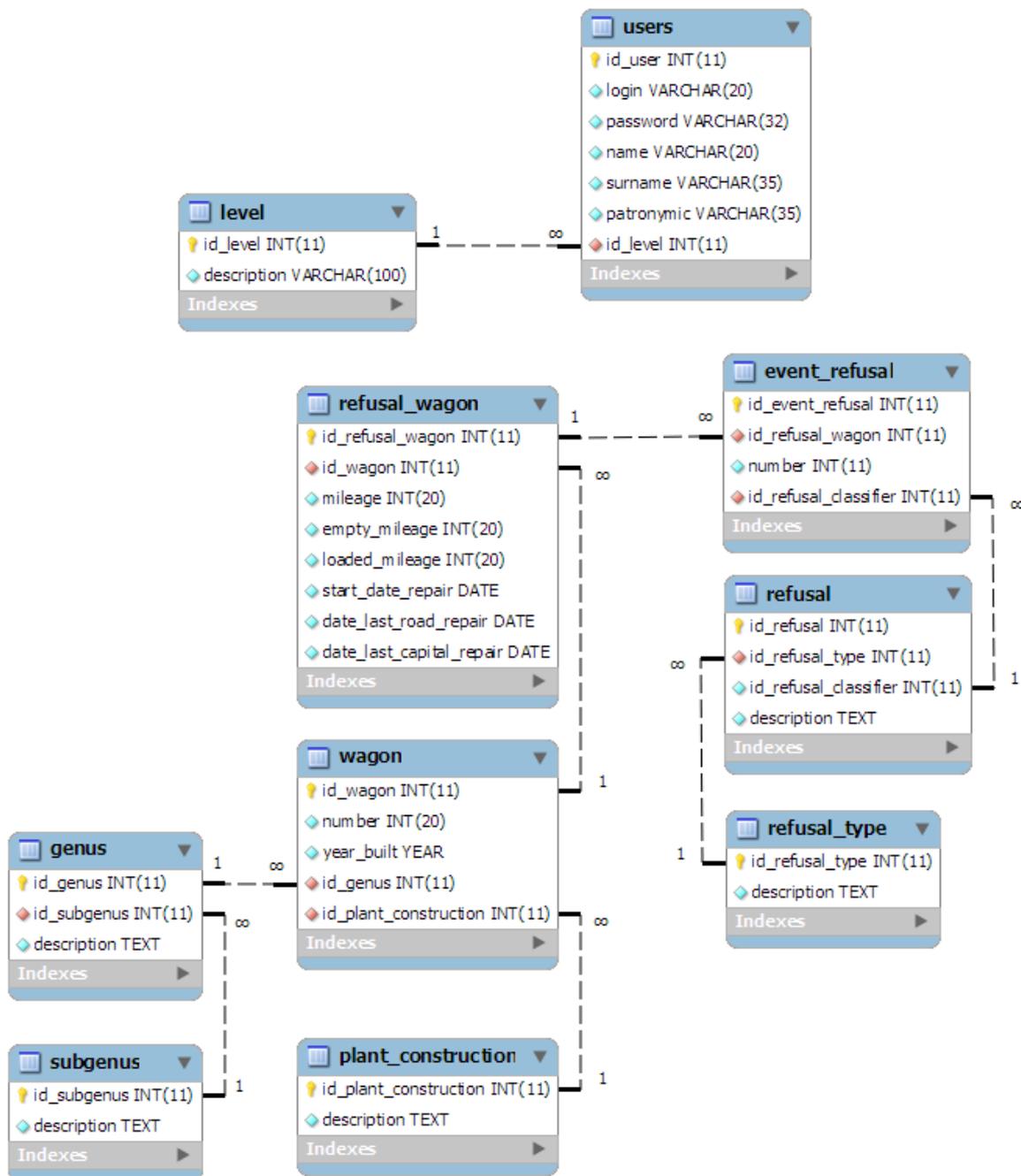


Рис. 3. Физическая модель базы данных информационной системы учёта отказов вагонов.

Основное прикладное назначение базы данных информационной системы (см. рис. 3) — это построение гистограмм отказов вагонов для статистического моделирования потоков

отказов вагонов в зависимости от назначенного пробега между ДР. Моделирование потоков отказов вагонов осуществляется с помощью разработанной статистической модели Системы технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов [16]. Структурная схема этой модели показана на рис. 4.



Рис. 4. Структурная схема статистической модели Системы технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов

Статистическая модель Системы технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов позволяет имитировать эксплуатацию вагонов при различных заданных нормативах периодичности производства деповских ремонтов. Получать подобные данные в процессе опытной эксплуатации невозможно, потому, что финансовые затраты на подобные эксперименты непосильны даже для самой мощной транспортной компании.

Пример оптимизации междеповского пробега вагонов показан на рис. 5. Моделирование показало, что найденный оптимальный междеповский пробег вагонов в 120 тыс. км. хорошо согласуется с гарантийным пробегом, заданным заводом изготовителем.

Заключение. В результате выполненных исследований разработана информационная система для учёта отказов вагонов по факту проведения ТР-1 и ТР-2. Данная статистика позволяет строить гистограммы отказа вагонов в зависимости от пробега. Полученные экспериментальные плотности распределения (гистограммы) используются как исходные данные для статистической модели Системы технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов. Разработанное ПО для данной модели имитирует эксплуатацию вагонов с пошаговым увеличением назначенного пробега между ДР. Для каждого шага вычисляется число ДР, ТР-1 и ТР-2. Полученная зависимость позволяет найти оптимальный пробег. В работе в качестве исходных данных использована статистика отказов, полученная в ВСЖД. Рельеф монгольских железных дорог существенно отличается от рельефа железных дорог Восточной Сибири. Поэтому большое практическое значение имеет задача сбора статистики по ТР-1 и ТР-2 для монгольских железных дорог. Решение этой задачи предполагается в рамках дальнейшего развития данной работы.

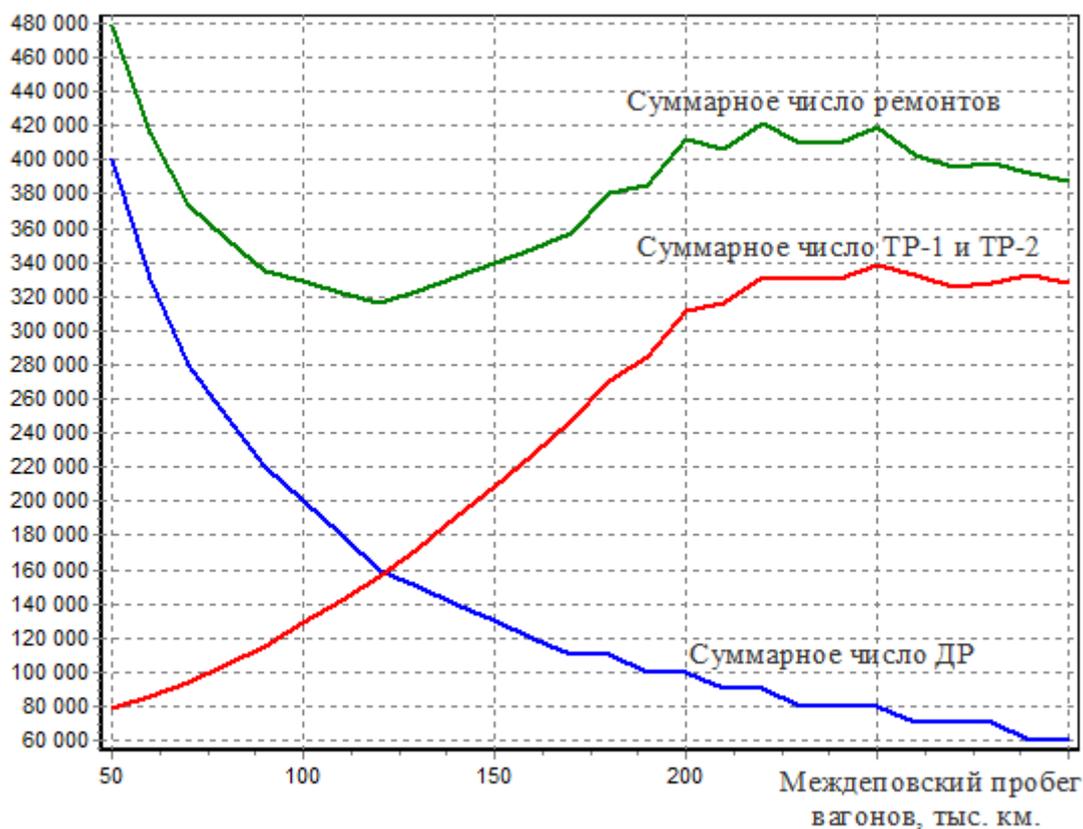


Рис. 5. Результат статистического моделирования Системы технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов. Зависимость числа ДР, ТР-1 и ТР-2 от междоупового пробега вагонов на основе статистических данных по всем видам отказов грузовых вагонов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ellis, Hamilton. The Pictorial Encyclopedia of Railways. — Hamlyn Publishing Group, 1968. 591 pages.
2. Сеть РЖД испытывает давление профицита вагонного парка. <https://www.rzd-partner.ru/zhd-transport/opinions/set-rzhd-ispytyvaet-davlenie-profitsita-vagonnogo-parka/>
3. Савчук В. Состояние и перспективы парка грузовых вагонов / XV международная конференция «Рынок транспортных услуг: взаимодействие и партнёрство» http://ipem.ru/research/rail_transport/rail_presentations/158.html
4. <http://www.simplextrans.com/ru/perevozki-gruzov-2/perevozki-mongolia/mongolia-cargo-railway-transportation1>
5. Палеха К. Монголия поможет. ПГК просит дополнительной работы. // Гудок Выпуск 23.03.2011 <https://gudok.ru/newspaper/?ID=687513>
6. ПРИКАЗ МИНИСТЕРСТВА ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ РФ от 18 декабря 1995 г. № 7ЦЗ ОБ ИЗМЕНЕНИИ ПЕРИОДИЧНОСТИ ПЛАНОВЫХ ВИДОВ РЕМОНТА ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ КОЛЕИ 1520 ММ
7. УКАЗАНИЕ МИНИСТЕРСТВА ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ РФ от 5 января 1999 г. № К-2у (Д) О ВНЕДРЕНИИ НОВОЙ СИСТЕМЫ РЕМОНТА ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ. 2 с.
8. О ВНЕДРЕНИИ НОВОЙ СИСТЕМЫ РЕМОНТА ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ. УКАЗАНИЕ МИНИСТЕРСТВА ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ РФ. 5 января 1999 г. № К-2у (Д). 2 с.
9. УКАЗАНИЕ МИНИСТЕРСТВА ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ РФ от 6 декабря 1999 г. № К-2746у О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ СИСТЕМЫ РЕМОНТА И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ. 2 с.
10. УКАЗАНИЕ МИНИСТЕРСТВА ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ РФ от 17 апреля 2001 г. № П-671у О ВВЕДЕНИИ В ДЕЙСТВИЕ НОВОЙ РЕДАКЦИИ ПРАВИЛ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ ПРИ СИСТЕМЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И

РЕМОНТА С УЧЕТОМ ФАКТИЧЕСКИ ВЫПОЛНЕННОГО ОБЪЕМА РАБОТ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. 17 с.

11. Правила эксплуатации и пономерного учёта собственных грузовых вагонов. Утверждены на 29 заседании Совета по железнодорожному транспорту. Вводятся в действие с 01.09.2001 г. 13 с.

12. Руководство по капитальному ремонту грузовых вагонов. Утверждено: Советом по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества, протокол № 54 от «18-19» мая 2011г. 136 с.

13. Положение о системе технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов, допущенных в обращение на железнодорожные пути общего пользования в международном сообщении. Утверждено Советом по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества Протокол № 57 от «16-17» октября 2012 г. 17 с.

14. РАСПОРЯЖЕНИЕ МИНИСТЕРСТВА ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ РФ от 29 декабря 2012 года №2759р О системе технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов. 18 с.

15. Руководство по текущему отцепочному ремонту (ТР-1). Утверждено распоряжением ОАО "РЖД" N 2633/р от 07.12.2018 г. Дата введения (начало действия) - 01.01.2019.

16. Кашковский В.В. Синтез классов систем технической эксплуатации // Современные технологии, системный анализ, моделирование. – 2013. – № 3 (39). – С. 211–218.

REFERENCES

1. Ellis, Hamilton. The Pictorial Encyclopedia of Railways. — Hamlyn Publishing Group, 1968. 591 pages.

2. The Russian Railways network is under pressure from the surplus of the car fleet. <https://www.rzd-partner.ru/zhd-transport/opinions/set-rzhd-ispytyvaet-davlenie-profitsita-vagonnogo-parka/>

3. Savchuk V. State and prospects of the freight car fleet / XV International Conference "Transport services market: interaction and partnership" http://ipem.ru/research/rail_transport/rail_presentations/158.html

4. <http://www.simplextrans.com/ru/perevozki-gruzov-2/perevozki-mongolia/mongolia-cargo-railway-transportation1>

5. Palekh K. Mongolia will help. PGK asks for additional work. // Hooter Issue 23.03.2011 <https://gudok.ru/newspaper/?ID=687513>

6. ORDER OF THE MINISTRY OF RAILWAYS OF THE RUSSIAN Federation No. 7CZ dated December 18, 1995 ON CHANGING THE FREQUENCY OF PLANNED TYPES OF REPAIRS OF FREIGHT CARS OF 1520 MM GAUGE

7. INSTRUCTION OF THE MINISTRY OF RAILWAYS OF THE Russian Federation No. K-2u (D) dated January 5, 1999 ON THE INTRODUCTION OF A NEW SYSTEM FOR THE REPAIR OF FREIGHT CARS. 2 p.

8. ON THE INTRODUCTION OF A NEW SYSTEM FOR THE REPAIR OF FREIGHT CARS. INSTRUCTION OF THE MINISTRY OF RAILWAYS OF THE RUSSIAN FEDERATION. January 5, 1999 No. K-2u (D). 2 p.

9. INSTRUCTION OF THE MINISTRY OF RAILWAYS OF THE RUSSIAN Federation dated December 6, 1999 No. K-2746u ON IMPROVING THE SYSTEM OF REPAIR AND MAINTENANCE OF FREIGHT CARS. 2 p.

10. INSTRUCTION OF THE MINISTRY OF RAILWAYS OF THE RUSSIAN FEDERATION No. P-671u dated April 17, 2001 ON THE INTRODUCTION OF A NEW EDITION OF THE RULES FOR THE OPERATION OF FREIGHT CARS IN THE MAINTENANCE AND REPAIR SYSTEM, TAKING INTO ACCOUNT THE AMOUNT OF WORK ACTUALLY PERFORMED ON THE RAILWAYS OF THE RUSSIAN FEDERATION. 17 p .

11. Rules of operation and measurement of own freight cars. Approved for the 29th meeting of the Railway Transport Council. They are put into effect from 01.09.2001 , 13 p .

12. Manual for the overhaul of freight cars. Approved by: The Council for Railway Transport of the Commonwealth Member States, Protocol No. 54 of May 18-19, 2011 136 p.

13. Regulations on the system of maintenance and repair of freight cars admitted to circulation on public railways in international traffic. Approved by the Council for Railway Transport of the Commonwealth Member States Protocol No. 57 of October 16-17, 2012 17 p.

14. ORDER OF THE MINISTRY OF RAILWAYS OF the Russian Federation No. 2759r dated December 29, 2012 On the system of maintenance and repair of freight cars. 18 p .

15. Manual for current uncoupling repair (TR-1). Approved by the Order of JSC "Russian Railways" N 2633/r dated 07.12.2018. Date of introduction (beginning of action) - 01.01.2019.

16. Kashkovsky V.V. Synthesis of classes of technical operation systems // Modern technologies, system analysis, modeling. – 2013. – № 3 (39). – Pp. 211-218.

Информация об авторах

Кашковский Виктор Владимирович - д.т.н., с.н.с, профессор кафедры «Информационные системы и защита информации», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: viktor.kashkovskij@mail.ru

Буяндэлгэр Отгонэрдэнэ – магистрант кафедры «Информационные системы и защита информации», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: botgonerdene09@gmail.com

Information about the authors

Kashkovsky Viktor Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Professor of the Department "Information Systems and Information Protection", Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: viktor.kashkovskij@mail.ru

Buyandelger Otgonerdene – Master's student of the Department "Information Systems and Information Protection", Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: botgonerdene09@gmail.com