



ТРАНСПОРТ ШЁЛКОВОГО ПУТИ

№ 1 / 2022





Научный электронный журнал «Транспорт шелкового пути»

№ 1, 2022

Издается с 2019 года

Учредитель: Негосударственная Некоммерческая организация «Научно-исследовательский информатизационный центр»

Главный редактор электронного журнала *Илесалиев Даурен Ихтиярович*, д.т.н., доцент, профессор кафедры транспортно-грузовые системы Ташкентского государственного транспортного университета

Научный редактор *Худайкулов Рашидбек Мансуржонович*, PhD, доцент, заведующий кафедрой изыскания и проектирование дорог Ташкентского государственного транспортного университета

Адрес редакции и издателя: 100006, г. Ташкент, проспект Амира Темура, 4

Контактный телефон: (+998 71)-238-82-75; (+998 99)-806-41-99)

Веб-сайт: <http://srt.aitm.uz/>

E-Mail: nno.niits@inbox.ru

Свидетельство о регистрации средства массовой информации № 1321 от 23.10.2019 г.

DOI: 10.54197X

Подписано в печать 21.03.2022. Дата выхода в свет 25.03.2022

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Ибрагимов Умидулла Назриллаевич, к.т.н., с.н.с., Директор ННО "Научно-исследовательский информатизационный центр", Начальник Главного управления развития логистики и цифровизации АО «Узбекистон темир йуллари» (г. Ташкент, Узбекистан).

Сладковский Александр Валентинович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой логистики и транспортных технологий, координатор международного сотрудничества факультета транспорта и авиационных технологий Силезского технологического университета (г. Гливице, Польша).

Рахмангулов Александр Нельевич, д.т.н., доцент, профессор кафедры логистики и управления транспортными системами Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова (г. Магнитогорск, Российская Федерация).

Шолтысек Яцек Антони, д.э.н., профессор, заведующий кафедрой социальной логистики Экономического университета г. Катовице (г. Катовице, Польша).

Блажко Людмила Сергеевна, д.т.н., профессор, первый проректор, заведующий кафедрой железнодорожный путь Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация).

Бекжанова Сауле Ертаевна, д.т.н., профессор кафедры организация перевозок и эксплуатация транспорта Академии логистики и транспорта (г. Алматы, Казахстан).

Коровяковский Евгений Константинович, к.т.н., профессор, заведующий кафедрой логистика и коммерческая работа Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация).

Борна Абрамович, PhD, профессор, заведующий кафедрой управление на железнодорожном транспорте Загребского университета (г. Загреб, Хорватия).

Славомир Я. Вроблевский, PhD, профессор, декан факультета международные образовательные программы Ташкентского государственного транспортного университета (г. Ташкент, Узбекистан).

Ларин Олег Николаевич, действительный член Российской академии транспорта, д.т.н., профессор кафедры цифровые технологии управления транспортными процессами Российского университета транспорта (г. Москва, Российская Федерация).



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Игамбердиев Хусан Закирович, академик Академии Наук Республики Узбекистан, д. профессор кафедры система обработки информации и управления Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова (г. Ташкент, Узбекистан).

Адылходжаев Анвар Ишанович, д.т.н., профессор кафедры строительство зданий и промышленных сооружений Ташкентского государственного транспортного университета (г. Ташкент, Узбекистан).

Ибрагимов Назрилла Набиевич, д.т.н., профессор кафедры транспортно-грузовые системы Ташкентского государственного транспортного университета (г. Ташкент, Узбекистан).

Арипов Назиржон Мукармович, д.т.н., профессор кафедры автоматика и телемеханика Ташкентского государственного транспортного университета (г. Ташкент, Узбекистан).

Саматов Гаффор Аллакулович, д.э.н., профессор кафедры транспортная логистика Ташкентского государственного транспортного университета (г. Ташкент, Узбекистан).

Мухитдинов Акмал Анварович, д.т.н., профессор кафедры инжиниринг транспортных средств Ташкентского государственного транспортного университета (г. Ташкент, Узбекистан).

Карриева Якутхан Каримовна, д.э.н., профессор кафедры управление, бизнес и логистика Ташкентского государственного экономического университета (г. Ташкент, Узбекистан).

Керимов Камил Фикратович, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой системное и прикладное программирование Ташкентского университета информационных технологий Мухаммада Ал-Хоразми (г. Ташкент, Узбекистан).

Рахимов Рустам Вячеславович, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Вагоны и вагонное хозяйство» Ташкентского государственного транспортного университета (г. Ташкент, Узбекистан).

Камалов Акмал Сайдакбарович, к.э.н., заместитель председателя правления АО «Узбекистон темир йуллари» (г. Ташкент, Узбекистан).

Камалова Элвира Абдусатторовна, PhD, Старший преподаватель кафедры управление, бизнес и логистика Ташкентского государственного экономического университета (г. Ташкент, Узбекистан).

Светашев Александр Александрович, к.т.н., доцент кафедры организация движение на транспорте Ташкентского государственного транспортного университета (г. Ташкент, Узбекистан).

Эргашев Зухритдин Зайдинович, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой прикладная механика Ташкентского государственного транспортного университета (г. Ташкент, Узбекистан).

Сарвинова Наталья Сергеевна, к.э.н., доцент кафедры транспортная логистика Ташкентского государственного транспортного университета (г. Ташкент, Узбекистан).



Electronic Journal of Scientific «Silk Road Transport»

No 1, 2022

Published since 2019

Founders: NGO Research Informatization Center

Editor-in-chief Ilesaliev Dauren Ikhtiyarovich, DSc, Associate Professor, the Department “Transport and Cargo Systems” Tashkent state Transport University (Tashkent, Uzbekistan)

Scientific editor Hudaykulov Rashidbek Mansurjonovich, PhD., Associate Professor, Head of the "Survey and Design of Roads" Tashkent state transport university (Tashkent, Uzbekistan)

Address of the editorial office: 4 Amir Timur Str., Tashkent, 100006

Telephone: (+998 71)-238-82-75; (+998 99)-806-41-99)

Web-site: <http://srt.aitm.uz/>

E-Mail: nno.niits@inbox.ru

Mass media registration certificate No 1321 dated October 23, 2019

DOI: 10.54197X

Released for printing on 21.103.2022. Date of issue 25.03.2022.

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

Ibragimov Umidulla Nazrillaevich, PhD., Senior Researcher, Chairman of the NGO “Research Informatization Center” - the Founder of the Magazine, Head of the Main Department of Logistics Development and Digitalization of Uzbekistan Temir Yollari JSC (Tashkent, Uzbekistan).

Sladkowski Aleksander Valentinovich, DSc, Professor, Head of the Department of Logistics and Transport Technologies, Coordinator for International Relations at the Faculty of Transport and Aviation Technologies, Silesian University of Technology (Gliwice, Poland).

Alexander Nelevich Rakhmangulov, DSc, Professor, the Department of “Logistics and Management of Transport Systems” of the Magnitogorsk State Technical University named after G. I. Nosov (Magnitogorsk, Russia).

Jacek Antony Szoltysek, DSc, Professor, Department of “Social Logistics” of the University of Economics in Katowice (Katowice, Poland).

Blazhko Lyudmila Sergeevna, DSc, Professor, Head of the Department – Railway Track, The First Vice-Rector of Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (St. Petersburg, Russia).

Bekzhanova Saule Ertaevna, DSc, Professor, the Department “Organization of transportation and operation of transport” Academy of Logistics and Transport (Almaty, Kazakhstan).

Korovyakovskiy Evgeny Konstantinovich, Ph.D., Associate Professor, Head of the “Logistics and Commerce” of Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (St. Petersburg, Russia).

Borna Abramović, PhD, Professor, Head of Chair of Railway Transport Management of University of Zagreb (Zagreb, Croatia).

Slawomir J. Wroblewski, PhD, Associate Professor, Head of the Department “International Educational Program” Tashkent State Transport University (Tashkent, Uzbekistan).

Oleg Nikolaevich Larin, DSc, Professor, Full Member of the Russian Academy of Transport, Professor of the Department of Logistic Transport Systems and Technologies, Russian transport university (Moscow, Russia).



EDITORIAL BOARD

Igamberdiev Khusan Zakirovich, academician of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, DSc, Professor, the Department “Department of Information Processing and Control Systems” Tashkent State Technical University named after Islam Karimov (Tashkent, Uzbekistan).

Adilkhodzhaev Anvar Ishanovich, DSc, Professor, the Department “Construction of Buildings and Industrial Structures” Tashkent state Transport University (Tashkent, Uzbekistan).

Ibragimov Nazrilla Nabievich, DSc, Professor, the Department “Transport and Cargo Systems” Tashkent state Transport University (Tashkent, Uzbekistan).

Aripov Nazirzhon Mukaramovich, DSc, Professor, the Department “Automation and Telemechanics” Tashkent State Transport University (Tashkent, Uzbekistan)

Samatov Gaffor Allakulovich, DSc, Professor, the Department “Transport Logistics”, Tashkent State transport university (Tashkent, Uzbekistan).

Mukhitdinov Akmal Anvarovich, DSc, Professor, the Department “Vehicle engineering” Tashkent State transport university (Tashkent, Uzbekistan).

Karrieva, Yakutkhan Karimovna, DSc, Professor, the Department “Management, Business and Logistics”, Tashkent State University of Economics (Tashkent, Uzbekistan).

Kerimov Kamil Fikratovich, DSc., Associate Professor, Head of the “System and Applied Programming” Department, Tashkent University of Information Technology named after Muhammad Al-Khorazmi (Tashkent, Uzbekistan).

Rahimov Rustam Vyacheslavovich, DSc., Associate Professor, Head of the “Wagons and wagon facilities” Tashkent State Transport University (Tashkent, Uzbekistan).

Kamalov Akmal Saydakbarovich, PhD, Vice Chairman of the Board of Uzbekistan Temir Yollari JSC (Tashkent, Uzbekistan).

Kamalova Elvira Abdusattorovna, PhD, Senior Lecturer of the Department “Management, Business and Logistics”, Tashkent State University of Economics (Tashkent, Uzbekistan).

Svetashev Alexander Alexandrovich, PhD, Associate Professor, the Department “Organization of Transport Movement” Tashkent State Transport University (Tashkent, Uzbekistan).

Ergashev Zukhriddin Zaydinovich, PhD, Associate Professor, Head of the “Applied Mechanics” Tashkent State Transport University (Tashkent, Uzbekistan).

Sarvirova Natalia Sergeevna, PhD, Associate Professor, the Department “Transport Logistics” Tashkent State Transport University (Tashkent, Uzbekistan).



СОДЕРЖАНИЕ

<i>Светашев А.А., Светашева Н.Ф., Рашидов Б.А. (г. Ташкент, Узбекистан)</i> О возможности развития железнодорожного направления Китай-Кыргызстан- Узбекистан (II часть).....	8
<i>Рузметов Я.О., Адылов Н.Б., Эрматов Н.Х (г. Ташкент, Узбекистан)</i> Анализ неисправностей в корпусах контрольных весов железнодорожных вагонов типа ВПВ-640	16
<i>Арипов Н.М, Джаббаров Ш.Б., Абдуллаев Б.А. (г. Ташкент, Узбекистан)</i> Математическая модель качения колес вагона по профилю сортировочной горки (часть 1).....	22
<i>Арипов Н.М, Джаббаров Ш.Б., Абдуллаев Б.А. (г. Ташкент, Узбекистан)</i> Математическая модель качения колес вагона по профилю сортировочной горки (часть 2)	28
<i>Баянов И.Н., Каюмов С.Н., Хакимов С.Х. (г. Ташкент, Узбекистан)</i> Метрополитен Ташкента вчера, сегодня и в перспективе.....	38
<i>Камалетдинов Ш.Ш., Шихназаров Ж.А., Азимов Ф.К., Дехконов М.М. (г. Ташкент, Узбекистан)</i> Перспективы развития перевозок грузов контейнерными поездами в республике Узбекистан	43
<i>Илесалиев Д.И., Азимов Ф.К., Шихназаров Ж.А. (г. Ташкент, Узбекистан)</i> Методика определения результатов деятельности системы интермодальных перевозок грузов.....	47
<i>Илесалиев Д.И., Азимов Ф.К., Шихназаров Ж.А. (г. Ташкент, Узбекистан)</i> Особенности функционирования системы интермодальных перевозок	51
<i>Сатторов С.Б., Котенко А.Г (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)</i> Определение устойчивой работы сортировочной станции	56



CONTENTS

<i>Svetashev A.A., Svetasheva N.F., Rashidov B.A. (Tashkent, Uzbekistan)</i> On the possibility of developing the railway direction China-Kyrgyzstan-Uzbekistan (Part II)	8
<i>Ruzmetov Ya.O., Adilov N.B., Ermatov N.Kh. (Tashkent, Uzbekistan)</i> Analysis of faults in the bodies of railway scales inspection wag-ons type VPV-640.....	16
<i>Aripov N.M., Jabbarov Sh.B., Abdullaev B.A. (Tashkent, Uzbekistan)</i> Mathematical model of wagon wheels rolling along the hump profile (part1).....	22
<i>Aripov N.M., Jabbarov Sh.B., Abdullaev B.A. (Tashkent, Uzbekistan)</i> Mathematical model of wagon wheels rolling along the hump profile (part 2)	28
<i>Bayanov I.N., Kayumov S.N., Hakimov S.X. (Tashkent, Uzbekistan)</i> Tashkent metro yesterday, today and in the future.....	38
<i>Kamaletdinov Sh.Sh., Shikhnazarov Zh.A., Azimov F.K., Dekhkonov M.M. (Tashkent, Uzbekistan)</i> Prospects for the development of cargo transportation on container trains in the republic of Uzbekistan	43
<i>Aripov N.M., Ilesaliev D.I., Azimov F.K., Shikhnazarov J.A. (Tashkent, Uzbekistan)</i> Methodology for determining the results of activities of the system of intermodal cargo transportation	47
<i>Ilesaliev D.I., Azimov F.K., Shikhnazarov J.A. (Tashkent, Uzbekistan)</i> Features of functioning intermodal transport systems	51
<i>Sattorov S.B., Kotenko A.G. (St. Petersburg, Russian Federation)</i> Determining the sustainable operation of a marshalling yard	56

УДК (UDC) 620.22

О ВОЗМОЖНОСТИ РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО НАПРАВЛЕНИЯ КИТАЙ-КЫРГЫЗСТАН-УЗБЕКИСТАН (II часть)**ON THE POSSIBILITY OF DEVELOPING THE RAILWAY DIRECTION CHINA-KYRGYZSTAN-UZBEKISTAN (Part II)**Светашев А.А., Светашева Н.Ф., Рашидов Б. А.
Svetashev A.A., Svetasheva N.F., Rashidov B. A.Ташкентский государственный транспортный университет (Ташкент, Узбекистан)
Tashkent state transport university (Tashkent, Uzbekistan)

Аннотация. В статье представлена пограничная станция для смены ширины колеи с 1520 мм на 1435 мм. Представлена классификация пограничных станций, и показаны возможные варианты для смены железнодорожной колеи, и приведён их расчет, а также даны необходимые рекомендации по их дальнейшему применению.

Ключевые слова пограничная станция, перегрузочный фронт, грузовой фронт, перестановочный путь, раздвижные колесные пары, смена ширины колеи, погрузочно-разгрузочный фронт.

Дата принятия к публикации: 25.11.2021
Дата публикации: 25.02.2022

Сведения об авторах:

Светашев А.А. – к.т.н., доцент кафедры «Организация движения на транспорте», Ташкентского государственного транспортного университета, e-mail: aleksandr-svetashev@bk.ru

Светашева Н.Ф. – аспирант кафедры «Транспортно-грузовые системы», Ташкентского государственного транспортного университета, e-mail: expose_09@mail.ru

Рашидов Б.А. – магистрант кафедры «Организация движения на транспорте», Ташкентского государственного транспортного университета

1. О предложении мультимодальных технологий на направлении Китай-Кыргызстан-Узбекистан

На приграничных станциях возможны различные варианты взаимного расположения парков разной колеи. В связи с этим схемы приграничных станций могут быть разнообразными. В статье предлагается схема с последовательным внешним расположением парков с разной шириной колеи (рис. 1).

Abstract. The article presents a border station for changing the gauge from 1520 mm to 1435 mm. The classification of border stations is presented, and possible options for changing the railway gauge are shown, and their calculation is given, as well as the necessary recommendations for their further application are given.

Keywords: border station, transshipment front, cargo front, transfer track, sliding wheelsets, gauge change, loading and unloading front

Date of acceptance for publication: 25.11.2021
Date of publication: 25.02.2022

Authors' information:

Svetashev A.A. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Organization of Traffic in Transport", Tashkent State Transport University, e-mail: aleksandr-svetashev@bk.ru

Svetasheva N.F. - Postgraduate student of the department "Transport and cargo systems", Tashkent State Transport University, e-mail: expose_09@mail.ru

Rashidov B.A. - Master student of the department "Organization of traffic in transport", Tashkent State Transport University

На рис. 1 показано расположение путей на приграничной станции для смены колеи где 1 – расположение вытяжных путей; 2 – зарубежная станция перевалки экспортных грузов из Узбекистана с железнодорожными путями колеи 1520 мм; 3 – склады перевалки экспортных грузов; 4 – граница; 5 – пассажирская приграничная станция; 6 – станция перевалки импортных грузов, следующих в Узбекистан; 7 – склады перевалки импортных грузов; 8 – погрузочно-разгрузочные железнодорожные пути колеи 1435 мм; 9 – станции прибытия импортных

грузов из Кыргызстана; 10 – погрузочно-разгрузочные железнодорожные пути колеи 1520 мм; 11 – зарубежная приграничная станция с железнодорожными путями колеи 1435 мм; 12 – перестановочные железнодорожные пути для перестановки вагонов на тележки другой колеи.

Далее в табл. 1 и 2 приведены примерные технологические графики обработки грузенных поездов колее 1435 мм по отправлению за рубеж и по прибытию из-за рубежа.

Таблица 1
Технологический график обработки
груженого поезда колеи 1435 мм
по отправлению за рубеж

Операции	Норма, мин	Продолжительность обработки, мин									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	
Выход к поезду работников, участвующих в его обработке	10	█									
Списывание вагона	10	█									
Технический и коммерческий осмотр состава	20		█								
Обработка документов в конторе передачи	20		█								
Обработка документов в таможене	30			█							
Сдача документов работнику зарубежной дороги	5										█
Проверка документов агентом зарубежной дороги	20										█
Досмотр состава работниками пограничного контрольного пункта и таможни	40			█							
Сдача состава работникам зарубежной дороги	85										█
Опробование автотормозов и отправление поезда	10										█
	85	█									

2. О взаимном расположении устройств на перегрузочных станциях

Приграничные станции также как и все остальные станции предназначены для всех видов пассажирских и грузовых поездов и также, как и на других станциях, здесь могут производиться все виды работ с поездами, как и на обычных станциях. На станциях, где происходит стык с разной шириной колеи устраиваются внешние перегрузочные станции.

Характерной особенностью схем перегрузочных пограничных станций является наличие парков с путями, имеющими разную

ширину колеи, перегрузочных районов или отдельных грузовых фронтов для работы с внешнеторговыми грузами, а также устройств локомотивного и вагонного хозяйства.

Таблица 2
Технологический график обработки
груженого поезда колеи 1435 мм
по прибытию из-за рубежа

Операции	Норма, мин	Продолжительность обработки, мин									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	
Проход к поезду работников, участвующих в его обработке	10	█									
Пограничный и таможенный досмотры	40		█								
Проход главного кондуктора в контору передачи и сдачи документов	10	█									
Обработка документов в конторе передачи	50		█								
Списывание и разметка состава по передаточной ведомости	15										█
Технический осмотр состава	20										█
Обработка документов в таможене	20										█
Приним поезда с натуре по передаточной ведомости	40										█
Сдача документов в техническую контору СЦ	5										█
Общая продолжительность	85	█									

На рис. 2 приведена классификация пограничных станций.

Предположительно смена ширины железнодорожной колеи будет происходить на пограничном пункте Кара-сув (Узбекистан) [6]. Для этого необходимо решить важнейшую задачу – каким способом будет происходить смена ширины железнодорожной колеи. Сегодня имеются следующие способы по смене железнодорожной колеи:

- перегрузка грузов из одного вагона с большей (меньшей) колеёй в вагон с меньшей (большей) колеёй;
- перестановка тележек вагонов;
- применение раздвижных колес [6].

2. О взаимном расположении устройств на перегрузочных станциях

Приграничные станции также как и все остальные станции предназначены для всех видов пассажирских и грузовых поездов и

также, как и на других станциях, здесь могут производиться все виды работ с поездами, как и на обычных станциях. На станциях, где происходит стык с разной шириной колеи устраиваются внешние перегрузочные станции.



Рис.2 Классификация пограничных станций

3. О существующих способах путевого развития перегрузочных фронтов

Схема путевого развития фронтов перегрузки является сочетанием путей разной колеи. Выбор соответствующих схем зависит от объемов выполнения перегрузочных операций, а также наличия свободной территории.

Сближенные пути (при незначительных грузо потоках). Позволяют производить перегрузочные операции из одного вагона в другой при помощи уложенных в дверных проемах транспортного средства специальных мостиков (см. рис. 3) [3].

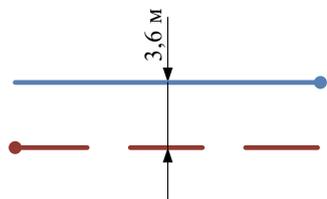


Рис. 3. Сближенные пути

Этот способ перегрузки грузов из одного вагона в другой является самым простым, при проектировании станции такие пути сближают на минимальное расстояние, чтобы можно было производить перегрузку из

одного вагона в другой. Главным недостатком такой схемы является то, что вся работа по перегрузке выполняется вручную, также необходимо устанавливать вагоны точно «дверь в дверь», необходимость обеспеченности одновременного подвода вагонов, затруднено производство коммерческого осмотра.

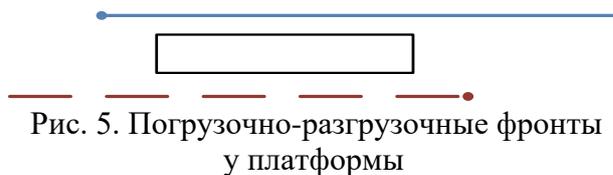
Совмещенные пути у боковых платформ (при незначительных грузо потоках). Фронт погрузки-разгрузки с совмещенными путями с пересечением и четырехниточным сплетением у складского комплекса (см. рис. 4.)



Рис. 4. Фронт погрузки-разгрузки с совмещенными путями

Суть данного метода заключается в том, что происходит подача транспортных средства с разной шириной колеи (вагоны подаются последовательно), грузы выгружаются в складской комплекс, где хранятся определенный период времени, после чего происходит загрузка в другой вагон. Преимущество данной схемы заключается в применении погрузочно-разгрузочных механизмов, что очень важно при выполнении погрузочно-разгрузочных работ. Другим преимуществом является укладка железнодорожных путей разной колеи на одно земляное полотно. Недостатком этой схемы является строительство склада, из-за этого происходит задержка по времени нахождения вагонов на пограничном пункте.

Перегрузка груза через платформу. Ширина внутренней платформы зависит от технологии погрузочно-разгрузочных операций. На платформе можно хранить часть груза, которая не может разместиться в транспортном средстве (см. рис. 5).



Ширина погрузочно-разгрузочной платформы зависит от технологии перевалочных

работ. Возможна перевалка по прямому варианту, либо с краткосрочным хранением всего или доли груза. Также, например хранение той части груза, которая не поместилась при погрузке, и она может быть отправлена в следующем вагоне. В случае определения повреждения грузов, по возможности, это тут же исправляется, грузы, задержанные таможней по различным причинам.

Преимущество данной схемы заключается в улучшении условий производительности погрузочно-разгрузочных работ, улучшается производство коммерческого осмотра грузовых мест, возможность максимального использования вагонов. К недостаткам можно отнести то, что груз будет находиться под воздействием атмосферных осадков.

Погрузочно-разгрузочный фронт с выставочными путями (при больших грузопотоках). Данная схема позволяет сокращать простои погрузочно-разгрузочных машин, но не ликвидировать простои полностью, при этом выставочные пути используются не эффективно (см. рис. 6).



Рис. 6. Однопарный погрузочно-разгрузочный фронт с выставочными путями

При наличии всего одной пары железнодорожных путей неизбежны простои погрузочно-разгрузочных машин из-за технологических перерывов на подачу и уборку. В основном, простои возникают из-за занятости маневровых локомотивов и других причин. При этом перерабатывающая способность фронта снижается.

Двухпарные погрузочно-разгрузочные фронты. Целесообразно при больших грузопотоках, которые позволяют полностью исключить простои перегрузочных машин [3]. Подача вагонов на вторую пару железнодорожных путей производится с опережением. При этом не только сокращаются простои механизмов, но и уменьшается возможность порожних рейсов маневровых локомотивов (см. рис. 7).

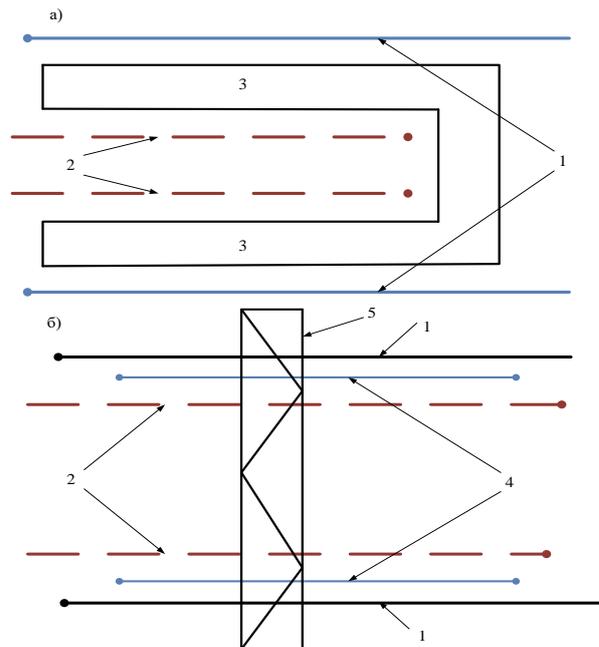


Рис. 7. Двухпарные погрузочно-разгрузочные фронты:

На рисунке 7: а) у платформы комбинированного типа; б) обслуживаемые козловыми кранами: 1 – пути колеи 1520 мм; 2 – пути колеи 1435 мм; 3 – погрузочно-разгрузочная платформа; 4 – подкрановые пути; 5 – козловой кран.

4. О технологии работы перегрузочного фронта

На крупных приграничных станциях за организацию перевалочного процесса отвечает старший приёмосдатчик. Вагоны, поданные под погрузку, должны отвечать всем необходимым требованиям для перевозки того или иного груза. Перегрузкой вагонов руководит лично приёмосдатчик, только под его руководством снимают пломбы, устанавливают мостики и выполняют другие операции, касающиеся перегрузки вагона. Технологический график перевалки грузов из вагона в вагон на пограничном пункте представлен на табл. 3.

В целом продолжительность обработки подвижного состава должна быть не более интервала накопления с импортными грузами, что обеспечит ритмичность работы перевалочной станции.

Таблица 3
Технологический график работы погрузочно-разгрузочного фронта

Операции	Продолжительность обработки, мин		Исполнители
	До подачи	После подачи	
Информация о подаче вагонов	5		Оператор СТЦ
Получение вагонных листов и инструктаж о порядке работы	15		Старший приёмсдатчик
Подача и расстановка груженых вагонов		15	Составитель
Подача и расстановка порожних вагонов		15	Составитель
Проверка наличия и коммерческий осмотр вагонов		20	Старший приёмсдатчик
Подготовительные операции		20	Приёмсдатчик, грузчики
Перегрузочные операции, проверка груза в коммерческом отношении, взвешивание		280	Приёмсдатчик, грузчики
Очистка выгруженных вагонов		20	Грузчики
Пломбирование погруженных вагонов		20	Приёмсдатчик
Составление новых вагонных листов		50	Товарный кассир
Уведомление о готовности		10	Старший приёмсдатчик
Уборка порожних вагонов		10	Составитель
Уборка груженых вагонов		15	Составитель
Итого		340	

Технология работы перегрузочного фронта, в первую очередь, должна обеспечить:

- минимальное время простоя транспортных средств, особенно зарубежных;
- оптимальное использование погрузочно-разгрузочного оборудования и механизмов;
- максимальное использование отечественных вагонов.

5. О технологии работы перестановочного пути

Самым распространённым способом при передаче вагонов на сопредельные железные дороги является смена тележек у вагонов на пограничной станции. Это весьма быстрый способ для смены колеи, суть которого заключается в том, что состав переставляется на определённый путь (стоило), после чего происходит подъем состава при помощи домкратов. После подъема состава на путях остаются вагонные тележки, которые выкатывают из-под состава, а на их место заталкивают другие тележки уже с другой шириной колеи, после чего состав опускается на

вновь закатанные тележки и тем самым происходит смена ширины колеи.

Здесь имеет характерную особенность путь, на котором происходит операция по смене ширины колеи (рис.8). Как видно из рис. 8, две колеи совмещены и при этом каждая из них остается независимой друг от друга [4].

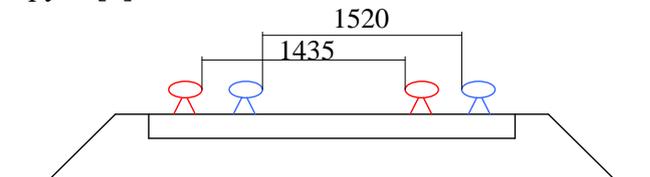


Рис.8 Совмещение колеи 1520 мм и 1435 мм.

Схема перестановки вагонов с одной ширины колеи на другие показана на рис. 9.

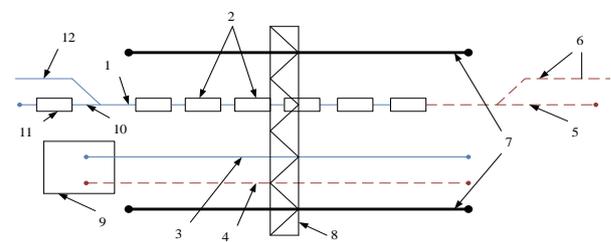


Рис. 9. Схема перестановки вагонов.

На рисунке 9: 1 – перестановочный путь; 2 – перестановочные позиции; 3 – путь для подбора и отстоя тележек колеи 1520 мм; 4 – путь для подбора и отстоя тележек колеи 1435 мм; 6 – соединительный железнодорожный путь колеи 1435 мм; 7 – подкрановый путь; 8 – козловой кран; 9 – мастерская; 10 – железнодорожный путь для выкатки тележек колеи 1520 мм; 11 – тяговая лебедка; 12 – соединительный железнодорожный путь колеи 1520 мм.

Технологический график операций по перестановке вагонов на тележки 1435 мм представлен в табл. 4.

6. О технологии работы при применении раздвижных колёсных пар

Также имеется еще одна система для перехода с одной ширины колеи на другую – это применение раздвижных колес. Данная система позволяет производить смену ширины колеи, не прибегая к остановке поезда, что ускоряет процесс по смене колеи (рис. 10).

Преимущество использования раздвижных колёсных пар заключается в отсутствии необходимости в перевалке грузов с одного вагона на другой, сокращению работ по формированию и расформированию подвижного состава, уменьшению простоя вагонов и др.

Таблица 4

График технологических операций по перестановке грузовых вагонов на тележки колеи 1435 мм.

Операции	Время, мин
Перестановка вагонов на позиции	4
Выдвижение и подъём кареток, извлечение шкворней, разъединение тормозных тяг	8
Подъём вагона	6
Подача других тележек для подкатки и их подготовка	15
Протяжка тележных групп	6
Установка тележек под вагон	5
Опускание вагона	6
Соединение тормозных тяг	5
Отвердение кареток домкратов	2
Постановка буферных приборов, замена сцепных приспособлений, регулировка рычажной передачи и т.п.	19
Приём переставленных вагонов мастером	8
Итого	69

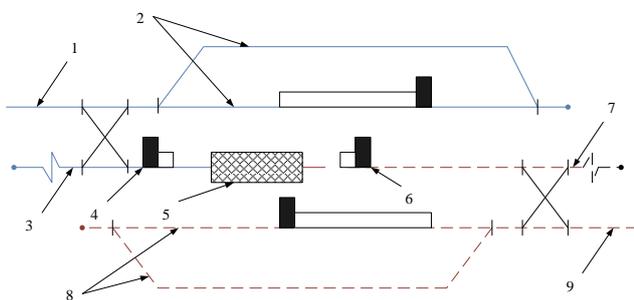


Рис. 10. Схема пункта раздвижки колёсных пар у вагонов

На рисунке 10: 1 – соединительный железнодорожный путь колеи 1520 мм; 2 – железнодорожные пути приёма колеи 1520 мм; 3 – вытяжной путь с колеёй в 1520 мм; 4 – локомотив с вагоном прикрытия колеи 1520 мм; 5 – станция для раздвижки колесных

пар у вагонов; 6 – локомотив с вагоном прикрытия колеи; 7 – вытяжной путь с колеёй в 1435 мм; 8 – железнодорожные пути приёма колеи 1435 мм; 9 – соединительный железнодорожный путь колеи 1520 мм.

Однако, также имеется и ряд недостатков от применения технологии по раздвижению колесных пар: снижение грузоподъёмности вагонов за счёт увеличения массы тележки; необходимость строительства специальных устройств и путевого развития; разработка и установка раздвижных колесных пар на все вагоны грузового парка.

Система по раздвижению колесных пар в большей степени применяется на пассажирских поездах и это очевидно. В большинстве случаев пассажирский поезд формируется и остается в такой же композиции долгое время с грузовыми вагонами ситуация более сложная, заранее не известно, что погруженный вагон будет подвержен процедуре по смене ширины колеи. Этот вопрос требует более детального решения, либо компания оснащает весь грузовой парк вагонов раздвижными колесными парами, что является невозможным на сегодняшний день, либо необходимо менять технологию по доставке груза на пограничные пункты и далее за границу.

7. Обсуждение результатов

Произведём расчет пропускной способности представленных вариантов.

Пропускная способность перестановочного железнодорожного пути $n_{ваг}$ определяется по следующей формуле:

$$n_{ваг} = \frac{T_p \cdot C}{t_p + t_y + t_3}, \text{ваг / сут}$$

где T_p – продолжительность работы пункта перестановки тележек, ч/сут;

C – число перестановочных стойл;

t_p – продолжительность смены тележек для групп вагонов, ч;

t_y – продолжительность подачи-уборки для групп вагонов, ч;

t_3 – продолжительность дополнительных операций для групп вагонов, ч;

При одном перестановочном стойле:

$$n_{\text{ваг}} = \frac{24 \cdot 60 \cdot 1}{69 + 15 + 5} = 17 \text{ ваг/сут}$$

При двух перестановочных стойлах:

$$n_{\text{ваг}} = \frac{24 \cdot 60 \cdot 2}{69 + 15 + 5} = 33 \text{ ваг/сут}$$

При трех перестановочных стойлах:

$$n_{\text{ваг}} = \frac{24 \cdot 60 \cdot 3}{69 + 15 + 5} = 49 \text{ ваг/сут}$$

Годовой вагонопоток, перерабатываемый на перестановочном железнодорожном пути:

При одном перестановочном стойле:

$$n_{\text{ваг}} = 365 \cdot 17 = 6205 \text{ ваг/год}$$

При двух перестановочных стойлах:

$$n_{\text{ваг}} = 365 \cdot 33 = 12045 \text{ ваг/год}$$

При трех перестановочных стойлах:

$$n_{\text{ваг}} = 365 \cdot 45 = 17885 \text{ ваг/год}$$

Пропускную способность при применении раздвижных колесных пар можно определить по следующей формуле:

$$N_{\text{ваг}} = \frac{60 \cdot T_p \cdot m_{\text{см}}}{t_{\text{над}} + t_n + t_{\text{дон}}}, \text{ ваг/сут}$$

где T_p – продолжительность работы станда в сутки, час;

$m_{\text{см}}$ – состав подаваемый на станд, сост. (предположим, что за сутки проходит 7 составов);

$t_{\text{над}}$ – продолжительность времени надвига, мин;

t_n – продолжительность времени перестановки, мин

$t_{\text{дон}}$ – дополнительное время выделенное на постановку переходного сцепления, мин.

$$t_{\text{над}} = \frac{L \cdot m_{\text{см}}}{V_{\text{над}}}, \text{ мин}$$

L – длина вагона, м;

$V_{\text{над}}$ – скорость надвига, принимая 5-10 км/ч

Пропускная способность по формуле 2 и 3 составляют:

$$N_{\text{ваг}} = \frac{60 \cdot 12 \cdot 7}{20,3 + 25 + 5} = 83 \text{ ваг/сут}$$

$$t_{\text{над}} = \frac{14,5 \cdot 7}{5} = 20,3 \text{ мин}$$

Годовой вагонопоток, перерабатываемый при применении раздвижных колесных пар, составит:

$$n_{\text{ваг}} = 365 \cdot 83 = 30295 \text{ ваг/год}$$

Перегрузка грузов из вагона в вагон не будет являться весьма быстрым процессом, так как занимает много времени (рис.12). Конечно, самый эффективный результат был получен от применения раздвижных колесных пар, но эта технология применяется на пассажирских поездах, подобные системы для обслуживания грузовых поездов пока не применяются.

Поэтому на сегодняшний день самым эффективным способом по смене ширины колеи являются операции по смене тележек в вагонах, так как на переход из одной колеи на другую затрачивается около 1 ч на один состав. Поэтому данное техническое решение применяется на пограничных станциях.

Заключение

Реализация в международной магистрали нового направления «Китай-Кыргызстан-Узбекистан», повысит развитие Средней Азии, где сосредоточены богатейшие производственные и человеческие ресурсы. В данной статье были выполнены следующие задачи:

1. Рассмотрены существующие способы доставки массовых грузов из Китая в Европу и даны рекомендации по их использованию.

2. Предложено развитие нового направления «Китай-Кыргызстан-Узбекистан» и даны способы его развития.

3. Проведен анализ международных перевозок.

4. Предложен ситуационный план расположения пограничной станции и различных типов складов с разной шириной колеи.

5. Произведен анализ путевого развития перегрузочных фронтов.

6. Определена пропускная способность перестановочного железнодорожного пути и даны рекомендации по дальнейшему ее применению.

Список литературы

1. Рыкова Л. А. Инфраструктура и технология работы пограничных станций: учеб.-метод. пособие / Л. А. Рыкова, С. А. Ситников. – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2014. – 99 с.

2. Демянкова Т. В. Технология работы грузовых пограничных станций: учеб. пособие в 2 ч. – М.: МГУПС (МИИТ), 1994. – 128 с.

3. Правила и технические нормы проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм. – М.: Техинформ, 2001. – 255 с

4. Материалы Республиканской научно-технической конференции "Транспорт и логистика: цифровые технологии в развитии транспортно-транзитного потенциала Республики". - Т.: 2021. – с. 1057-1061.

5. Илесалиев Д.И. Перспективы и направления транспортного развития Узбекистана в условиях формирования железных дорог Афганистана / Илесалиев Д.И., Махматкулов Ш.Г. // Инновационный транспорт. 2020. № 3 (37). С. 3-6.

6. Илесалиев Д.И. Обоснование этапности развития железнодорожного участка ахангаран-тукимачи-сырдарьинская / Д.И. Илесалиев, С.Б. Сатторов, Ш.Г. Махматкулов // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2020. № 6. С. 15-23.

7. Туранов Х.Т. О неточности формулы воздушного сопротивления при движении вагона по профилю сортировочной горки / Х.Т. Туранов, Д.И. Илесалиев, Ш.У. Саидвалиев // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2021. № 1. С. 11-16.

8. Туранов Х.Т. Критический анализ теоретических положений движения вагона с сортировочной горки / Туранов Х.Т., Д.И. Илесалиев, Ш.Б. Джаббаров, Ш.У. Саидвалиев // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2021. № 3. С. 47-53.

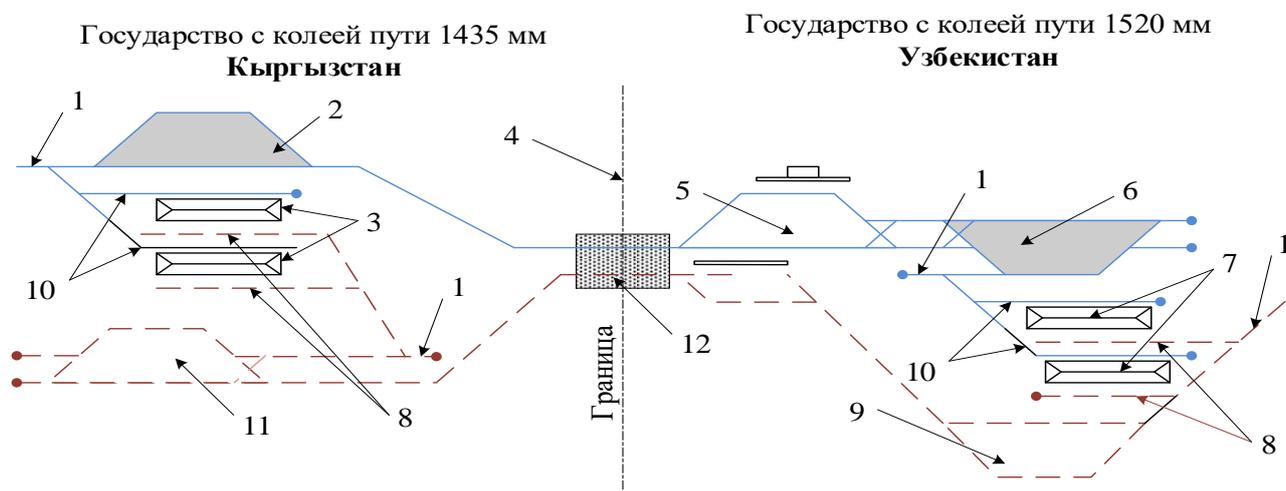


Рис.1. План расположения пограничной станции с разной шириной колеи и складских комплексов.



УДК (UDC) 629.4

ANALYSIS OF FAULTS IN THE BODIES OF RAILWAY SCALES INSPECTION WAGONS TYPE VPV-640

АНАЛИЗ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В КОРПУСАХ КОНТРОЛЬНЫХ ВЕСОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВАГОНОВ ТИПА ВПВ-640

Ruzmetov Ya.O., Adilov N.B., Ermatov N.Kh.
Рузметов Я.О., Адылов Н.Б., Эрматов Н.Х.

Ташкентский государственный транспортный университет (Ташкент, Узбекистан)
Tashkent state transport university (Tashkent, Uzbekistan)

Аннотация. В данной статье были изучены анализа технического состояния металлоконструкции весо-поверочных вагонов, посредством визуального осмотра необходимо выявить неисправности, влияющие на их срок службы. При обследовании технического состояния пяти произвольно выбранных вагонов был проведен визуальный осмотр, который позволил выявить ряд основных неисправностей, критерии отказов и предельные состояния элементов весоповерочного вагона, влияющие на его срок службы.

Ключевые слова грузовой вагон, шестиосный полувагон, железная дорога, весовой вагон, автосцепка, скорость.

Дата принятия к публикации: 20.01.2000
Дата публикации: 10.03.2000

Сведения об авторах:

Рузметов Я.О. – кандидат технических наук, доцент, декан факультета "Электротехники и вычислительной техники" Ташкентского государственного транспортного университета, e-mail: yadgor.ruzmetov@yandex.ru

Адылов Н.Б. – Ташкентский государственный транспортный университет, e-mail: adilovnodir1991@gmail.com

Эрматов Н.Х. – Ташкентский государственный транспортный университет, e-mail: crunkman_91@mail.ru

Abstract. In this article, the analysis of the technical condition of the metal structure of weight-testing cars was studied, through visual inspection, it is necessary to identify faults that affect their service life. When examining the technical condition of five randomly selected cars, a visual inspection was carried out, which made it possible to identify a number of major malfunctions, failure criteria and limit states of the elements of the weighing car that affect its service life.

Keywords: freight car, six-axle gondola car, railway, weight car, automatic coupler, speed.

Date of acceptance for publication: 20.01.2000
Date of publication: 10.03.2000

Authors' information:

Ruzmetov Ya.O. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Electrical Engineering and Computer Engineering, Tashkent State Transport University, e-mail: tashiit@tashiit.uz

Adilov N.B., Tashkent State Transport University, e-mail: adilovnodir1991@gmail.com

Ermatov N.Kh. - Tashkent State Transport University, e-mail: crunkman_91@mail.ru

Introduction

One of the main conditions for the phased development of the railway transport of the independent Republic of Uzbekistan is the renewal and replenishment of the fleet of freight and passenger wagons with modern domestically produced wagons that meet international standards, as well as extending the service life of ex-

isting wagons for their optimal use in operation [1-3].

At present, it is very important for railway scales at stations to accurately measure the weight of the rolling stock.

In particular, the fact that railway scales do not accurately measure the weight of the rolling stock negatively affects the following important points.

1. Cargo documents
2. Economic organizing factors
3. To control the load falling on the rails
4. Wear rails

It is known that there is a wagon for checking railway scales, which periodically checks the scales at the stations.

The weighing wagon type 640-VPV (Fig-1) is designed on the basis of a six-axle gondola wagon with a carrying capacity of 93-95 tons, equipped with standard shock-traction devices and a brake system, which allows it to be included in the train at set speeds up to 120 km/h .

Weighing wagon - performs mechanized verification of various types of wagon scales, thereby ensuring the accuracy and reliability of the readings of weight measuring instruments. The verification process is mechanized as much as possible. The wagon to the scales to be verified is moved by means of locomotives.

The 640-VPV weighing wagon is a self-propelled unit equipped with exemplary equipment and mechanisms for checking wagon scales with maximum loads of 150 tons and 200 tons.

1. Wagon body structure

The all-metal body of the weighing wagon is a welded structure of a frame, two side and two end walls and a roof. The wagon contains a hoist boom, an electric power cabinet, a diesel power plant, control equipment, a workbench for metalwork, a cabinet for clothes and tools. Two self-propelled weighing wagons and exemplary weights in the amount of 36 (38) pieces, accuracy class M1, weighing 2000 kg are laid on the floor of the weighing wagon.

On one of the end walls of the wagon there is a window and a hatch, covered with shutters, for servicing the diesel engine. The other end opening is closed across the entire width with double doors designed for unloading and loading weights and carts.

Inside the wagon body, on a beam welded to the roof, there is an electric hoist boom with a gripper for two self-propelled weighing wagons and weights.

A DES-M-30 diesel power plant and control equipment are installed in the head left part of the wagon inside.

In the middle part of the wagon, one weighing trolley is installed, on which two more exemplary weights weighing 2000 kg are laid [4-5].

On the right side of the body, near the end doors, there is a second weighing trolley. Outside the wagon, under the center beam, two movement mechanisms are installed - right and left.

Since the body of the weighing wagon has no windows, artificial lighting is provided from 10 lamps installed on the side walls of the body.

Battery lighting is provided as auxiliary temporary lighting. Plafonds of battery lighting (3 pcs.) are located above the diesel engine on the end and side walls of the wagon.

At the ends of the wagon, two headlights are installed on the outside to illuminate the path of the wagon. There is a portable searchlight to illuminate the working area. To illuminate the workplace during repair work, portable lighting (12 volts) is provided.

To ensure forced ventilation of the weighing wagon during operation of the diesel power plant, a fan is installed on the end wall. The stock of fuel and oil is stored in six cans with a capacity of 20 liters each. Cans are located in the openings of the side walls of the body. Fire fighting equipment consists of four hand-held carbon dioxide fire extinguishers mounted on the side walls inside the body.

All removable and mobile equipment (exemplary weights, weighing trollleys, hoist boom, etc.) is fixed with special devices when moving the wagon as part of the train.

The frame of the weight-checking wagon is made of low-alloy steel grade 09G2 and consists of beams: backbone 2 (Figure 1), two buffer 1, two pivot 4 and five transverse 3. In addition, brackets 5 and 6 are welded to the frame for mounting brake cylinders and spare tanks.

The center beam is made of two Z-profile beams with a cross section of 310×9×183×10.5×130×16 mm, to which an I-beam with a cross section of 190×75×7 mm is welded along the entire length. The distance between the vertical walls of the center beam is

assumed to be 350 mm. Rosettes are attached at the ends of the spinal beam, combined into one casting with front thrust squares, and at a distance of 625 mm from them, rear thrust squares of the automatic coupler, also combined into a common casting, are attached [6-7].

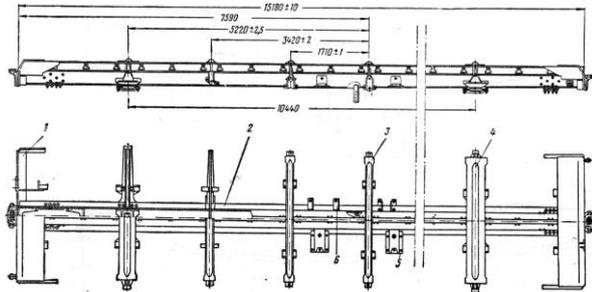


Fig. 1. Frame of the weighing wagon

Between the front and rear thrust squares, replaceable pads are riveted to the walls of the center beam, protecting the beams from rubbing them with draft gears of the automatic coupler.

At the intersection of the center beam with the pivot beams of the frame, steel thrust bearing castings are riveted.

The pivot beam has a top sheet 8 mm thick, equipped with a corrugation located along the beam. Such corrugations, available on all transverse beams, allow loads to be supported on the frame beams. Vertical sheets 1 pivot beam have a thickness of 6 mm. On the bottom sheet 2, having a thickness of 10 mm, the pads 5 are reinforced with bolts with a diameter of 22 mm. These bolts pass through the over-plate casting and the lower shelves of the zeta of the main beam. The pivot beams have support platforms at the bottom for jacks used when lifting the body. The intermediate transverse beam has an upper belt 7 180 mm wide and 8 mm thick, equipped with a corrugation, and vertical sheets 6 mm thick. The lower belt consists of two corners 8 with a section of 50×50×5 mm, connected in the middle part by a strip 9. To connect the vertical sheets with the I-beam of the main beam, inserts 10 are welded, having a hole to facilitate them.

2. Technical characteristics of the weighing wagon

Table 1

Technical characteristics of the weighing wagon

№	Technical characteristics	Value
1	Total weight of model weights and weighing trolleys, t	80
2	Number of exemplary weights of the 4th grade, pcs.	38
3	Mass of an exemplary weight of the 4th category, kg	2000±0,2
4	Number of weight verification trolleys, pcs.	2
5	Weight of the weighing trolley, kg	2000±0,2
6	Maximum load on the weighing trolley, t	40
7	The base of the weighing trolley, mm	980
8	The speed of movement of the weighing wagon from its own drive, m/min	23
9	Boom extension speed of telpher, m / min	30
10	Speed of movement of the weighing trolley, m / min	24
11	The most possible removal of the weighing trolley from the wagon, m	30
12	Weight of a wagon with exemplary equipment, t	127
13	Wagon width, mm	3220
14	Carriage base, mm	10440
15	Wagon length along the coupling axes of the automatic coupler, mm	16400
16	Distance between the axes of the extreme slopes of the weighing wagon, mm	13940
17	Drives for movement of the weighing wagon, weighing trolley and telpher. Electric power devices DES-M-30:	Electric
18	- power, kWt	27
	- voltage, V	400



Fig. 1. General view of the weight-checking wagon model VPV-640

It inspects the railway scales at railway stations four times a year in accordance with the instructions. A special certificate for railway scales shall be issued after inspection by a wagon intended for inspection of railway scales.

There are 11 wagons which is used for checking railway scales in operation in our country.



Fig. 2. General view of the body part of the weight-checking wagon model VPV-640

Visual analyzes were carried out to assess the technical condition of 5 out of 11 wagons of type 640 VPV, designed to check railway scales in operation in the railway system.

3. Results and discussion

An analysis of the literature shows that the following faults were observed in the elements of the scales (1-table).

Table 2
Analysis of faults in the bodies of railway scales inspection wagons type VPV-640

№	Elements of the weighing wagon type 640-VPV	Faults
1	Spinal gully	1. Cracks in the upper part
2	Pivot beam	2. Cracks on the inside
3	End beam	3. Decay
4	Longitudinal beam	4. Bending
5	Exterior and interior of the body	5. Stretching
6	In the body coating	6. Corrosion

When examining the technical condition of five randomly selected wagons, a visual inspection was carried out, which made it possible to identify a number of major faults, failure criteria and limit states of the weighing wagon elements that affect its service life.

When inspecting the bodies from the outside (Figure 2), it was found that the side wall sheathing sheets had traces of corrosion under the paint. It is necessary to clean the body of old paint and boil rusty places. The pillars and end walls of the bodies are mostly free of defects.

The welds of the connection of the uprights with the cross beam and the connection of the side wall sheathing with the uprights must be checked and welded.

During the inspection inside the weighing wagons, it was revealed that the wooden floor requires 100% replacement, the monorail (I-beam) needs to be repaired. It is necessary to restore the supporting part of the monorail by applying corner N 50. Due to wear, it is necessary to replace the rollers of the bogie hoist inside the wagon.

For safety reasons, it is necessary to check the resistance and dryness of the insulation. Flexible wiring protection requires replacement as standard.

The bottom sheet of the pivot beam of the weighing wagon model 640-VPV-267 has a welding crack (Figure-4).

The metal plates of the weighing wagon model 640-VPV-285 in the area of the connection of the transverse beams with the center beam are destroyed under the action of corrosion (Figure-5). At the time of inspection, the thickness of the metal lining is 30% of the nominal. It is necessary to install wear-resistant pads on the sides of the bogies of weighing wagons.



Fig. 3. Crack in the inner wall of the body of the weighing wagon model VPV-640 due to external impact



Fig. 4. Crack in the roof part of the body of the weighing wagon model VPV-640 due to the weight load of exemplary weights



Fig. 5. Aging of the wooden floor of the weighing wagon model VPV-640

External and internal factors affect the failure of the railway scales inspection wagons. External factors [8-10]:

1. Air temperature
2. Humidity
3. Wind.

Due to the fact that the railway scales inspection wagons are used in different conditions of the test wagons, corrosion (corrosion) occurs due to air temperature, humidity, wind in the load-bearing elements of the wagon. Internal factors: 1. Deformation under load 2. Loss of properties of metals.

Deformation due to loading causes the metals to lose their properties.

Conclusion

The above literature and visual analysis show that the outer and inner parts of the body of the scales of steel scales, the body lining was damaged under the influence of external and internal factors on the pivot, end, longitudinal beams. This will reduce the service life of the wagons. It is necessary to inspect these wagons on the basis of normative documents, as such defects have been observed. In this case, it is necessary to measure the geometric dimensions of the load-bearing parts and check the wagon norm using special software.

References

1. Указ Президента Республики Узбекистан, ОТ 01.02.2019 Г. № УП-5647 О мерах по коренному совершенствованию системы государственного управления в сфере транспорта.
2. Постановления Президента Республики Узбекистан от 1 февраля 2019 года № ПП-4143 «Об организации деятельности Министерства транспорта Республики Узбекистан» Кабинет Министров.
3. Бизнес - План АО «УЗБЕКИСТОН ТЕМИР ЙУЛЛАРИ» на 2021 год.
4. Иконников Е.А. Средства измерения массы и весоповерочные средства, применяемые на железнодорожном транспорте. – М.: Маршрут, 2003. – 40 с.
5. Руководство по уходу и эксплуатации. Весоповерочный вагон марки 640 ВПВ. – 38 с.



6. Быков Б.В. Конструкция и техническое обслуживание грузовых вагонов. – М.: Желдориздат «Трансинфо», 2006. – 125 с.

7. ГОСТ 7328-2001. Гири. Общие технические условия. – Минск.: ИПК Издательство стандартов, 2012. – 11 с.

8. ГОСТ 30414-96. Весы для взвешивания транспортных средств в движении. Общие технические требования. – Минск.: ИПК Издательство стандартов, 1997. – 8 с.

9. Патент № ВУ 16830, кл. В61D15/00, В61D17/00. Способ перепрофилирования по-

лувагона в весоверочный вагон / Сенько В.И., Чернин И.Л., Пигунов А.В., Чернин Р.И. Сенько Н.Г., № а 20100402; заявл. 16.03.2010; опубл. 30.10.2011. – 4 с.

10. Морозов Э.Н., Иконников Е.А., Кирницкий С.В. Усовершенствованный весоверочный вагон модели А-300 с автоматическим грузозахватным механизмом / Вестник ВНИИЖТа. – М.: 2007. – С. 39 – 42.



УДК 656.21.001.2

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КАЧЕНИЯ КОЛЕС ВАГОНА ПО ПРОФИЛЮ СОРТИРОВОЧНОЙ ГОРКИ (часть 1)

MATHEMATICAL MODEL OF WAGON WHEELS ROLLING ALONG THE HUMPS PROFILE (part1)

Арипов Н.М., Джаббаров Ш.Б., Абдуллаев Б.А.
Aripov N.M., Jabbarov Sh.B., Abdullaev B.A.

Ташкентский государственный транспортный университет (Ташкент, Узбекистан)
Tashkent state transport university (Tashkent, Uzbekistan)

Аннотация. В статье выяснены причины появления момента трения качения из-за воздействия рельса на колесо (или реакции неидеальной связи на колесо) и выявлено условие отсутствия качения колеса по рельсу. В ней конечными аналитическими формулами и примерами расчётов доказано, что в зонах торможения на участках тормозных позиций сортировочной горки происходят скольжения колес колесных пар вагона. По этой причине ошибочным является определение скорости скольжения вагона на участках тормозных позиций по формуле свободного падения тел с учетом инерции вращающихся частей.

Ключевые слова Железная дорога, станция, сортировочная горка, вагон, реакции неидеальной связи, качение колес, скольжения колеса по рельсу

Abstract. The article clarified the cause of the moment of rolling friction due to the impact of the rail on the wheel (or reaction in-ideal constant on the wheel) and identified a condition of the lack of wheel rolling along the rail. In her final analytical formulas and examples of calculations proved that in the areas of deceleration at the stations the brake position hump happen to slip of the wheels of the wheel pairs of the car. For this reason is erroneous determination of sliding speed of the car at the stations the brake position according to the formula of free fall of bodies, taking into account the inertia of the rotating parts.

Keywords: Railway, station, marshalling hump, car, reaction in-ideal constant, rolling wheels, slide the wheel along the rail

Дата принятия к публикации: 10.01.2022
Дата публикации: 13.03.2022

Date of acceptance for publication: 10.01.2022
Date of publication: 13.03.2022

Сведения об авторах:

Арипов Н. М. – доктор технических наук, профессор, кафедры «Автоматика и телемеханика», Ташкентского государственного транспортного университета, e-mail: aripov_nm@mail.ru

Джаббаров Ш.Б. – PhD., доцент кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» Ташкентского государственного транспортного университета, e-mail: shuhratassistant@gmail.com

Абдуллаев Б.А. – к.т.н. доцент кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» Ташкентского государственного транспортного университета

Authors' information:

Aripov N.M. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Automation and Telemechanics, Tashkent State Transport University, e-mail: aripov_nm@mail.ru

Jabbarov Sh.B., - PhD., Acting Associate Professor of the Department "Wagons and Carriage Facilities", Tashkent State Transport University, e-mail: shuhratassistant@gmail.com

Abdullaev B.A. - Ph.D. Acting Associate Professor of the Department "Wagons and Carriage Facilities", Tashkent State Transport University

1. Актуальность проблемы

В данной статье, как и в [1-8], будут аналитически оценены теоретические положения существующих методик сортировочных горок [9-17] относительно возможности качения колес колесных пар вагона в зонах торможения на участках тормозных позиций.

Математическими выражениями и примерами расчётов будет доказано, что момент трения качения возникает из-за воздействия рельса на колесо и/или реакции неидеальной связи на колесо. Цель настоящей статьи. На принципе классических положений теоретической механики о теории трения скольжения и качения [18 – 26] попытаться подробно

пояснить причину качения колёс со скольжением, если такое движение возможно, и чистого скольжения колеса по рельсовым нитям в зонах затормаживания вагона на участках тормозных позиций. Формулировка задачи

2. Результаты исследований

Рассуждения об аналитической статике качения колёс без скольжения, со скольжением при отсутствии силы трения и возможности качения колёс с одновременным скольжением на скоростных участках профиля пути

Приводим математическое доказательство невозможности качения колёс со скольжением при отсутствии силы трения (при идеальной связи) и возможности качения колёс со скольжением на скоростных участках профиля пути, как неидеальных связях, и скольжения колёсных пар на участках тормозных позиций.

Затем сравнивая формулу (24) с формулой (15), заметим о наличие в них одинакового по виду и по физическому смыслу множителя в скобках. Иначе, получили формулу для определения скорости движения при качении колёсных пар вагона без скольжения по неидеальной (с трением) наклонной плоскости.

Принятые допущения. Допустим, что вагон силы тяжести G по рельсовой нити (как наклонной плоскости с неидеальной поверхностью) совершает плоскопараллельное движение. Принимаем, что при поступательном движении вагона его колёсные пары скатывается (и/или катятся) без скольжения под действием проекции силы тяжести G на ось $C_{вх}$ (т.е. $G_x = G \cos \psi$) по рельсовым нитям так, что скорость его центра v_C не равна нулю, т.е. $v_C \neq 0$ (рис. 1).

На рис. 1 показано: G – сила тяжести вагона с грузом; $Ox'y'z'$ – неподвижные системы координат, начало координат которого расположено на условной вершине горки (УВГ); A и B – неподвижные точки, между которыми возможно движение вагона; $C_{вхуз}$ – подвижные системы координат, расположенные в центре масс вагона $C_{в}$; P – точка касания и/или соприкосновения колёсной

пары с рельсом; C – центр масс колёсных пар; $C_{кб}$ – центр колёсной базы вагона; v – переносная поступательная скорость вагона; v_C – скорость центра инерции C колёсных пар, причём $v_C = v$; τ – общая касательная к траектории колеса, как окружности, и рельса; ψ – угол наклона профиля пути.

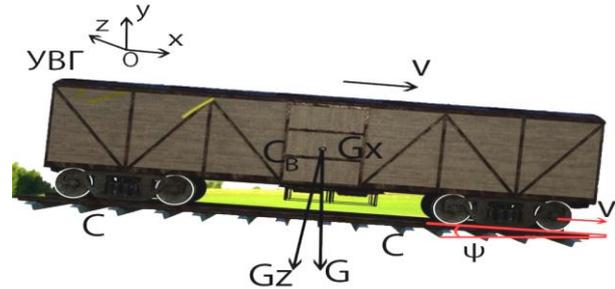


Рис. 1. Рисунок к движению вагона по рельсовым нитям

Принимаем, что центр инерции двух колёсных пар C размещены в центре колёсной базы вагона $C_{кб}$. Допускаем, что начало подвижных осей координат $C_{вхз}$ расположены в центре инерции, совпадающем с центром масс вагона $C_{в}$. Пренебрегаем влиянием и боковым отнесом колёсных пар вагона, соответственно, вокруг оси Cz и в плоскости $C_{вху}$. Рассмотрим движение колёсных пар с радиусом r в плоскости $C_{вхз}$, а также влиянием на движение вагона сопротивлений всякого рода [5, 6, 25] (основного ω_0 , воздушной среды и ветра $\omega_{св} = w_{св}$, от стрелок $\omega_{стр}$, от кривых $\omega_{кр}$, от снега и инея $\omega_{сн}$) F_c . Считаем, что вагон движется по уклону горки под воздействием проекции силы тяжести G_x на ось $C_{вх}$, хотя, при необходимости, не исключается учёт проекции силы попутного и/или встречного ветра малой величины $F_{в.х}$ на ось $C_{вх}$ [5, 6, 25].

3. Формулировка задачи

Требуется найти ускорение центра инерции C колёсных пар a_C (а, следовательно, вагона a при его поступательном движении, причём $a = a_C$) и записать условие, при котором возможно качение колёсных пар вагона без скольжения с учётом трения качения $F_{тр.к}$ колёсных пар относительно рельсовых нитей, а также определить условия, при кото-

рых колёсные пары начинают одновременно катиться и скользить по профилю пути, как неидеальной связи.

Построение математической модели плоскопараллельного движения колёсных пар вагона, как твёрдых тел (решение задачи). В данной статье покажем решение инженерной задачи составлением дифференциальных уравнений плоскопараллельного движения колёсных пар вагона, как твёрдых тел, и приведением сил инерции к главному вектору и главному моменту.

4. Решение задачи

Применяя принцип освобождения от связей геометрической статики, построим расчётную схему движения вагона по неидеальной наклонной плоскости, а затем, отбрасывая неидеальные связи (рельсовые нити), заменяем их влияние нормальными N_1, N_2 и касательными $F_{\tau 1}$ и $F_{\tau 2}$ составляющими реакции связей (рельсовых нитей) R_1 и R_2 (рис. 2).

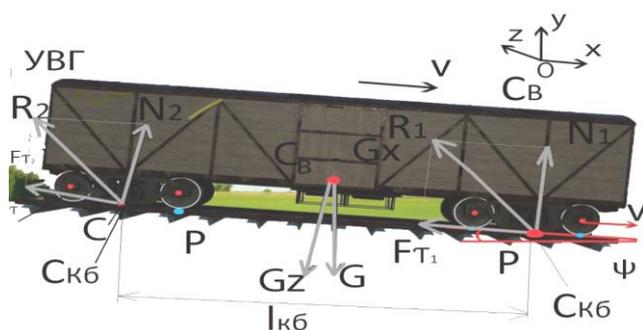


Рис. 2. Расчётная схема движения вагона по профилю пути

На рис. 2 приняты такие же обозначения, как и на рис. 1, за исключением: N_1, N_2 и $F_{\tau 1}, F_{\tau 2}$ – нормальные и касательные составляющие реакции связей R_1 и R_2 , причем $(N_2, F_{\tau 2}) \in R_2$ и $(N_1, F_{\tau 1}) \in R_1$, условно приложенные к точкам $C_{кб}$, совпадающими с центрами колёсной базы (КБ) вагона $l_{кб}$.

Основные допущения. Предположим, что нормальные N и касательные F_{τ} составляющие реакции связей R условно приложены в центре колёсной базы вагона $C_{кб}$ (см. рис. 2). При этом, нормальные составляющие реакции связей N_1 и N_2 равны, соответственно,

$$N_1 = N_2 = G_z/2 = G \cos \psi/2,$$

а касательные составляющие $F_{\tau 1}$ и $F_{\tau 2}$, согласно закону Кулона:

$$F_{\tau 1} = F_{\tau 1} \leq f N_1 \text{ и } F_{\tau 2} = F_{\tau 2} \leq f N_2$$

с учётом того, что

$f = 0,125$ – коэффициент трения скольжения в движении между кругами катания колёсных пар и поверхностями рельсовых нитей: $f = 0,25, f = 0,15 \dots 0,25$.

Иначе, нормальная составляющая реакции связей $N = 2N_1 = G \cos \psi$, а касательные составляющие – $F_{\tau} = 2F_{\tau 1} = 2fN = fG \cos \psi$.

Причём, сила трения $F_{\tau} = F_{\tau}$ для вагонных колёс направлена противоположно скорости v_C центра инерции колёс C (причём $v_C \neq 0$) и сила трения F_{τ} приложена к колёсам в точках P (см. рис. 1). Следует заметить, что при решении задачи на установление качения колеса без скольжения нельзя определить силу трения по формуле $F_{\tau} = fG \cos \psi$, поскольку это имеет место в случае скольжения точки касания колеса P по рельсовым нитям. При качении колеса без скольжения сила трения F_{τ} может быть намного меньше $fG \cos \psi$, т.е. $F_{\tau} \leq fG \cos \psi$.

Допускаем, что колёсные пары вагона при их качении без скольжения совершают плоскопараллельное движение по неидеальной наклонной плоскости (см. рис. 2).

Учитывая, что угловая скорость $\omega = \omega_{от}$ движущейся колёсной пары характеризует её относительное движение, то можно считать, что вокруг оси Cy_1 (и/или вокруг точки C) происходит вращение колёсной пары вагона с углом поворота φ .

Общеизвестно, что угловая скорость ω колёсной пары во вращательном движении:

$$\omega = \dot{\varphi}(t)$$

Будем иметь в виду, что при движении колёсной пары, с которой жёстко связана система подвижных осей $Cx_1y_1z_1$, расстояние между осями колёсной пары и рельсовыми нитями, с которыми, в свою очередь, жёстко связана система неподвижных осей $Ox'y'z'$, остаётся постоянным (т.е. $r = \text{const}$).

Методы решения. Движение колёсной пары вагона, согласно кинематики твёрдого тела, можно разложить на два движения (см. стр. 301 и 302 в [36 Воронков]), как принцип независимости поступательного движения тела и его вращения в случае плоскопараллельного движения:

во-первых, на переносное поступательное движение вместе с поступательно движущимися осями координат Cx_1 , начало которых расположено в центре инерции C колёсной пары;

во-вторых, на относительное вращательное движение вокруг оси Cy_1 , проходящей через центр инерции C .

В связи с этим, запишем дифференциальные уравнения плоскопараллельного движения колёсных пар вагона, как твёрдых тел, в форме [26]:

$$\left. \begin{aligned} M\ddot{x}_C &= \sum_{k=1}^n F_{kx}^e; \\ M\ddot{z}_C &= \sum_{k=1}^n F_{kz}^e; \\ J_C\ddot{\varphi} &= \sum_{k=1}^n m_C(F_k^e), \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где M – масса колёсных пар вагона;

$\sum_{k=1}^n F_{kx}^e$ – сумма проекции внешних сил

F_k^e на подвижную ось Cx_1 , в которой k изменяется от 1 до n ;

$\sum_{k=1}^n F_{kz}^e$ – сумма проекции внешних сил F_k^e

на подвижную ось Cz_1 ;

J_C – момент инерции колёсной пары относительно центра инерции C ;

$\sum_{k=1}^n m_C(F_k^e)$ – сумма моментов внешних

сил F_k^e относительно оси Cy_1 , проходящей через центр инерции C колёсной пары, в которой k изменяется от 1 до n .

Обобщая результаты вычислений можно утверждать, что при движении вагона по спускной части горки соблюдается условия чистого качения колес колёсных пар вагона по поверхностям катания рельсовых нитей, что соответствует действительности и не противоречит теории качения колес инженерной механики (см. последнюю колонку на стр. 36 в [4]).

Таким образом, результаты выполненных исследований на основе положений геометрической (см. [1, 2 ТрНТУ №11 2018 и №1 2019]) и аналитической статики, подкрепленные расчётными данными, основательно позволили доказать, что на скоростных участках спускной части сортировочной горки движение колёсных пар вагона происходит с качением колес по поверхностям катания рельсовых нитей.

Выводы

1. Принимая во внимание, что существующие методики горочных расчётов [4 – 9, 15, 16, 20, 24] разработаны на основании «глубокого» теоретического осмысления результатов широких натуральных экспериментальных исследований по определению удельного сопротивления движению, как неидеальных связей, и носят эмпирический характер.

2. Обстоятельный критический анализ содержания существующих методов расчёта сортировочных горок [2, 4 – 9, 15, 16, 20, 22] позволил выявить следующие неоспоримые допущения и некорректности, на наш взгляд, недопустимо. Так, например, теоретические положения существующей методики горочных конструктивных и технологических расчётов опираются на известные в теоретической и инженерной механике [20-22] понятия о связях (идеальной и неидеальной). Однако, эти несовместимые по физическому смыслу понятия широко использованы, например, в одной и той же формуле для определения расчётной высоты горок и скорости скатывания вагона, как на скоростных участках, так и на тормозных позициях сортировочной горки, что принципиально ошибочно и недопустимо.

Иначе, недопустимо применение при решении инженерных задач транспортной науки (где связи неидеальные) формул, введенных для идеальной связи (см. формулы (6) и (7) в пп. I).

Список литературы

1. Туранов Х.Т. Некоторые проблемы теоретических предпосылок динамики скатывания вагона по уклону сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко // Бюллетень транспортной информации, 2015, № 3 (237). – С. 29 - 36. ISSN 2072-8115.
2. Рудановский В.М. О попытке критики теоретических положений динамики скатывания вагона по уклону сортировочной горки / В.М. Рудановский, И.П. Старшов, В.А. Кобзев // Бюллетень транспортной информации. 2016. № 6 (252). – С. 19-28. ISSN 2072-8115.
3. Туранов Х.Т. О попытке доказательства нового подхода к исследованию движения вагона по спускной части сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко // Бюллетень транспортной информации, 2016, № 10 (256). – С. 19 - 24. ISSN 2072-8115.
4. Позойский Ю.О. К вопросу движения вагона по уклону железнодорожного пути / Ю.О. Позойский, В.А. Кобзев, И.П. Старшов, В.М. Рудановский // Бюллетень транспортной информации. 2018. № 2 (272). – С. 35-38. ISSN 2072-8115.
5. Туранов Х.Т. Выбор рационального режима роспуска «очень плохого бегуна» с сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, О.В. Молчанова // Транспорт: наука, техника, управление. 2018, № 7. С. 9 - 13. ISSN 0236-1914.
6. Образцов В.Н. Станции и узлы. ч. II / В.Н. Образцов. – М.: Трансжелдориздат, 1938. 492 с.
7. Федотов Н.И. Проектирование механизированных и автоматизированных сортировочных горок: пособие / Н.И. Федотов, А.М. Карпов. – Новосибирск: НИИЖТ, 1960. 123 с.
8. Савченко И.Е. Железнодорожные станции и узлы: учеб. для вузов ж. – д. трансп. / И.Е. Савченко, С.В. Земблинов, И.И. Страковский. – М.: Транспорт, 1967. 466 с.
9. Савченко И.Е. Железнодорожные станции и узлы: учеб. для вузов ж. – д. трансп. / И.Е. Савченко, С.В. Земблинов, И.И. Страковский; Под ред. В.М. Акулиничева, Н.Н. Шабалина – М.: Транспорт, 1980. 479 с.
10. Акулиничев В.М. Расчёт и проектирование сортировочных горок большой и средней мощности: учебн. пособ. для вузов ж. – д. трансп. / В.М. Акулиничев, Л.П. Колодий. – М.: МИИТ, 1981. 61с.
11. Железнодорожные станции и узлы: учеб. для вузов ж. – д. трансп. / В.М. Акулиничев, Н.В. Правдин, В.Я. Болотный, И.Е. Савченко. Под ред. В.М. Акулиничева. – М.: Транспорт, 1992. 480 с. (С.207 – 253).
13. Воронков И.М. Основы курса теоретической механики / И.М. Воронков. – М.:ГИТТЛ, 1957. 596 с.
14. Туранов Х.Т. Теоретическая механика в специальных задачах грузовых перевозок: учебное пособие / Х.Т. Туранов. – Новосибирск: Наука; Екатеринбург, Изд-во УрГУПС, 2012. 447 с.
15. Туранов Х.Т. О скольжении колёсных пар вагона на тормозных позициях сортировочных горок / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, Ш.Б. Джабборов, Ш.У. Саидивалиев // Транспорт: наука, техника, управление. 2019, № 5. С. 26 - 31. ISSN 0236-1914.
16. K. Turanov, A. Gordienko, S. Saidivaliev, S. Djabborov. Designing the height of the first profile of the marshalling hump. E3S Web of Conferences, Vol. 164, 03038 (2020). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016403038>
17. K. Turanov, A. Gordienko, S. Saidivaliev, S. Djabborov. Movement of the wagon on the marshalling hump under the impact of air environment and tailwind. E3S Web of Conferences, Vol. 164, 03041 (2020).
18. Turanov K., Gordienko A., Saidivaliev S., Djabborov S., Djalilov K. (2021) Kinematic Characteristics of the Car Movement from the Top to the Calculation Point of the Marshalling Hump. In: Murgul V., Pukhkal V. (eds) International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies EMMFT 2019. EMMFT 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1258. Springer, Cham.



19. K.T. Turanov, S.U. Saidivaliev, D.I. Plesaliev. Determining the kinematic parameters of railcar motion in hump yard retarder positions / K.T. Turanov, S.U. Saidivaliev, D.I. Plesaliev // Structural integrity and life vol. 20, no 2 (2020), pp. 143–147.
20. Turanov X.T. О неточности формулы воздушного сопротивления при движении вагона по профилю сортировочной горки / X.T. Turanov, A.A. Gordienko, Sh.U. Saidivaliev, Sh.B. Djabbbarov // Transport: nauka, tehnika, upravlenie. 2020, № 9. S. 34 - 39. ISSN 0236-1914.
21. . Об отсутствии теоретической базы формулы для определения высоты первого профилного участка сортировочного горба / Ш.У. Саидивалиев, Ш.Б. Джаббаров, Н.Б. Адиллов, Н.К. Хожиев, Р.Ш. Бозоров // Инновации. Наука. Образование. 2021, №34. С. 1467-1481.
22. Khabibulla Turanov, and Andrey Gordienko. Movement of a railway car rolling down a classification hump with a tailwind // MATEC Web of Conferences 216, 02027 (2018) Politransport Systems – 2018. 1-7 p.
23. Туранов Х.Т. Критический анализ теоретических положений движения вагона с сортировочной горки (Часть IV) / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, Ш.Б. Джаббаров // Транспорт: наука, техника, управление. 2019, № 1. С. 16 - 20. ISSN 0236-1914.
24. Туранов Х.Т. Критический анализ теоретических положений движения вагона с сортировочной горки (Часть V) / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, Ш.Б. Джаббаров // Бюллетень транспортной информации. 2019. №3 (285). С. 22-27. ISSN 2072-8115.
25. S. Djabbbarov, K. Turanov, A. Gordienko S. Saidivaliev,. Designing the height of the first profile of the marshalling hump // E3S Web of Conferences, Vol. 164, 03038 (2020)
26. S. Djabbbarov, K. Turanov, A. Gordienko, S. Saidivaliev. Movement of the wagon on the marshalling hump under the impact of air environment and tailwind // E3S Web of Conferences, Vol. 164, 03041 (2020), (SCOPUS).
27. Илесалиев Д.И. Обоснование этапности развития железнодорожного участка ахангаран-тукимачи-сырдарьинская / Д.И. Илесалиев, С.Б. Сатторов, Ш.Г. Махматкулов // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2020. № 6. С. 15-23.
28. Туранов Х.Т. О неточности формулы воздушного сопротивления при движении вагона по профилю сортировочной горки / Х.Т. Туранов, Д.И. Илесалиев, Ш.У. Саидивалиев // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2021. № 1. С. 11-16.
29. Туранов Х.Т. Критический анализ теоретических положений движения вагона с сортировочной горки / Туранов Х.Т., Илесалиев Д.И., Джаббаров Ш.Б., Саидивалиев Ш.У. // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2021. № 3. С. 47-53.



МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КАЧЕНИЯ КОЛЕС ВАГОНА ПО ПРОФИЛЮ СОРТИРОВОЧНОЙ ГОРКИ (часть 2)

MATHEMATICAL MODEL OF WAGON WHEELS ROLLING ALONG THE HUMP PROFILE (part2)

Арипов Н.М., Джаббаров Ш.Б., Абдуллаев Б.А.
Aripov N.M., Jabbarov Sh.B., Abdullaev B.A.

Ташкентский государственный транспортный университет (Ташкент, Узбекистан)
Tashkent state transport university (Tashkent, Uzbekistan)

Аннотация. В статье (продолжение) выяснены причины появления момента трения качения из-за воздействия рельса на колесо (или реакции неидеальной связи на колесо) и выявлено условие отсутствия качения колеса по рельсу. В ней конечными аналитическими формулами и примерами расчётов доказано, что в зонах торможения на участках тормозных позиций сортировочной горки происходят скольжения колес колесных пар вагона. По этой причине ошибочным является определение скорости скольжения вагона на участках тормозных позиций по формуле свободного падения тел с учетом инерции вращающихся частей.

Ключевые слова Железная дорога, станция, сортировочная горка, вагон, реакции неидеальной связи, качение колес, скольжения колеса по рельсу

Abstract. The article (continuation) clarified the cause of the moment of rolling friction due to the impact of the rail on the wheel (or reaction in-ideal constant on the wheel) and identified a condition of the lack of wheel rolling along the rail. In her final analytical formulas and examples of calculations proved that in the areas of deceleration at the stations the brake position hump happen to slip of the wheels of the wheel pairs of the car. For this reason is erroneous determination of sliding speed of the car at the stations the brake position according to the formula of free fall of bodies, taking into account the inertia of the rotating parts.

Keywords: Railway, station, marshalling hump, car, reaction in-ideal constant, rolling wheels, slide the wheel along the rail

Дата принятия к публикации: 19.01.2022
Дата публикации: 20.03.2022

Date of acceptance for publication: 19.01.2022
Date of publication: 20.03.2022

Сведения об авторах:

Арипов Н.М. – доктор технических наук, профессор, кафедры «Автоматика и телемеханика», Ташкентского государственного транспортного университета, e-mail: aripov_nm@mail.ru

Джаббаров Ш.Б. – PhD., доцент кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» Ташкентского государственного транспортного университета, e-mail: shuhratassistant@gmail.com

Абдуллаев Б.А. – к.т.н. доцент кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» Ташкентского государственного транспортного университета

Authors' information:

Aripov N.M. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Automation and Telemechanics, Tashkent State Transport University, e-mail: aripov_nm@mail.ru

Jabbarov Sh.B., - PhD., Acting Associate Professor of the Department "Wagons and Carriage Facilities", Tashkent State Transport University, e-mail: shuhratassistant@gmail.com

Abdullaev B.A. - Ph.D. Acting Associate Professor of the Department "Wagons and Carriage Facilities", Tashkent State Transport University

1. Цель исследования

Основываясь на положения геометрической статики качения колеса теоретической механики обосновать возможность и/или невозможность движения вагона по уклону сортировочной горки, в отличие от [6], с качением колеса с одновременным скольжени-

ем и чистого скольжения колеса относительно рельса.

2. Результаты исследований

Рассуждения об аналитической статике качения колёс без скольжения, со скольжением при отсутствии силы трения и возможности качения колёс с одновременным

скольжением на скоростных участках профиля пути

Приводим математическое доказательство невозможности качения колёс со скольжением при отсутствии силы трения (при идеальной связи) и возможности качения колёс со скольжением на скоростных участках профиля пути, как неидеальных связях, и скольжения колёсных пар на участках тормозных позиций.

Первые два уравнения в (части 1), согласно теореме о движении центра инерции системы материальных точек, записанные в проекциях на оси координат Cx_1 и Cz_1 , описывает переносное поступательное движение колёсных пар вместе с поступательно движущимися осями координат $Cx_1y_1z_1$, начало которого расположено в центре инерции C колёсной пары.

Третье уравнение системы, как математическая запись теоремы об изменении главного момента количеств движения системы материальных точек в относительном движении по отношению к центру инерции C применительно к случаю вращения твёрдого тела вокруг подвижной оси Cy_1 , которая движется поступательно [19], описывает относительное вращательное движение системы колёсных пар с угловой скоростью $\omega = \omega_{от}$ вокруг подвижной оси Cy_1 , проходящей через центр инерции C колёсной пары (см. рис. 2).

При этом будем учитывать возможную местную деформацию колёс колёсных пар вагона и поверхности катания рельсовых нитей. В этом случае, контактирования колеса и рельса происходит не в одной точке P , а по несоизмеримо малой дуге PA).

Обозначение на рис. 3: A и P – точки приложения нормальной N и касательной F_{τ} составляющей реакции связей (рельсовых нитей) R ; M_k – момент трения при качении; f_k – коэффициент сопротивления качению и/или трения качения колёсных пар о рельсовые нити (обычно для стальных колёс и стальных рельс $f_k = 0,005 \cdot 10^{-3}$).

При этом касательная составляющая F_{τ} реакция связи (несоизмеримо малой дуги PA) R является силой трения $F_{тр}$ и она приложена в точке P МЦВ колеса, а нормальная составляющая N окажется приложенной в точке A , смещённой относительно центра

инерции колеса C колёсных пар на длине дуги PA в сторону движения.

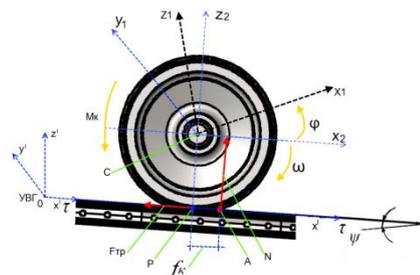


Рис. 3. Схема качения колёсных пар со скольжением относительно рельсовых нитей с учётом момента трения качения

Следовательно, можно заметить, что часть силы тяжести вагона с грузом $G \cos \psi$, приложенной к центру масс C колеса, и нормальная составляющая N реакции связи R , образует пару сил, называемую моментом пары сил и/или моментом трения при качении M_k (см. §2.4.2 в [17]). Плечо этого момента называют коэффициентом сопротивления качению (см. стр. 212 в [15]) и/или коэффициентом трения при качении f_k , имеющим размерность длины (м) [24].

Поэтому при составлении дифференциального уравнения плоского движения колёсных пар в число внешних силовых воздействий на колесо учтём момент трения качения M_k .

Исходя из этого, перепишем дифференциальные уравнения плоского движения колёсных пар (т.е. поступательное движение с одновременным вращательным движением колёс вокруг собственной оси) вагона в виде (см. стр. 264 – 266 в [25]):

$$\left. \begin{aligned} M\ddot{x}_C &= G \sin \psi - F_{\tau}; \\ M\ddot{z}_C &= -G \cos \psi + N; \\ n_k J_C \ddot{\varphi} &= -n_k M_k + F_{\tau} r, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где $F_{\tau} \leq fG \cos \psi$ – сила трения, которая при решении задачи на установление качения колеса без скольжения пока остается величиной неизвестной;

f – условный коэффициент трения скольжения контактирующих поверхностей колёсных пар и рельсовых нитей с учётом трения качения в подшипниках:

$$f_{\text{пр}} = \frac{G_{01} \cos(\psi_{01})}{(G_{01} + G_{\text{кп}}) \cos(\psi_{01})} \frac{r_{\text{п}}}{r} f; \quad (3)$$

$N = G \cos \psi$ – нормальная составляющая реакции связей (рельсовых нитей);

$n_k = 8$ – количество колёс в тележках вагона;

$J_C = G \cdot i_C^2 / g$ или $J_C = G \cdot r^2 / 2g$ – момент инерции колес одной колёсной пары относительно центра инерции C при условии, если считать колесо сплошным однородным диском с радиусом r [26] с учётом того, что в ней:

$i_C^2 = r^2 / 2$ – квадрат радиуса инерции колеса относительно его геометрической оси Sy_1 (см. рис. 2);

$M_k = F_{тр} f_k = f G \cos \psi f_k$ – момент пары трения качения одной колёсной пары [26] относительно точки A приложения нормальной составляющей N реакции связей (рельсовых нитей);

f_k – коэффициент трения качения колёсной пары о рельсовые нити, м (обычно для закаленной стали по закаленной стали $f_k = 0,001$ м), равносильный плечу пары трения качения (см. рис. 2).

В третьем уравнении системы отрицательный знак момента трения качения колёс $M_{тр.к}$ соответствует противоположному направлению отсчёта угла поворота φ подвижной оси Cx_1 относительно другой подвижной оси Cx_2 , параллельной оси Ox' неподвижной системы координат $Ox'y'z'$ и жестко связанной с условной вершины горки (УВГ) (см. рис. 3) в соответствии с правилами поворота единичного радиус-вектора математики.

С учётом принятых обозначений системе дифференциальных уравнений (15) придадим следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} \frac{G}{g} \ddot{x}_C &= G \sin \psi - F_{тр}; \\ \frac{G}{g} \ddot{z}_C &= -G \cos \psi + G \cos \psi = 0 \\ n_k \frac{G}{g} i_C^2 \ddot{\varphi} &= F_{тр} (r - n_k f_k). \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Скажем, что в системе (4) из-за того, что задачами исследования является определения условия качения колеса без скольжения, то сила трения $F_{тр}$ является отыскиваемой величиной из-за того, что для неидеальной связи она $F_{тр} \neq 0$.

Анализируя систему уравнений (4), заметим, что, согласно первого уравнения, при отсутствии силы трения скольжения в движении (т.е. $F_{тр} = 0$), чему соответствует случай идеальной связи, т.е. когда колеса и рельсовые нити рассматриваются как абсолютные твердые тела, возможен скольжение колеса по рельсу, поскольку при $t = 0$: $\dot{x}_C = v_n = v_0$.

За время t секунд, скользя по абсолютно гладкой плоскости (идеальной связи), центр инерции колеса C (см. рис. 3) прошел бы путь:

$$x_C = v_n t + g \sin \psi t^2, \quad (5)$$

где

t – текущее время.

Здесь ускорение центра инерции колеса C для идеальной связи:

$$a_C = g \sin \psi = \text{const.}$$

В этом случае, т.е. при $F_{тр} = 0$, качение колеса по рельсу невозможно, поскольку из третьего уравнения системы (5) при $t = 0$:

$$\varphi = 0 \text{ и } \dot{\varphi} = 0,$$

т.е. колесо не вращается ($\omega = 0$).

Так как всё время движения колёс $z_C = -r$ (как расстояние между подвижной осью Cx_2 и неподвижной осью Ox') постоянно, то $\ddot{z}_C = 0$, следовательно, из второго уравнения системы (17) находим: $N = G \cos \psi$.

Поскольку в системе (5) сила трения $F_{тр} \neq 0$ и колёсные пары вагона катятся без скольжения и скорость их центра масс $v_C = \omega r$ (см. формулу (21) в пп. VII.2.1) параллельна оси Cx_2 (см. рис. 3), то можно записать условие качения колёс без скольжения (чистое качение колёс) и в таком виде:

$$\dot{x}_C = \dot{\varphi} r \quad (6)$$

Беря производную по времени от \dot{x}_C , будем иметь:

$$\ddot{x}_C = \ddot{\varphi} r, \quad (7)$$

что соответствует формуле касательной составляющей a_τ линейного ускорения при движении точки по кривой:

$$a_\tau = \varepsilon r, \quad (8)$$

где

$\varepsilon = \ddot{\varphi}$ – угловое ускорение.

Из формулы (7) находим угловое ускорение колеса:

$$\ddot{\varphi} = \frac{\ddot{x}_C}{r}. \quad (9)$$

Далее для определения уравнения движения центра масс C колёсных пар следует проинтегрировать первое уравнение системы (1), где в правой части имеется сила трения скольжения в движении $F_{тр}$ колёсных пар о поверхности катания рельсовых нитей.

Как ранее было замечено, что при решении задачи на установление качения колеса без скольжения нельзя определить силу трения по формуле $F_{тр} = fG\cos\psi$, поскольку это имеет место в случае скольжения точки касания колеса P по рельсовым нитям. При качении колеса без скольжения сила трения $F_{тр}$ может быть намного меньше $fG\cos\psi$, т.е. $F_{тр} \leq fG\cos\psi$.

Поэтому для исключения из неё силы трения $F_{тр}$ будем иметь в виду, что такая сила, согласно правилам кинематики движения твёрдого тела, всегда приложена к колёсам в точках P их соприкосновения с рельсовыми нитями, совпадающих с МЦС P_v , где скорость $v_{P_v} = 0$, и перемещаются вместе с ними [25]. Следовательно, скорость центра масс C колеса, согласно формуле: $v_C = r\omega$.

Приняв во внимание формулу, третье уравнение системы (4) представим в виде:

$$n_k \frac{G}{g} i_C^2 \frac{\ddot{x}_C}{r} = F_{тр} (r - n_k f_k),$$

отсюда, после элементарных преобразований получим формулу для определения силы трения при качении без скольжения,

$$F_{тр} = \frac{G}{g} \frac{n_k i_C^2}{(r - n_k f_k)r} \ddot{x}_C. \quad (10)$$

Подставляя равенство (9) в первое уравнение системы (4), будем иметь:

$$\frac{G}{g} \ddot{x}_C = G \sin \psi - \frac{G}{g} \frac{n_k i_C^2}{(r - n_k f_k)r} \ddot{x}_C,$$

или

$$\frac{G}{g} \left(1 + \frac{n_k i_C^2}{(r - n_k f_k)r} \right) \ddot{x}_C = G \sin \psi.$$

Отсюда после элементарных математических выкладок, получим обобщённое математическое выражение для определения линейного ускорения центра масс C колёс вагона и/или центра масс вагона C_v (см. рис. 2) в конечном виде:

$$\ddot{x}_C = \frac{g \sin \psi}{1 + \frac{n_k i_C^2}{(r - n_k f_k)r}}. \quad (11)$$

Если учесть, что $i_C^2 = r^2/2$ – квадрат радиуса инерции колёс, как сплошного однородного диска с радиусом r [36, 46, 47], и $n_k = 8$ – количество колёс в тележках вагона, последней формуле можно придать вид:

$$\ddot{x}_C = \frac{g \sin \psi}{1 + \frac{4}{1 - 8 \frac{f_k}{r}}}. \quad (12)$$

В частном случае, когда не учитывают момент трения качения колёс $M_{тр} = 0$, т.е. при $f_k = 0$ (см. рис. 3), последнее математическое выражение примет вид:

$$\ddot{x}_C = \frac{g \sin \psi}{1 + \frac{n_k i_C^2}{r^2}},$$

или, учитывая, что $i_C^2 = r^2/2$,

$$\ddot{x}_C = \frac{g \sin \psi}{1 + \frac{n_k}{2}}. \quad (13)$$

Имея в виду, что $\ddot{x}_C = a_C$ – ускорение центра масс C колёс при условии, если движение этого центра задано в виде: $x_C = at^2/2$, и $n_k = 8$ – количество колёс в тележках вагона, последнему выражению придадим вид формулы:

$$a_C = 0,25g \sin \psi, \quad (14)$$

или, учитывая, что для малых углов $\sin \psi \approx \psi = i$:

$$a_C = 0,25gi. \quad (15)$$

Отсюда становится очевидным, что ускорение центра масс C колёсных пар при качении колёс без скольжения относительно рельсовых нитей (*неидеальная связь*) в 4 раза меньше, чем проекции линейного ускорения на *идеальную* наклонную плоскость (см. формулы (6) и (7) в пп. I в [36 БТИ №9 2018]).

Ещё в другом частном случае, когда вместо качения колёс без скольжения происходит *чистое скольжение* колёсных пар относительно рельсовых нитей (если их принять за идеальные связи), когда не учитывается момент инерции вращающихся частей J_C

(т.е. $J_C = 0$, а, значит, $i_C^2 = 0$), математическое выражение (13) примет вид:

$$\ddot{x}_C = a_C = g \sin \psi, \quad (16)$$

или, в общепринятом обозначении и привычном понимании,

$$a_C = gi, \quad (17)$$

с учётом того, что в ней i – уклон профиля пути, ‰.

В этом случае, формулы (8) и (9) совпадают с проекцией линейного ускорения на идеальную наклонную плоскость (см. формулы (6) и (7) в пп. I в [36 БТИ №9 2018]).

Формулы (15) и (17), полученные для частных случаев, подтверждают корректность вывода обобщённого математического выражения ускорения центра масс C колёсных пар вагона (53) (т.е. $\ddot{x}_C = a_C$).

В свою очередь, это подтверждает о неоспоримо грубой ошибочности и/или недопустимости применения при решении инженерных задач транспортной науки (где связи неидеальные (негладкие и/или с трением)) формулы, выведенные для идеальной (гладкой и/или без трения) связи.

Иначе, это подтверждает несовместимость формулы (8) и (12) и/или (1).

Обобщённое математическое выражение ускорения центра масс C колёсных пар вагона, позволяет на основе формулы (9) определить силу трения в движении $F_{тр}$ колёсных пар о поверхность катания рельсовых нитей при качении колеса без скольжения в виде:

$$F_{тр} = G \sin \psi \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{n_k i_C^2}{(r - n_k f_k) r}} \right). \quad (18)$$

Такая сила трения должна действовать на колесо колесных пар вагона, чтобы произошло его качения без скольжения по рельсовым нитям. Ранее было указано, что сила трения $F_{тр} \leq fN = fG \cos \psi$. Отсюда ясно, что подставляя выражение (9) в последнее неравенство, можно найти условие для определения коэффициента трения в виде:

$$f \geq \frac{F_{тр}}{G \cos \psi}. \quad (19)$$

При соблюдении последнего условия будет происходить чистое качение.

Если условие (19) не будет соблюдено, то сила трения $F_{тр}$ не может принять значения, определяемого формулой (18). В этом случае колесо будет катиться с проскальзыванием относительно рельсовых нитей. Общеизвестно, что в этом случае v_C и ω не связаны $v_C = \omega r$, поскольку в этом случае точка касания P колеса с рельсовыми нитями не является мгновенным центром скоростей (МЦС). При этом, величина $F_{тр}$ имеет предельное значение, т.е. $F_{тр} = fN = fG \cos \psi$. Поэтому первое и третье уравнения системы (4) после несложных преобразований примут вид (см. формулу (20)):

$$a_C = g(\sin \psi - f \cos \psi); \quad (20)$$

$$\ddot{\varphi} = \frac{1}{n_k i_C^2} g f \cos \psi (r - n_k f_k). \quad (21)$$

Центр масс C колеса в этом случае будет двигаться с ускорением a_C , а само колесо будет вращаться с угловым ускорением $\ddot{\varphi} = \varepsilon$. В данном случае также будет соблюдено равенство (7) и/или (8) в виде $\ddot{x}_C = \ddot{\varphi} r$ или $a_C = \varepsilon r$.

Условие качения колеса без скольжения выполняется лишь тогда, когда, согласно закону Кулона, сила трения $F_{тр} \leq fN = fG \cos \psi$ появляющаяся в точке контакта P его соприкосновения с рельсом (см. рис. 2), совпадающая с МЦС P_v , где скорость $v_{P_v} = 0$, перемещается вместе с ним:

$$G \sin \psi \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{n_k i_C^2}{(r - n_k f_k) r}} \right) \leq fG \cos \psi,$$

или, после несложных преобразований,

$$\operatorname{tg} \psi \leq f \frac{1}{\left(1 - \frac{1}{1 + \frac{n_k i_C^2}{(r - n_k f_k) r}} \right)}. \quad (22)$$

Заметим, что условие (22) ориентировочно характеризует материал и физическое состояние поверхностей катания колёс и рельсовых нитей.

Если выполняется условие (22), то это означает, что в процессе скатывания вагона по уклону горки происходят деформация

контактирующих поверхностей колес и рельсовых нитей и по этой причине возникает пара сил (G_{zC}, N) и/или момент этой пары сил M_k (см. рис. 3, препятствующий качению колес без скольжения).

В частном случае, когда не учитывают момент трения качения колёс $M_{тр} = 0$, т.е. при $f_k = 0$, из последней формулы можно получить соблюдение условие:

$$\operatorname{tg} \psi \leq f \frac{1}{\left(1 - \frac{1}{1 + \frac{n_k}{2}}\right)}. \quad (23)$$

Применительно к колёсам тележек четырёхосного вагона ($n_k = 8$) перепишем (23):

$$\operatorname{tg} \psi \leq 1,25 f. \quad (24)$$

При соблюдении нестрого неравенства (21) и/или (22) и/или (23) колесо по рельсу будет катиться без скольжения, т.е. будет происходить чистое скольжение колеса по рельсу

$$f \geq \operatorname{tg} \psi \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{n_k i_C^2}{(r - n_k f_k) r}}\right). \quad (25)$$

Если угол профиля пути ψ не удовлетворяет нестроному неравенству (24), то колесо будет катиться, скользя по рельсу). В этом случае нет никакого геометрического соотношения между ускорением $\ddot{x}_C = a_C$ центра инерции колёс C и его угловым ускорением $\ddot{\varphi} = \varepsilon_C$. Эти два ускорения получаются при подстановке условия $F_{тр} \leq fN = fG \cos \psi$ в первое и последнее уравнение системы (4).

Так, например, из первого и второго уравнения системы (2) получим условия, при которых происходят качение с одновременным скольжением, вытекающие из первого и третьего уравнения системы (4):

$$\ddot{x}_C \geq a_C, \quad (26)$$

где a_C – ускорение движения тела по неидеальной наклонной плоскости (см. формулу (20)):

$$a_C = g(\sin \psi - f \cos \psi); \quad \ddot{\varphi} \leq \frac{2(r - n_k f_k)}{n_k r^2} g f \cos \psi. \quad (27)$$

Как видно, центр инерции колёс C в этом случае будет двигаться с ускорением a_C , а колеса колесных пар будут вращаться с угловыми ускорениями $\ddot{\varphi} = \varepsilon$, определяемыми соотношениями (21) и (23).

Перепишем нестрогие неравенства в виде равенств:

$$\ddot{x}_C = g(\sin \psi - f \cos \psi) \quad \text{и} \\ \ddot{\varphi} = \frac{2(r - n_k f_k)}{n_k r^2} g f \cos \psi,$$

или

$$\ddot{x}_C = a_C \quad \text{и} \quad \ddot{\varphi} = \varepsilon, \quad (28)$$

где a_C – ускорение центра инерции C колёса, определяемая по первой формуле (28);

$\ddot{\varphi} = \varepsilon$ – угловое ускорение центра инерции C колёса:

$$\varepsilon = \frac{2(r - n_k f_k)}{n_k r^2} g f \cos \psi. \quad (29)$$

Интегрируя каждое из уравнений (28), получим:

$$\dot{x}_C = a_C \cdot t \quad \text{и} \quad \dot{\varphi} = \omega = \varepsilon \cdot t. \quad (30)$$

Разность \dot{x}_C и $\dot{\varphi}r = \omega r$ представляет собой скорость скольжения точки соприкосновения P колеса с рельсом:

$$v_x = \dot{x}_C - \dot{\varphi}r = \dot{x}_C - v_{rC} \quad (31)$$

где

$$v_{rC} = \dot{\varphi}r = \omega r. \quad (32)$$

Дифференцируя уравнение (30) с учётом формулы (17), после элементарных математических выкладок получим:

$$\dot{v}_x = \ddot{x}_C - \ddot{\varphi}r = g \cos \psi ((\operatorname{tg} \psi - \operatorname{tg} \psi_0)), \quad (33)$$

где

$$\operatorname{tg} \psi_0 = \left(1 + \frac{2(r - n_k f_k)}{n_k r}\right) f. \quad (34)$$

Отсюда, ясно, что при условии $\psi > \psi_0$ величина в скобках формулы (34) положительна и скорость скольжения будет расти по мере движения колеса по уклону профиля горки.

В частном случае, когда не учитывают момент трения качения колёс $M_{тр} = 0$, т.е. при $f_k = 0$, из формулы (43) получают либо условие:

$$\ddot{\varphi} \leq \frac{2}{n_k r} g f \cos \psi, \quad (35)$$

либо условие

$$\ddot{x}_C \leq \frac{2}{n_k} gf \cos \psi. \quad (36)$$

Применительно к колёсам тележек четырёхосного вагона ($n_k = 8$) перепишем неравенства (35) и (36):

$$\ddot{\varphi} \leq \frac{0,25}{r} gf \cos \psi, \quad (37)$$

$$\ddot{x}_C \leq 0,25 gf \cos \psi. \quad (38)$$

Пример расчёта VII.2. Для примера исследуем движение вагона на участке третьей (С3) стрелочной зоне (С3) спускной части горки. Исходные данные примера расчёта такие же, как и в примере VII.1: $G = 908$ – сила тяжести вагона с грузом, кН; $f = 0,175$ – коэффициент трения скольжения металла по металлу $f_k = 0,001$ – коэффициент трения качения закаленной стали по закаленной стали (; $r = 0,475$ – радиус по кругу катания колёс, м; $n_k = 8$ – количество колёс колёсной пары вагона, шт; $\psi_{6с3} = 0,002$ – угол уклона С3 горки, рад.; $l_{6с3} = 24,0$ – длина участка С3 горки, м, время движения вагона на исследуемом участке горки: $t_{6с3} = 7,934$ с.

Результаты расчёта . 1) Рассчитаем значение квадрата радиуса инерции колеса относительно его геометрической оси S_{u1} (см. рис. 2) (i_C)², м²:

$$(i_C)^2 = r^2/2 = 0,475^2/2 = 0,113.$$

2) Вычислим линейное ускорение $\ddot{x}_C = a_C$ центра масс C колёс вагона и/или центра масс вагона C_v (см. рис. 2) по формуле (53), м/с²:

$$\begin{aligned} \ddot{x}_C &= \frac{g \sin \psi}{1 + \frac{n_k i_C^2}{(r - n_k f_k) r}} = \\ &= \frac{9,81 \cdot 0,002}{1 + \frac{8 \cdot 0,113}{(0,475 - 8 \cdot 0,001) \cdot 0,475}} = 3,871 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

или, учитывая, что $\ddot{x}_C = a_C$, $a_C \approx 0,004$ м/с².

В частном случае, когда $J_C = 0$ (а, значит, $i_C^2 = 0$), величина $a_{Cид.}$, вычисленная по формуле (15) и/или (1), описывающая движение вагона по идеальной наклонной плоскости (связи), м/с²:

$$a_{Cид.} = g \sin \psi_{6с3} = 9,81 \cdot 0,002 \approx 0,02,$$

что в 5 раз превышает величину $a_C \approx 0,004$ м/с² – для неидеальной наклонной плоскости (связи).

Это означает, что, если вагон движется по идеальной наклонной плоскости (связи) (см. рис. 3), то происходит *чистое скольжение* колёсных пар относительно рельсовых нитей, чему всегда соответствует выполнение условия (см. табл. 1 в [3]):

$$a_{Cид.} \gg a_C \text{ и/или } g \sin \psi \gg a.$$

Именно, на это особо обращаем внимание авторов статьи [3], упорно отстаивающих корректность применение формулы скорости свободного падения тел с учетом инерции вращающихся частей $v = \sqrt{2g'h}$ (см. формулу (1) в [2]), выведенных для идеальных связей, для случая неидеальных связей, т.е. между колесами вагона и рельсовыми нитями.

3) Подсчитаем линейное ускорение $a_{6с3} = a_C$ центра масс C колёса по нестрогому неравенству, м/с²:

$$a_C = g(\sin \psi - f \cos \psi) = 9.81(0,002 - 0,175 \cdot 1) \approx -1,7 = |1,7|.$$

Заметим, что отрицательный знак ускорение центра масс C колеса означает, колесо, а, следовательно, и вагон совершает равнозамедленное движение, что не характерно для стрелочной зоны при учете воздействия попутного ветра малой величины ($F_{вх} \approx 3.2$ кН).

Сравнивая результаты вычисления ускорение центра масс C колёс убеждаемся, что нестрогое неравенство (65) в виде $\ddot{x}_C \geq a_C$ соблюдается, поскольку $0,004 \geq |1,7|$.

Следовательно, в соответствии с условием при движении вагона по уклону сортировочной горки как будто то бы *происходят качение колёс с одновременным скольжением*.

4) Выполним расчёт параметров, характеризующих материал и физическое состояние поверхностей катания колёс и рельсовых нитей, по условию:

$$\operatorname{tg} \psi \leq f \frac{1}{\left(1 - \frac{1}{1 + \frac{n_k i_C^2}{(r - n_k f_k) r}} \right)} =$$

$$= 0,175 \left(\frac{1}{1 + \frac{1}{8 \cdot 0,113 (0,475 - 8 \cdot 0,001) 0,475}} \right) = 0,232,$$

или, поскольку $\operatorname{tg}\psi_{6c3} = 0,002$, то $0,002 \leq 0,232$, т.е. соблюдается нестрогое неравенство. При этом движение будет равномерно замедленным.

Следовательно, при движении вагона по уклону сортировочной горки при заданных исходных данных примера расчёта по условию *колесо по рельсу будет катиться без скольжения*, т.е. будет происходить чистое качение колеса по рельсу.

При качении колеса по рельсу, согласно формулам, угловая скорость ω_{6c3} и угловое ускорение ε_{6c3} соответственно равны:

$$\omega_{6c3} = v_{6c3}/r = 3,154/0,475 = 6,64 \text{ рад./с};$$

$$\varepsilon_{6c3} = a_{6c3}/r = 0,032/0,475 = 0,068 \approx 0,07 \text{ рад./с}^2.$$

5) Проверим, будет ли соблюдено нестрогое неравенство (65):

$$\ddot{\varphi} \leq \frac{2(r - n_k f_k)}{n_k r^2} g f \cos\psi =$$

$$= \frac{2(0,475 - 8 \cdot 0,001_k)}{8 \cdot 0,475^2} 9,81 \cdot 0,175 \cdot 1 = 0,888$$

или, учитывая, что $\ddot{\Phi} = \varepsilon_6$, $\varepsilon_6 = 0,888$ рад./с².

Сравнивая полученный результат $\ddot{\Phi} = \varepsilon_6 = 0,888 \approx 0,9$ рад./с² с данным по формуле (51): $\varepsilon_{6c3} \approx 0,07$ рад./с², убеждаемся о несоблюдении нестрогого неравенства (65), поскольку $\varepsilon_{6c3} < \varepsilon_6$, т.е. $0,07 < 0,9$.

Это, в свою очередь, ещё раз подтверждает возможность *качения колёс без скольжения по поверхностям катания рельсовых нитей* при движении вагона по уклону сортировочной горки.

6) Проверим возможности качения колеса с одновременным скольжением по формулам.

Согласно первой формуле угловое ускорение колеса, рад./с²:

$$\varepsilon_{6c3} = \frac{2(r - n_k f_k)}{n_k r^2} g f \cos\psi =$$

$$= \frac{2(0,475 - 8 \cdot 0,001)}{8 \cdot 0,475^2} 9,81 \cdot 0,175 \cdot 1 = 0,888.$$

Подсчитаем скорость скольжения колеса по рельсу по первой формуле (68) с учётом того, что $a_{6c3} = |1,7|$, м/с:

$$v_{6c3} = a_{6c3} \cdot t_{6c3} = -1,7 \cdot 7,934 = -13,46.$$

Согласно второй формуле (68), угловая скорость колеса, рад./с:

$$\dot{\varphi} = \omega_{6c3} = \varepsilon_{6c3} \cdot t = 0,888 \cdot 7,934 \approx 7,05.$$

Вычислим скорость центра масс C колеса по формуле (70), м/с:

$$v_{6c3} = \omega_{6c3} \cdot r = 7,05 \cdot 0,475 \approx 3,35.$$

Произведем скорость скольжения $v_x = v_{xP}$ точки соприкосновения P колеса с рельсом по формуле, м/с:

$$v_x = \dot{x}_C - v_{rC} = -13,464 - 3,35 \approx -16,8.$$

Анализируя результаты вычисления скорости скольжения $v_x = v_{xP}$ точки соприкосновения P колеса с рельсом (см. рис. 15), убеждаемся, что знак скорости получился отрицательным, означающий отсутствие возможности качения колеса с одновременным скольжением.

Следовательно, в соответствии с условием (19) при движении вагона по уклону сортировочной горки как будто то бы *происходят качение колёс с одновременным скольжением*.

Выводы

1. Принимая во внимание, что существующие методики горочных расчётов [4 – 9, 15, 16, 20, 24,] разработаны на основании «глубокого» теоретического осмысления результатов широких натуральных экспериментальных исследований по определению удельного сопротивления движению, как неидеальных связей, и носят эмпирический характер.

2. Теоретические положения существующей методики горочных конструктивных и технологических расчётов опираются на известные в теоретической и инженерной механике [20-22] понятия о связях (идеальной и неидеальной). Однако, эти несовместимые по физическому смыслу понятия широко использованы, например, в одной и той же

формуле для определения расчётной высоты горок и скорости скатывания вагона, как на скоростных участках, так и на тормозных

позициях сортировочной горки, что принципиально ошибочно и недопустимо.

Список литературы

1. Туранов Х.Т. Некоторые проблемы теоретических предпосылок динамики скатывания вагона по уклону сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко // Бюллетень транспортной информации, 2015, № 3 (237). – С. 29 - 36. ISSN 2072-8115.

2. Рудановский В.М. О попытке критики теоретических положений динамики скатывания вагона по уклону сортировочной горки / В.М. Рудановский, И.П. Старшов, В.А. Кобзев // Бюллетень транспортной информации. 2016. № 6 (252). – С. 19-28. ISSN 2072-8115.

3. Туранов Х.Т. О попытке доказательства нового подхода к исследованию движения вагона по спускной части сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко // Бюллетень транспортной информации, 2016, № 10 (256). – С. 19 - 24. ISSN 2072-8115.

4. Позойский Ю.О. К вопросу движения вагона по уклону железнодорожного пути / Ю.О. Позойский, В.А. Кобзев, И.П. Старшов, В.М. Рудановский // Бюллетень транспортной информации. 2018. № 2 (272). – С. 35-38. ISSN 2072-8115.

5. Туранов Х.Т. Выбор рационального режима роспуска «очень плохого бегуна» с сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, О.В. Молчанова // Транспорт: наука, техника, управление. 2018, № 7. С. 9 - 13. ISSN 0236-1914.

6. Образцов В.Н. Станции и узлы. ч. II / В.Н. Образцов. – М.: Трансжелдориздат, 1938. 492 с.

7. Федотов Н.И. Проектирование механизированных и автоматизированных сортировочных горок: пособие / Н.И. Федотов, А.М. Карпов. – НИИЖТ, 1960. 123 с.

8. Савченко И.Е. Железнодорожные станции и узлы: учеб. для вузов ж. – д. трансп. / И.Е. Савченко, С.В. Земблинов, И.И. Страковский. – М.: Транспорт, 1967. 466 с.

9. Савченко И.Е. Железнодорожные станции и узлы: учеб. для вузов ж. – д. трансп. / И.Е. Савченко, С.В. Земблинов, И.И. Страковский – М.: Транспорт, 1980. 479 с.

10. Акулиничев В.М. Расчёт и проектирование сортировочных горок большой и средней мощности: учебн. пособ. для вузов ж. – д. трансп. / В.М. Акулиничев, Л.П. Колодий. – М.: МИИТ, 1981. 61с.

11. Железнодорожные станции и узлы: учеб. для вузов ж. – д. трансп. / В.М. Акулиничев, Н.В. Правдин, В.Я. Болотный, И.Е. Савченко. Под ред. В.М. Акулиничева. – М.: Транспорт, 1992. 480 с. (С.207 – 253).

13. Воронков И.М. Основы курса теоретической механики / И.М. Воронков. – М.:ГИТТЛ, 1957. 596 с.

14. Туранов Х.Т. Теоретическая механика в специальных задачах грузовых перевозок: учебное пособие / Х.Т. Туранов. – Новосибирск: Наука; Екатеринбург, 2012. 447 с.

15. Туранов Х.Т. О скольжении колёсных пар вагона на тормозных позициях сортировочных горок / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, Ш.Б. Джабборов, Ш.У. Саидивалиев // Транспорт: наука, техника, управление. 2019, № 5. С. 26 - 31. ISSN 0236-1914.

16. K. Turanov, A. Gordienko, S. Saidivaliev, S. Djaborov. Designing the height of the first profile of the marshalling hump. E3S Web of Conferences, Vol. 164, 03038 (2020). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016403038>

17. K. Turanov, A. Gordienko, S. Saidivaliev, S. Djaborov. Movement of the wagon on the marshalling hump under the impact of air environment and tailwind. E3S Web of Conferences, Vol. 164, 03041 (2020).

18. K.T. Turanov, S.U. Saidivaliev, D.I. Ilesaliev. Determining the kinematic parameters of railcar motion in hump yard retarder positions / K.T. Turanov, S.U. Saidivaliev, D.I. Ilesaliev // Structural integrity and life vol. 20, no 2 (2020), pp. 143–147.



19. Turanov K., Gordienko A., Saidivaliev S., Djabborov S., Djalilov K. (2021) Kinematic Characteristics of the Car Movement from the Top to the Calculation Point of the Marshalling Hump. In: Murgul V., Pukhkal V. (eds) International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies EMMFT 2019. EMMFT 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1258. Springer, Cham.
20. Turanov X.T. О неточности формулы воздушного сопротивления при движении вагона по профилю сортировочной горки / X.T. Turanov, A.A. Gordienko, Sh.U. Saidivaliev, Sh.B. Djabborov // *Transport: nauka, texnika, upravlenie*. 2020, № 9. С. 34 - 39. ISSN 0236-1914.
21. Об отсутствии теоретической базы формулы для определения высоты первого профилированного участка сортировочной горки / Ш.У. Саидивалиев, Ш.Б. Джаббаров, Н.Б. Адилов, Н.К. Хожиев, Р.Ш. Бозоров // *Инновации. Наука. Образование*. 2021, №34. С. 1467-1481.
22. Khabibulla Turanov, and Andrey Gordienko. Movement of a railway car rolling down a classification hump with a tailwind // *MATEC Web of Conferences* 216, 02027 (2018) *Politransport Systems – 2018*. 1-7 p.
23. Туранов X.T. Критический анализ теоретических положений движения вагона с сортировочной горки (Часть IV) / X.T. Туранов, А.А. Гордиенко, Ш.Б. Джаббаров // *Транспорт: наука, техника, управление*. 2019, № 1. С. 16 - 20. ISSN 0236-1914.24. Туранов X.T. Критический анализ теоретических положений движения вагона с сортировочной горки (Часть V) / X.T. Туранов, А.А. Гордиенко, Ш.Б. Джаббаров // *Бюллетень транспортной информации*. 2019. №3 (285). С. 22-27. ISSN 2072-8115.
25. S. Djabborov, K. Turanov, A. Gordienko S. Saidivaliev., Designing the height of the first profile of the marshalling hump // *E3S Web of Conferences*, Vol. 164, 03038 (2020)
26. S. Djabborov, K. Turanov, A. Gordienko, S. Saidivaliev. Movement of the wagon on the marshalling hump under the impact of air environment and tailwind // *E3S Web of Conferences*, Vol. 164, 03041 (2020), (SCOPUS).
27. Илесалиев Д.И. Обоснование этапности развития железнодорожного участка ахангаран-тукимачи-сырдарьинская / Д.И. Илесалиев, С.Б. Сатторов, Ш.Г. Махматкулов // *Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник*. 2020. № 6. С. 15-23.
28. Туранов X.T. О неточности формулы воздушного сопротивления при движении вагона по профилю сортировочной горки / X.T. Туранов, Д.И. Илесалиев, Ш.У. Саидивалиев // *Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник*. 2021. № 1. С. 11-16.
29. Туранов X.T. Критический анализ теоретических положений движения вагона с сортировочной горки / Туранов X.T., Илесалиев Д.И., Джаббаров Ш.Б., Саидивалиев Ш.У. // *Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник*. 2021. № 3. С. 47-53.



УДК 725.31

МЕТРОПОЛИТЕН ТАШКЕНТА ВЧЕРА, СЕГОДНЯ И В ПЕРСПЕКТИВЕ

TASHKENT METRO YESTERDAY, TODAY AND IN THE FUTURE

Баянов И.Н., Каюмов С.Н., Хакимов С.Х.
Bayanov I.N., Kayumov S.N., Hakimov S.X.

Ташкентский государственный транспортный университет (Ташкент, Узбекистан)
Tashkent state transport university (Tashkent, Uzbekistan)

Аннотация. При современном темпе жизни невозможно представить большой столичный город без метрополитена. Метрополитен является одной из важных артерий города, пронизывающая его с севера на юг и с востока на запад. Его развитие позволяет разгрузить наземный транспорт и обеспечивает более комфортные условия обслуживания пассажиров. В данной статье рассказывается о современном состоянии метрополитена и перспективах его развития.

Ключевые слова: Метрополитен, линия, путепровод, реформа, станция

Дата принятия к публикации: 04.06.2022
Дата публикации: 22.06.2022

Сведения об авторах:

Баянов И.Н. – PhD по техническим наукам, доцент кафедры «Электроснабжение» Ташкентского государственного транспортного университета, e-mail: ildar-lili@yandex.ru

Каюмов С.Н. – доцент кафедры «Электротехника», Ташкентского государственного транспортного университета, e-mail: sayfyllanigmatovich@gmail.com

Хакимов С.Х. – ассистент, кафедры «Электротехника», Ташкентского государственного транспортного университета, e-mail: javox2020@gmail.com

Abstract. At the current pace of life, it is impossible to imagine a large metropolitan city without a subway. The metro is one of the important arteries of the city, running through it from north to south and from east to west. Its development makes it possible to unload ground transport and provides more comfortable conditions for passenger service. This article describes the current state of the metro and the prospects for its development.

Keywords: Metro, line, overpass, reform, station

Date of acceptance for publication: 04.06.2022
Date of publication: 22.06.2022

Authors' information:

Bayanov I. N. – PhD of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of "Power Supply" of the Tashkent State University of Transport, e-mail: ildar-lili@yandex.ru

Kayumov S. N. – Acting Associate Professor of the Department of Electrical Engineering, Tashkent State Transport University, e-mail: sayfyllanigmatovich@gmail.com

Khakimov S. K. – Assistant, Department of Electrical Engineering, Tashkent State Transport University, e-mail: javox2020@gmail.com

1. Введение

На сегодняшний день метро является востребованным видом городского транспорта. Ташкент не стал исключением. Метрополитен города Ташкента обслуживает гостей и население города с 5-00 часов утра до 24-00 часов вечера. Метро считается оптимальным видом транспорта для крупных городов благодаря отсутствию пробок, светофоров и т.п. В летнее время метрополитен обеспечивает комфортную температуру в салоне поезда.

2. Современный метрополитен

Ташкентский метрополитен является крупнейшим в Центральной Азии. Ежегодный пассажиропоток составляет около 80 млн. человек. Первая линия Ташкентского метрополитена (Чиланзарская) была запущена еще в 1977 году. На сегодняшний день Чиланзарская линия остается самой протяженной в городе. Её длина составляет 16.8 км. На карте Ташкентского метрополитена отдельно обозначены станции с переходами на другие линии. Данная схема линий Таш-

Постановлением Президента Республики Узбекистан от 21 октября 2016 года, за №2638 «О мерах по дальнейшему развитию и повышению эффективности деятельности Ташкентского метрополитена», метрополитен включен в организационную структуру АО «Ўзбекистан темир йўллари», а в конце 2021 года преобразован в Государственное Унитарное Предприятие «Toshkent metropoliteni», что явилось закономерным следствием проводимых преобразований в сфере транспорта и перевозочных процессов.

Основные мероприятия по развитию городского общественного транспорта в настоящее время, это завершение строительства второго этапа первой Наземной линии метрополитена и дальнейшее развитие линий подземного метрополитена согласно концепции развития до 2030 года.

В целях обеспечения своевременного и эффективного исполнения Указа Президента Республики Узбекистан от 21 октября 2016 года, за №2638 «О мерах по дальнейшему развитию и повышению эффективности деятельности Ташкентского метрополитена», с

21 ноября 2016 года был издан приказ председателя правления АО «Ўзбекистан темир йўллари», «Об организации строительной дирекции Ташкентского метрополитена» под №484-1-1. В эти дни ускоренными темпами ведутся строительные работы новой очереди Ташкентского метрополитена. Ответственной за данные процессы является строительная дирекция Ташкентского метрополитена под руководством Б. Каримова, все работы проводят под непосредственным руководством и контроле этой организации.

В первые годы появления идеи о строительстве метро в Узбекистане, основная ответственность и нагрузка легли на проектно-исследовательский институт «Ташгипротранс» (ныне «Boshtransloyiha»). «Ташгипротранс» был образован в 1953 году и обеспечивал проектно-сметной документацией. Организация до сих пор занимается вопросами проектирования по строительству новых железных дорог и совершенствования имеющихся путей, важных транспортных объектов.



Рис.2. Конечная станция линии «Дустлик-2»

В настоящее время в институте «Boshtransloyiha» ведутся проектно-исследовательские работы по проектированию очередной части кольцевой линии «Алмазар» - «Каракамиш» - «Беруни». В институте проектно-исследовательская работа автоматизирована, ведется на высоком уровне с использованием соответствующей международным стандартам современной вычислительной техники. В проектируемой линии метро «Алмазар» - «Каракамиш» - «Беруни» специалистами института предусмотрены эстакады, которые станут новшеством для нашей страны, сотрудники и ученые проект-

ного института эффективно применяют ноу-хау современных технологий. Нет сомнения в том, что коллектив во главе с руководителем института - инженером железных дорог, кавалером ордена «Дустлик» и обладателем звания «Заслуженный работник транспорта Республики Узбекистан» Р.В. Рузиевым успешно реализует эти важные проекты.

Строительство любого метро, прежде всего, начинается с проекта. Первый практический шаг для строительства Ташкентского метрополитена в 70-х годах прошлого столетия был сделан организацией института «Ташметропроект». На эту организацию, со-



зданную в 1972 году в качестве филиала института «Метрогипротранс», была возложена задача по проектированию метрополитена, тоннелей и различного характера подземных сооружений на территории страны.

В Ташкенте метро строилось с нуля. В Узбекистане не было ни опыта по его строительству, ни научно-технической базы. Все организационные вопросы легли на плечи первого директора института Масара Холмуродовича. Он при содействии руководства республики и города создал команду единомышленников и наладил работу. Также воспитал ряд учеников, заложил основу школе проектирования метро в Узбекистане.

Организация, позднее продолжившая деятельность в качестве ООО «Tashkent metropoekt», разработала проекты ныне имеющихся всех трех линий Ташкентского метрополитена. Также она проектирует мосты, автодорожные тоннели, транспортные перекрестки и другие подземные и наземные сооружения.

В организации осуществляют деятельность высококвалифицированные специалисты с многолетним трудовым опытом. Они хорошо знают все особенности и тонкости сферы, способны решать сложные инженерно-геологические, сейсмические, гидрологические вопросы, это ценные кадры в сфере градостроительства.

При участии ООО «Tashkent metropoekt» были спроектированы первая и вторая очереди Алматинского метрополитена, Бутовская, Строгин-Мининская линии Московского метро, а также осуществлен ряд других международных проектов.

В настоящее время дружный коллектив ООО «Tashkent metropoekt» во главе с председателем правления, в составе таких ведущих специалистов, как главный инженер В. Бенцлер, главный архитектор Т. Нуруллин активно участвует в качестве основного проектировщика второй очереди кольцевой линии метрополитена города Ташкента. Также работает над разработкой проекта остальных линий и концепцией развития Ташкентского метрополитена.

Если обратите взор на более 100-летнюю историю транспорта Ташкента, то станете

свидетелем того, сколько разновидностей транспорта появлялись и исчезали. Однако метро, даже в случае изобретения воздушных транспорта, будет оставаться не теряющим своей значимости общественным транспортом. Поэтому в планах руководства нашего государства всегда самыми актуальными задачами будут оставаться продление линий метро, неуклонное развитие этого вида транспорта. Строительство метро - это непрерывно продолжающийся перспективный долгосрочный процесс. У Ташкентского метрополитена - светлое будущее.

В будущем ожидается, что метро будет немного другим от нынешней своей классической формы. Теперь есть идеи сочетания его с другими видами транспорта. Уже сейчас оно не только в подземный, но и наземный транспорт.

Все более расширяющийся Ташкент с возрастающим населением и машинами сталкивается с проблемой транспортных пробок, которые могут стать серьезной причиной для больших экономических и социальных потерь. Для решения этой проблемы строятся различные мосты, путепроводы, новые дороги, все более преобразуется облик города. Ташкент становится шире и больше. В таких условиях расширение сети метро рассматривается в качестве одного из самых оптимальных путей решения проблемы.

В последние годы в целях расширения дорог, уменьшения автомобильных пробок город отказался от трамвая и троллейбуса. Были демонтированы все трамвайные пути в столице, срезаны троллейбусные провода. Теперь в качестве общественного транспорта остались только автобусы и метро. Это становится причиной повышения нагрузки на них.

«Тошшахарйўловчитранс» путем увеличения автобусных маршрутов, а «Toshkent metropoliteni» - продлением линий метро находят решение этих проблем. Кроме того, в городе также развиваются сети такси. Только метро имеет большое преимущество над автобусами и легковыми автомобилями: это экологически чистый вид транспорта. Тогда как город загрязняется до 70 процен-

тов выхлопными газами от автомобилей, нет необходимости много говорить о значении метро.

В Ташкенте развитие метрополитена осуществляется на основе генерального плана города и генеральной схемы линий метро. А его направления проектируются с учетом территорий населенных пунктов, производственных предприятий, учебных заведений, ведомств, зон отдыха и подобных оживленных мест.

Наряду с продлением линий метро и увеличением станций также становится больше точек их пересечения. Это в свою очередь создает новые удобства, экономит время достижения места назначения, сближает расстояния.

Заключение

Происходящие в последние годы в нашей стране широкомасштабные преобразования, реформы принесли множество новшеств также и в сферу метро выдвинутке Президентом нашей страны Шавкатом Мирзиёевым.

По инициативе Президента уделяется особое внимание дальнейшему развитию сферы транспорта, в том числе, метрополитена. Он подчеркнул, необходимость возведения станций с крытым верхом для создания еще больших удобств для пассажиров.

Список литературы

1. Постановлением Президента Республики Узбекистан от 21 октября 2016 года, за №2638 «О мерах по дальнейшему развитию и повышению эффективности деятельности Ташкентского метрополитена». Ташкент. 2016г.
2. Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах.
3. Приказ председателя правления АО «Ўзбекистан темир йўллари», «Об организации строительной дирекции Ташкентского метрополитена» от 21 ноября 2016 года за №484-1-1. Ташкент. 2016г.
4. И.Х. Норходжаев. «Городской электрический транспорт». изд. «Ўқитувчи» Ташкент. 2011г.
5. Сагатов Г.Т., Бейсакулов Т.Т., Усмонхыжаев Н.М. «Метрополитен электр таъминоти». (1, 2, 3-китоб)Тошкент. 2004 й.
6. Хамидов Н., Турдибеков К.Х., Ахроров Х. «Электр подстанциялар». Тошкент. Фан ва технология. 2006 й.
7. У.Т. Бердиев, Б.Х. Хушбаков, С.Н. Каюмов. "Электр транспортини электр ва электрон курилмалари" Т. "Shams-ASA": 2014 й - 196 б.
8. Адамчук В.В и др. эргономика Москва 1999 г.
9. Перегудов. Л.В, Чернышева Е.М. Человеческие факторы в инженерии и на производстве. Тошкент ТГТУ. 2004г.
10. Гулямов С.С, Перегудов Л.В. основы системного подхода в науке и технике. Тошкент. Молия, 2002г.



УДК (UDC) 656.225.073.235

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ КОНТЕЙНЕРНЫМИ ПОЕЗДАМИ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF CARGO TRANSPORTATION ON CONTAINER TRAINS IN THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN

Камалетдинов Ш.Ш., Шихназаров Ж.А., Азимов Ф.К., Дехконов М.М.
Kamaletdinov Sh.Sh., Shikhnazarov Zh.A., Azimov F.K., Dekhkonov M.M.

Ташкентский государственный транспортный университет (Ташкент, Узбекистан)
Tashkent state transport university (Tashkent, Uzbekistan)

Аннотация. В данной статье приводятся результаты проведенных научных исследований по отправлению и назначению контейнеров, а также перспективы развития контейнерных поездов Республики Узбекистан.

Ключевые слова контейнер, контейнерный поезд, различные виды транспорта, ускоренный контейнерный поезд.

Abstract. This article presents the results of scientific research on the dispatch and destination of containers, as well as the prospects for the development of container trains in the Republic of Uzbekistan.

Keywords: container, container train, various modes of transport, accelerated container train.

Дата принятия к публикации: 10.01.2022
Дата публикации: 20.03.2022

Date of acceptance for publication: 10.01.2022
Date of publication: 20.03.2022

Сведения об авторах:

Камалетдинов Ш.Ш. – к.т.н., доцент кафедры «Организация движения на транспорте», Ташкентского государственного транспортного университета, e-mail: shaxr2107@gmail.com

Шихназаров Ж.А. – аспирант кафедры «Транспортно-грузовые системы», Ташкентского государственного транспортного университета, e-mail: jamol.alisherovich@mail.ru

Азимов Ф.К. – ассистент кафедры «Транспортно-грузовые системы», Ташкентского государственного транспортного университета, e-mail: farruxa@mail.ru

Дехконов М.М. – ассистент кафедры «Транспортно-грузовые системы», Ташкентского государственного транспортного университета

Authors' information:

Kamaletdinov Sh.Sh. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Organization of Traffic in Transport", Tashkent State Transport University, e-mail: shaxr2107@gmail.com

Shikhnazarov Zh.A. – Postgraduate student of the department "Transport and cargo systems", Tashkent State Transport University, e-mail: jamol.alisherovich@mail.ru

Azimov F.K. – assistant of the department "Transport and cargo systems", Tashkent State Transport University, e-mail: farruxa@mail.ru

Dekhkonov M.M. – assistant of the department "Transport and cargo systems", Tashkent State Transport University

В связи развитием экономики в Республике Узбекистан, требования по своевременной и качественной доставке грузов становятся более актуальными. Формирование ускоренных маршрутных контейнерных поездов значительным образом поможет решать задачи организации перевозок грузов. В Узбекистане один из крупных операторов перевозок АО «O'ztemiryo'lkonteyner» занимается организацией перевозок по территории республики ускоренных маршрутных контейнерных поездов. Компания располага-

ет широкой сетью региональных филиалов, расположенных на всей территории Узбекистана, а также имеет совместные предприятия.

Срочная доставка грузов во многом зависит от организации движения поездов на участках железных дорог Узбекистана. До настоящего времени здесь используются установленные планы формирования и расформирования поездов, что приводит к многократной переработке состава и его простоям в ожидании полновесности, а это суще-

ственно замедляет движение поездов к станции назначения [1].

В настоящее время помимо проблем, существующих в системе железнодорожных перевозок, в странах СНГ [1] наблюдается недостаточное развитие инфраструктурных объектов логистики, которые можно было бы использовать для организации хранения, переработки и упаковки штучных грузов, расширения номенклатуры услуг, оказываемых отправителям и получателям грузов.

По показателям 2021 года общее количество отправленных контейнерных поездов составило 973. Этот показатель на 38% больше, прошлогоднего результата. На рис. 1 и 2 видно, что три железнодорожные станции формируют около 80% контейнерных поездов от общего объема.

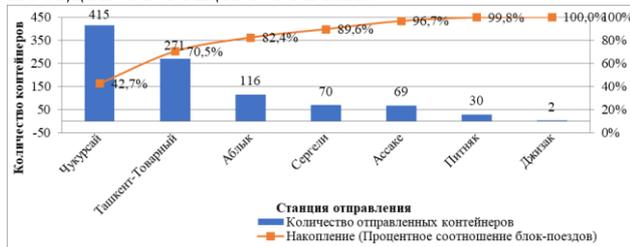


Рис. 1. Диаграмма Парето, иллюстрирующая станции формирования контейнерных поездов за 2021 г

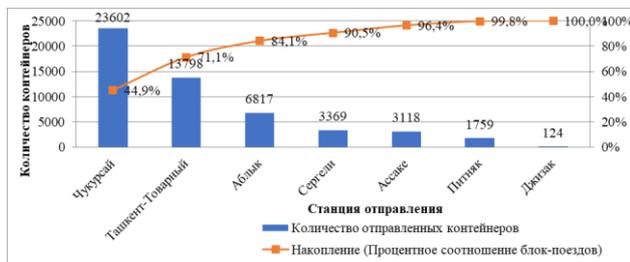


Рис. 2. Диаграмма Парето, иллюстрирующая отправленные контейнеров в грузовых поездах за 2021 г

По станциям назначения контейнерных поездов можно сделать вывод, что поток контейнеров по станциям назначения имеет своеобразный маршрут. В зависимости от объема контейнеров были организованы контейнерные поезда с разных станций Узбекистана на выделенные станции стран назначения. Сопоставив диаграммы рис. 1, 2 и рис. 3, 4 можно определить поезда отправляемые с семи станций Узбекистана на четыре станции принадлежащих зарубежным железным дорогам.



Рис. 3. Количество отправленных контейнерных поездов по станциям назначения

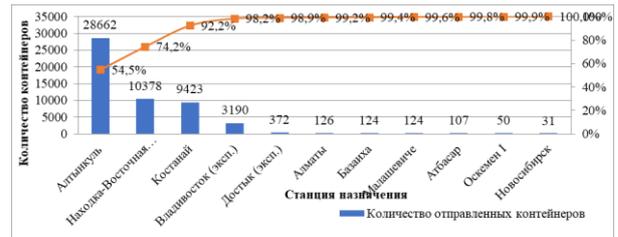


Рис. 4. Диаграмма Парето, иллюстрирующая количество отправленных контейнеров по станциям назначения за 2021 г.

Эффективность организации контейнерных поездов обусловлена сокращением расходов на погрузочно-разгрузочные операции и сложные логистические цепочки. Во время железнодорожных перевозок груз в контейнер загружается один раз и выгружается уже на складе получателя. При этом перевозка может выполняться различными видами транспорта: морским, автомобильным, железнодорожным и другими.

Основными государствами назначения поездов на 2021 год являются Китай, Россия и Казахстан (рис. 5, 6).



Рис. 6. Количество отправленных контейнерных поездов по странам назначения

На рисунке 7 приводится деятельность АО «O'ztemiryo'lkonteyner» за 2021 год



Рис. 7. Количество отправленных контейнеров по странам назначения

Анализ показал очевидность перспектив организации контейнерных поездов. Количество такого рода поездов будет расти с повышением экономического роста государств. Местонахождение Республики Узбекистан само по себе создает благоприятные условия для организации системы контейнерных перевозок. При таких тенденциях роста геополитической и экономической системы необходимо создать благоприятную экосистему, которая будет играть решающую роль при выборе транспортных коридоров. Для создания такой системы необходимо решать несколько задач, которые будут вводить к единой цели. Этими задачами являются:

Список литературы

1. Илесалиев Д.И. Разработка классификации контейнерных терминалов по уровню развития / Д.И. Илесалиев, Ш.Р. Абдувахитов, Г.Р. Ибрагимова, Ф.К. Азимов // Транспорт шёлкового пути. 2020. № 3. С. 49-57.

2. Арипов Н.М. Определение рациональных значений параметров контейнерного депо / Н.М. Арипов, Д.И. Илесалиев, Ф.К. Азимов, Г.Р. Ибрагимова // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2021. № 4. С. 418-431.

3. Арипов Н.М. Исследование и выбор рациональных параметров рефрижераторного контейнерного терминала / Н.М. Арипов, Д.И. Илесалиев, Ж.Р. Кобулов, Ш.Р. Абдувахитов // Инновационный транспорт. 2021. № 3 (41). С. 32-38.

1. Решение проблем с инфраструктурой по формированию контейнерных поездов

2. Создание благоприятных маршрутов учитывающих требования транзитных перевозок в настоящее время и с перспективой на будущее

3. Обеспечение электронного документооборота на пути сообщения по международной передаче данных EDI.

4. Использование современных технических средств, обеспечивающие сохранность грузов и местонахождение грузов в реальном масштабе времени (IOT).

Выполнение вышеуказанных задач непосредственно будет влиять на индекс эффективности логистики (LPI) в Узбекистане. Так как по последним данным «The World Bank» наша страна находится на 117 месте. Правильный выбор приоритетов развития и мобильность технологических схем будут решающими факторами для роста транспортного потенциала Республики Узбекистан.

4. Мерганов А.М. Методика поиска рационального способа размещения барабанов с кабелем в универсальных контейнерах / А.М. Мерганов, Д.И. Илесалиев, Г.Р. Ибрагимова, Ф.К. Азимов // Инновационный транспорт. 2020. № 2 (36). С. 27-32.

5. Азимов Ф.К. Методика расчёта рациональных параметров контейнерного депо / Ф.К. Азимов, Д.И. Илесалиев, А.В. Цыганов // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2021. Т. 11. № 1. С. 41-53.

7. Pesaliev D., Avaz M. Research package efficiency general cargo. International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2019. Т. 9. № 1. С. 6880-6884.

8. Илесалиев Д.И. Определение оптимальных значений параметров погрузочно-разгрузочного участка тарно-штучных грузов / Д.И. Илесалиев // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2015. № 3 (44). С. 55-63.



9. Илесалиев Д.И. Увеличение массы партии грузов за счет рационального выбора транспортной тары / Д.И. Илесалиев // Известия Транссиба. 2018. № 2 (34). С. 21-29.

10. Илесалиев Д.И. Определение оптимальных значений параметров погрузочно-разгрузочного участка тарно-штучных грузов / Д.И. Илесалиев // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2015. № 3 (44). С. 55-63.



УДК (UDC) 656.01

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СИСТЕМЫ ИНТЕРМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ

METHODOLOGY FOR DETERMINING THE RESULTS OF ACTIVITIES OF THE SYSTEM OF INTERMODAL CARGO TRANSPORTATION

Илесалиев Д.И., Азимов Ф.К., Шихназаров Ж.А.
Ilesaliev D.I., Azimov F.K., Shikhnazarov J.A.

Ташкентский государственный транспортный университет (Ташкент, Узбекистан)
Tashkent state transport university (Tashkent, Uzbekistan)

Аннотация. Исследования в данной статье направлены на разработку методики оценки деятельности системы интермодальных перевозок грузов. В рамках исследования разработан алгоритм определения доходов в цепи поставок при случайном спросе.

Ключевые слова: смешанные перевозки, интермодальные перевозки, мультимодальные перевозки, железнодорожный транспорт, автомобильный транспорт, теория запасов

Abstract. The research in this article is aimed at developing a methodology for assessing the performance of the system of intermodal transportation of goods. As part of the study, an algorithm was developed for determining income in the supply chain with random demand.

Keywords: multimodal transport, intermodal transport, multimodal transport, rail transport, road transport, stock theory

Дата принятия к публикации: 06.01.2021
Дата публикации: 22.03.2021

Date of acceptance for publication: 06.01.2021
Date of publication: 22.03.2021

Сведения об авторах:

Илесалиев Д.И. – доктор технических наук, доцент, кафедры «Транспортно-грузовые системы», Ташкентского государственного транспортного университета, e-mail: ilesaliev@mail.ru

Азимов Ф.К. – ассистент, кафедры «Транспортно-грузовые системы», Ташкентского государственного транспортного университета, e-mail: farruxa@mail.ru

Шихназаров Ж.А. – ассистент, кафедры «Транспортно-грузовые системы», Ташкентского государственного транспортного университета, e-mail: jamolalisherovich@mail.ru

Authors' information:

Ilesaliev D.I. – Doctor of Technical Sciences, doцент, department of "Transport and Cargo Systems", Tashkent state transport university, e-mail: ilesaliev@mail.ru

Azimov F.K. – assistant, department of "Transport and Cargo Systems", Tashkent state transport university, e-mail: farruxa@mail.ru

Shikhnazarov J.A. – assistant, department of "Transport and Cargo Systems", Tashkent state transport university, e-mail: jamolalisherovich@mail.ru

Введение

Оценка результата деятельности системы интермодальных перевозок грузов позволяет установить, правильно ли были выбраны технико-технологические решения по структурам, элементам, функционированию, а также взаимодействию системы с внешней средой. Далее представлена методика определения результатов деятельности системы интермодальных перевозок грузов.

Распределение вероятностей спроса приводится в таблице 1, где Q – размер случайного спроса груза, т.; $P(Q)$ – вероятность случайного спроса $\sum P(Q) = 1,00$; $\Phi(Q)$ – интегральная функция распределения случайного спроса.

Распределение вероятностей запасов грузов в терминалах приводится в таблице 2.

Интегральная функция распределения запаса груза на терминале определяется следующим образом:

$$\Phi(Z_i) = \Phi(Z_{i-1}) + P(Z_i), \quad (1)$$

где Z_i – размер запаса грузов на терминале, т.; $P(Z_i)$ – вероятность запаса груза на терминале $\sum P(Z_i) = 1,00$; $\Phi(Z_i)$ – интегральная функция распределения запаса груза на терминале (накопительная вероятность).

Распределение вероятностей запасов груза на терминалах приводится в таблице 3. Где I_i – размер запаса груза на перевалочном складе, т.; $P(S_i)$ – вероятность запаса груза на перевалочном складе $\sum P(S_i) = 1,00$; $\Phi(S_i)$ – интегральная функция распределения запаса груза на перевалочном складе; W – стоимость переработки 1 тонны груза, млн. сум/т.; R – цена 1 тонны груза на рынке, млн. сум/т.; C – стоимость доставки 1 тонны груза, млн. сум/т.

В рамках исследования разработан алгоритм определения доходов в цепи поставок при случайном спросе, которая приведена на рисунке 1.

Блок схема алгоритма определения результатов деятельности системы интермодальных перевозок груза состоит из следующих компонентов:

1 – начало расчетов;

2 – определяется случайное число ξ_1 , равномерно распределенное в интервале $[0, 1]$;

3 – случайное число ξ_1 принимается за вероятность случайного спроса на рынке, и в таблице 1 находится интервал вероятностей, в который попадает случайная величина ξ_1 ;

4 – определяется другое случайное число ξ_2 , равномерно распределенное в интервале $[0, 1]$;

5 – случайное число ξ_2 принимается за вероятность запаса груза на терминалах, и в таблице 2 находится интервал вероятностей, в который попадает случайная величина ξ_2 ;

6 – величина запаса груза на терминале Z_i сравнивается с величиной случайного спроса на товар Q ;

7 – если $Z_i \geq Q$, то запаса груза на транспорте достаточно, чтобы удовлетворить случайный спрос, и определяется получаемый доход от продажи всего товара:

$$D = Q \cdot R, \text{ млн. сум} \quad (2)$$

8 – если $Z_i < Q$, то запаса груза на терминале не достаточно, чтобы удовлетворить случайный спрос на товар, но сначала опре-

деляется доход от отправки груза Z_i , который имеется на терминале:

$$D = Z_i \cdot R, \text{ млн. сум} \quad (3)$$

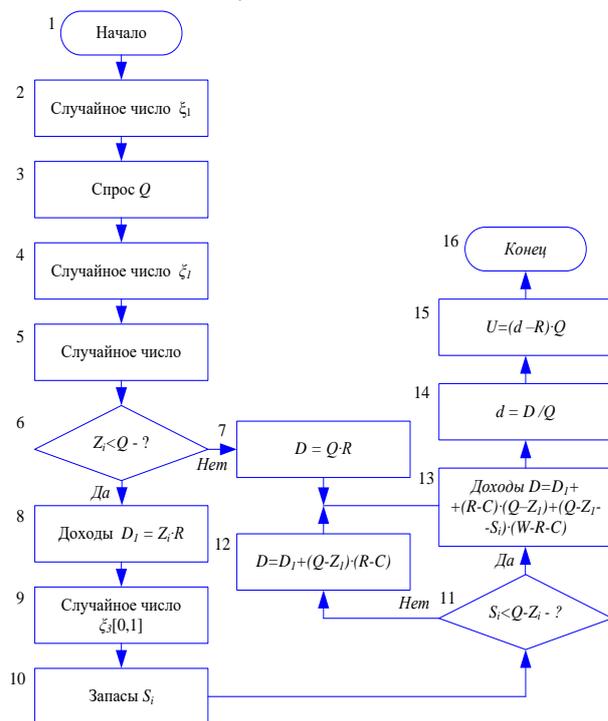


Рис. 1 – Алгоритм определения результатов деятельности системы интермодальных перевозок груза

9 – для удовлетворения спроса на недостающее количество товара $Q - Z_i$ приходится обращаться на оптовый торговый склад для получения дополнительного товара. При этом проверяется, имеется ли на перевалочном складе достаточное количество груза, для этого определяется случайное число ξ_3 , равномерно распределенное в интервале $[0, 1]$;

10 – случайное число ξ_3 принимается за вероятность запаса груза на терминале, и в таблице 3 находится интервал вероятностей, в который попадает случайная величина ξ_3 ;

11 – требуемое дополнительное количество груза на терминале: $Q - Z_i$ сравнивается с имеющимся запасом груза на терминале S_i ;

12 – если $S_i \geq Q - Z_i$, то спрос может быть полностью удовлетворен за счет дополнительного груза из терминала и получаемый доход от доставки до потребителей всего груза определяется по формуле:

$$D = D_1 + (Q - Z_i) \cdot (R - C) \quad (4)$$

13 – если $S_i < Q - Z_i$, то это значит, что груз на терминале тоже не достаточно, чтобы

удовлетворить возникший случайный спрос полностью. В этом случае дополнительный заказ на поставку груза в количестве $Q - Z_i - S_i$ направляется на промышленное предприятие-изготовитель товара, и тогда общий доход от продажи товара на все запрошенное количество груза рассчитывается по формуле:

$$D = D_1 + (R - C) \cdot (Q - Z_i) + (Q - Z_i - S_i) \cdot (W - R - C) \quad (5)$$

14 – для общей оценки эффективности сделки по продаже груза при случайном спросе определяется удельный доход от продажи одной тонны груза:

$$d = \frac{D}{Q} \quad (6)$$

15 – определяется возможный убыток при продаже товара в условиях случайного спроса $U = (d - R) \cdot Q$. Он, может быть, равняться 0 или быть отрицательным;

16 – конец расчетов.

Разработанный алгоритм определения результатов деятельности системы интермодальных перевозок груза позволит скорректировать систему для выведения ее на рациональный режим функционирования. Система интермодальных перевозок грузов может быть использована для создания эффективных систем перевозок и углубленного исследования с целью их дальнейшего совершенствования.

Таблица 1

Распределение вероятностей спроса (потребности рынка)								
Q_i , тонна	Q_1	Q_2	...	Q_{i-1}	Q_i	Q_{i+1}	...	Q_m
$P_i(Q_i)$	$P(Q_1)$	$P(Q_2)$	...	$P(Q_{i-1})$	$P(Q_i)$	$P(Q_{i+1})$	...	$P(Q_m)$
$\Phi_i(Q_i)$	$\Phi(Q_1)$	$\Phi(Q_2)$	...	$\Phi(Q_{i-1})$	$\Phi(Q_i)$	$\Phi(Q_{i+1})$	...	1,0

Таблица 2

Распределение вероятностей запасов грузов в терминалах								
Z_i , тонна	Z_1	Z_2	...	Z_{i-1}	Z_i	Z_{i+1}	...	Z_m
$P(Z_i)$	$P(Z_1)$	$P(Z_2)$	...	$P(Z_{i-1})$	$P(Z_i)$	$P(Z_{i+1})$	...	$P(Z_m)$
$\Phi(Z_i)$	$\Phi(Z_1)$	$\Phi(Z_2)$	...	$\Phi(Z_{i-1})$	$\Phi(Z_i)$	$\Phi(Z_{i+1})$	...	1,0

Таблица 3

Распределение вероятностей запасов груза на терминалах								
S_i , тонна	S_1	S_2	...	S_{i-1}	S_i	S_{i+1}	...	S_m
$P(S_i)$	$P(S_1)$	$P(S_2)$	...	$P(S_{i-1})$	$P(S_i)$	$P(S_{i+1})$	...	$P(S_m)$
$\Phi(S_i)$	$\Phi(S_1)$	$\Phi(S_2)$	...	$\Phi(S_{i-1})$	$\Phi(S_i)$	$\Phi(S_{i+1})$	...	1,0

Список литературы

1. Илесалиев Д.И. Влияние расположения проходов между стеллажами на показатели работы склада водного транспорта / Д.И. Илесалиев, Е.К. Коровяковский // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2015. № 6 (34). С. 52-59.

2. Илесалиев Д.И. Обоснование метода переработки тарно-штучных грузов на перевалочных складах в цепях поставок. Ав-

5. Илесалиев Д.И. Использование различных схем расположения проходов склада тарно-штучных грузов / Д.И. Илесалиев // В сборнике: Логистика: современные тенденции развития. Материалы XIV Международной научно-практической конференции. 2015. С. 174-176.

6. Pesaliev D., Avaz M. Research package efficiency general cargo. International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2019. Т. 9. № 1. С. 6880-6884.

7. Илесалиев Д.И. Определение опти-



тореферат дис. ... кандидата технических наук / Петерб. гос. ун-т путей сообщ. Императора Александра I. Санкт-Петербург, 2016

3. Илесалиев Д.И. К вопросу о схеме размещения стеллажей на складе / Д.И. Илесалиев // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2017. № 1. С. 99-106.

4. Илесалиев Д.И. Определение оптимальных параметров погрузочно-разгрузочного участка с помощью математических методов / Д.И. Илесалиев // В сборнике: Транспорт: проблемы, идеи, перспективы. Сборник трудов LXXV юбилейной Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2015. С. 227-233.

мальных значений параметров погрузочно-разгрузочного участка тарно-штучных грузов / Д.И. Илесалиев // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2015. № 3 (44). С. 55-63.

8. Илесалиев Д.И. Увеличение массы партии грузов за счет рационального выбора транспортной тары / Д.И. Илесалиев // Известия Транссиба. 2018. № 2 (34). С. 21-29.

9. Ilesaliev D.I., Abduvakhitov S.R., Ismatullaev A.F., Makhmatkulov S.G. Research of the main storage area of the container terminal. International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2019. Т. 9. № 1. С. 4625-4630.



УДК (UDC) 656.01

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ИНТЕРМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

FEATURES OF FUNCTIONING INTERMODAL TRANSPORT SYSTEMS

Илесалиев Д.И., Азимов Ф.К., Шихназаров Ж.А.
Ilesaliev D.I., Azimov F.K., Shikhnazarov J.A.

Ташкентский государственный транспортный университет (Ташкент, Узбекистан)
Tashkent state transport university (Tashkent, Uzbekistan)

Аннотация. В статье приведены различные схемы интермодальной перевозки насыпных грузов в зависимости от условия перевозки. Исследованы особенности функционирования цепи поставок насыпных грузов.

Ключевые слова: Интермодальные перевозки, железнодорожные перевозки, автомобильные перевозки, перегрузочные операции

Abstract. The article presents various schemes for intermodal transportation of bulk cargo, depending on the conditions of transportation. The features of the functioning of the bulk cargo supply chain have been studied.

Keywords: Intermodal transport, rail transport, road transport, transshipment operations

Дата принятия к публикации: 15.12.2021
Дата публикации: 25.03.2022

Date of acceptance for publication: 15.12.2021
Date of publication: 25.03.2022

Сведения об авторах:

Илесалиев Д.И. – доктор технических наук, доцент, кафедры «Транспортно-грузовые системы», Ташкентского государственного транспортного университета, e-mail: ilesaliev@mail.ru

Азимов Ф.К. – ассистент, кафедры «Транспортно-грузовые системы», Ташкентского государственного транспортного университета, e-mail: farruxa@mail.ru

Шихназаров Ж.А. – ассистент, кафедры «Транспортно-грузовые системы», Ташкентского государственного транспортного университета, e-mail: jamolalisherovich@mail.ru

Authors' information:

Ilesaliev D.I. – Doctor of Technical Sciences, doцент, department of "Transport and Cargo Systems", Tashkent state transport university, e-mail: ilesaliev@mail.ru

Azimov F.K. – assistant, department of "Transport and Cargo Systems", Tashkent state transport university, e-mail: farruxa@mail.ru

Shikhnazarov J.A. – assistant, department of "Transport and Cargo Systems", Tashkent state transport university, e-mail: jamolalisherovich@mail.ru

Введение

Работа системы интермодальных перевозок насыпных грузов основывается на выбранных элементах и структуре данной системы и направлена на достижение поставленной цели – своевременной доставки насыпных грузов. Основные направления деятельности системы интермодальных перевозок насыпных грузов могут быть следующие:

- координация всех видов транспорта на перевалочных и транспортных узлах на основе единой технологии доставки насыпных грузов;

- рационализация работы подъемно-транспортных и погрузочно-разгрузочных машин при доставке насыпных грузов;

- информационно-логистическое сопровождение на всем пути цепи поставок;

- совершенствование технологии и организации работ грузовых терминалов и перевалочных терминалов;

- контейнеризация насыпных грузов по заявкам поставщиков насыпных грузов, грузовладельцев, грузоотправителей, грузополучателей, транспортно-экспедиторских, железнодорожных, автотранспортных и других транспортных компаний;

- оказание консультационных услуг грузоотправителям по доставке насыпных грузов во внутригосударственном и в международном сообщении, а также определение их технической и экономической целесообразности и др.

На рис. 1 приводится схема интермодальной перевозки насыпных грузов, предварительно затаренных в мешки. Преимущество данной интермодальной технологии заключается в отсутствии дополнительных расходов на средства пакетирования и обеспечивает более плотную загрузку, чем перевозки укрупненными единицами.

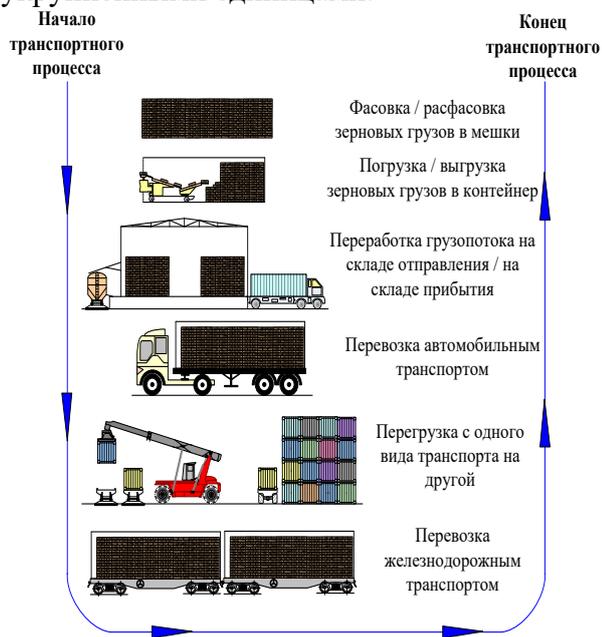


Рис. 1 – Схема интермодальной перевозки насыпных грузов предварительно затаренных в мешки

Рассмотрим интермодальные технологии перевозки насыпных грузов в транспортных пакетах, сформированных из мешков (см. рис. 2). Преимущества такой доставки заключается в высоком уровне механизации. Применение пакетных перевозок насыпных грузов обеспечивает минимальные простои транспортных средств под грузовыми операциями в начальных и конечных напольных складах насыпных грузов.



Рис. 2 – Схема интермодальной перевозки насыпных грузов в транспортных пакетах

На рис. 3 приводятся интермодальные технологии перевозки насыпных грузов в мягких контейнерах (биг-бег). Перевозка в биг-бегах повышает эффективность перегрузочных работ с учётом невысокой стоимости транспортной тары.

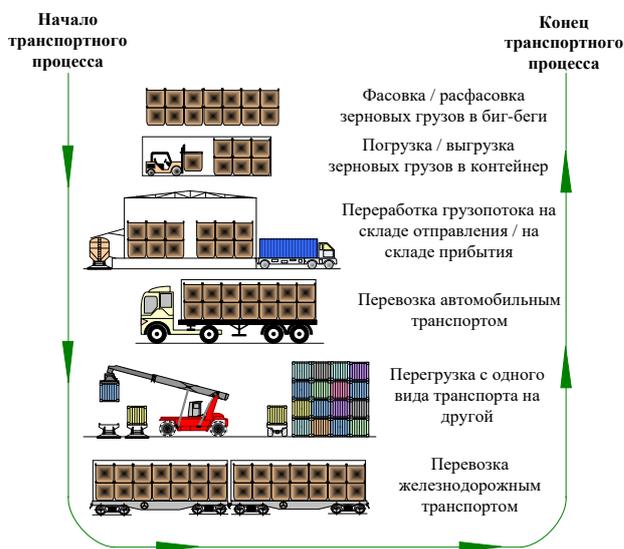


Рис. 3 – Схема интермодальной перевозки насыпных грузов предварительно затаренных в биг-беги

Основные недостатки существующих технологий доставки насыпных грузов в контейнерах заключаются в неэффективном использовании грузоподъёмности и вместимости универсальных контейнеров.

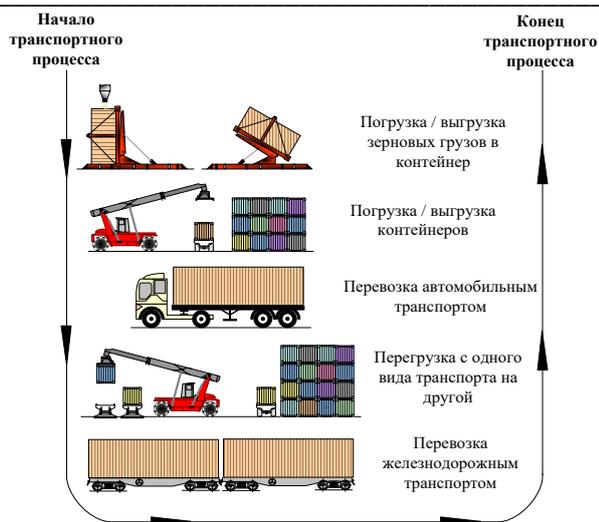


Рис. 4 – Схема интермодальной перевозки насыпных грузов в контейнерах, насыпью (железнодорожным и автомобильным транспортом)

На рисунках 4 - 6 приводятся схемы интермодальных перевозок насыпных грузов насыпью

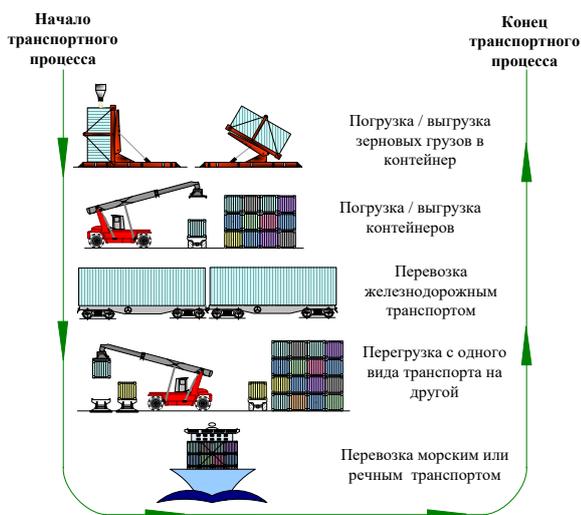


Рис. 5 – Схема интермодальной перевозки насыпных грузов в контейнерах, насыпью (железнодорожным и водным транспортом)

Преимущество интермодальных технологий перевозки насыпных грузов насыпью заключается в эффективном использовании внутреннего объема универсального контейнера.



Рис. 6 – Схема интермодальной перевозки насыпных грузов в контейнерах, насыпью (автомобильным и водным транспортом)

В процессе воздействия других сложных систем на систему интермодальных перевозок насыпных грузов, выражающихся в передаче грузопотока насыпных грузов с одного элемента на другой, то есть система переходит с одного состояния в другие.

2. Исследования особенностей функционирования цепи поставок насыпных грузов

Изменения состояний связаны с выполнением в элементах определённых работ, преобразовывая грузопотоки:

– группа параметров прибытия:

$$Q_{\text{приб}} \left\{ \begin{matrix} a_1, a_2, \dots, a_k, \dots, a_{n-1}, a_n \\ b_1, b_2, \dots, b_k, \dots, b_{n-1}, b_n \end{matrix} \right\} \quad (1)$$

– группа параметров отправления:

$$Q_{\text{отпр}} \left\{ \begin{matrix} c_1, c_2, \dots, c_k, \dots, c_{n-1}, c_n \\ d_1, d_2, \dots, d_k, \dots, d_{n-1}, d_n \end{matrix} \right\} \quad (2)$$

где a_1, a_2, \dots, a_n – группа параметров грузопотоков прибытия, т/год; c_1, c_2, \dots, c_n – группа параметров грузопотоков отправления, т/год; b_1, b_2, \dots, b_n – группа экономических параметров прибытия, т/млн. сум; d_1, d_2, \dots, d_n – группа экономических параметров отправления, т/млн. сум;

Изменения состояний системы, т.е. переход из одного состояния в другое происходит случайно. В связи с этим, функционирование системы интермодальных перевозок насыпных грузов можно рассматривать как

развивающий случайный процесс. В соответствии с теорией «Марковских случайных процессов», систему интермодальных перевозок насыпных грузов можно рассматривать как физическую систему W , состояние которой меняется в течении времени $W=W(t)$. Состояние системы можно представить в виде вытянутой в одну цепь, в которой каждое состояние связано с прямой (информационный и грузовой поток насыпных грузов) и обратной связью (контроль осуществленного грузопотока) на основе «процесса гибели и размножения» Марковских непрерывных цепей.

Для случайного процесса гибели и размножения системы интермодальных перевозок насыпных грузов с графом состояний стоящие друг за другом элементы системы равны между собой:

$$\lambda_{k-1,k} p_{k-1} = \lambda_{k,k-1} p_k, \quad (1)$$

где k принимает значения от 2 до n ; p_1, p_2, \dots, p_n – вероятности состояний; λ_i – плотность вероятности переходов.

Общее уравнения выглядит следующим образом:

$$p_k = \frac{\lambda_{k-1,k} \lambda_{k-2,k-1} \dots \lambda_{12}}{\lambda_{k,k-1} \lambda_{k-1,k-2} \dots \lambda_{21}} p_1 \quad (2)$$

Следует иметь ввиду, что $p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n = 1$. Вероятности $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ выражены через p_1 :

Список литературы

1. Илесалиев Д.И. Влияние расположения проходов между стеллажами на показатели работы склада водного транспорта / Д.И. Илесалиев, Е.К. Коровяковский // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2015. № 6 (34). С. 52-59.
2. Илесалиев Д.И. Обоснование метода переработки тарно-штучных грузов на перевалочных складах в цепях поставок. Автореферат дис. ... кандидата технических наук / Петерб. гос. ун-т путей сообщ. Императора Александра I. Санкт-Петербург, 2016

$$p_1 + \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{21}} p_1 + \frac{\lambda_{23} \lambda_{12}}{\lambda_{32} \lambda_{21}} p_1 + \dots + \frac{\lambda_{k-1,k} \lambda_{k-2,k-1} \dots \lambda_{12}}{\lambda_{k,k-1} \lambda_{k-1,k-2} \dots \lambda_{21}} p_1 + \dots + \frac{\lambda_{n-1,n} \lambda_{n-2,n-1} \dots \lambda_{12}}{\lambda_{n,n-1} \lambda_{n-1,n-2} \dots \lambda_{21}} p_1 = 1 \quad (3)$$

отсюда

$$p_1 = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{21}} + \frac{\lambda_{23} \lambda_{12}}{\lambda_{32} \lambda_{21}} + \dots + \frac{\lambda_{k-1,k} \lambda_{k-2,k-1} \dots \lambda_{12}}{\lambda_{k,k-1} \lambda_{k-1,k-2} \dots \lambda_{21}} + \dots + \frac{\lambda_{n-1,n} \lambda_{n-2,n-1} \dots \lambda_{12}}{\lambda_{n,n-1} \lambda_{n-1,n-2} \dots \lambda_{21}}}, \quad (4)$$

Следующие вероятности выражаются через p_1 :

$$\left. \begin{aligned} p_2 &= \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{21}} p_1, \\ p_3 &= \frac{\lambda_{23} \lambda_{12}}{\lambda_{32} \lambda_{21}} p_1, \\ \dots \\ p_k &= \frac{\lambda_{k-1,k} \lambda_{k-2,k-1} \dots \lambda_{12}}{\lambda_{k,k-1} \lambda_{k-1,k-2} \dots \lambda_{21}} p_1, \\ \dots \\ p_n &= \frac{\lambda_{n-1,n} \lambda_{n-2,n-1} \dots \lambda_{12}}{\lambda_{n,n-1} \lambda_{n-1,n-2} \dots \lambda_{21}} p_1 \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

Система 5 «гибели и размножения» решена в общем в виде.

Вероятность состояний и переходов системы интермодальных перевозок насыпных грузов позволит выработать способы прогнозирования возможных состояний и переходов из одного состояния в другие, что может быть использовано при организации интермодальных перевозок.

3. Илесалиев Д.И. К вопросу о схеме размещения стеллажей на складе / Д.И. Илесалиев // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2017. № 1. С. 99-106.
4. Илесалиев Д.И. Определение оптимальных параметров погрузочно-разгрузочного участка с помощью математических методов / Д.И. Илесалиев // В сборнике: Транспорт: проблемы, идеи, перспективы. Сборник трудов LXXXV юбилейной Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2015. С. 227-233.



5. Илесалиев Д.И. Использование различных схем расположения проходов склада тарно-штучных грузов /Д.И. Илесалиев // В сборнике: Логистика: современные тенденции развития. Материалы XIV Международной научно-практической конференции. 2015. С. 174-176.

6. Pesaliev D., Avaz M. Research package efficiency general cargo. International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2019. Т. 9. № 1. С. 6880-6884.

7. Илесалиев Д.И. Определение оптимальных значений параметров погрузочно-разгрузочного участка тарно-штучных грузов / Д.И. Илесалиев //Известия Петербургского университета путей сообщения. 2015. № 3 (44). С. 55-63.

8. Илесалиев Д.И. Увеличение массы партии грузов за счет рационального выбора транспортной тары / Д.И. Илесалиев // Известия Транссиба. 2018. № 2 (34). С. 21-29.

9. Pesaliev D.I., Abduvakhitov S.R., Ismatullaev A.F., Makhmatkulov S.G. Research of the main storage area of the container terminal. International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2019. Т. 9. № 1. С. 4625-4630.

10. Илесалиев Д.И. Рекомендации по организации и управлению складом от А до Z / Д.И. Илесалиев // Логистика 2018. № 1 (134). С. 18-20.

11. Илесалиев Д.И. Рациональное использование грузоподъемности и вместимости крытых вагонов при перевозке тарно-упаковочных грузов / Д.И. Илесалиев // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2018. № 2. С. 232-238.

УДК (UDC) 656.225.073.433

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОЙ РАБОТЫ СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ**DETERMINATION OF SUSTAINABLE OPERATION OF A GRADING PLANT**Сатторов С.Б.¹, Котенко А.Г.²
Sattorov S.B.¹, Kotenko A.G.²¹ – Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (Санкт-Петербург, Российская Федерация)² – Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук (Санкт-Петербург, Российская Федерация)¹ – Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (St. Petersburg, Russian Federation)² – Institute for Transport Problems named after NS. Solomenko of the Russian Academy of Sciences (St. Petersburg, Russian Federation)

Аннотация. Цель: рассматривается подход к решению задачи по определению условий устойчивой работы сортировочных станций для оценки качества технологии переработки на ней вагонопотока. Это необходимо для того, чтобы эффективно использовать пропускную и перерабатывающую способности сортировочной станции. Данный подход к решению задачи включает в себя анализ свободности путей в парках сортировочной станции. Методы: Решение исследуемой задачи основано на использовании общенаучных подходов, аппарата теории вероятностей и теории нечетких множеств. Результаты: Исходя из плана формирования поездов, на СС принимается поезд на расформирование, с вагонами с более двух назначений ($G \geq 2$). Анализ показывает, наличие 2 групп в поездах является маловероятным. Исходя из этого, в сортировочной системе с учетом резервирования должно быть свободно не менее трех путей, при свободности путей в ПП и ПО должны быть полностью освобождены, а пути в СП могут быть частично свободными. Практическая значимость: Эффективность определяется функционированием сортировочных устройств железнодорожных станций и при недостаточной мощности их оказывает, негативное влияние на себестоимость перевозок. Основное условие устойчивости работы СС является то, что выходящий поток должен быть равен к входящему потоку, но это условие на практике не дает общую картину. Предложено определение необходимого количества требуемых путей для устойчивой работы сортировочной системы.

Ключевые слова: сортировочная станция, путевое развитие, план формирования, вагонопоток, сортировочная система.

Abstract. Purpose: an approach to solving the problem of determining the conditions for the stable operation of marshalling yards to assess the quality of the technology for processing the car traffic at it is considered. This is necessary in order to effectively use the throughput and processing capacity of the marshalling yard. This approach to solving the problem includes an analysis of the availability of tracks in the marshalling yard parks. Methods: The solution of the problem under study is based on the use of general scientific approaches, the apparatus of probability theory and the theory of fuzzy sets. Results: Based on the plan for the formation of trains, the SS accepts trains for disbandment, with cars from more than two destinations ($G \geq 2$). The analysis shows that the presence of 2 groups in the trains is unlikely. Based on this, in the sorting system, taking into account redundancy, at least three tracks should be free, if the tracks in the CP and PO are free, they should be completely free, and the tracks in the SP may be partially free. Practical significance: Efficiency is determined by the functioning of the sorting devices of railway stations and, if they are not powerful enough, it has a negative impact on the cost of transportation. The main condition for the stability of the work of the SS is that the outgoing stream must be equal to the incoming stream, but this condition does not give a general picture in practice. The definition of the required number of required paths for the stable operation of the sorting system is proposed.

Keywords: marshalling yard, track development, formation plan, car flow, marshalling system.

Дата принятия к публикации: 20.01.2022
Дата публикации: 25.03.2022

Date of acceptance for publication: 20.01.2022
Date of publication: 25.03.2022

Сведения об авторах:

Сатторов Самандар Бахтиёрович – аспирант, Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I, *e-mail*: sattorovsamandar100@gmail.com

Котенко Алексей Геннадьевич – д.т.н., профессор, Института проблем транспорта им. Н.С. Соколова Российской академии наук, *e-mail*: algenko@gmail.com

Authors' information:

Sattorov Samandar Bakhtiyorovich - postgraduate student, St. Petersburg State University of Railways of Emperor Alexander I, *e-mail*: sattorovsamandar100@gmail.com

Kotenko Aleksey Gennadievich - Doctor of Technical Sciences, Professor, Institute of Transport Problems named after NS. Solomenko of the Russian Academy of Sciences, *e-mail*: algenko@gmail.com

Введение

Эффективность перевозочного процесса во многом определяется функционированием сортировочных устройств железнодорожных станций. В современных условиях только ритмичная работа технологических линий сортировочных систем дает возможность обеспечить выполнение нормативных простоев вагонов при возрастающем объеме грузоперевозок. Достичь этого можно за счет совершенствования технологии и технического оснащения системы, а также использования их резервов. Сортировочная система предназначена для массового расформирования и формирования составов [1, 2]. Однако при недостаточной мощности сортировочных устройств, неэффективной организации обработки и продвижения вагонопотоков и неравномерности их поступления по направлениям движения возникают значительные межстанционные простои, которые приводят к увеличению оборота вагонов, снижению перерабатывающей способности железнодорожных станций, что оказывает, негативное влияние на себестоимость перевозок [2, 3].

Условия работы сортировочных системы на каждый момент времени характеризуется режимом работы станции, своевременным отправлением готовых составов, равномерным подводом поездов и объемам переработки [4,5].

Одной из актуальных проблем является разработка методов математического моделирования работы сортировочных устройств с целью анализа эффективности, устойчивости и надежности их функционирования при действии случайных факторов [6,7].

1. Постановка задачи

Сортировочная станция СС состоит из парка приема ПП, сортировочного парка СП и парка отправления ПО (рис.1) – сортировочная система [9,10].

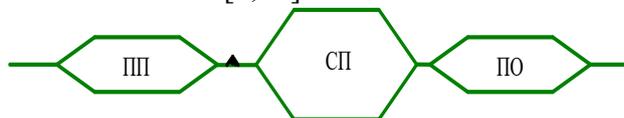


Рис.1. Схема сортировочной системы

Основное условие устойчивости работы СС (рис. 2) является то, что выходящий поток должен быть равен к входящему потоку:

$$n_{\text{отп}} = n_{\text{пр}} ,$$
$$n_{\text{отп}} = N_n^{\text{omn}} n_c^{\text{omn}} \text{ и } n_{\text{пр}} = N_n^{\text{np}} n_c^{\text{np}} ,$$

где $n_{\text{отп}}$, $n_{\text{пр}}$ – общее количество отправляемых и прибывающих вагонов, ваг.; N_n^{omn} , N_n^{np} – количество отправляемых и прибывающих поездов на СС, поезд; n_c^{omn} , n_c^{np} – количество вагонов в составе отправляемых и прибывающих поездов, ваг.



Рис.2. – Схема сортировочной системы

Если отправляемые поезда меньше, чем прибывающие поезда $N_n^{\text{omn}} < N_n^{\text{np}}$, тогда состав отправляемых поездов должен быть длиннее, чем состав прибывающих поездов $n_c^{\text{omn}} > n_c^{\text{np}}$.

Но это условие не обеспечивает устойчивости работы сортировочной системы, на практике устойчивость определяется в основном по наличности свободности путей. В таком случае нужно найти необходимое ко-

личество требуемых путей для устойчивой работы сортировочной системы.

Проблема определения потребного путевого развития, а следовательно, и перерабатывающей способности станции является актуальной для всех этапов развития станции [11]. Недостаток приемоотправочных путей приводит к задержкам поездов на подходах к станции или непроизводительному простоям на близлежащих отдельных пунктах [12].

Количество путей в парках рассчитывается согласно инструкции по проектированию станций и узлов на железных дорогах. ПП состоит из $m_{пп}$ путей, СП из $m_{сп}$ путей, и ПО из $m_{по}$ путей.

В ПП принимается поезд на расформирования с интервалом прибытия $I_{пр}$ на свободный путь $m_{пп}^c$. Пути в ПП могут быть заняты $m_{пп}^3$ и свободными $m_{пп}^c$:

$$m_{пп} = m_{пп}^c + m_{пп}^3, \text{ путей} \quad (1)$$

Поезд в ПП находится $t_{пп}$ времени, которое исчисляется суммированием ожидания технического обслуживания $t_{то}^{ож}$, длительности технического обслуживания $t_{то}$ и ожидание расформирования $t_{рас}^{ож}$:

$$t_{пп} = t_{то}^{ож} + t_{то} + t_{рас}^{ож}, \text{ мин} \quad (2)$$

В поездах, прибывших на расформирование, имеются вагоны разных назначений. Исходя из плана формирования поездов, точного количества вагонов каждого назначения и особенностей технологии работы станции устанавливается число назначений $G = \{A, B, B, G, \dots\}$. В ПП принимается поезд на расформирование, с вагонами с более двух назначений ($G \geq 2$), так как при $G = 1$ поезд считается транзитным без переработки и принимается в транзитный парк (ТП) СС.

Число сортировочных путей $m_{сп}$ устанавливаются в зависимости от числа назначений G . В СП накапливаются вагоны прошедшие сортировку через сортировочную горку (СГ), продолжительность $t_{нак}$ которой зависит от мощности вагонопотока данного назначения и размеров формируемого состава. Пути в СП могут быть свободными или частично свободными $m_{сп}^{чс}(l)$, в зависимости от числа

вагонов, находящиеся на путях и полностью занятыми вагонами $m_{сп}^{нз}$, ожидающие перестановки в ПО:

$$m_{сп} = m_{сп}^{чс}(l) + m_{сп}^{нз}, \text{ путей} \quad (3)$$

В ПО переставляются из СП поезда своего формирования, с которыми простаивают $t_{по}$ в ожидании обработки $t_{обр}^{ож}$, длительность обработки по отправлению $t_{обр}^{отп}$, ожидание прицепки поезда локомотива $t_{лок}^{ож}$ и ожидание отправления $t_{от}^{ож}$.

$$t_{по} = t_{обр}^{ож} + t_{обр}^{отп} + t_{лок}^{ож} + t_{от}^{ож}, \text{ мин} \quad (4)$$

Отправляются поезда из ПО с интервалом $I_{от}$. Пути в ПО могут быть заняты $m_{по}^3$ и свободными $m_{по}^c$:

$$m_{по} = m_{по}^c + m_{по}^3, \text{ путей.}$$

2. Решение задачи

При занятости всех путей в СС $m_{пп} = m_{пп}^3$, $m_{сп} = m_{сп}^{нз}$ и $m_{по} = m_{по}^3$ если отправить поезд из ПО и переставить на этот свободный путь состав из СП, освободить путь в ПП (надвиг на горку) невозможен, так как число назначений $G \geq 2$ в поезде (рис.3).

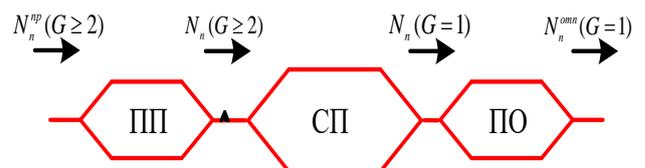


Рис.3. Схема потока вагонов в сортировочной системе

Анализ показывает, что любое запланированное событие в сортировочной системе можно рассматривать, как совершаемое с определенной вероятностью или имеющее вероятностные параметры (количественные, качественные, временные и др.).

Вероятность $P(A)$ состояния прибывших поездов из g -групп при G число назначений установленной для сортировочной системы выражается следующей формулой:

$$P(A) = \frac{\binom{G+g-1}{g}}{\binom{G+G-1}{G} - G}, \quad (5)$$

где $\binom{G+g-1}{G}, \binom{G+G-1}{G}$ - биноми-

нальные коэффициенты.

Как видно из рис. 2 наличие 2 групп в поездах является маловероятным.

Исходя из этого, в сортировочной системе с учетом резервирования должно быть свободно m_{cc}^c не менее трех путей:

$$m_{cc}^c = m_{пп}^c + \sum m_{сн}^{чс}(l) + m_{но}^c \geq 3, \quad (6)$$

где, при свободности путей в ПП и ПО должны быть полностью освобождены ($m_{пп}^c = \{1, 2, 3, \dots, m_{пп}^c\}$ и $m_{но}^c = \{1, 2, 3, \dots, m_{но}^c\}$), а пути СП $\sum m_{сн}^{чс}(l)$ могут быть частично свободными.

Заключение

Эффективность определяется функционированием сортировочных устройств железнодорожных станций и при недостаточной мощности их оказывает, негативное влияние на себестоимость перевозок. Основное условие устойчивости работы СС является то, что выходящий поток должен быть равен к входящему потоку, но это условие на практике не дает общую картину. Предложено

Список литературы

1. Сатторов С. Б. Вопросы развития железнодорожной линии Ахангаран – Тукимачи – Сырдарьинская / С. Б. Сатторов, А. Г. Котенко, В. Л. Белозеров // Известия Петербургского университета путей сообщения. – СПб.: ПГУПС, 2019. – Т. 16, вып. 3. – С. 439–449.

2. Сатторов С. Б. Проблемы организации ускоренных грузовых перевозок в условиях увеличения транзитных грузопотоков на железных дорогах Республики Узбекистан / С. Б. Сатторов, А. Г. Котенко // Бюллетень результатов научных исследований. – СПб, 2019. – № 2 – С. 7–18

определение необходимое количество требуемых путей для устойчивой работы сортировочной системы.

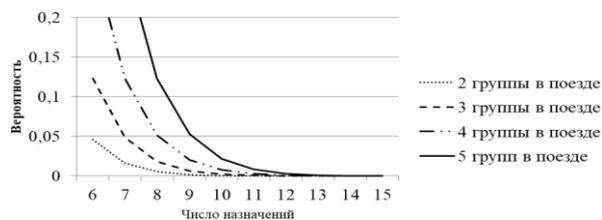


Рис. 4. – Вероятность чисел групп в прибывших поездах

Исходя из плана формирования поездов, на СС принимается поезда на расформирование, с вагонами с более двух назначений ($G \geq 2$). Анализ показывает, наличие 2 групп в поездах является маловероятным. Исходя из этого, в сортировочной системе с учетом резервирования должно быть свободно не менее трех путей, при свободности путей в ПП и ПО должны быть полностью освобождены, а пути в СП могут быть частично свободными.

Таким образом, можно сделать вывод, что применение комплексных мер, основанных на возможных изменениях в технологии работы станции и не требующих дополнительных денежных вложений, могут значительно улучшить ситуацию, складывающуюся на станции, снизить простой вагонов и повысить надежность выполнения установленных сроков доставки грузов.

3. Котенко А. Г. Оценка качества переработки вагонопотока в условиях неравномерности прибытия поездов на сортировочную станцию / А. Г. Котенко, В. В. Соляник // Известия Петербургского университета путей сообщения. – СПб.: ПГУПС, 2020. – Т. 17. – Вып. 3. – С. 397–406. DOI: 10.20295/1815-588X-2020-3-397-406

4. Жарков М.Л. Моделирование сортировочных станций железнодорожной сети методами теорий массового обслуживания / М.Л. Жарков, М.М. Пavidис // Надежность. – М., 2021. – Т. 21. – № 3. – С. 27–34



5. Лемперт . А. А. Моделирование зарубежных сортировочных станций на основе теории массового обслуживания / А.А. Лемперт, М.М. Павидис, М.Л. Жарков // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – Екатеринбург, 2019. – Вып. 3.(43) – С. 24–32
6. Александрова Н.Б. Совершенствование сортировочной работы станции И / Н. Б. Александрова, Н. А. Граматунова, В. А. Леонтьева // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – Донецк, 2018. – Вып. 51 – С. 59–65
7. Семенцова Т. М. Оптимизация процесса работы сортировочных станций / Т. М. Семенцова , И. А. Степанова // Альманах мировой науки. – М., 2019. – №10(36) – С. 13–16
8. Железнодорожные станции и узлы: Учеб. пособие для студ. учреждений сред проф. Образования / Ю. И. Ефименко, В. С. Суходоев и др. // Под ред. Ю. И Ефименко. – М.: Издательский цент «Академия», 2006. – 336 с.
9. Казаков А. Л. Мировой опыт работы железнодорожных сортировочных станций: современное состояние, тенденции и перспективы / А. Л. Казаков, М. М. Павидис // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – Новосибирск, 2021. – №1(56) – С. 28–37
10. Полякова М. Н. Метод расчета наличной пропускной способности грузонапряженного двухпутного железнодорожного участка с учетом влияния надежности входящих в него перегонов и станций / М. Н. Полякова // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – М., 2013. – №2 – С. 44–49
11. Терещенко О. А. Моделирование процессов накопления вагонов для решения задач оперативного планирования в условиях неопределенности исходной информации / О. А. Терещенко // Наука та прогрес транспорту. – Днепропетровск, 2017. – №3(69) – С. 45–55
12. Пономаренко М. В. Критериальная оценка работы сортировочных станций / М. В. Пономаренко // Достижения вузовской науки. – Новосибирск, 2016. – №22 – С. 142–147
13. Иванкова Л. Н. Определение пропускной способности станций с учетом емкости путевого развития / Л. Н. Иванкова, А. В. Буракова // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – Иркутск, 2018. – №3(59) – С. 92–98



НАУЧНЫЙ
ЭЛЕКТРОННЫЙ ЖУРНАЛ
«Транспорт шёлкового пути»
"Silk Road Transport"

Учредитель и издатель:

Негосударственная Некоммерческая организация
«Научно-исследовательский информатизационный центр»

Адрес учредителя:

100006, г. Ташкент,
проспект Амира Темура, 4
(+998 71)-238-82-75
(+998 90) 925-87-08

Дата размещения сетевого издания в сети Интернет
на официальном сайте <http://srt.aitm.uz/> 25.03.2022