
COMPUTER ENGINEERING AND INFORMATION SYSTEMS / ЕСЕПТЕУ ТЕХНИКАСЫ ЖӘНЕ АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕР / ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Industrial Transport of Kazakhstan
ISSN 1814-5787 (print)
ISSN 3006-0273 (online)
Vol. 21. Is. 1. Number 81 (2024). Pp. 63–77
Journal homepage: <https://prom.mtgu.edu.kz>
<https://doi.org/10.58420/ptk/2024.81.01.005>

УДК 629.45

INCREASING THE SPEED OF FREIGHT WAGON BOGIE EXCHANGE AT DOSTYK STATION THROUGH THE USE OF A TURNTABLE

*Y. Askarov, A. Karpov**

International University of Transport and Humanities, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: karpov.aleksandr@mtgu.edu.kz

Yerlan Askarov — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, International University of Transport and Humanities, Almaty, Kazakhstan

E-mail: erlan57@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4487-4458>;

Alexander Karpov — PhD, Assistant to Associate Professor, International University of Transport and Humanities, Almaty, Kazakhstan

E-mail: karpov.aleksandr@mtgu.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0000-8795-0233>.

© G. Yerkeldessova, V. Lahno

Abstract. The Dostyk railway station is one of the key border freight hubs of the Republic of Kazakhstan, ensuring rail connectivity between Kazakhstan and the People’s Republic of China. Due to the difference in track gauge widths (1520 mm and 1435 mm), freight wagons passing through the station require bogie exchange, which significantly affects processing time, throughput capacity, and the efficiency of international transport corridors. Under conditions of growing transit volumes and increasing demands on border infrastructure, the modernization of bogie exchange technology becomes particularly relevant. The purpose of this study is to substantiate the effectiveness of using turntables to improve and accelerate the process of freight wagon bogie exchange at Dostyk station. The objectives include analyzing the existing crane-based bogie exchange technology, studying the design and operating conditions of turntables, assessing their load-bearing capacity, comparing time indicators of different technological solutions, and evaluating the practical feasibility of implementing turntables under real operating conditions. The study demonstrates that the traditional crane-based technology is characterized by high labor intensity and significant time losses due to multiple lifting and repositioning operations. The proposed use of turntables simplifies the trajectory of bogie movement and reduces the number of crane operations. Practical implementation at Dostyk station showed that the average time for replacing one bogie decreased from 6–7 minutes to 4–5 minutes, increasing productivity by approximately 1.4 times. Engineering calculations and experimental tests confirmed the structural strength and reliability of the turntable, including safe passage of a shunting locomotive. The results confirm that turntables represent a technically reliable, operationally efficient, and economically justified solution for accelerating bogie exchange processes at border stations. The proposed technology does not require large-scale reconstruction or significant capital investments



and can be replicated at other stations with similar operating conditions, thereby enhancing the competitiveness of Kazakhstan's international railway corridors.

Keywords: bogie exchange, turntable, border railway station, freight wagon, gauge difference, transport efficiency

For citation: Y. Askarov, A. Karpov. Increasing the Speed of Freight Wagon Bogie Exchange at Dostyk Station Through the Use of a Turntable//Industrial Transport of Kazakhstan. 2024. Vol. 21. No. 81. Pp. 63–77. (In Russ.). <https://doi.org/10.58420/ptk/2024.81.01.005>

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

ДОСТЫҚ СТАНЦИЯСЫНДА ЖҮК ВАГОНДАРЫНЫҢ ТЕЛЕЖКЕЛЕРІН АУЫСТЫРУ ҮДЕРІСІНІҢ ЖЫЛДАМДЫҒЫН АЙНАЛМАЛЫ ДӨҢГЕЛЕКТІ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ АРТТЫРУ

*Е. Аскаров, А. Карпов**

Халықаралық көліктік-гуманитарлық университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: karpov.aleksandr@mtgu.edu.kz

Ерлан Аскаров — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Халықаралық көліктік-гуманитарлық университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: erlan57@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4487-4458>;

Александр Карпов — PhD, қауымдастырылған профессордың ассистенті, Халықаралық көліктік-гуманитарлық университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: karpov.aleksandr@mtgu.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0000-8795-0233>.

© Е. Аскаров, А. Карпов

Аннотация. Достық теміржол станциясы Қазақстан Республикасы мен Қытай Халық Республикасы арасындағы халықаралық жүк тасымалдарын қамтамасыз ететін негізгі шекаралық көлік тораптарының бірі болып табылады. Теміржол табанының әртүрлі еніне (1520 мм және 1435 мм) байланысты жүк вагондарының тележкелерін ауыстыру қажеттілігі туындайды, бұл станцияның өткізу қабілетіне, жүк өңдеу уақытына және халықаралық көлік дәліздерінің тиімділігіне тікелей әсер етеді. Жүк ағындарының өсуі жағдайында технологиялық процестерді жетілдіру өзекті мәселе болып отыр. Зерттеудің мақсаты — Достық станциясында жүк вагондарының тележкелерін ауыстыру үдерісін жетілдіру үшін айналмалы дөңгелектерді қолданудың тиімділігін негіздеу. Міндеттеріне қолданыстағы крандық технологияны талдау, айналмалы дөңгелектердің конструктивтік ерекшеліктерін зерттеу, олардың көтергіштік қабілетін бағалау, әртүрлі технологиялық тәсілдердің уақыттық көрсеткіштерін салыстыру және ұсынылған шешімнің өндірістік тиімділігін анықтау кіреді. Зерттеу барысында крандарды пайдалану арқылы тележке ауыстыру технологиясының күрделі және уақытты көп қажет ететіні анықталды. Айналмалы дөңгелектерді қолдану тележкелердің қозғалыс траекториясын оңтайландырып, операциялардың санын азайтады. Тәжірибелік пайдалану нәтижесінде бір тележкені ауыстыру уақыты 6–7 минуттан 4–5 минутқа дейін қысқарып, еңбек өнімділігі шамамен 1,4 есеге артты. Инженерлік есептеулер мен сынақтар конструкцияның беріктігі мен сенімділігін растады. Айналмалы дөңгелектерді енгізу жүк вагондарының тележкелерін ауыстыру үдерісін жеделдетудің техникалық тұрғыдан қарапайым, сенімді және экономикалық жағынан тиімді тәсілі болып табылады. Ұсынылған технологияны ұқсас шекаралық станцияларда кеңінен қолдануға болады.

Түйін сөздер: тележке ауыстыру, айналмалы дөңгелек, шекаралық станция, жүк вагоны, теміржол табаны, тасымал тиімділігі

Дәйексөздер үшін: Е. Аскаров, А. Карпов. Достық станциясында жүк вагондарының тележекелерін ауыстыру үдерісінің жылдамдығын айналмалы дөңгелекті қолдану арқылы арттыру//Қазақстан өндіріс көлігі. 2024. Том. 21. № 81. 63–77 бет. (Орыс тіл.). <https://doi.org/10.58420/ptk/2024.81.01.005>

Мүдделер қақтығысы: Авторлар осы мақалада мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

УВЕЛИЧЕНИЕ СКОРОСТИ ПРОЦЕССА СМЕНЫ ТЕЛЕЖЕК ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ НА СТАНЦИИ ДОСТЫК С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОВОРОТНОГО КРУГА

*Е. Аскаров, А. Карпов**

¹Международный транспортно-гуманитарный университет, Алматы, Казахстан;

²Национальный университет биоресурсов и природопользования, Киев, Украина.

E-mail: karpov.aleksandr@mtgu.edu.kz

Ерлан Аскаров — к.т.н., ассоциированный профессор, Международный транспортно-гуманитарный университет, Алматы, Казахстан

E-mail: erlan57@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4487-4458>;

Александр Карпов — PhD, ассистент ассоциированного профессора, Международный транспортно-гуманитарный университет, Алматы, Казахстан

E-mail: karpov.aleksandr@mtgu.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0000-8795-0233>.

© Е. Аскаров, А. Карпов

Аннотация. Станция Достык является одной из важнейших пограничных железнодорожных станций Республики Казахстан, обеспечивающих международные грузовые перевозки между Казахстаном и Китайской Народной Республикой. Различие ширины железнодорожной колеи (1520 мм и 1435 мм) обуславливает необходимость выполнения операций по смене вагонных тележек, которые оказывают существенное влияние на пропускную способность станции, сроки доставки грузов и эффективность международных транспортных коридоров. В условиях роста транзитных потоков актуальной становится задача ускорения и упрощения данного технологического процесса. Целью исследования является обоснование эффективности применения поворотных кругов для ускорения процесса смены тележек грузовых вагонов на станции Достык. В рамках исследования поставлены задачи анализа существующей технологии с использованием подъемных кранов, изучения конструктивных особенностей поворотных кругов, оценки их прочностных характеристик, сравнительного анализа временных показателей различных способов смены тележек и определения практической целесообразности внедрения данной технологии. Установлено, что традиционная технология смены тележек с применением кранов характеризуется высокой трудоемкостью и значительными временными затратами. Применение поворотных кругов позволяет существенно упростить логистику перемещения тележек внутри производственного здания и сократить количество крановых операций. Практические результаты эксплуатации показали снижение времени смены одной тележки с 6–7 до 4–5 минут, что соответствует росту производительности примерно в 1,4 раза. Проведенные расчеты и испытания подтвердили надежность и достаточную несущую способность конструкции. Внедрение поворотных кругов является эффективным, технологически простым и экономически оправданным решением для повышения пропускной способности пограничных железнодорожных станций. Полученные результаты могут быть использованы при модернизации аналогичных объектов транспортной инфраструктуры Республики Казахстан.

Ключевые слова: смена тележек, поворотный круг, пограничная станция, грузовые вагоны, разная колея, пропускная способность

Для цитирования: Е. Аскарров, А. Карпов. Увеличение скорости процесса смены тележек грузовых вагонов на станции достык с применением поворотного круга//Промышленный транспорт Казахстана. 2024. Т. 21. No. 81. Стр. 63–77. (На рус.). <https://doi.org/10.58420/ptk/2024.81.01.005>

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение

Станция Достык является одной из ключевых пограничных железнодорожных станций Республики Казахстан, обеспечивающих международные грузовые перевозки между Казахстаном и Китайской Народной Республикой. Через данную станцию проходит значительная часть транзитных и экспортно-импортных грузопотоков, формирующих важное звено евразийских транспортных коридоров. По данным аналитических и корпоративных источников, совокупный объем грузооборота через станцию Достык в обоих направлениях составляет около 14 млн тонн в год, что подтверждает ее стратегическое значение для национальной транспортной системы и международной логистики (Жуматаев, 2020: 12–18; АО «НК «КТЖ», 2024: 145–148; SK News, 2021).

Выбор темы исследования обусловлен наличием устойчивой проблемной ситуации, связанной с различием ширины железнодорожной колеи Казахстана (1520 мм) и Китайской Народной Республики (1435 мм). Указанное различие требует применения специальных технологических операций по смене вагонных тележек, которые характеризуются высокой трудоемкостью и значительными временными затратами. Анализ функционирования станций Достык и Алтынколь показывает, что именно данный этап обработки вагонов является «узким местом», ограничивающим рост пропускной способности и увеличение объемов перевозок (Жуматаев, 2020: 34–41; Компания «UkrMashService», 2024).

Актуальность исследования определяется ростом грузопотоков между Китаем, странами Центральной Азии и Европой, а также усилением роли Казахстана как транзитного государства в системе международных железнодорожных перевозок. В условиях увеличения нагрузки на пограничную инфраструктуру возникает необходимость поиска и внедрения технически простых, надежных и экономически целесообразных решений, направленных на ускорение процесса смены вагонных тележек без значительных капитальных вложений. Данные вопросы находят отражение в годовых и интегрированных отчетах АО «НК «Қазақстан темір жолы», где подчеркивается необходимость модернизации технологических процессов и повышения эффективности транзитных перевозок (АО «НК «КТЖ», 2019: 88–92; АО «НК «КТЖ», 2022: 176–180).

Объектом исследования является технологический процесс обработки грузовых вагонов на пограничной железнодорожной станции Достык. Предметом исследования являются технические и организационно-технологические решения по смене вагонных тележек в условиях различной ширины железнодорожной колеи.

Целью исследования является обоснование эффективности применения поворотных кругов как способа совершенствования технологического процесса смены вагонных тележек на станции Достык.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

- анализ существующей технологии смены вагонных тележек с использованием подъемных кранов;
- изучение конструктивных особенностей поворотных кругов и условий их эксплуатации;
- оценка прочностных характеристик поворотного круга при воздействии статических нагрузок от подвижного состава;

- сравнительный анализ временных показателей технологических операций при различных способах смены тележек;

- определение практической эффективности внедрения поворотных кругов в условиях действующего терминала станции Достык.

Методологическую основу исследования составляют методы инженерных расчетов, сравнительный анализ технологических процессов, а также обобщение практического опыта эксплуатации оборудования на пограничных железнодорожных станциях.

Практическая значимость работы заключается в возможности тиражирования предложенной технологии на других пограничных станциях Республики Казахстан, что позволит сократить время обработки вагонов, увеличить пропускную способность инфраструктуры и повысить конкурентоспособность казахстанских транзитных маршрутов в системе международных перевозок.

Материалы и методы

Материалами исследования послужили нормативно-отчетные, аналитические и инженерно-технические источники, а также результаты практического внедрения технических решений на пограничной железнодорожной станции Достык. В количественном отношении в работе использованы статистические данные о грузообороте станции, показателях пропускной способности и временных затратах на выполнение операций по смене вагонных тележек, представленные в годовых и интегрированных отчетах АО «НК «Қазақстан темір жолы» за 2019–2024 гг. (АО «НК «ҚТЖ», 2019–2024).

Качественную основу исследования составляют:

- итоговый аналитический отчет по результатам обследования работы станций Достык и Алтынколь, подготовленный специалистами Корпоративного фонда «KAZLOGISTICS» (Жуматаев и др., 2020);

- отраслевые публикации и аналитические материалы, посвященные функционированию пограничных железнодорожных станций и методам стыковки железных дорог различной ширины колеи (SK News, 2021; Компания «UkrMashService», 2024);

- материалы конструкторско-экспериментального центра (КЭЦ) Алматы, отражающие опыт проектирования, изготовления и эксплуатации поворотных кругов на станции Достык.

Используемые материалы охватывают период с 2019 по 2024 годы, что обеспечивает актуальность данных и позволяет оценить динамику развития технологических процессов. Репрезентативность материала и его сочетание с практическими результатами эксплуатации оборудования повышают достоверность выводов исследования.

В рамках исследования были сформулированы следующие ключевые вопросы:

- какие технологические ограничения существуют при смене вагонных тележек на пограничных станциях с различной шириной колеи;

- в какой степени традиционная технология с использованием подъемных кранов влияет на производительность и пропускную способность станции;

- позволяет ли применение поворотных кругов сократить время выполнения операций и упростить технологический процесс без значительных капитальных затрат.

В качестве основной гипотезы выдвигается положение о том, что внедрение поворотных кругов в технологический процесс смены вагонных тележек на пограничной станции Достык позволяет существенно сократить продолжительность операций, повысить производительность труда и надежность процесса обработки вагонов при сохранении требуемого уровня безопасности и без необходимости масштабной модернизации инфраструктуры.

Исследование проводилось в несколько последовательных этапов:

- Аналитический этап — изучение научных, отраслевых и отчетных источников, анализ существующих технологий смены вагонных тележек и выявление основных проблемных зон в работе станции Достык.

- Проектно-расчетный этап — анализ конструктивных особенностей поворотного круга, расчет его несущей способности и оценка соответствия эксплуатационным нагрузкам.

- Экспериментально-практический этап — обобщение результатов изготовления, монтажа и испытаний поворотного круга, включая проверку его работоспособности при прохождении маневрового тепловоза.

- Сравнительно-оценочный этап — сопоставление временных и технологических показателей смены тележек при использовании подъемных кранов и поворотных кругов.

- Обобщающий этап — формулирование выводов и оценка возможности тиражирования предложенного решения на других пограничных станциях.

Методы исследования

В работе применялась совокупность общенаучных и специальных методов исследования, в том числе:

- анализ и синтез — при изучении теоретических и практических материалов по организации железнодорожных перевозок;

- сравнительный анализ — при сопоставлении различных технологий смены вагонных тележек;

- инженерно-технические расчеты — при определении прочностных и нагрузочных характеристик поворотного круга;

- метод наблюдения и обобщения практического опыта — при анализе результатов эксплуатации оборудования на станции Достык;

- графо-аналитический метод — при разработке и интерпретации технологических схем.

Новизна исследования заключается в комплексной оценке практического внедрения поворотных кругов в реальных условиях эксплуатации пограничной станции, а также в обосновании возможности повышения эффективности технологического процесса смены вагонных тележек без значительных финансовых и организационных затрат.

Результаты и обсуждение

В 2012 г. на станции Достык пущен в эксплуатацию новый современный пункт перестановки вагонов, его суточный план перестановки составляет 40 вагонов.



Рис.1. Пункт перестановки вагонов

Пункт представляет из себя производственное одноэтажное двух пролетное здание длиной 360 м и шириной 100 м (Рис. 1). В одной части здания складированы вагонные тележки, общее количество не менее 1500 штук (Рис.2), во второй части здания происходит замена тележек. Здание оснащено 4 подъемными кранами – грузоподъемность каждого 12 тонн (Рис.3).



Рис.2. Склад вагонных тележек



Рис.3. Подъемный кран

Перемещение тележек по технологическому процессу должно осуществляться данными кранами, для этого они оснащены специальными захватами (Рис.4). Данные захваты местного производства не имели достаточной прочности и надежности.

По заданию руководства станции КЭЦ спроектировал и изготовил специальные захваты (Рис.5). Но работа с захватами имеет низкую производительность, необходимо подогнать кран к тележке, зацепить его, поднести к поперечному пути, опустить его, прокатить тележку в другую половину здания, снова подцепить ее другим краном, переставить на продольный путь, подкатить к вагону и произвести замену тележки. С освобожденной тележкой произвести те же операции, но в обратном порядке.



Рис.4. Захват для тележек



Рис.5. Специальный захват

Смена вагонных тележек является самым сложным технологическим процессом в обработке грузовых вагонов, следующим транзитом через станцию Достык. Именно она является основной проблемой, мешающей повышению грузооборота станции. Грузовая вагонная тележка обладает большой массой, около 4,5 тонны и большими габаритами. Смена тележки требует особого оборудования, рабочего пространства и времени, что неизбежно увеличивает время и стоимость доставки груза клиенту.

Для ускорения операции доставки тележки к вагону предложено установить в здании четыре поворотных круга. Применение кругов значительно ускорит процесс. Если операция смены одной тележки с помощью крана занимает около 6–7 мин, то применение поворотного круга позволит проводить эту операцию за 4–5 мин. Сокращение времени в 1,4 раза.

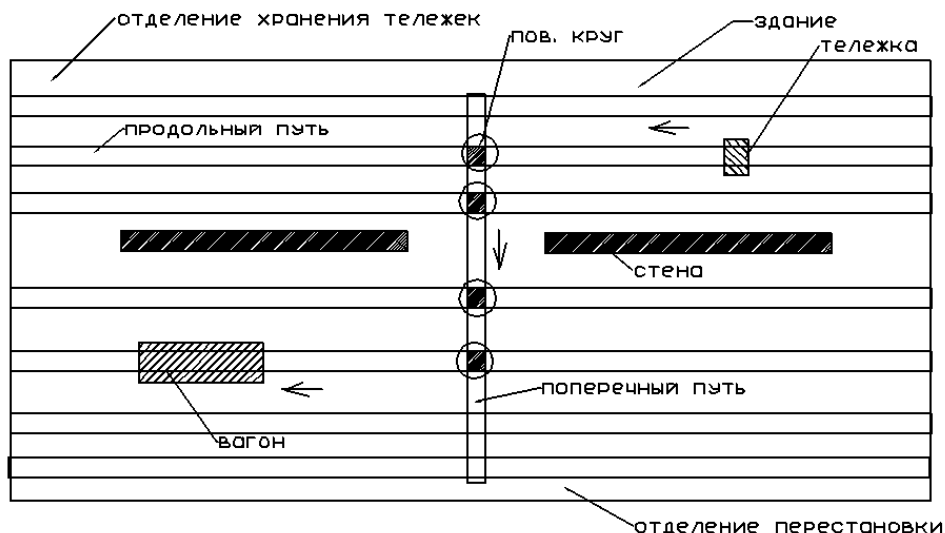


Рис.6. Схема размещения поворотных кругов

Порядок процесса смены тележки выглядит следующим образом (Рис.6.):

1. Выбирается тележка для смены, она находится в отделении хранения тележек.
2. Выбранная тележка вручную катится по продольному пути до поворотного круга. Тележка устанавливается на поворотный круг.
3. Поворотный круг вместе с тележкой вручную поворачивается на 90° .
4. Тележка с круга перемещается на поперечный путь и катится вручную по нему до поворотного круга, установленного на продольном пути, где стоит вагон, которому необходимо заменить тележки.
5. Тележка устанавливается на данный поворотный круг, который вместе с тележкой поворачивается на 90° .
6. Тележка скатывается с поворотного круга и перемещается по продольному пути к вагону. Производится смена тележки.
7. Сменная тележка вагона перемещается в обратном направлении в отделение хранения тележек.

Основные требования к поворотному кругу:

1. Возможность легкого поворота на 90° с установленной тележкой колеи 1520 и 1435 мм. Поворот производится двумя рабочими за ручку.
2. Свободный проезд через поворотный круг тележек и маневрового тепловоза.

Маневровый тепловоз обладает массой $m_T = 130$ тонн. Будем считать, что при въезде тепловоза на круг он будет воспринимать не более половины массы тепловоза $m = 65$ тонн (Рис.7.). Определим несущую способность круга. Верхняя плита круга установлена на 16 буксовых подшипников от вагона. Именно они воспринимают нагрузку от тепловоза. Будем считать, что нагрузка статическая. Известно, что расчетная нагрузка на вагонную ось составляет 20 тонн, ось установлена на 4 буксовых подшипника, следовательно, один подшипник держит нагрузку 5 тонн. Отсюда 16 буксовых подшипника держат нагрузку $5 \times 16 = 80$ тонн. Можно считать, что расчетная нагрузка поворотного круга составляет 80 тонн.

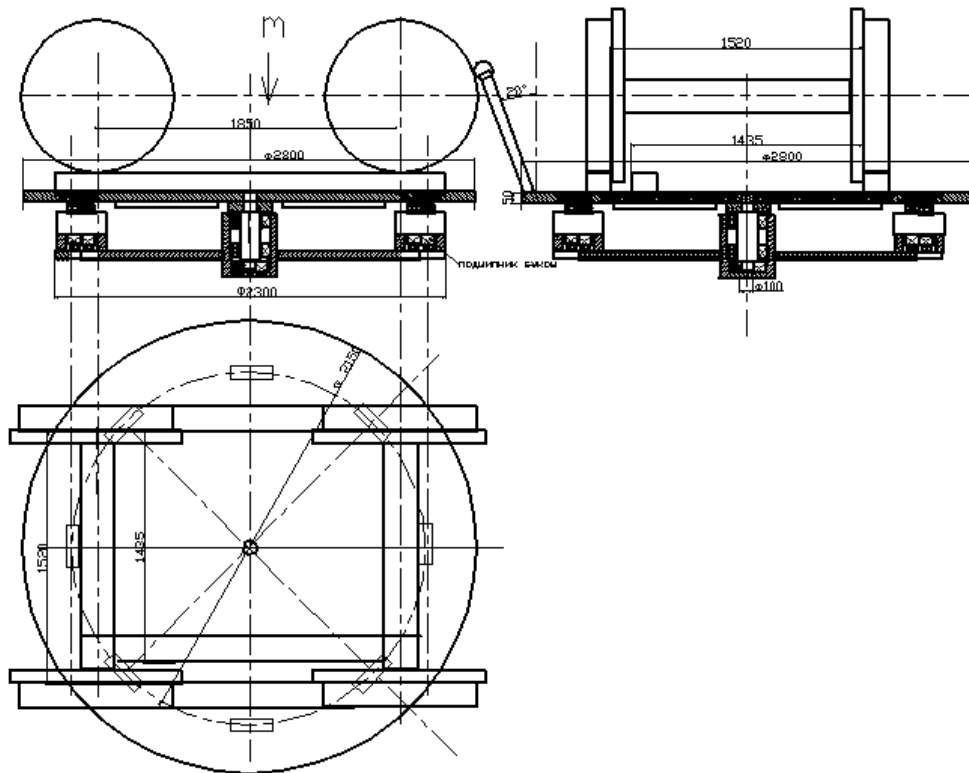


Рис.7. Схема нагрузки поворотного круга



Рис.8. Изготовление поворотного круга

В цехе КЭЦ Алматы был изготовлен поворотный круг (Рис.8)

В июне на станцию был доставлен и смонтирован первый поворотный круг (Рис.9).



Рис.9. Поворотный круг

Поворотный круг был опущен в яму (Рис.10)



Рис.10. Монтаж поворотного круга

На круг были установлены рельсы (Рис.11)



Рис.11. Установка рельсов на поворотный круг

После закрепления рельсов был произведен пробный поворот тележки (Рис.12). Также было проведено испытание на прочность – по кругу проехал маневровый тепловоз. Все испытания прошли успешно. Круг не разрушился, нет никакой деформации его частей.



Рис.12. Поворот тележки на круге

На Рис. 13 указаны основные элементы поворотного круга

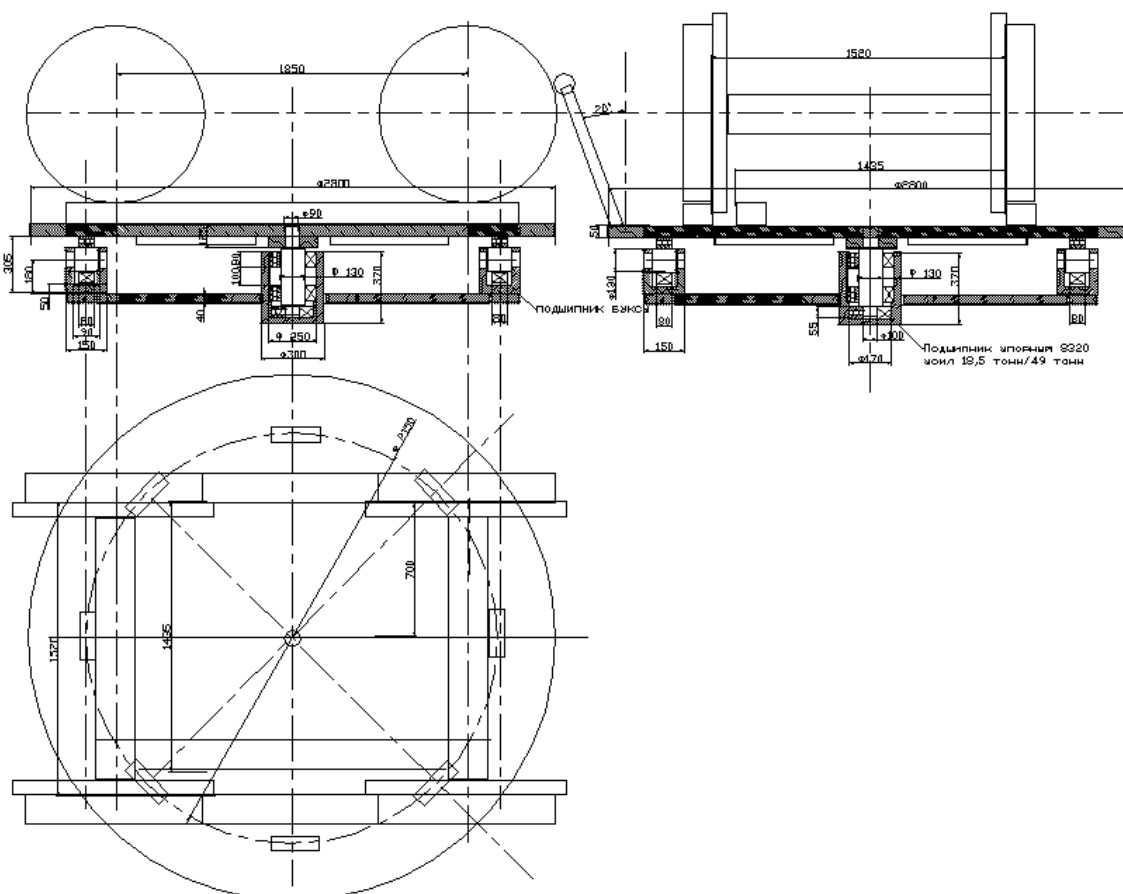


Рис. 13. Поворотный круг

В настоящее время в терминале применяется как перестановка тележек подъемными кранами, так и применение поворотных кругов. Круги установлены, активно эксплуатируются и показали свою эффективность. Длительная эксплуатация показала, что

расчеты по прочности были верные, предложенная технология смены тележек простая и производительная. В дальнейшем КЭЦ Алматы внедрил на станции Достык и другие свои конструкторские разработки.

Заключение

В ходе проведенного исследования была рассмотрена одна из ключевых технологических проблем пограничных железнодорожных станций Республики Казахстан — смена вагонных тележек в условиях различной ширины железнодорожной колеи. На примере станции Достык показано, что данный процесс оказывает существенное влияние на пропускную способность станции, сроки доставки грузов и эффективность функционирования международных транспортных коридоров.

Поставленная цель исследования — обоснование эффективности применения поворотных кругов для совершенствования процесса смены вагонных тележек — была достигнута за счет комплексного использования инженерных расчетов, анализа технологических операций и обобщения практического опыта эксплуатации оборудования. Примененные методы исследования позволили всесторонне оценить как техническую состоятельность предложенного решения, так и его производственную целесообразность.

В результате анализа традиционной технологии смены тележек с использованием подъемных кранов установлено, что данная схема характеризуется высокой трудоемкостью, значительными временными затратами и сложной логистикой перемещения тяжелых элементов внутри производственного здания. Многократные операции подъема, переноса и повторного позиционирования тележек увеличивают продолжительность обработки вагонов и формируют «узкое место» в технологическом процессе станции.

В ходе исследования была подтверждена выдвинутая гипотеза о том, что применение поворотных кругов позволяет существенно сократить время выполнения операций по доставке тележек к вагону. Эксплуатационные наблюдения показали, что продолжительность смены одной тележки сокращается в среднем с 6–7 минут до 4–5 минут, что соответствует увеличению производительности примерно в 1,4 раза. Данное сокращение времени достигается за счет упрощения траектории перемещения тележек и отказа от части крановых операций.

Проведенные инженерные расчеты и испытания подтвердили достаточную прочность и надежность конструкции поворотного круга. Расчетная несущая способность круга в 80 тонн обеспечивает безопасный проезд маневрового тепловоза и перемещение вагонных тележек без деформаций и повреждений элементов конструкции. Практические испытания в условиях действующей станции показали соответствие расчетных и фактических характеристик, что подтверждает корректность принятых технических решений.

Основным выводом исследования является то, что внедрение поворотных кругов представляет собой эффективное, технологически простое и экономически оправданное решение для совершенствования процесса смены вагонных тележек на пограничных железнодорожных станциях. Предложенная технология не требует значительных капитальных вложений, сложного обучения персонала или глубокой реконструкции инфраструктуры, что делает ее особенно актуальной в условиях роста транзитных перевозок.

Практическая значимость полученных результатов заключается в возможности масштабирования и внедрения данной технологии на других пограничных станциях Казахстана, функционирующих в аналогичных условиях. Применение поворотных кругов способствует повышению пропускной способности станций, снижению эксплуатационных затрат и сокращению времени доставки грузов, что, в свою очередь, усиливает конкурентные позиции казахстанских железнодорожных маршрутов на международном рынке перевозок.

Перспективы дальнейших исследований связаны с оптимизацией конструкции поворотных кругов, возможной автоматизацией процесса поворота, а также комплексной оценкой экономического эффекта от внедрения технологии в масштабах транспортного коридора. Дополнительный интерес представляет исследование интеграции данной технологии с цифровыми системами управления терминалами и логистическими потоками.

ЛИТЕРАТУРА

Жуматаев, 2020 — Жуматаев А.Р., Кулышов С.М., Адамбаева С.М. Итоговый отчет по теме: «Анализ работы станций Достык и Алтынколь в условиях множественности собственников и операторов вагонов с выработкой рекомендаций по совершенствованию процесса работы данных станций с участниками перевозочного процесса». — Корпоративный Фонд «KAZLOGISTICS». — 2020. — 106 с. [Russ.]

Портал «Центр транспортных стратегий», 2019 — Рынок грузоперевозок Украины за 2019 год [Электронный ресурс]. — Портал «Центр транспортных стратегий». — 2019. — Режим доступа: https://cfts.org.ua/infographics/gruzopotoki_zheleznykh_dorog_ukrainy_2019. — Дата обращения: 10.01.2024. [Russ.]

АО «НК «КТЖ», 2024 — Интегрированный годовой отчет АО «НК «Казакстан темір жолы» за 2024 год «На прочных рельсах – труд и мастерство». — АО «НК «Казакстан темір жолы». — 2024. — 349 с. [Russ.]

АО «НК «КТЖ», 2023 — Интегрированный годовой отчет АО «НК «Казакстан темір жолы» за 2023 год. — АО «НК «Казакстан темір жолы». — 2023. — 312 с. [Russ.]

АО «НК «КТЖ», 2022 — Интегрированный годовой отчет АО «НК «Казакстан темір жолы» за 2022 год. — АО «НК «Казакстан темір жолы». — 2022. — 310 с. [Russ.]

АО «НК «КТЖ», 2021 — Интегрированный годовой отчет АО «НК «Казакстан темір жолы» за 2021 год. — АО «НК «Казакстан темір жолы». — 2021. — 314 с. [Russ.]

АО «НК «КТЖ», 2020 — Интегрированный годовой отчет АО «НК «Казакстан темір жолы» за 2020 год «Железная дорога: устойчивость. безопасность. ответственность». — АО «НК «Казакстан темір жолы». — 2020. — 293 с. [Russ.]

АО «НК «КТЖ», 2019 — Годовой отчет АО «НК «Казакстан темір жолы» за 2019 год. — АО «НК «Казакстан темір жолы». — 2019. — 204 с. [Russ.]

SK News, 2021 — Станция Достык: каков потенциал международной станции на границе с Китаем [Электронный ресурс]. // Корпоративное электронное издание группы компаний АО «Самрук-Қазына». — 2021. — Режим доступа: <https://sknews.kz/news/view/stanciya-dostyk-kakov-potencial-meghdunarodnoy-stancii-na-granice-s-kitaem>. — Дата обращения: 10.01.2024. [Russ.]

Компания «UkrMashService», 2024 — Методы стыковки железных дорог [Электронный ресурс]. — Компания «UkrMashService». — 2024. — Режим доступа: <https://ukrmashservice.com/articles/metody-stykovki-zheleznyh-dorog>. — Дата обращения: 10.01.2024. [Russ.]

REFERENCES

Zhumataev, 2020 — Zhumataev, A.R., Kulyshov, S.M., Adambaeva, S.M. (2020). Itogoviy otchet po teme: «Analiz raboty stantsii Dostyk i Altynkol' v usloviyakh mnozhestvennosti sobstvennikov i operatorov vagonov s vyrabotkoi rekomendatsii po sovershenstvovaniyu protsessa raboty dannykh stantsii s uchastnikami perevozochnogo protsessa» {Final report on the topic: "Analysis of the operation of Dostyk and Altynkol stations under conditions of multiple owners and wagon operators with the development of recommendations for improving the operation process of these stations with participants of the transportation process"}. — Corporate Fund "KAZLOGISTICS". — 2020. — 106 p. [in Russ.]

Transport Strategies Center Portal, 2019 — Rynok gruzoperevozok Ukrainy za 2019 god [Electronic resource] {Freight transportation market of Ukraine in 2019}. — Transport Strategies Center Portal. — 2019. — Available at: cfts.org.ua — Accessed: 10.01.2024. [in Russ.]

JSC "NC "KTZ", 2024 — Integrirovanniy godovoi otchet AO "NC "Kazakhstan Temir Zholy" za 2024 god "Na prochnykh rel'sakh – trud i masterstvo" {Integrated Annual Report of JSC "National Company 'Kazakhstan Temir Zholy'" for 2024 "On strong rails – labor and craftsmanship"}. — JSC "National Company 'Kazakhstan Temir Zholy'". — 2024. — 349 p. [in Russ.]

JSC "NC "KTZ", 2023 — Integrirovanniy godovoi otchet AO "NC "Kazakhstan Temir Zholy" za 2023 god {Integrated Annual Report of JSC "National Company 'Kazakhstan Temir Zholy'" for 2023}. — JSC "National Company 'Kazakhstan Temir Zholy'". — 2023. — 312 p. [in Russ.]

JSC "NC "KTZ", 2022 — Integrirovanniy godovoi otchet AO "NC "Kazakhstan Temir Zholy" za 2022 god {Integrated Annual Report of JSC "National Company 'Kazakhstan Temir Zholy'" for 2022}. — JSC "National Company 'Kazakhstan Temir Zholy'". — 2022. — 310 p. [in Russ.]

JSC "NC "KTZ", 2021 — Integrirovanniy godovoi otchet AO "NC "Kazakhstan Temir Zholy" za 2021 god {Integrated Annual Report of JSC "National Company 'Kazakhstan Temir Zholy'" for 2021}. — JSC "National Company 'Kazakhstan Temir Zholy'". — 2021. — 314 p. [in Russ.]

JSC "NC "KTZ", 2020 — Integrirovanniy godovoi otchet AO "NC "Kazakhstan Temir Zholy" za 2020 god "Zheleznaya doroga: ustoychivost'. bezopasnost'. otvetstvennost'" {Integrated Annual Report of JSC "National Company 'Kazakhstan Temir Zholy'" for 2020 "Railway: sustainability, safety, responsibility"}. — JSC "National Company 'Kazakhstan Temir Zholy'". — 2020. — 293 p. [in Russ.]

JSC "NC "KTZ", 2019 — Godovoi otchet AO "NC "Kazakhstan Temir Zholy" za 2019 god {Annual Report of JSC "National Company 'Kazakhstan Temir Zholy'" for 2019}. — JSC "National Company 'Kazakhstan Temir Zholy'". — 2019. — 204 p. [in Russ.]

SK News, 2021 — Stantsiya Dostyk: kakov potentsial mezhdunarodnoi stantsii na granitse s Kitaem [Electronic resource] {Dostyk Station: what is the potential of an international station on the border with China}. — Corporate electronic publication of Samruk-Kazyna Group. — 2021. — Available at: sknews.kz — Accessed: 10.01.2024. [in Russ.]

UkrMashService Company, 2024 — Metody stykovki zheleznykh dorog [Electronic resource] {Methods of railway junction connection}. — UkrMashService Company. — 2024. — Available at: ukrmashservice.com — Accessed: 10.01.2024. [in Russ.]