

КОНСТРУИРОВАНИЕ ОПОРНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВОЧНОЙ ТЕЛЕЖКИ ВАГОНОВ МЕТРОПОЛИТЕНА

Сяо Шусинь, Туркина Н.Р.

*Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова,
Санкт-Петербург*

Ключевые слова: тележка для транспортировки, вагон метрополитена, несущая балка, опорное устройство, эргономичный дизайн, снижение физической нагрузки.

Аннотация: В данной статье рассматривается разработка опорного устройства для транспортировочной тележки вагонов метрополитена. Исследование связано с развитием современных высокоскоростных железных дорог и потребностями модернизации производственных линий железнодорожных транспортных средств. На базе транспортировочных тележек было разработано регулируемое устройство для опоры, сцепления и транспортировки стальной конструкции вагонов метрополитена, обеспечивающее использование единого технологического стенда для различных типов подвижного состава. Устойчивая опора защищает конструкцию вагона метро и обеспечивает безопасную передачу на следующую производственную линию. Предлагаемое транспортное устройство направлено на повышение механизации производственного процесса, а именно на повышение удобства перемещения, упрощение рабочих операций, оптимизацию процесса транспортировки на производственной линии при изготовлении рельсовых транспортных средств с учетом удобства и комфортности работы работников, а также на сочетание эргономичного дизайна для снижения физической нагрузки на персонал, снижение усталости при работе и повышение уровня безопасности производства. Эта работа соответствует действующим отраслевым стандартам и требованиям современного строительства и производства железнодорожного транспорта и имеет практическое значение для улучшения процесса монтажа и эксплуатации объектов метрополитена и обеспечения комфорта работников.

DESIGN OF A SUPPORTING DEVICE FOR METRO RAILCAR TRANSPORT TROLLEYS

Xiao Shuxin, Turkina N.R.

Baltic State Technical University "VOENMEH" named after D.F. Ustinov, Saint-Petersburg

Keywords: trolley for transportation, subway car, load-bearing beam, support device, ergonomic design, reduced physical exertion.

Abstract: This article discusses the development of a support device for the transportation trolley of subway cars. The research is related to the development of modern high-speed railways and the modernization needs of production lines of railway vehicles. On the basis of transportation trolleys, an adjustable device was developed for supporting, coupling and transporting the steel structure of subway cars, ensuring the use of a single technological stand for various types of rolling stock. The stable support protects the subway car structure and ensures safe transfer to the next production line. The proposed transport device is aimed at increasing the mechanization of the production process, namely, increasing the convenience of movement, simplifying work operations, optimizing the transportation process on the production line in the manufacture of rail vehicles, taking into account the convenience and comfort of workers, as well as a combination of ergonomic design to reduce physical exertion on staff, reduce fatigue at work and increase safety production facilities. This work complies with current industry standards and requirements of modern construction and production of railway transport and is of practical importance for improving the installation and operation of metro facilities and ensuring the comfort of employees.

Введение

Развитие современных высокоскоростных железных дорог, систем метрополитена и линий по производству рельсовых транспортных средств характеризуется резким повышением требований к эффективности, точности и безопасности технологического процесса. Несущие стальные конструкции являются основным компонентом сооружений метрополитена, и их изготовление и транспортировка на производственной линии требуют специальных методов, особенно при работе с крупногабаритными и сверхпрочными

компонентами. По-прежнему существует ряд недостатков: недостаточная точность позиционирования при перемещении опор, низкая эффективность при массовом производстве, недостаточное удобство в процессе перемещения, громоздкие рабочие процедуры и отсутствие продуманного эргономического дизайна, что приводит к большой физической нагрузке на персонал, очевидной усталости от работы и, следовательно, повышению риска производственных потерь. Исходя из вышеизложенного, важной научно-технической задачей стала разработка и демонстрация специального транспортного устройства для крепления стальных конструкций вагонов метрополитена. Устройство предназначено для улучшения технологического процесса на производственной линии, повышения точности позиционирования опорных стальных конструкций, оптимизации процесса перемещения на производственной линии, повышения удобства перемещения, упрощения рабочих операций и сочетания эргономического дизайна для снижения физической нагрузки на персонал и снятия усталости при работе, а также обеспечения стабильного и высокого уровня охраны труда и безопасности производства [1, 2]. Цель данной статьи продемонстрировать конструкцию и технические преимущества разработанного транспортного устройства, проверить его соответствие стандартам и требованиям современного производства и эксплуатации железнодорожного транспорта, а также определить, может ли оно удовлетворить потребности, связанные с удобством транспортировки, простотой управления и эргономикой. Перспективы применения этого устройства обусловлены необходимостью модернизации производственного процесса, повышения конкурентоспособности отрасли и особого внимания к комфорту работников и охране труда.

Исследование транспортировочной тележки вагонов метрополитена

Основной конструкцией тележки для транспортировки вагонов метрополитена является несущая балка рамы. Ее функция заключается в соединении кузова вагона и тележки, главным образом для передачи нагрузки, а также тяги между кузовом и тележкой, а также для нагрузки от самого кузова и его вибраций во время движения [3, 4].

Опорная балка является ключевым элементом в железнодорожных и других транспортных средствах и представляет собой основной узел передачи усилий между корпусом вагона и тележкой. Опорная балка относится к большой категории сварных деталей, которые сложны в сборке и подвержены деформации. Подробная схема опорной балки показана на рисунке 1, конструкция ранее была подробно описана [5].

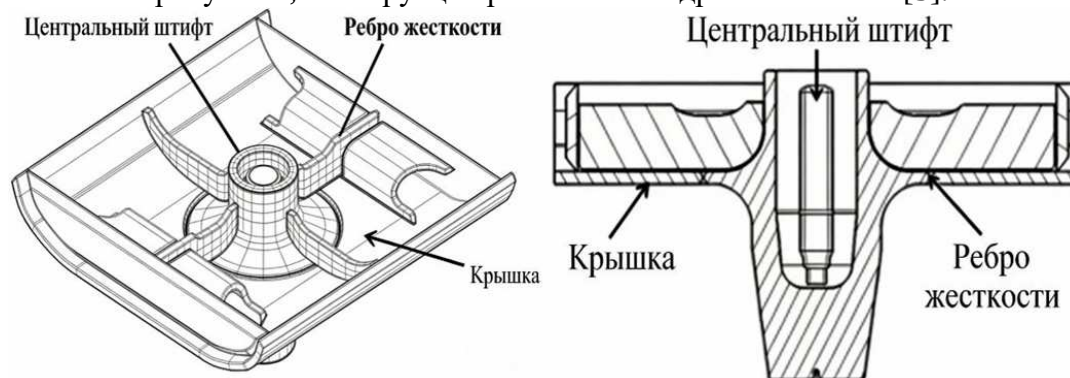


Рис. 1. Детальный вид несущей балки

Как показано на рисунке 1, опорная балка участвует в уменьшении вибраций, уменьшении поперечных смещений, а также обеспечивает стабильность корпуса и плавность движения транспортного средства.

В производстве и обслуживании рельсовых транспортных средств часто используется транспортировочная тележка, прочность ее основной конструкции, жесткость и надежность может удовлетворять требованиям при таких эксплуатационных режимах, как статическая нагрузка корпуса, спуск вагона и сборка. В работе были использованы конструктивные особенности транспортировочной тележки (рис. 2), центральная часть тележки соответствует центру несущей балки [1].

Поскольку высота транспортировочной тележки не соответствует росту рабочих, работникам приходится приседать или наклоняться, чтобы выполнять обычную работу, что не соответствует требованиям эргономики. Поэтому в данной работе рассматривается проектирование переходного устройства, которое не только облегчает транспортировку на производственной линии, но и способствует комфортной работе под вагоном метро для обслуживающего персонала.

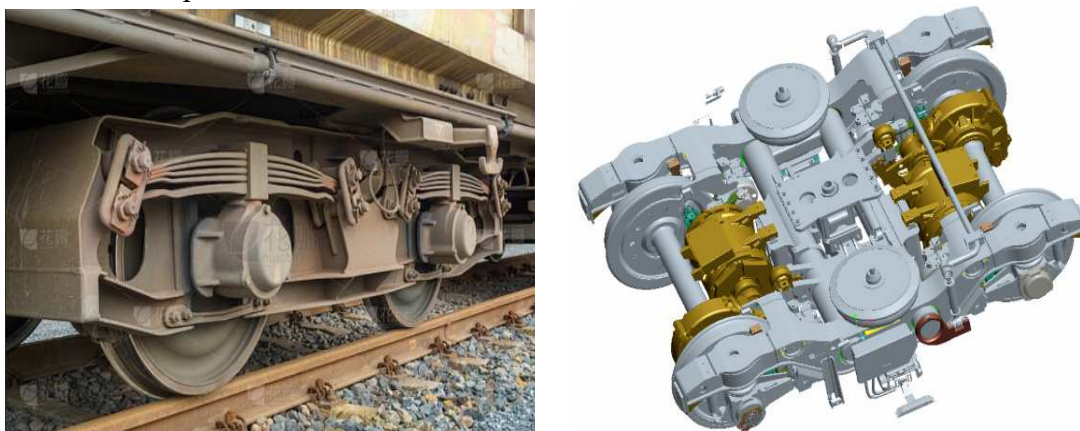


Рис. 2. Тележка для транспортировки вагонов метрополитена

На базе транспортировочных тележек авторами было разработано регулируемое устройство для опоры, сцепления и транспортировки стальной конструкции вагонов метрополитена, обеспечивающее использование единого технологического стенда для различных типов подвижного состава.

Основные задачи при проектировании данного устройства заключались в следующем:

- экономия производственной площади: установка переходной конструкции на существующем технологическом участке обеспечивает улучшение технологической планировки;
- повышение производительности: обеспечивается быстрое позиционирование, регулируемость и адаптация к различным моделям подвижного состава;
- обеспечение качества: устойчивая опора защищает конструкцию вагона метро и обеспечивает безопасную передачу на следующую производственную линию;
- экономический эффект: модернизация на основе существующего оборудования позволяет сократить новые капитальные затраты и снизить общую себестоимость [7].

Проектирование конструкции опорного устройства

Для тележки, представленной на рисунке 2, в данной работе было спроектировано регулируемое переходное устройство для опоры и транспортировки вагонов метрополитена. Схема спроектированной конструкции подробно представлена на рисунке 3. При этом нижние части 6 и 7 данного устройства соответствуют размерам верхней части транспортировочной тележки, а верхняя часть соединяется со стальной конструкцией вагона.

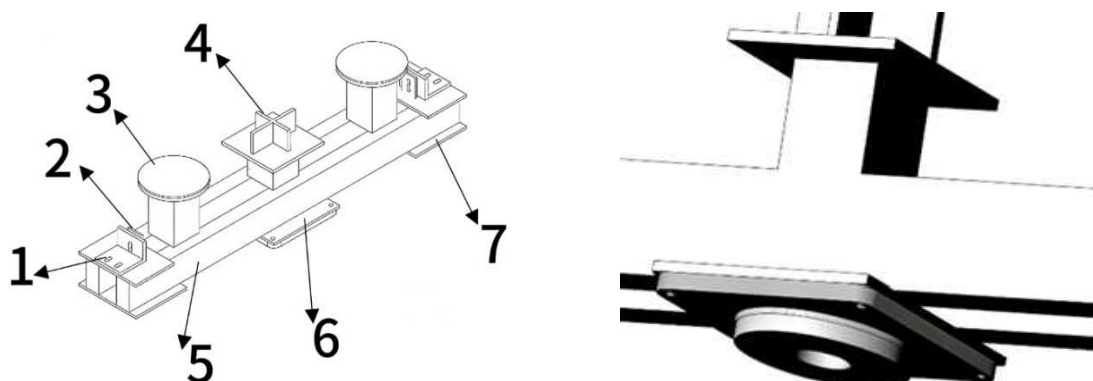


Рис. 3. Транспортное устройство для транспортировки вагонов метрополитена

Более подробное описание опорного устройства для транспортировочной тележки вагонов метрополитена приведено ниже.

1. Пластина типа L: состоит из внешней фиксирующей пластины типа L и внутренней квадратной фиксирующей пластины, соединяет саму конструкцию вагона, а в центре укрепляется и закрепляется болтами для фиксации кузова вагона [8, 9].

2. Квадратная фиксирующая пластина: представляет собой независимую конструкцию, круглая часть на ее боковой поверхности соответствует углублению соединительной пластины для транспортировки кузова, чтобы достичь полного эффекта соединительного закрепления, и выполняет функцию защиты выступающего соединительного стержня вагона.

3. Опорные диски: два опорных диска, включающие круглую твердую пластину для предотвращения царапин, круглый металлический диск, опорные стойки и другие компоненты. Их основная функция – поддерживать плоскости положения пневматических пружин по обе стороны несущей балки и опорной балки стальной конструкции кузова вагона, поднимать всю стальную конструкцию, обеспечивать стабильность всей установки и поддерживать стабильность транспортного средства во время транспортировки.

4. Центральная позиционирующая опора: состоит из крестовой стальной пластины, нижней пластины, опорных стоек и других компонентов. Она поддерживает и позиционирует центральное положение несущей балки стальной конструкции кузова и ее основная функция гарантировать неизменность центра несущей балки и опорной балки.

5. Поперечная балка определяется в зависимости от ширины кузова автомобиля. Ее основные функции заключаются, с одной стороны, в соединении и фиксации с верхней центральной пластиной для обеспечения устойчивости всего устройства, а с другой стороны, в соединении и фиксации с верхней опорной пластиной и центральным позиционирующим сиденьем для обеспечения общей фиксации устройства.

6. Верхняя центральная опора: соединена и закреплена под поперечиной, сочетается с нижней центральной опорой поддельного вагона для транспортировки, ее основная функция – поддержка.

7. Нижняя переходная пластина: выполняет функцию тонкой настройки и регулирования балансовой высоты.

Внесение изменений в части 4 и 6 устройства позволяет использовать его с различными типами вагонов метрополитена, как это показано на рисунке 4.



Рис. 4. Применение спроектированного опорного устройства для транспортировочной тележки вагонов метрополитена

Заключение

В статье рассмотрены вопросы транспортировки стальной конструкции вагона метрополитена в процессе производства. Было разработано опорно-цепное устройство с регулируемой высотой, надежным позиционированием и универсальностью для различных моделей вагонов. Благодаря предлагаемым в работе конструктивным решениям –

центральному позиционированию, опоре на несущую балку, быстрому сцеплению обеспечивается устойчивая опора и безопасная транспортировка вагона, одновременно повышается рабочая высота ремонтных операций, улучшается эргономика рабочих мест и снижается трудоемкость [10].

Практическое применение показало, что устройство имеет рациональную конструкцию, удобно в эксплуатации, эффективно решает проблемы существующего способа транспортировки. Устройство удовлетворяет реальным потребностям современного производства рельсового подвижного состава и обладает хорошей практичностью и перспективой распространения. В настоящее время авторами статьи подготовлены документы для патентования и государственной регистрации внешнего вида спроектированного опорного устройства для транспортировочной тележки вагонов метрополитена.

Список литературы

1. Картополцев В. М., Картополцев А. В., Алексеев А. А. К надежности несущих балок мостов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2023. – Т. 25, №6. – С. 183-195. – DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-6-183-195.
2. Веклич О.О., Нилов А.С., Воробьев А.А., Павельева И.К. Пути совершенствования фрикционных материалов тормозных систем железнодорожного транспорта // Вестник транспорта Поволжья. – 2026. – №1(115). – С. 11-19.
3. Якибов Г.Г., Комилов Т.О. Повышение эффективности эксплуатационных показателей железнодорожного транспорта // Евразийский журнал математической теории и компьютерных наук. – 2022. – №2(9). – С. 8-15. – DOI: 10.5281/zenodo.7073533.
4. Син Ш., Туркина Н.Р., Го М. Моделирование интерферометрических шумозащитных экранов железнодорожного транспорта Китая // Инженерный вестник Дона. – 2025. – №12(132).
5. Красильников В.С. Опорные балки для установки устройств контроля схода в межшпальном пространстве // Автоматика, связь, информатика. – 2024. – № 3. – С. 12-14. – DOI: 10.34649/AT.2024.3.3.003.
6. Zhu C, Tao L, Hong C, Bai B, Zhang G. Optimal Design of Rail Support Structure for Mountain Rail Transport Vehicle // Proceedings of Asia Pacific Computer Systems Conference. 2021, pp. 3-13. DOI: 10.1007/978-981-19-7904-01.
7. Xiao S, Zhang Z, Turkina N.R., Wei J. Design of Socket-type Adjustable Support Device for Large Components of Harbin Metro Car Body // International Journal of Mechanical and Electrical Engineering. 2024, no. 3(1), pp. 1-9. DOI: 10.62051/ijmee.v3n1.01.
8. Туркина Н.Р., Чукарин А.Н., Шашурин А.Е., Рак А.А. Расчет расположения пятна контакта в конической передаче двигателей летательных аппаратов // Инновационные технологии и технические средства специального назначения: Материалы четырнадцатой общероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 15-19 ноября 2021 года. – СПб.: БГТУ "Военмех", 2022. – С. 74-77.
9. Zhang D, Baig F. The Impacts of Social Norms on Passengers' Misbehavior in the Metro Carriage // Conference: 20th COTA International Conference of Transportation Professionals, 2020. DOI: 10.1061/9780784483053.435.
10. Самохвалов М.А., Демин В.А., Ефимов А.А., Наумкина Ю.В. Купольная сборно-разборная стальная конструкция для проведения статических испытаний грунтов // Строительная механика и конструкции. – 2024. – №3(42). – С. 98-109. – DOI: 10.36622/2219-1038.2024.42.3.009.

References

1. Kartopoltsev V.M., Kartopoltsev A.V., Alekseev A.A. On the reliability of bearing bridge beams // Bulletin of the Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2023, vol. 25, no. 6, pp. 183-195. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-6-183-195.
2. Veklich O.O., Nilov A.S., Vorobyov A.A., Pavelyeva I.K. Ways to improve friction materials of braking systems of railway transport // Bulletin of transport of the Volga region. 2026, no. 1(115), pp. 11-19.
3. Yakibov G.G., Komilov T.O. Improving the efficiency of operational indicators of railway transport // Eurasian Journal of Mathematical Theory and Computer Science. 2022, no. 2(9), pp. 8-15. DOI: 10.5281/zenodo.7073533.
4. Sin Sh., Turkina N.R., Guo M. Simulation of interferometric noise shields of Chinese railway transport // Engineering Bulletin of the Don. 2025, no. 12(132).
5. Krasilnikov V.S. Support beams for the installation of descent control devices in the interspal space // Automation, communications, informatics. 2024, no. 3, pp. 12-14. DOI: 10.34649/AT.2024.3.3.003.
6. Zhu C, Tao L, Hong C, Bai B, Zhang G. Optimal Design of Rail Support Structure for Mountain Rail Transport Vehicle // Proceedings of Asia Pacific Computer Systems Conference. 2021, pp. 3-13. DOI: 10.1007/978-981-19-7904-01.
7. Xiao S, Zhang Z, Turkina N.R., Wei J. Design of Socket-type Adjustable Support Device for Large Components of Harbin Metro Car Body // International Journal of Mechanical and Electrical Engineering. 2024, no. 3(1), pp. 1-9. DOI: 10.62051/ijmee.v3n1.01.

8. Turkina N.R., Chukarin A.N., Shashurin A.E., Rak A.A. Calculation of the location of the contact spot in the conical transmission of aircraft engines // Innovative technologies and special-purpose equipment: Proceedings of the fourteenth All-Russian scientific and practical conference, Saint-Petersburg, November 15-19, 2021. – SPb.: BSTU "Voenmeh", 2022. – P. 74-77.
9. Zhang D, Baig F. The Impacts of Social Norms on Passengers' Misbehavior in the Metro Carriage // Conference: 20th COTA International Conference of Transportation Professionals, 2020. DOI: 10.1061/9780784483053.435.
10. Samokhvalov M.A., Demin V.A., Efimov A.A., Naumkina Yu.V. Dome collapsible steel structure for static soil testing // Construction Mechanics and Structures. 2024, no. 3(42), pp. 98-109. DOI: 10.36622/2219-1038.2024.42.3.009.

<i>Сведения об авторах:</i>	<i>Information about authors:</i>
Сяо Шусинь – аспирант	Xiao Shuxin – postgraduate student
Туркина Наталья Рудольфовна – кандидат технических наук, доцент	Turkina Natalya Rudolfovna – candidate of technical science, associate professor
siao_shusin@voenmeh.ru	

Получена 10.04.2026