

УДК 621.86.0

Компьютерное моделирование грузозахватного устройства автоматизированной системы выгрузки-подачи рельсовых плетей в РСП-1

А. В. Атаманюк, Я. С. Ватулин, А. А. Воробьев, И. Ю. Новосельский

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Российская Федерация, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Атаманюк А. В., Ватулин Я. С., Воробьев А. А., Новосельский И. Ю. Компьютерное моделирование грузозахватного устройства автоматизированной системы выгрузки-подачи рельсовых плетей в РСП-1 // Известия Петербургского университета путей сообщения. — СПб.: ПГУПС, 2022. — Т. 19. — Вып. 2. — С. 193–202. DOI: 10.20295/1815-588X-2022-2-193-202

Аннотация

Цель: Модернизация технологии выгрузки и подачи рельсов автоматизированной системы выгрузки-подачи рельсов с разработкой многофункционального рельсового захвата и определением степени соответствия применяемого двутавра 36М в качестве монорельса новым прочностным требованиям.

Методы: Компьютерное моделирование твердотельной виртуальной модели проектируемого рельсового захвата разработана в среде системы автоматизированного проектирования SolidWorks. **Результаты:** Рассчитана ездовая балка грузоподъемного устройства АСВП с новым захватом. Установлено, что ездовая балка в виде двутавра марки 36М полностью удовлетворяет требуемым условиям прочности и жесткости при установке на ГУ нового захвата. **Практическая значимость:** Определена конструкция автоматического рельсового захвата, рассчитанного на работу с одним или тремя рельсами одновременно.

Ключевые слова: Рельс, многофункциональный рельсовый захват, рельсовая плеть, балка, грузоподъемное устройство, сечение, прочность, жесткость, твердотельная виртуальная модель.

Российский железнодорожный транспорт выполняет важную экономическую и социальную роль [1, 2]. По данным Росстата, эксплуатационная длина путей сообщения общего пользования составляет более 87 тыс. км, на электрифицированные участки приходится более половины всей протяженности [1].

Полигон укладки бесстыкового пути в ОАО «РЖД» постоянно увеличивается и в насто-

ящее время приближается к 80 % от общей протяженности железнодорожных путей. Применение на сети железных дорог бесстыкового пути положительно влияет на взаимодействие пары «колесо — рельс» [3–5]. На сегодняшний день, для обеспечения программы капитального ремонта сети ОАО «РЖД» и в связи со строительством новых скоростных железных дорог, потребность в новых бесстыковых рельсовых

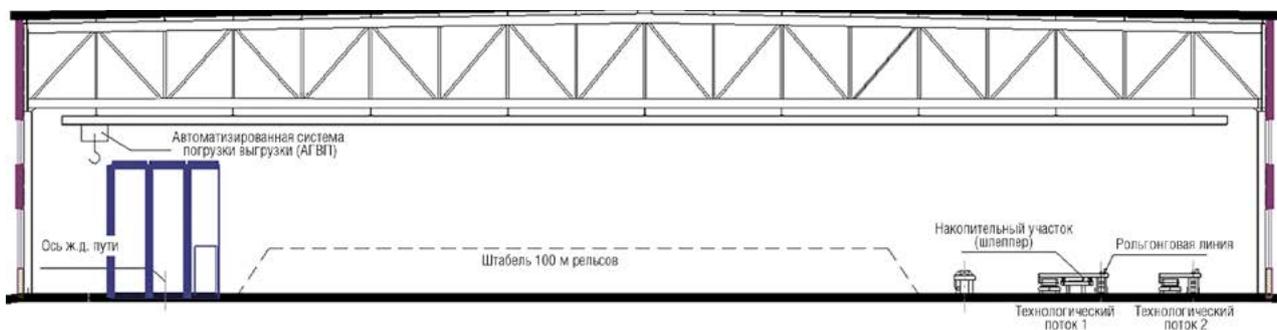


Рис. 1. План склада в разрезе

плетях остается на высоком уровне. Покрытие этой потребности происходит за счет рельсосварочных предприятий, в том числе и РСП-1.

РСП-1 является одним из ведущих предприятий в нашей стране по выпуску плетей длиной до 800 метров. На предприятии проводятся работы по реконструкции и переоборудованию производства современным технологическим оборудованием для удовлетворения нужд Северо-Западного региона ОАО «РЖД» в качественных сварных рельсовых плетях и организации скоростного пассажирского движения.

РСП-1 — это первое в России предприятие, которое было реконструировано для работы с прокатными рельсами длиной 100 метров (ранее 25 метров). Использование таких рельсов позволяет снизить количество сварных стыков плети с 32 до 7, благодаря чему увеличивается ее прочность и долговечность [6, 7].

Автоматизированная система выгрузки-подачи рельсов (АСВП) отечественного производства ООО «Вест-Тер» спроектирована и установлена на предприятии РСП-1, г. Санкт-Петербург, состоит из 8 синхронно работающих грузоподъемных устройств (ГУ) с рельсовыми захватами. Все устройства синхронизированы друг с другом, за счет чего образуется единая грузоподъемная линия. Благодаря внедрению данной системы на увеличенном складе предприятия стали возможны разгрузка, транспортировка и погрузка на потоки рельсов длиной 100 метров.

Расчетная мощность выработки Рельсосварочного предприятия № 1 после реконструкции при работе со стометровыми рельсами увеличилась втрое, до 540 км в год, и в настоящий момент предприятие продолжает искать разные пути повышения производительности.

Перевозка рельсов 100-метровой длины производится на специализированном составе типа ОПР-100, который представляет собой сцеп из семи платформ со специальным оборудованием для размещения плетей. Он въезжает на склад по рельсам.

Основная цель расчета — модернизация технологии выгрузки и подачи рельсов АСВП с разработкой многофункционального рельсового захвата и определением степени соответствия применяемого двутавра 36М в качестве монорельса новым прочностным требованиям.

Складское помещение имеет площадь 5832 кв. метра (рис. 1) и предназначено для хранения и переноса рельсового сырья. Разгрузка состава производится АСВП. Большая часть пространства склада занята штабелем рельсов. Максимальное количество рядов в штабеле — 8. В нижнем ряду штабеля может разместиться 146 стометровых рельсов. Вместимость склада — 1112 штук стометровых Р65 или 55,6 км пути. Также внутри склада установлены кабина управления АСВП и помещение зачистных станков.

Технология разгрузки сцепов из семи платформ состоит из четырех основных операций:

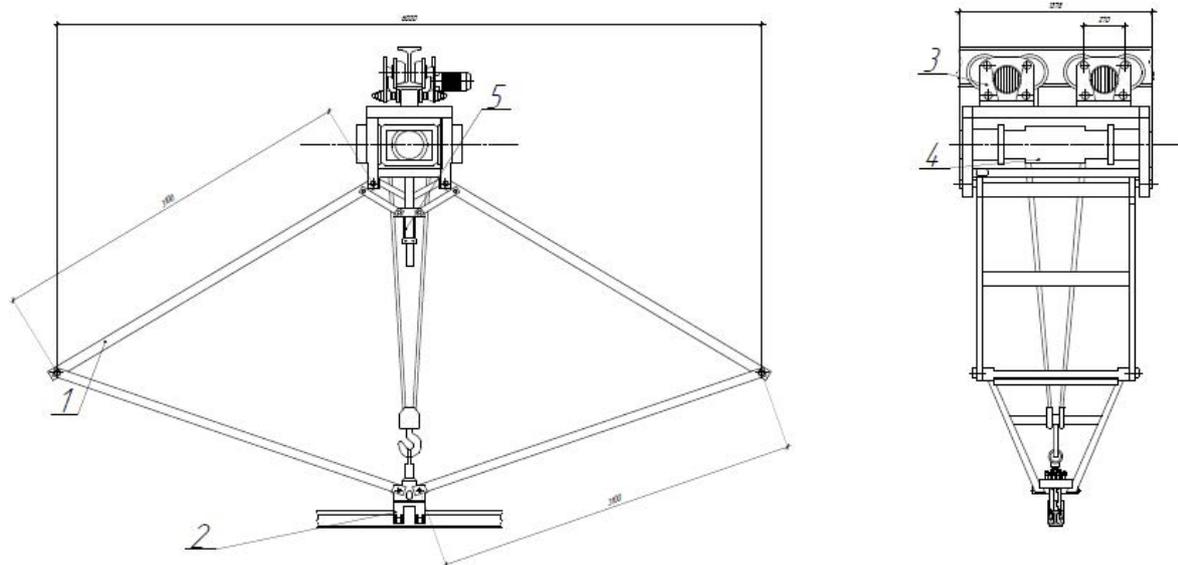


Рис. 2. Устройство грузоподъемное:
1 — пантограф; 2 — захват; 3 — приводная тележка; 4 — тельфер; 5 — ползун

1. Приведение сцепа из 7 платформ в положение для выгрузки.

2. Разгрузка уложенного ряда 100-метровых рельсов со сцепа на склад рельсов.

3. Разгрузка следующих рядов 100-метровых рельсов со сцепа на склад рельсов.

4. Разгрузка уложенного ряда стометровых рельсов со сцепа на шлеппер (рольганг).

Максимальный цикл подачи под сварку с колёс одного рельса — 10 минут. На сцепах перевозится 60 рельсов, следовательно, на разгрузку всех рельсов затрачивается около 10 часов, не считая времени на разбор рядов. Одновременно можно работать только с одним рельсом, что замедляет процесс. В результате происходит простой рельсовозного состава. Таким образом, существует потребность в увеличении скорости разгрузки с целью уменьшения простоев и улучшения экономических показателей.

АСВП является главным оборудованием на складе и служит для подъема, удержания, перемещения и опускания рельса. Система состоит

из восьми синхронизированных грузоподъемных устройств (рис. 2), связанных единой системой управления.

Система может работать в ручном, полуавтоматическом и автоматическом режимах.

Автоматическое устройство для захвата рельсов (рис. 3), установленное на АСВП, подвешивается на крюк тельфера. Для ориентации в пространстве к устройству присоединяется пантограф. Грузоподъемность устройства — 3,2 тонны. Принцип действия основан на четырехтактном механизме фиксации захватных органов:

1. Первый такт — исходное положение грузозахватного устройства.

2. Второй такт — опускание захвата на груз.

3. Третий такт — захват груза, его подъем и транспортировка.

4. Четвертый такт — освобождение устройства от груза.

Такой механизм характеризуется наличием фиксирующей звездочки. Во время каждого такта звездочка занимает определенное положение.

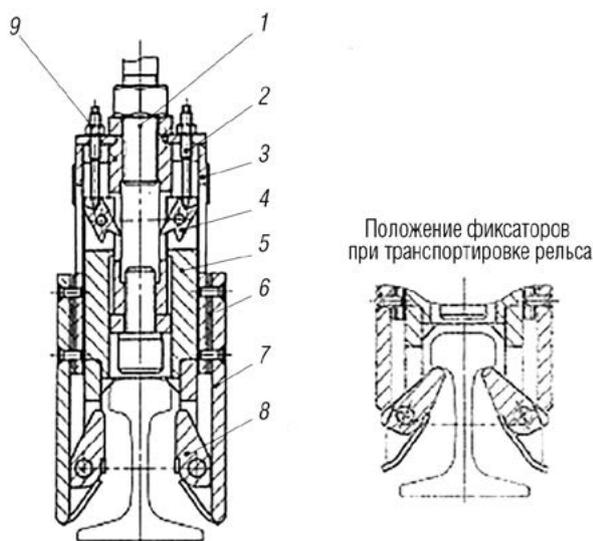


Рис. 3. Рельсозахватное устройство АСВП:

- 1 — крепление к грузовой тали;
- 2 — упор; 3 — защитный кожух;
- 4 — звездочка; 5 — корпус; 6 — набор прокладок;
- 7 — упор; 8 — фиксатор;
- 9 — гильза

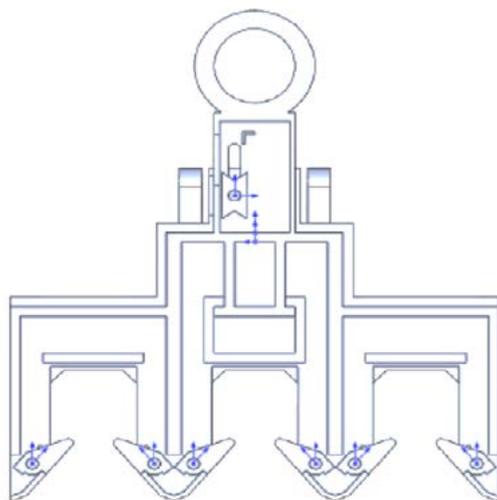


Рис. 4. Твёрдая виртуальная модель проектируемого рельсового захвата

Предлагается применение автоматического рельсового захвата для нескольких рельсов, что обеспечит экономический эффект за счет сокращения времени разгрузки и уменьшения простоев

состава для перевозки 100-метровых рельсов. На основе морфологического анализа выбран вариант — рельсовый захват на 3 рельса.

В основу работы захвата заложен четырехтактный принцип фиксации грузозахватных органов. Также предусмотрена работа захвата с одним рельсом за счет специальных отверстий для фиксации боковых зацепов.

Твёрдая виртуальная модель проектируемого рельсового захвата разработана в среде системы автоматизированного проектирования SolidWorks (рис. 4).

Захват состоит из следующих основных элементов: внешняя подвижная часть корпуса, внутренняя неподвижная часть корпуса, зацепы, зацепы с фиксатором, оси зацепов, звездочка, ось звездочки и тормозная пружина для предотвращения свободного вращения звездочки. Также предусмотрены специальные отверстия в боковых частях захвата для фиксации зацепов и перевода захвата в режим работы только с одним рельсом.

Для решения задачи прочностного расчета использован функционал программного комплекса — SolidWorks Simulation [8].

При выполнении расчета принимаются следующие допущения и упрощения:

1. Материал считается однородным и изотропным.
2. Незначительные детали конструкции редуцированы.
3. Расчет выполняется для квазиустановившегося режима, влияние динамики колебательных процессов многоопорных подвесов длинногабаритных рельсовых плетей не учитывается.
4. Деформации элементов бака и ротора пренебрежимо малы.

Прочностной анализ захвата выполнен для режима подъема и транспортирования груза. В качестве материала принята конструкционная сталь 1.0503 стандарта EN 10277-2 (аналог: Сталь 45) (см. таблицу).

Таблица свойств материала

Марка стали:	1.0503 Стандарт: EN 10277-2 (аналог: Сталь 45)
Тип модели:	Linear Elastic Isotropic
Критерий отказа по умолчанию:	Max von Mises Stress
Предел текучести:	5.8e + 08 N/m ² (580 N/ m m ²)
Предел прочности:	7.5e + 08 N/m ² (750 N/ m m ²)
Модуль упругости:	2.1e + 11 N/m ² (210000 N/ m m ²)
Коэффициент Пуассона:	0.28
Коэффициент Пуассона:	7800 kg/m ³
Модуль сдвига:	7.9e + 10 N/m ² (79000 N/ m m ²)
Коэффициент теплового расширения:	1.1e-05 /Kelvin

Фиксация захвата осуществляется посредством шарнирного соединения подвесных элементов АСВП по контактным поверхностям несущих проушин: сектор внутренней поверхности отверстий (опора типа «зафиксированный шарнир»), боковая поверхность корпуса проушины (опора типа «ролик/скольжения») (рис. 5).

Силовой фактор (нормальная сила 24 000 Н) от веса рельсовых плетей приложен к скругленным кромкам замыкающих кулачков зацепа головки рельса (рис. 6).

В результате проведенного численного моделирования нагружения [9–13] конструкции подвеса установлено:

Конструкция работает в условиях изгиба (рис. 7).

По результатам моделирования максимальные напряжения в элементах конструкции (полки швеллера) соответствуют:

$S_{\max} = 195 \text{ N/mm}^2 \text{ (МПа)} < [S_{\text{пред}}] = 580 \text{ N/mm}^2 \text{ (МПа)}$ не превышает допустимые.

Согласно ст. 8.2.1. СП 16.13330.2011 [14] расчет на прочность элементов из стали при действии поперечной силы выполняется по формуле:

$$\frac{QS}{I_w R_{yn} \gamma_m} \leq 1,$$

где I — момент инерции сечения брутто, 11 552 см⁴ (без учета соединительных планок);
 Q — поперечная сила, 2400 кгс;

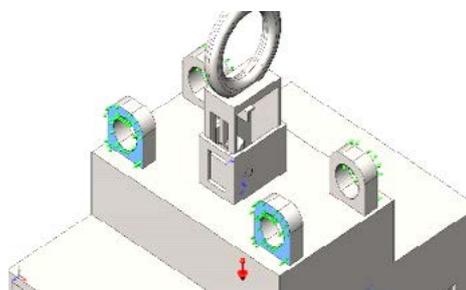


Рис. 5. Узлы шарнирного соединения корпуса захвата с подвесом АСВП

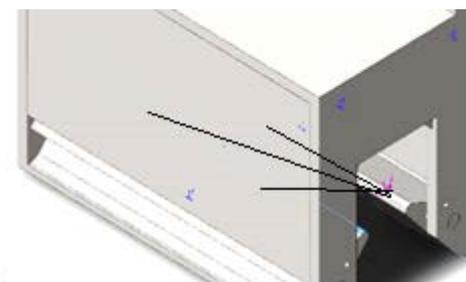
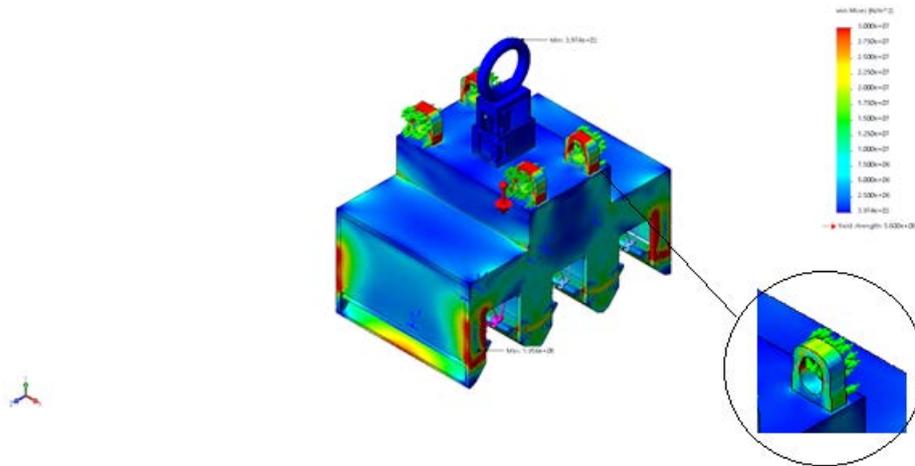


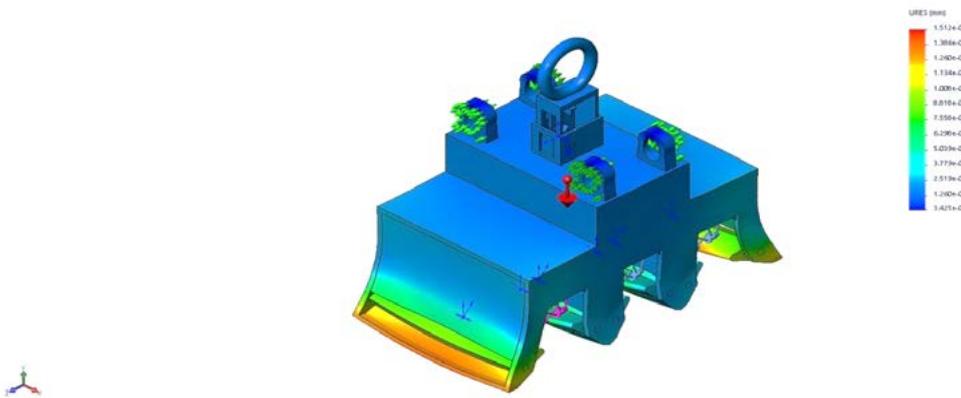
Рис. 6. Поверхности элементов приложения силовых факторов от веса рельсовых плетей

S — статический момент сдвигаемой части сечения брутто относительно нейтральной оси, 458 см³ для полусечения корпуса захвата;
 t_w — толщина стенки, 0,5 см;
 R_{yn} — предел текучести, 580 N/mm² (МПа) (сталь 45);
 γ_m — 1,025, коэффициент надежности по материалу (табл. 3 [4]).



Name	Type	Min	Max
Напряжение1	VON: von Mises Stress	3.974e + 02 N/m^2 Node: 1234673	1.956e + 08 N/m^2 Node: 1072406

Рис. 7. Эпюра напряжений захвата



Name	Type	Min	Max
Перемещение1	URES: Resultant Displacement	3.425e-07 mm Node: 1022240	1.512e-01 mm Node: 1123144

Рис. 8. Эпюра перемещений захвата

$$2400 \cdot 2 \cdot 458 / (11552 \cdot 0,5 \cdot 580 \cdot 0,9) = \\ = 2\,199\,120 / 3\,015\,072 = 0,72;$$

$0,72 \leq 1$ — условие выполняется.

Согласно ст. 8.1. [14] объект относится к балкам 1 класса — НДС в пределах упругих деформаций.

На рис. 8 показаны максимальные перемещения узла $U_{\max} = 0,15$ мм, $L_{\text{балки}} = 191$ мм (длина деформированной консоли конструкции).

$$[U_{\text{пред}}] = L_{\text{балки}} \cdot 1/500 = 191 \cdot 1/500 = 0,38 \text{ мм.}$$

Максимальные смещения не превышают предельные $0,38 / 0,15 = 2,53$.

Таким образом, для нагрузки 24 000 кгс конструкция захвата удовлетворяет требованиям прочности и жесткости.

При установке на грузоподъемное устройство АСВП нового рельсового захвата, нагрузки, действующие на конструкцию, в том числе и на моно-рельс, изменятся. Это связано с тем, что изменится конструкция захвата, следовательно, увеличится

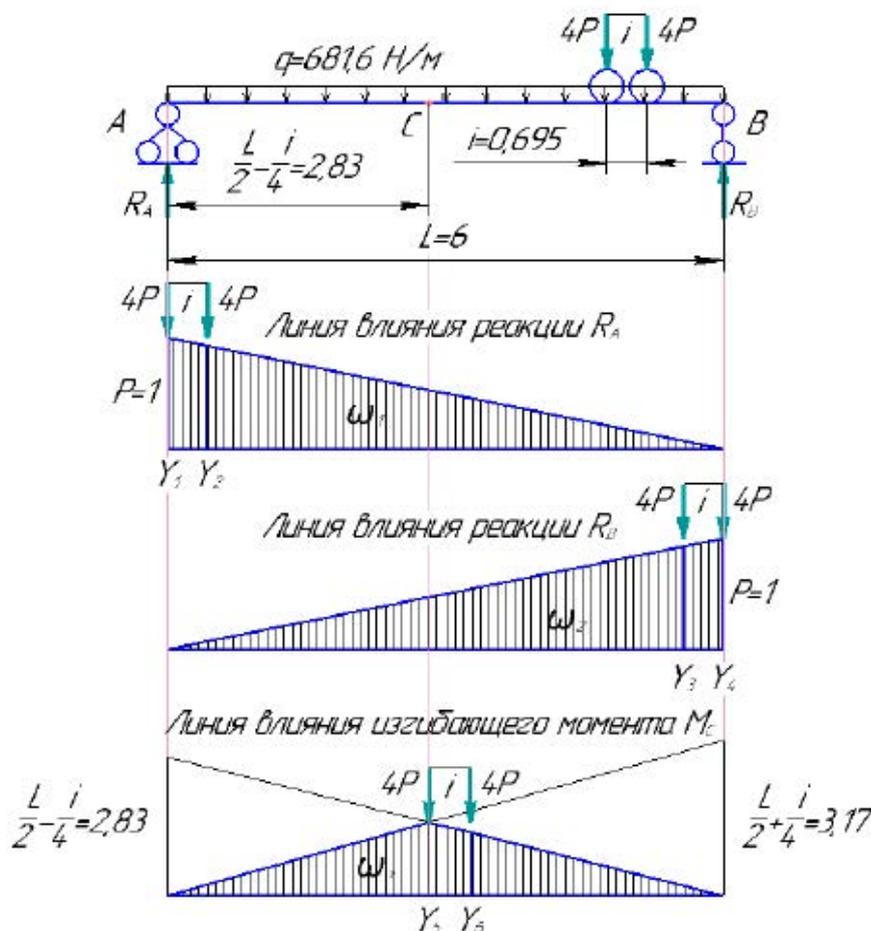


Рис. 9. Схема нагружения балки, линии влияния реакций и изгибающего момента

масса устройства в целом и масса перевозимого груза.

Поэтому произведена проверка соответствия установленных на складе предприятия ездовых балок условиям прочности при использовании нового рельсового захвата.

Монорельс представляет собой неподвижную балку длиной 48 м. Балка крепится в 9 точках к МК здания от края до края с шагом 6 м (рис. 9). Профиль — двутавр 36М (ГОСТ 19425—74), материал — С275 (ГОСТ 27772—88).

Выводы

1. Определена конструкция автоматического рельсового захвата, рассчитанного на работу с одним или тремя рельсами одновременно.

2. Рассчитана ездовая балка грузоподъемного устройства АСВП с новым захватом. В результате расчета проверена прочность балки в опасном сечении по нормальным напряжениям общего изгиба, напряжения составили 91,35 МПа при допустимых 275 МПа; определены местное продольное и местное поперечное напряжения, сумма напряжения общего изгиба и местного продольного напряжения удовлетворяет требуемому условию: $91,35 + 131,12 = 222,45$ МПа ≤ 275 МПа; местное поперечное напряжение удовлетворяет условию: $36,27$ МПа ≤ 275 МПа; проверена жесткость балки, условие жесткости было соблюдено: $0,00103 \leq 0,0014$.

3. Установлено, что ездовая балка в виде двутавра марки 36М полностью удовлетворяет тре-

буемым условиям прочности и жесткости при установке на ГУ нового захвата.

Библиографический список

1. Основные показатели перевозочной деятельности. — URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/23455> (дата обращения: 18.02.2022).

2. Воробьев А. А. Прогнозирование ресурса и совершенствование технологии ремонта колес железнодорожного подвижного состава: дисс. ... д-ра техн. наук / А. А. Воробьев. — СПб.: ПГУПС, 2018. — 289 с.

3. Воробьев А. А. Методика определения нагруженности колесной пары подвижного состава при движении по репрезентативным маршрутам с использованием математического моделирования системы «вагон — путь»: монография / А. А. Воробьев. — М.: Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 151 с.

4. Воробьев А. А. Ресурс и ремонтпригодность колесных пар подвижного состава железных дорог. Монография / А. А. Воробьев, С. И. Губенко, И. А. Иванов и др.; под ред. проф. И. А. Иванова. — М.: ИНФРА-М, 2011. — 264 с.

5. Валинский О. С. Повышение работоспособности колесных пар подвижного состава: Монография / О. С. Валинский, А. А. Воробьев, С. И. Губенко и др.; под ред. И. А. Иванова. — Казань: Бук, 2022. — 324 с.

6. Попович М. В. Путевые машины: учебник / М. В. Попович, В. М. Бугаенко, Б. Г. Волковойнов и др.; под ред. М. В. Поповича, В. М. Бугаенко. — М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2019. — 960 с.

7. РСМ-М: сайт. — URL: <http://www.rspm.ru/> (дата обращения: 25.12.2021).

8. Алямовский А. А. COSMOSWorks. Основы расчета конструкций на прочность в среде SolidWorks: учебное пособие / А. А. Алямовский. — М.: ДМК Пресс, 2010. — 783 с. — С. 771–783.

9. Vatulin Y. S. Stability Control of a Self-Propelled Crane in Dynamic Loading / Y. S. Vatulin, D. A. Potakhov // Russian Engineering Research — № 40(7). — Pp. 545–550. — DOI: 10.3103/S1068798X20070254.

10. Vorobev A. A. Study of the stress-strain state of the wheel pair of a freight car during braking / A. A. Vorobev, A. A. Krutko, N. U. Shadrina, A. M. Badamshin // Journal of Physics: Conference Series. — 1260 (7). — Art. № 072019. — DOI: 10.1088/1742-6596/1260/7/072019.

11. Bardyshev O. Expert Review of Metro Escalators Safety / O. Bardyshev, V. Popov, P. Druzhinin, A. Bardyshev // Transportation Research Procedia. — № 20. — Pp. 31–35. — DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.007.

12. Bardyshev O. A. Monitoring of technical condition of technical devices at hazardous production facilities / O. A. Bardyshev, V. A. Popov, S. K. Korovin, A. N. Filin // Bezopasnost' Truda v Promyshlennosti. — 2020 (1). — Pp. 52–56. — DOI: 9.24000/0409-2961-2020-1-52-56.

13. Bardyshev O. A. Method of safety control of transport and technological machines in the initial period of operation (on the example of tunnel escalators) / O. A. Bardyshev, P. V. Druginin, S. Repin, A. N. Filin et al. // Bulletin of Civil Engineers. — 2018. — № 6(71). — Pp. 129–134. — DOI: 10.23968/1999-5571-2018-15-6-129-134.

14. СП 16.13330.2011. Стальные конструкции.

Исследования, выполняемые по данной тематике, проводились в рамках реализации Федеральной программы поддержки университетов ПРИОРИТЕТ 2030.

Дата поступления: 15.04.2022

Решение о публикации: 05.05.2022

Контактная информация:

АТАМАНЮК Александр Васильевич — канд. техн. наук, доц.; aleksanderataman@mail.ru

ВАГУЛИН Ян Семенович — канд. техн. наук, доц.; yan-roos@yandex.ru

ВОРОБЬЕВ Александр Алфеевич — д-р техн. наук, доц.; 79219751198@yandex.ru

НОВОСЕЛЬСКИЙ Игорь Юрьевич — канд. техн. наук, доц.; nttk@pgups.ru

Computer Simulation of Load-Handling Device of Automatic System for Unloading-Supply of Rail Straps at Rail Welding Enterprise RWE-1

A. V. Atamanyuk, Ya. S. Vatulin, A. A. Vorobyov, I. Yu. Novoselsky

Emperor Alexander I Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

For citation: Atamanyuk A. V., Vatulin Ya. S., Vorobyov A. A., Novoselsky I. Yu. Computer Simulation of Load-Handling Device of Automatic System for Unloading-Supply of Rail Strings at Rail Welding Enterprise RWE-1 // *Proceedings of Petersburg Transport University*, 2022, vol. 19, iss. 2, pp. 193–202. (In Russian). DOI: 10.20295/1815-588X-2022-2-193-202

Summary

Purpose: Modernization of rail unloading-supply technology of rail unloading-supply automatic system with the development of multifunctional rail grip and the definition of compliance degree of being used I-beam 36M as a monorail to new requirements for a strength. **Methods:** Computer modeling of solid virtual model of being designed rail grip is developed in the environment of computer-aided design system SolidWorks. **Results:** Load-carrying beam of unloading-supply automatic system (USAS) lifting device with a new grip is calculated. It's found that the I-beam as of 36M grade fully meets required strength and rigidity conditions at installing a new grip on a solid plot. **Practical significance:** Design of automatic rail grip is designed that's reckoned upon work with one or three rails simultaneously.

Keywords: Rail, multifunctional rail grip, rail strap, beam, lifting device, section, strength, rigidity, solid virtual model.

References

1. Osnovnye pokazateli perevoznoy deyatelnosti [Main indicators of transportation activity]. *EB Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy statistiki* [EB of the Federal State Statistics Service]. Available at: <https://rosstat.gov.ru/folder/23455> (accessed: February 18, 2022). (In Russian)
2. Vorob'ev A. A. *Prognozirovaniye resursa i sovershenstvovaniye tekhnologii remonta koles zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava. Dokt. Diss* [Forecasting the resource and improving the technology of repair of wheels of railway rolling stock. Doct. Diss]. St. Petersburg: PGUPS Publ., 2018. 289 p. (In Russian)
3. Vorob'ev A. A. *Metodika opredeleniya nagruzhenosti kolesnoy pary podvizhnogo sostava pri dvizhenii po reprezentativnym marshrutam s ispol'zovaniem matematicheskogo modelirovaniya sistemy «vagon — put'»* [Methodology for determining the loading of a wheel pair of rolling stock when moving along representative routes using mathematical modeling of the “car - track” system]. Moscow: 2020. 151 p. (In Russian)
4. Vorob'ev A. A., Gubenko S. I., Ivanov I. A., Kondratenko V. G., Kononov D. P., Orlova A. M. *Resurs i remontoprigradnost' kolesnykh par podvizhnogo sostava zheleznikh dorog* [Resource and maintainability of wheel sets of rolling stock of railways]. Moscow: INFRA-M Publ., 2011. 264 p. (In Russian)
5. Valinskiy O. S., Vorob'ev A. A., Gubenko S. I. *Povysheniye rabotosposobnosti kolesnykh par podvizhnogo sostava* [Improving the performance of wheel sets of rolling stock]. Kazan': Buk Publ., 2022. 324 p. (In Russian)
6. Popovich M. V., Bugaenko V. M., Volkovoynov B. G. *«Putevye mashiny»* [“Track machines”]. Moscow: «Uchebno-metodicheskiy tsentr po obrazovaniyu na zheleznodorozhnom transporte» Publ., 2019. 960 p. (In Russian)

7. *RSP-M: sayt* [RSP-M: site]. Available at: <http://www.rspm.ru/> (accessed: December 25, 2021). (In Russian)
8. Alyamovskiy A. A. *COSMOSWorks. Osnovy rascheta konstruktsiy na prochnost' v srede SolidWorks* [COSMOS Works. Fundamentals of strength calculation of structures in the SolidWorks environment]. Moscow: DMK Press Publ., 2010. 783 p. Available at: <http://e.lanbook.com/book/1318>. (In Russian)
9. Vatulin Y. S., Potakhov D. A. Stability Control of a Self-Propelled Crane in Dynamic Loading. *Russian Engineering Research*, I. 40 (7), pp. 545-550. DOI: 10.3103/S1068798X20070254
10. Vorobev A. A., Krutko A. A., Shadrina N. U., Badamshin A. M. Study of the stress-strain state of the wheel pair of a freight car during braking. *Journal of Physics: Conference Series*, I. 1260 (7), art. 072019. DOI: 10.1088/1742-6596/1260/7/072019.
11. Bardyshev O., Popov V., Druzhinin P., Bardyshev A. Expert Review of Metro Escalators Safety.
12. Bardyshev O. A., Popov V. A., Korovin S. K., Filin A. N. Monitoring of technical condition of technical devices at hazardous production facilities. *Bezopasnost' Truda v Promyshlennosti*. 2020 (1), pp. 52-56. DOI: 9.24000/0409-2961-2020-1-52-56
13. Bardishev O. A., Druginin P. V., Repin S., Filin A. N., Popov V. A. Method of safety control of transport and technological machines in the initial period of operation (on the example of tunnel escalators). *Bulletin of Civil Engineers*. 2018, I. 6 (71), pp. 129-134. DOI: 10.23968/1999-5571-2018-15-6-129-134
14. СII 16.13330.2011. Stalnie konstruktsii. [SP 16.13330.2011. Steel structures]. (IN Russian)

Received: April 15, 2022

Accepted: May 05, 2022

Author's information:

Alexander V. ATAMANYUK — PhD in Engineering, Associate Professor; aleksanderataman@mail.ru

Yan S. VATULIN — PhD in Engineering, Associate Professor; yan-roos@yandex.ru

Alexander A. VOROBIEV — D. Sci. in Engineering, Associate Professor; 79219751198@yandex.ru

Igor Y. NOVOSELSKY — PhD in Engineering, Associate Professor; nttk@pgups.ru