

## ГЕОДЕЗИЯ/GEODESY

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.89>

### МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ РЕЛЬСОВЫХ ПУТЕЙ МОСТОВЫХ КРАНОВ

Научная статья

Шляхова М.М.<sup>1,\*</sup>, Васанов А.Е.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0003-0689-3404;

<sup>1,2</sup> Сибирский государственный университет геосистем и технологий, Новосибирск, Российской Федерации

\* Корреспондирующий автор (plazma\_space[at]mail.ru)

#### Аннотация

В данной работе рассматриваются: актуальность контроля состояния геометрических параметров мостовых подъемных сооружений и их конструкция, приводятся допуски геометрических параметров рельсового пути, методика обработки данных исполнительной съемки рельсовых путей подъемных сооружений, процесс выполнения исполнительной съемки рельсового пути подъемного сооружения, оборудование подходящее по точности измерений для выполнения геодезических работ, программное обеспечение для камеральной обработки измерений, аспекты математической обработки геодезических измерений в программном обеспечении CredoDAT, графическое представление схемы рельсовых путей мостовых кранов, а также составляется заключение по результатам работы о пригодности исследуемого мостового крана к безопасной эксплуатации.

**Ключевые слова:** геодезическая съемка рельсовых путей, мостовые краны, камеральная обработка тахеометрических измерений.

#### METHODOLOGY OF PROCESSING GEODETIC SURVEY DATA OF OVERHEAD CRANE TRACKS

Research article

Шляхова М.М.<sup>1,\*</sup>, Васанов А.Е.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0003-0689-3404;

<sup>1,2</sup> Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

\* Corresponding author (plazma\_space[at]mail.ru)

#### Abstract

This work examines the following: the relevance of controlling the state of geometric parameters of bridge lifting structures and their design, the tolerances of geometric parameters of the rail track, the methodology of data processing of the executive survey of the rail tracks of lifting structures, the process of performing the executive survey of the rail track of the lifting structure, equipment suitable for the accuracy of measurements to perform geodetic work, software for desktop processing of measurements, aspects of mathematical processing of geodetic measurements in CredoDAT software, graphical representation of the scheme of overhead travelling crane tracks, as well as a conclusion on the results of work on the suitability of the studied overhead travelling crane for safe operation.

**Keywords:** geodetic surveying of rail tracks, overhead cranes, desktop processing of tacheometric measurements.

#### Введение

Для бесперебойной работы промышленных, энергетических и других предприятий основным средством механизации погрузочно-разгрузочных работ является грузоподъемные механизмы. Для этих целей применяется большое количество кранов, разнообразных по конструкции, назначению и способу перемещения грузов. Грузоподъемные краны мостового типа перемещаются по рельсовым подкрановым путям. Крановый путь – сооружение, состоящее из направляющих, их стыковых и промежуточных скреплений: опорных элементов (балки, фермы, колонны и другие строительные конструкции), контроль геометрических параметров которых регламентируется нормативной документацией [10], а именно необходимо определить следующие параметры:

- разность отметок головок рельсов в одном поперечном сечении, допустимое значение не более 40 мм;
- разность отметок головок рельсов на соседних колоннах, допуск при шаге колонн 6 м составляет 9 мм;
- сужение или уширение колеи рельсового пути (отклонение размера пролета), допуск отклонения на колею составляет не более 15 мм.

Указанные допуски приведены в соответствии с Приложением 5 Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности (ФНП) «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» утвержденных приказом Ростехнадзора № 461 от 26 ноября 2020 года [10].

#### Материалы и методы исследования

Цель проведенной работы рассмотреть методику обработки данных исполнительной съемки рельсовых путей подъемных сооружений, аспекты математической обработки геодезических измерений в программном обеспечении CredoDAT, а также проверить геометрические параметры рельсового пути [3] подъемного сооружения на соответствие допускам Ростехнадзора [4].

В качестве объекта исполнительной съемки был выбран кран котельного отделения главного корпуса ТЭЦ, шаг колонн составляет 6 м, ширина пролета 25,5 м, длина рельсового пути 65 м. Тип направляющих – стальной рельс

марки KP70 (головка рельса 70 мм, подошва 130 мм.) Направляющие уложены на металлические балки. Ширина верхней полки балки составляет 350 мм.

Перед выполнением исполнительной съемки, была выполнена разбивка контрольных точек рельсового пути через 3 метра с использованием 50 метровой геодезической рулетки. Контрольные точки – места установки на рельсовом пути мониторинговой марки. Планово-высотное положение, контрольных точек определялось методом тахеометрической съемки, при помощи электронного тахеометра Leica TS02 3" [6], [7] и мониторинговых марок специальной конструкции с принудительной установкой на ось рельса (рис. 1). Съемка была выполнена с 1 станции в условной системе координат.



Рисунок 1 - Используемое оборудование  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.89.1>

В процессе производства полевых измерений были получены данные угловых и линейных измерений планово-высотного положения контрольных точек.

#### Обработка «сырых» данных в программном обеспечении по уравниваю геодезической съемки

После экспорта данных с электронного тахеометра, они импортируются в программу «CredoDAT» [8] (рис. 2, 3).

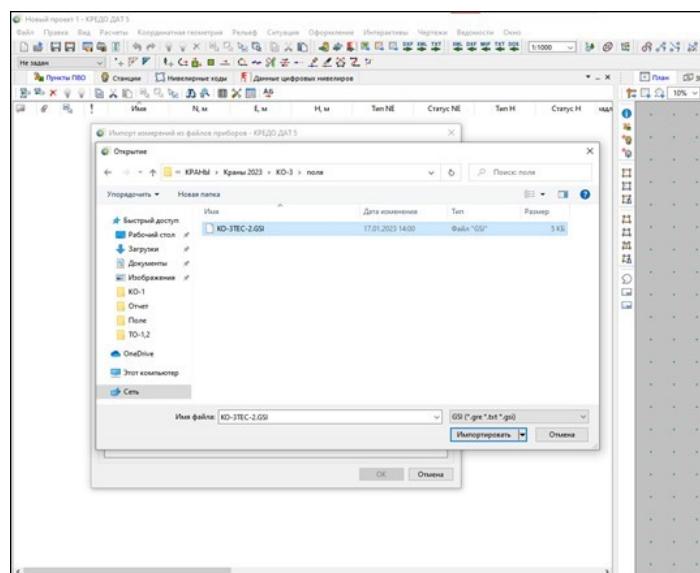


Рисунок 2 - Процесс импорта  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.89.2>

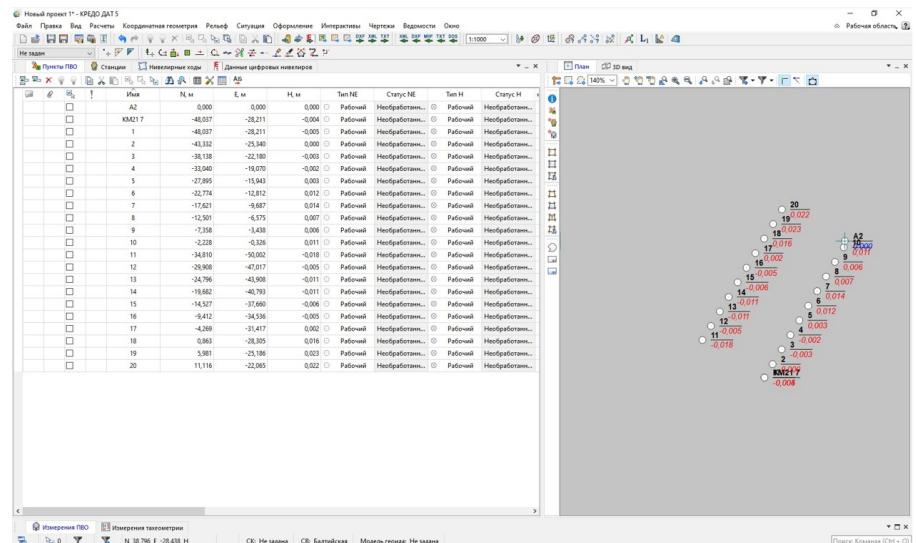


Рисунок 3 - Результат импорта  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.89.3>

Далее для удобства восприятия дальнейшей обработки располагаем контрольные точки так, чтобы положение рельсовых путей было параллельно любой из координатных осей. Для этого необходимо измерить расстояния между двумя крайними точками любой из нитей рельсового пути. Расстояние определяется при помощи инструмента «ОГЗ (обратная геодезическая задача) для двух пунктов» (рис. 4). Эта функция используется для определения горизонтального проложения между двумя контрольными точками, для предотвращения искажения планового положения контрольных точек при повороте результатов съемки рельсовых путей подъемного сооружения.

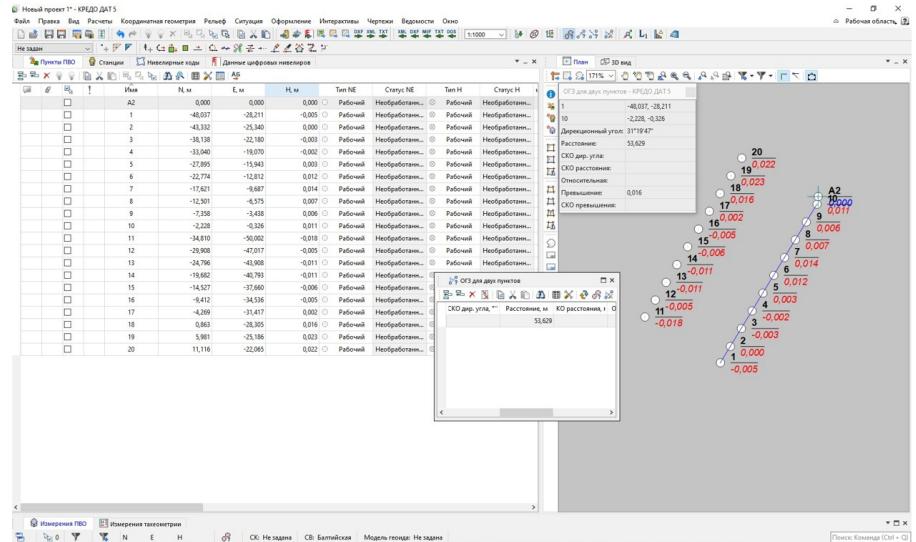


Рисунок 4 - Использование инструмента «ОГЗ для 2 пунктов»  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.89.4>

Далее для отображения результатов съемки параллельно выбранной координатной оси, необходимо во вкладке «Пункты ПВО (планово-высотного обоснования)» присвоить выбранным точкам значение координат, для первой точки ( $X=0; Y=0$ ), для второй точки ( $X=0; Y=d$ , где  $d$  – горизонтальное проложение) и обозначить их как исходные пункты. Также первый пункт необходимо установить исходным по высотному обоснованию и присвоить ему значение ( $H=0$ ). После этого выполняем предобработку и уравнивание всех результатов измерений (рис. 5).

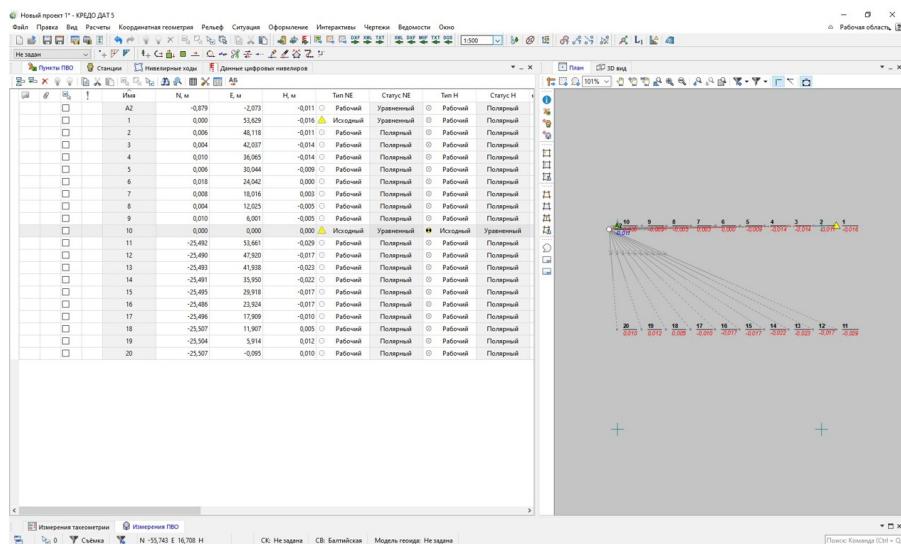


Рисунок 5 - Разворот и уравнивание результатов съемки  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.89.5>

### Обработка измерений в ПО AutoCAD/nanoCAD

После математической обработки геодезических измерений в программном обеспечении CredoDAT обработка будет происходить в программном обеспечении AutoCAD/nanoCAD [9]. Для этого необходимо произвести экспорт данных в формат .DXF\DWG (рис. 6).

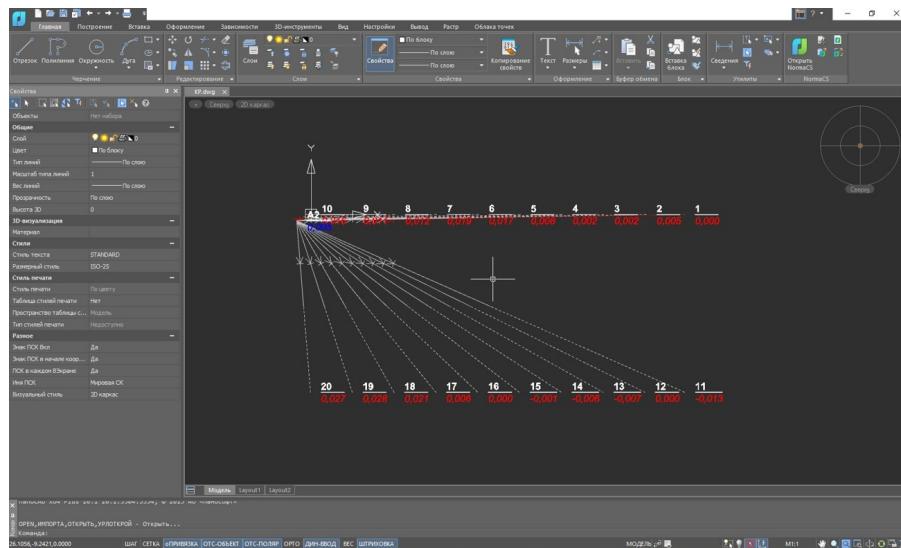


Рисунок 6 - Результат эксппорта  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.89.6>

После открытия файла, необходимо оставить на чертеже только нужные объекты (точки с названиями и высотными отметками), а все лишние объекты на чертеже отключить в «менеджере слоев» (рис. 7).

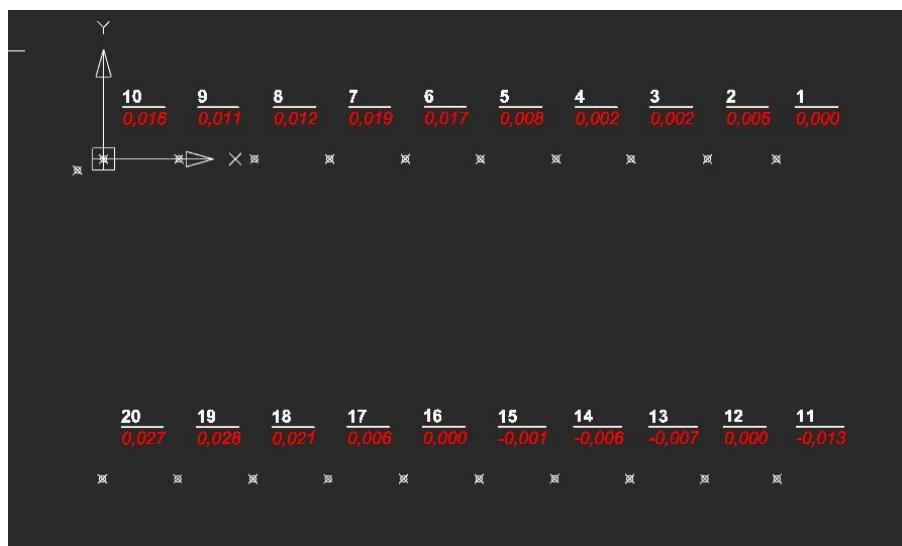


Рисунок 7 - Подготовка данных  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.89.7>

Определение этих параметров происходит путем построения в ПО AutoCAD/nanoCAD схемы рельсового пути с указанием размеров створа, ширины рельсового пути, а также высотными отметками контрольных точек. Отклонением от створа (в обиходе – нестворностью) называют длину перпендикуляра, опущенного из какой-либо точки, (в нашем случае от точек линии фактического положения нити рельсового пути) на створную линию.

Для правильной постановки размеров очень важно чтобы в параметрах объектной привязки были установлены параметры привязки по нормали, узлу и пересечению. Результат представлен на (рис. 8).

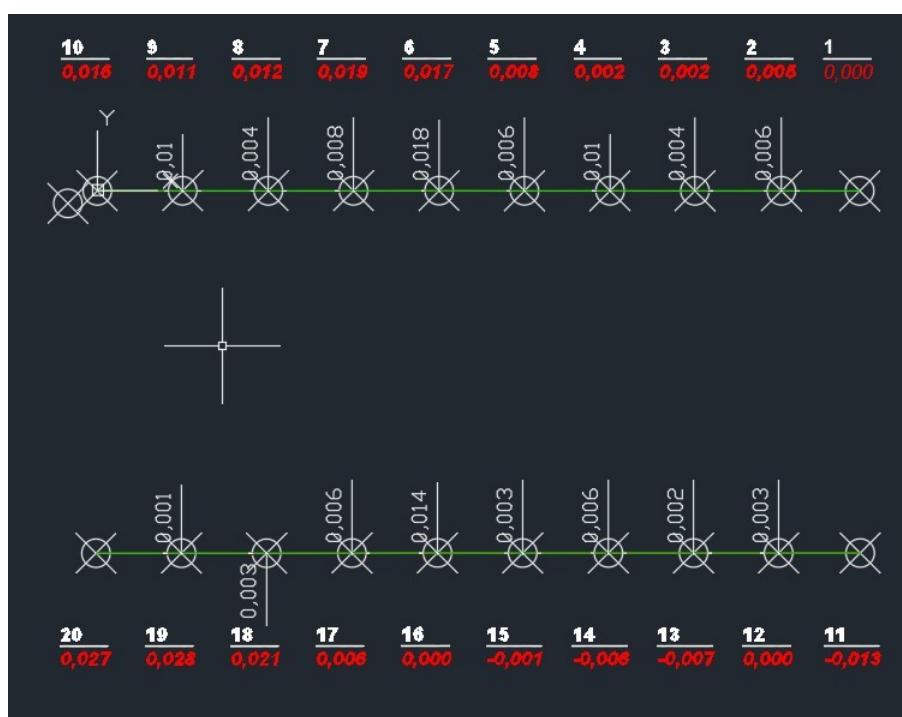


Рисунок 8 - Величины отклонений рельсового пути от прямой линии  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.89.8>

Для определения ширины рельсового пути измеряются расстояния между контрольными точками одной из нитей рельсового пути, до линии фактического положения второй нити рельсового пути. Для корректности измерений необходимо включить режим ортогонального ограничения перемещений курсора (OPTO). Результат определения ширины рельсового пролета представлен на (рис. 9).

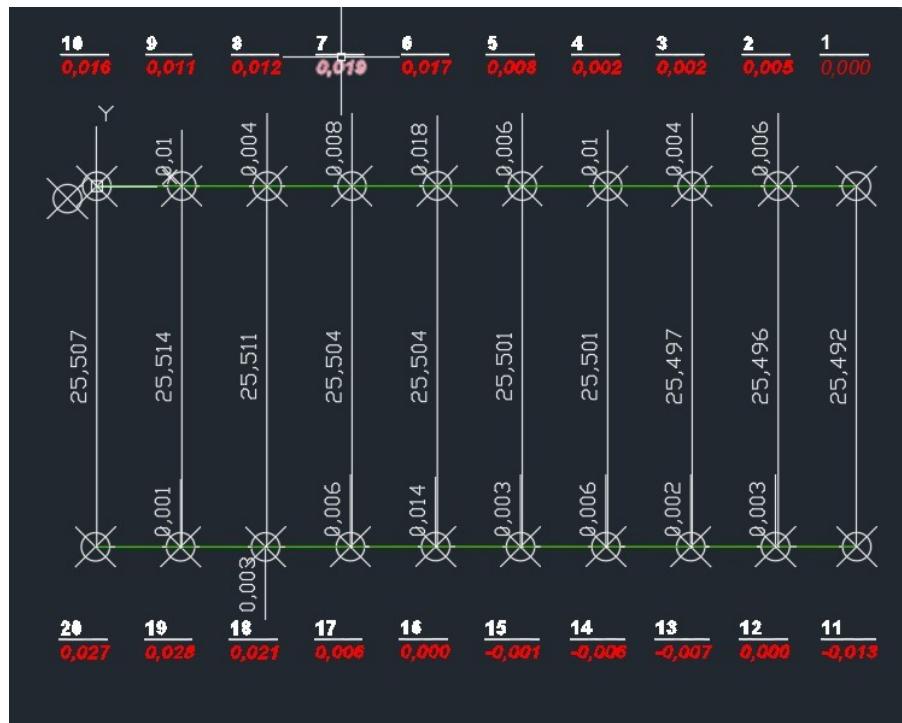


Рисунок 9 - Ширина рельсового пролета в местах инструментальных измерений  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.89.9>

#### Проверка соответствия подъемного сооружения допускам ФНП

Заключительным этапом является проверка соответствия геометрических параметров кранового пути всем нормам и правилам, указанным в ФНП [10]. Для этого необходимо использовать программу, созданную в ПО «MS Excel», которая на основе логических операций формирует таблицу, содержащую информацию о отклонениях положения рельсового пути от допустимых значений. На основе данных таблицы формируется заключение о надежности рихтовки кранового пути и для дальнейшей его безопасной эксплуатации. Данная таблица представлена на (табл. 1).

Таблица 1 - Таблица отклонений рельсового пути  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.89.10>

Номер осей	Высотное положение				Плановое положение				$\Delta$	
	Условная отметка		Разность отметок направляющих		Отклонение направляющей от прямой линии через 5 м		Ширина пролета ( $P_3=0,002 \cdot S$ , но не более 15мм, $S=25,500$ м)			
			На колоннах ( $P_2=0,0015 \cdot L$ , где $L$ -расстояние между колоннами 6 м)	На рядах ( $P_1=0,002 \cdot S$ , где $S$ -ширина пролета)						
Допуски	Ряд Г	Ряд В	Ряд Г	Ряд В	Г - В	Ряд Г	Ряд В	Г - В	15	25500
2	0	11			-11	0	0	25 507	7	
2'	-3	12			-15	5	-1	25 510	10	
3	-6	12	-6	1	-18	10	-1	25 514	14	
3'	-4	8			-12	7	1	25 513	13	
4	-4	6	2	-6	-10	4	3	25 511	11	
4'	-1	-2			1	6	-1	25 508	8	
5	3	-6	7	-12	9	8	-6	25 504	4	
5'	2	-13			15	13	-10	25 504	4	
6	1	-16	2	-10	17	18	-14	25 504	4	
6'	-4	-16			12	12	-9	25 503	3	
7	-8	-17	-9	-1	9	6	-3	25 502	2	
7'	-11	-20			9	8	-5	25 501	1	
8	-14	-22	-6	-5	8	10	-6	25 501	1	
8'	-14	-22			8	7	-4	25 499	-1	
9	-14	-23	0	-1	9	4	-2	25 497	-3	
9'	-12	-20			8	5	-2	25 498	-3	
10	-11	-17	3	6	6	6	-3	25 497	-3	
10'	-14	-22			8	3	-2	25 494	-6	
11	-16	-28	-5	-11	12	0	0	25 492	-8	

12 - Превышение допуска в пределах точности измерений (3 мм) - не требуется выполнение рихтовочных работ

## Заключение

Применяемый метод показал себя с лучшей стороны при работе в данных неблагоприятных условиях, которые заключались в высочастотной вибрации, исходящей от работающего оборудования, находящегося внутри котельного корпуса и наличии высокой температурной рефракции, при этом температура внутри помещения достигала более 50 градусов.

В результате работы были рассмотрены: конструктивные особенности мостовых подъемных сооружений, допуски геометрических параметров рельсового пути, процесс обработки данных исполнительной съемки рельсовых путей подъемных сооружений, процесс выполнения исполнительной съемки рельсового пути подъемных сооружений, оборудование, подходящее по точности измерений для геодезических работ, программное обеспечение для камеральной обработки измерений, аспекты математической обработки геодезических измерений в программном обеспечении CredoDAT, важность контроля состояния геометрических параметров мостовых подъемных сооружений, графическое представление схемы рельсовых путей мостовых кранов, а также определено фактическое положение элементов рельсового пути и соответствие их допускам, составлено заключение о необходимости проведения ремонтных работ данного инженерного сооружения.

## Конфликт интересов

Не указан.

## Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

## Conflict of Interest

None declared.

## Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

## Список литературы / References

1. Липтов А.С. О критериях оценки безопасной эксплуатации мостового крана на рельсовом пути и необходимых условиях обеспечения показателя безопасности рельсов. / А.С. Липтов, Г.А. Емельянова, В.С. Обломей // Ремонт. Восстановление. Модернизация. — 2014. — 6. — С. 23-26.
2. Хаметов Т.И. Измерение геометрических параметров подкрановых путей мостовых кранов геодезическими методами. / Т.И. Хаметов // Региональная архитектура и строительство. — 2018. — 1 (36). — С. 122-128.
3. Куанышбаев А.Б. Нивелировка подкрановых путей - основа безопасной работы при погрузочно-разгрузочных работах / А.Б. Куанышбаев // Интеграция современных научных исследований в развитие общества; — Вып. 2. — Кемерово: Западно-Сибирский научный центр, 2018. — с. 158-161.
4. Михайлов В.И. О методике геодезического контроля подкрановых путей электронным тахеометром. / В.И. Михайлов, Г.В. Скребков // Вестник Белорусского национального технического университета. — 2011. — 3. — С. 27-29.
5. Муганов С.А. Обследования и ремонт подкрановых путей. / С.А. Муганов, Э.В. Басов, Н.В. Замуруев // Инновационная наука. — 2016. — 2-3. — С. 115-117.
6. Пимшина Т.М. Геодезическая диагностика технического состояния направляющих кранов мостового типа в сложных производственных условиях. / Т.М. Пимшина, Х.И. Хозраванидзе, И.Ю. Пимшин // Аллея науки. — 2021. — 6 (57).
7. Дорофеев Е.М. Техническая эксплуатация подкрановых путей. / Е.М. Дорофеев, А.Л. Гевондян, И.Д. Клишин и др. // Вестник государственного морского университета имени адмирала Ф.Ф. Ушакова. — 2021. — 2 (35). — С. 19-21.
8. Орлов С.А. Экспертиза промышленной безопасности и обследование подкрановых строительных конструкций мостовых грузоподъемных кранов, эксплуатируемых в тяжелом весьма тяжелом режиме. / С.А. Орлов, М.А. Сушин, М.Ю. Винокуров и др. // Аспирант. — 2015. — 8-1 (13).
9. Лобзов В.Г. Комплексное обследование кранового пути. Цели и задачи. / В.Г. Лобзов // Оригинальные исследования. — 2018. — 2. — С. 72-75.
10. Карталов А.В. Методы измерения крановых путей. / А.В. Карталов. // Образование. Наука. Производство; — Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. — С. 1645-1651.

## Список литературы на английском языке / References in English

1. Liptov A.S. O kriteriyakh ocenki bezopasnoj e'kspluatacii mostovogo krana na rel'sovom puti i neobxodimy'x usloviyax obespecheniya pokazatelya bezopasnosti rel'sov [On the Criteria for Assessing the Safe Operation of an Overhead Crane on a Rail Track and the Necessary Conditions for Ensuring the Rail Safety Indicator]. / A.S. Liptov, G.A. Emel'yanova, V.S. Oblomej // Repair. Recovery. Modernization. — 2014. — 6. — P. 23-26. [in Russian]
2. Xametov T.I. Izmerenie geometricheskix parametrov podkranovy'x putej mostovy'x kranov geodezicheskimi metodami [Measuring the Geometric Parameters of Crane Tracks of Bridge Cranes Using Geodetic Methods]. / T.I. Xametov // Regional Architecture and Construction. — 2018. — 1 (36). — P. 122-128. [in Russian]
3. Kuanyshbaev A.B. Nivelirovka podkranovyh putej - osnova bezopasnoj raboty pri pogruzochno-razgruzochnyh rabotah [Leveling Crane Tracks Is the Basis for Safe Work during Loading and Unloading Operations] / A.B. Kuanyshbaev // Integraciya sovremennoy nauchnyy issledovanij v razvitiye obshchestva [Integration of Modern Scientific Research into the Development of Society]; — Issue 2. — Kemerovo: West Siberian Scientific Centre, 2018. — p. 158-161. [in Russian]

4. Mixajlov V.I. O metodike geodezicheskogo kontrolya podkranovy'x putej e'lektronny'm taxeometrom [On Methodology for Geodesic Crane Track Control Using Electronic Tachymeter]. / V.I. Mixajlov, G.V. Skrebkov // Bulletin of the Belarusian National Technical University. — 2011. — 3. — P. 27-29. [in Russian]
5. Muganov S.A. Obsledovaniya i remont podkranovy'x putej [Inspections and Repairs of Crane Tracks]. / S.A. Muganov, E.V. Basov, N.V. Zamuruev // Innovative Science. — 2016. — 2-3. — P. 115-117. [in Russian]
6. Pimshina T.M. Geodezicheskaya diagnostika texnicheskogo sostoyaniya napravlyayushhix kranov mostovogo tipa v slozhny'x proizvodstvenny'x usloviyax [Geodetic Diagnostics of the Technical Condition of Bridge-type Guide Cranes in Difficult Production Conditions]. / T.M. Pimshina, X.I. Xozravanidze, I.Yu. Pimshin // Alley of Science. — 2021. — 6 (57). [in Russian]
7. Dorofeev E.M. Texnicheskaya e'kspluataciya podkranovy'x putej [Technical Operation of Crane Tracks]. / E.M. Dorofeev, A.L. Gevondyan, I.D. Klishin et al. // Bulletin of the State Maritime University named after Admiral F.F. Ushakov. — 2021. — 2 (35). — P. 19-21. [in Russian]
8. Orlov S.A. E'kspertiza promy'shlennoj bezopasnosti i obsledovanie podkranovy'x stroitel'ny'x konstrukcij mostovy'x gruzopod'emny'x kranov, e'kspluatiruemiy'x v tyazhelomi ves'ma tyazhelom rezhime [Examination of Industrial Safety and Inspection of Subcrane Construction Designs of Bridge Load-lifting Cranes, Operated in Heavy and Very Heavy Mode]. / S.A. Orlov, M.A. Sushin, M.Yu. Vinokurov et al. // Graduate Student. — 2015. — 8-1 (13). [in Russian]
9. Lobzov V.G. Kompleksnoe obsledovanie kranovogo puti. Celi i zadachi [Comprehensive Survey of the Crane Track. Goals and Objectives]. / V.G. Lobzov // Original Research. — 2018. — 2. — P. 72-75. [in Russian]
10. Kartalov A.V. Metody' izmereniya kranovy'x putej [Methods for measuring crane tracks]. / A.V. Kartalov. // Education. The science. Production; — Belgorod: Belgorodskij gosudarstvenny'j texnologicheskij universitet im. V.G. Shuxova, 2021. — P. 1645-1651. [in Russian]