

## СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПО НЕИСПРАВНОСТЯМ МОСТОВЫХ КРАНОВ В ПАО «СЕВЕРСТАЛЬ»

*Мисюра Е.М., Евтюков С.А.*

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,  
Санкт-Петербург*

**Ключевые слова:** мостовой кран, простой, дефекты механизмов и элементов, дефекты электрооборудования, условия эксплуатации, неисправность.

**Аннотация.** Развитие подъемно-транспортного машиностроения является актуальной задачей в современном мире. Мостовые краны являются наиболее актуальной техникой в производственной деятельности. Срок службы мостовых кранов может достигать 15 лет при необходимом поддержании их работоспособного состояния. Именно качественное обслуживание и своевременный ремонт способен продлить срок службы машины и предотвратить возникновение неисправностей и простоев. В статье авторами проведен статистический анализ неисправностей мостовых кранов в ПАО «Северсталь» с 2020 по 2023 года. Проанализированы простои и методы их предотвращения на предприятии. В результате авторами выявлены элементы и узлы кранов, которые в наибольшей степени подвержены различным видам деформации. Более того, выявлены основные причины возникновения неисправностей у мостовых кранов.

## STATISTICAL ANALYSIS OF MALFUNCTIONS OVERHEAD CRANES AT PAO “SEVERSTAL”

*Misyura E.M., Evtyukov S.A.*

*Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint-Petersburg*

**Keywords:** overhead crane, simple, defects of mechanisms and elements, defects of electrical equipment, operating conditions, malfunction.

**Abstract.** The development of lifting and transport engineering is an urgent task in the modern world. Overhead cranes are the most relevant equipment in production activities. The service life of overhead cranes can reach 15 years with the necessary maintenance of their working condition. It is high-quality maintenance and timely repairs that can extend the service life of the machine and prevent malfunctions and downtime. In the article, the authors conducted a statistical analysis of bridge crane failures in PAO “Severstal” from 2020 to 2023. Downtime and methods of its prevention at the enterprise are analyzed. As a result, the authors have identified the elements and assemblies of cranes that are most susceptible to various types of deformation. Moreover, the main causes of malfunctions in overhead cranes have been identified.

### Введение

Мостовыми кранами называются грузоподъемные машины (ГПМ), передвигающиеся по рельсам на некотором расстоянии от земли (пола) и обеспечивающие перемещение груза в трех взаимно перпендикулярных направлениях. Перемещаясь по путям, расположенным над землей, они не занимают полезной площади цеха или склада, обеспечивая в то же время обслуживание практически любой их точки [1].

Мостовые краны являются наиболее востребованными видами техники в технологической цепочке промышленного предприятия. Они обслуживают грузопотоки, выполняют погрузочно-разгрузочные операции, а также транспортируют готовые изделия в заводских условиях. Нормативный срок службы мостовых кранов может достигать 15 лет при своевременном и качественном техническом обслуживании и ремонте. Однако, многие предприятия пренебрегают обслуживанием кранов в срок, а также стремятся снизить затраты на ремонт техники, что приводит к повышению вероятности возникновения поломок и уменьшению срока службы. Более того, неисправное состояние мостового крана приводит к простоям на предприятии и, как следствие, к значительным потерям прибыли предприятия.

Так, по данным Ростехнадзора в РФ примерно 65% грузоподъемных кранов отработали нормативный срок службы. Анализ неисправностей и причин их возникновения на основе существующих мостовых кранов на действующем предприятии ПАО «Северсталь» способствует выявлению наиболее уязвимых узлов в машине и разработке мер по предотвращению их поломок.

### **Обзор литературы**

Теме неисправностей мостовых кранов посвящены научные работы как российских, так и зарубежных ученых. Внимание вопросу о неисправностях мостовых кранов уделяли Д.А. Троценко, Ю.И. Пишмин, И.Л. Ритенман, А.А. Короткий. Наиболее вероятным местом разрушения металлоконструкции мостового крана, по мнению Д.А. Троценко, является сварное соединение надбуксовой пластины со стенкой концевой балки [2]. Пишмин Ю.И. предложил методику определения положения крана, соответствующей его ненапряженному состоянию, которое будет оптимально для выполнения ремонта [3].

Немаловажный вклад в исследование вероятности возникновения отказов при эксплуатации механизма передвижения грузовой тележки мостового электрического крана провел И.Л. Ритенман. Так, лимитирующими элементами в конструкции механизма подъема электрического мостового крана являются колесо ведущее, колесо ведомое, рельс, редуктор. Несоблюдение режимов работы и условий эксплуатации приводит к увеличению числа лимитирующих элементов и увеличению риска возникновения отказов [4]. Короткий А.А. получил, что на стадии изготовления концевой балки мостового крана из-за неотработанного технологического процесса параметров сварки ее конструктивная безопасность снижена на 45% от требуемой несущей способности, что приведет в дальнейшем к полному разрушению сварного соединения [5]. Не все аспекты дефектов на мостовых кранах были проанализированы, для реализации полного потенциала нужны дополнительные исследования.

Анализируя тенденции развития рынка мостовых кранов, видно, что в 2022 году Российскими предприятиями было выпущено 2200 шт. мостовых электрических кранов, что на 13,4% выше по сравнению с результатами 2021 года. Среднегодовой прирост производства мостовых электрических кранов за период 2017-2022 гг. составил 9,2%. Так, ожидается дальнейший рост рынка, что также ставит острую необходимость в совершенствовании конструктивных особенностей и надежности мостовых кранов [6].

*Целью* нашего исследования является анализ статистических данных на действующем предприятии, выявление узлов, элементов, которые в наибольшей степени подвержены неисправностям, анализ причин возникновения неисправностей, а также составление рекомендаций по уменьшению вероятности возникновения неисправностей.

### **Методы и принципы исследования**

В рамках исследования используется аналитический и статистический методы научного исследования, включая обширный анализ неисправностей, произошедших в период с 2017 по 2023 год у мостовых кранов, находящихся в эксплуатации на предприятии ПАО «Северсталь». ПАО «Северсталь» – это вертикально-интегрированная горно-металлургическая компания, создающая новые продукты и комплексные решения из стали [7]. Статистические данные по выявленным дефектам взяты из источников предприятия. Анализ направлен на оценку работоспособности мостовых кранов на производственном участке, выявление наиболее уязвимых компонентов в их структуре, а также определение потенциальных направлений совершенствования подверженных неисправностям узлов крана.

Результаты данного исследования представлены в статье с использованием графического метода, который позволяет визуализировать и анализировать полученные данные через построение соответствующих графиков.

### **Основные результаты и обсуждения**

На основе статистических данных о неисправностях в период с 2020 по 2023 год в ПАО «Северсталь» было выявлено 5160 инцидентов, а именно – 1095 за 2020 год, 1417 за 2021 год,

1114 за 2022 год и 1535 за 2023 год на мостовых кранах. Некоторые из них привели к вынужденным простоям на предприятии.

На предприятии используется 24 мостовых крана разных фирм, среди которых Сибтяжмаш, Узловский машзавод, завод им. Кирова, Харьковский ЗПТО, СФРЮ и другие производители. Грузоподъемность в используемой технике варьируется в широких диапазонах от 10 до 400 тонн. Мостовые краны в ПАО «Северсталь» эксплуатируются в разнообразных средах, среди которых взрывоопасные и пожароопасные.

Современные подъемно-транспортные машины (ПТМ) характеризуются широким диапазоном грузоподъемности, габаритов обслуживаемых площадей, высокой производительностью [8].

В Российской Федерации мостовые краны должны эксплуатироваться в соответствии с Федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения». В соответствии с данным документом должны проводиться:

- 1) экспертиза промышленной безопасности;
- 2) технические освидетельствования и диагностирование;
- 3) техническое обслуживание, осмотр кранов и т.п. [9].

«Северсталь» стремится стать лучшей компанией в России по основным показателям безопасности и с этой целью постоянно внедряет лучшие международные практики и передовые методы работы, совершенствует системы обучения персонала безопасным приемам работы. Предприятие заинтересовано в соблюдении безопасных норм, выполнению законодательных норм и стандартов, а также к снижению неисправностей, связанных с мостовыми кранами.

Распределение анализируемых дефектов по роду неисправностей отображено в таблице 1, из которой видно, что механические дефекты преобладают над остальными видами дефектов, например, их в 2 раза больше, чем электрических. Электрические дефекты тоже происходят чаще, чем другие виды неисправностей. В наименьшей степени за анализируемый период было неисправностей, связанных с программным обеспечением и загрязнением, попаданием веществ, что говорит о надежном ПО и качественной организации рабочего пространства на предприятии.

Табл. 1. Распределение дефектов по видам неисправностей

Виды неисправностей	Количество случаев
Внешние	39
Загрязнение, попадание веществ	7
Механические дефекты	3633
Настройка	25
Программное обеспечение	1
Прочее	92
Рабочая среда	33
Смазка	21
Температура	21
Электрические дефекты	1273

Конструктивные элементы, в которых возникают механические дефекты на мостовых кранах, и их количество представлены на рисунке 1, из которого видно, что механические дефекты возникают в разнообразных частях мостовых кранов, так как таким неисправностям подвержены многие конструктивные элементы машины, что связано со старением и износом конструкции и частей крана.

Среди основных причин возникновения механических дефектов можно выделить:

- износы поверхностей (выработка, старение, длительный срок эксплуатации);

- повреждение (деформация, разрыв, подклинивание, трещина, скол, выкрашивание, излом);
- ослабление и повреждение резьбовых соединений.

Сколы, сломы, выкрашивание, изломы, трещины, разрезы и срезы являются самыми распространенными проблемами, которые приводят к механическим неисправностям у мостовых кранов.

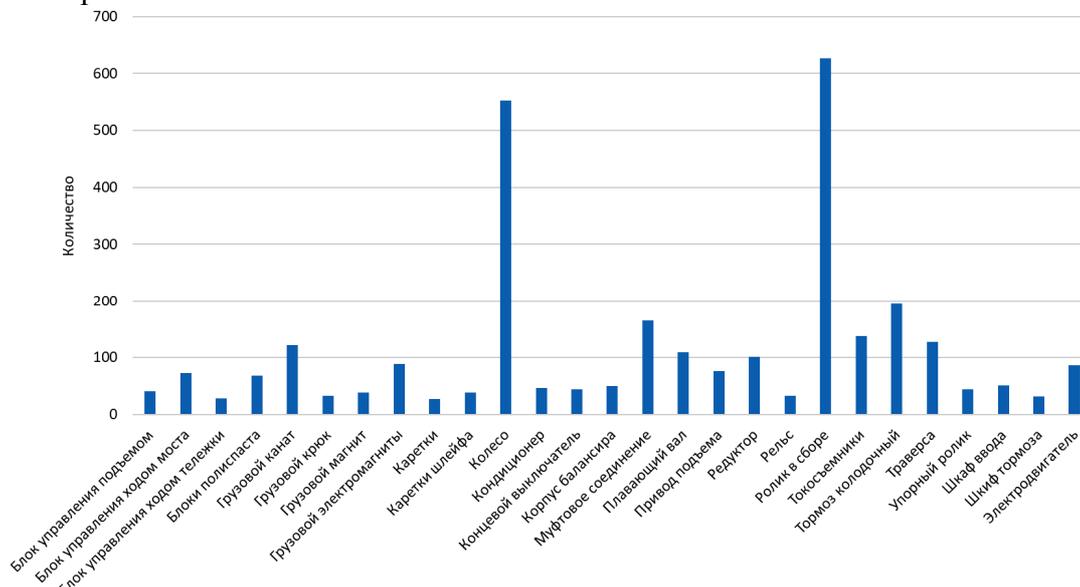


Рис. 1. Количественное соотношение мест возникновения механических дефектов

Электрические дефекты преобладают совместно с механическими дефектами в сравнении с остальными видами неисправностей. Количественное соотношение мест возникновения электрических неисправностей представлено на рисунке 2.

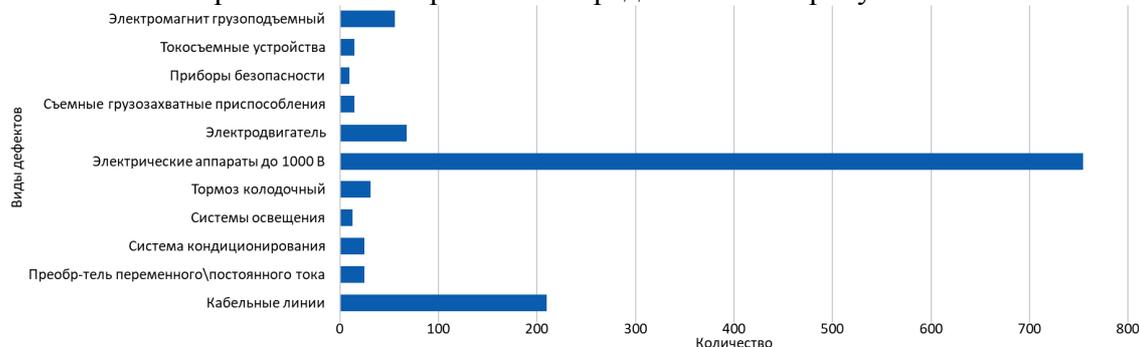


Рис. 2. Количественное соотношение мест возникновения электрических дефектов

При электрических дефектах наиболее уязвимыми узлами являются:

- электрические аппараты (устройства по управлению и защите электрических цепей (контакторы, реле, пускатели, предохранители, рубильники), аппараты с функцией автоматизированной настройки параметров электрической линии и аппараты автоматики);
- кабельные линии.

Основные причины возникновения неисправностей:

- выработка, длительный срок эксплуатации;
- замыкания, обрывы в обмотках;
- скол, слом, выкрашивание, излом, трещины;
- снижение изоляции.

Анализируя вынужденные простои на предприятии, было выявлено, что среднее время простоя за 4 года составило 46,3 часа (практически 2 дня). При таком внеплановом простое возможны значительные потери на производстве, в результате срываются заказы, теряется прибыль.

Самый долгий простой был с 01.12.2020 по 10.08.2022 на мостовом кране. Простой был вызван механическим дефектом муфтового соединения. Из-за длительного срока эксплуатации произошел износ зуба муфты.

На рисунке 3 представлена диаграмма всех простоев с 2020 по 2023 год. Среди 5160 инцидентов 783 неисправности вызвали простой на предприятии. Однако, большинство простоев не превышали 1 часа, что говорит о качественной подготовке рабочего персонала, быстрого обслуживания и ремонта машины и незначительной поломке оборудования.

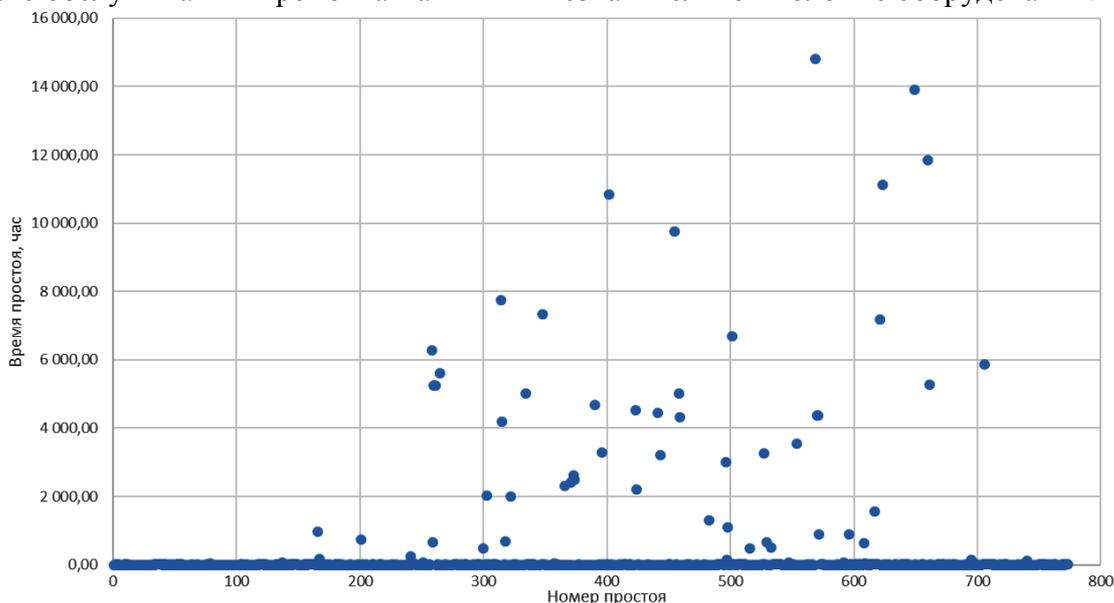


Рис. 3. Продолжительность простоев мостовых кранов в ПАО «Северсталь»

В ПАО «Северсталь» принимается ряд мер, направленных на предупреждения неисправностей:

- периодический осмотр оборудования, его диагностика и обслуживание при необходимости;
- своевременное предотвращение появления неисправностей, путем выявления их первых признаков;
- оперативная работа с тревогами, получаемыми из систем диагностики и мониторинга;
- снижение unplanned простоев оборудования;
- обучение рабочего персонала, путем прохождения обучающих материалов и сдачи экзаменов, с целью эффективного использования оборудования [10].

**Заключение.** В ПАО «Северсталь» основной причиной возникновения неисправностей у мостовых кранов является износ, выработка и длительный срок эксплуатации. Это говорит о том, что необходимо пересмотреть сроки обслуживания элементов данной техники с целью своевременного обнаружения изнашивающихся деталей и их замены, а также необходимо пересмотреть наиболее уязвимые детали, осуществить анализ существующих замен на рынке, которые способны работать под соответствующими нагрузками с меньшим износом и увеличенным сроком службы.

В перспективе дальнейшие исследования будут направлены на более детальное изучение проблематики технического обслуживания и ремонта, а также неисправностей, возникающих на мостовых кранах в ПАО «Северсталь».

#### Список литературы

1. Александров М.П. Подъемно-транспортные машины: учеб. для вузов. – М.: Высшая школа, 1985. – 520 с.
2. Троценко Д.А., Давыдов А.К., Зайцев А.Н., Москвин П.В., Лисихин И.В. Прогнозирование остаточного ресурса металлоконструкции мостового крана // Вестник Курганского государственного университета – 2005. – №2. – С. 9-11.
3. Пишмин Ю.И., Наугольнов В.А., Пишмин И.Ю. Общие принципы технической диагностики мостовых кранов // Инженерный вестник Дона – 2012. – №4-2. – С. 201.

4. Ритенман И.Л., Ритенман В.И., Блейшмидт Л.И. Вероятность возникновения отказов при эксплуатации механизма передвижения грузовой тележки мостового крюкового электрического крана // Научно-технический вестник Брянского государственного университета – 2018. – №1. – С. 426-446. – doi.org/10.22281/2413-9920-2017-03-04-426-446
5. Короткий А.А., Павленко А.Н., Панфилова Э.А., Симонов Д.Н. Повышение безопасности эксплуатации мостовых кранов со сварной модульной конструкцией на основе анализа их аварий // Безопасность техногенных и природных систем – 2022. – №4. – С. 42-50. – doi.org/10.23947/2541-9129-2022-4-42-50.
6. Анализ рынка электрических мостовых кранов в России в 2014-2018, прогноз на 2019-2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://businessstat.ru/images/demo/electric\\_overhead\\_traveling\\_cranes\\_russia\\_2019\\_demo\\_businessstat.pdf?clckid=ef2719fc](https://businessstat.ru/images/demo/electric_overhead_traveling_cranes_russia_2019_demo_businessstat.pdf?clckid=ef2719fc).
7. Северсталь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://severstal.com/rus/>
8. Курбацкая С.В., Курбацкая О.В. Краткий обзор мостовых кранов // Научные труды молодых ученых, аспирантов и студентов: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной Дню российской науки (с международным участием). Межвузовский сборник. Вып. 9. – Омск: СибАДИ, 2012. – С. 127-130.
9. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573275657>.
10. Управление эффективностью оборудования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://it.severstal.com/products/po-nadezhnost/>

### References

1. Aleksandrov M.P. Lifting and transport machines: textbook for universities. – М.: Higher School, 1985. – 520 p.
2. Trotsenko D.A., Davydov A.K., Zaitsev A.N., Moskvina P.V., Lisikhina I.V. Forecasting the residual life of a bridge crane metal structure // Bulletin of Kurgan State University, 2005, no. 2, pp. 9-11.
3. Pishmin Yu.I., Nagunov V.A., Pishmin I.Yu. General principles of technical diagnostics of overhead cranes // Engineering Bulletin of the Don. 2012, no.4-2, p. 201.
4. Ritenman I.L., Ritenman V.I., Bleishmidt L.I. The probability of failures during operation of the mechanism of movement of the cargo trolley of the bridge hook electric crane // Scientific and technical bulletin of the Bryansk State University. 2018, no. 1, pp. 426-446. doi.org/10.22281/2413-9920-2017-03-04-426-446.
5. Korotkiy A.A., Pavlenko A.N., Panfilova E.A., Simonov D.N. Improving the safety of operation of overhead cranes with a welded modular structure based on the analysis of their accidents // Safety of technogenic and natural systems. 2022, no. 4, pp. 42-50. doi.org/10.23947/2541-9129-2022-4-42-50.
6. Analysis of the electric bridge market cranes in Russia in 2014-2018, forecast for 2019-2023 [Electronic resource]. – Access mode: [https://businessstat.ru/images/demo/electric\\_overhead\\_traveling\\_cranes\\_russia\\_2019\\_demo\\_businessstat.pdf?clckid=ef2719fc](https://businessstat.ru/images/demo/electric_overhead_traveling_cranes_russia_2019_demo_businessstat.pdf?clckid=ef2719fc).
7. Severstal [Electronic resource]. – Access mode: <https://severstal.com/rus/>
8. Kurbatskaya S.V., Kurbatskaya O.V. A brief overview of bridge cranes / Scientific works of young scientists, graduate students and students: materials of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the Day of Russian Science (with international participation). Interuniversity collection. Issue 9. – Омск: SibADI, 2012. – P. 127-130.
9. On the approval of federal norms and rules in the field of industrial safety "Safety rules for hazardous production facilities where lifting structures are used" [Electronic resource]. – Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/573275657>.
10. Equipment efficiency management [Electronic resource]. – Access mode: <https://it.severstal.com/products/po-nadezhnost/>

*Сведения об авторах:*

*Information about authors:*

<b>Мисюра Екатерина Максимовна</b> – аспирант	<b>Misyura Ekaterina Maksimovna</b> – postgraduate student
<b>Евтюков Сергей Аркадьевич</b> – доктор технических наук, профессор, профессор	<b>Evtyukov Sergey Arkadevich</b> – doctor of technical sciences, professor
Missyura122199@gmail.com	

Получена 13.09.2024