

КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ ПОРТАЛЬНОГО КРАНА КПП 16/20

Дульгер Н.В., Кораблин А.В.

Астраханский государственный технический университет, Астрахань

Ключевые слова: кран, порт, грузоподъемность, реконструкция, дефектация, капитально-восстановительный ремонт.

Аннотация. В данной статье представлены результаты комплексного обследования технического состояния ключевых элементов портального крана КПП 16/20, расположенного на территории АО «Астраханский морской порт». Анализ включал детальную оценку основных металлоконструкций, а также всех функциональных механизмов (передвижения, подъема, поворота, изменения вылета стрелы) и системы управления, с конечной целью безопасного продления его эксплуатационного ресурса и повышения эффективности. На основе полученных данных и результатов детального анализа предложены конструктивные изменения, которые целесообразно внести в ключевые узлы и механизмы крана в рамках капитально-восстановительного ремонта. Эти модификации направлены на существенное увеличение его номинальной грузоподъемности с 16/20 до 32 тонн. Данное расширение функциональных возможностей крана, особенно в части работы с крупнотоннажными и тяжеловесными грузами, что особенно актуально в контексте значительной доли экспорта России в Иран, включающего именно такую номенклатуру товаров, позволит значительно нарастить грузооборот Астраханского морского порта, укрепить его позиции на логистическом рынке и существенно улучшить экономические показатели. Представленные решения демонстрируют потенциал модернизации устаревшего оборудования для удовлетворения современных требований к обработке грузов и повышения конкурентоспособности портовой инфраструктуры.

INCREASE IN THE LIFTING CAPACITY OF THE 16/20 PORTAL CRANE

Dulger N.V., Korablin A.V.

Astrakhan State Technical University, Astrakhan

Keywords: crane, port, load capacity, reconstruction, defect repair, major overhaul.

Abstract. This article presents the results of a comprehensive inspection of the technical condition of key components of the KPP 16/20 gantry crane located on the premises of JSC Astrakhan Sea Port. The analysis included a detailed assessment of the main metal structures, as well as all functional mechanisms (travel, lifting, rotation, boom extension), and the control system, with the ultimate goal of safely extending its service life and improving its efficiency. Based on the data obtained and the results of the detailed analysis, design modifications have been proposed for the crane's key components and mechanisms as part of a major overhaul. These modifications are aimed at significantly increasing its nominal lifting capacity from 16/20 to 32 tons. This expansion of the crane's functionality, particularly in handling large-capacity and heavy-lift cargo, which is particularly relevant given the significant share of Russia's exports to Iran, which include such goods, will significantly increase the cargo turnover of the Astrakhan Sea Port, strengthen its position in the logistics market, and significantly improve its economic performance. The presented solutions demonstrate the potential for upgrading legacy equipment to meet modern cargo handling requirements and improve the competitiveness of port infrastructure.

Введение

Эффективность портовой инфраструктуры, в частности наличие разнообразных технических средств перегрузочной техники, является ключевым фактором, обеспечивающим резерв пропускной способности, рост грузооборота и ускоренную обработку судов. В контексте развития интермодальных перевозок особую роль играет геополитическое положение России, диктующее необходимость приоритетного развития транспортно-технологических перегрузочных комплексов [1]. В этом направлении краностроение приобретает стратегическое значение, способствуя обеспечению перегрузки грузов по российским транспортным коридорам, что позволяет значительно сократить сроки доставки. Благодаря выходу на Каспийское море, Астраханская область занимает важное место в системе международных транспортных маршрутов и является ключевым звеном российского участка международного транспортного коридора «Север-Юг».

АО «Астраханский Морской Порт», расположенный на правом берегу реки Волга, относится к портам 1-й категории и обеспечивает круглогодичную обработку судов. Его основная специализация – перевалка генеральных и тарно-штучных грузов, направляемых в Иран. Удобное расположение грузовых районов и многолетний опыт зимней навигации позволяют осуществлять бесперебойную перевалку рулонов стали, листового металла, жести в пачках, пиломатериалов, труб, целлюлозы, различных марок полипропилена и полиэтилена в биг-бэгах и на паллетах, нитра едкого чешуированного, вторичного полиэфирного волокна.

Предприятие обладает развитой инфраструктурой, включая автомобильные подъезды и собственные железнодорожные пути общей протяженностью 1100 м, примыкающие к станции Трусово Приволжской железной дороги, обслуживаемые двумя собственными локомотивами. Для обеспечения постоянного увеличения пропускной способности причалов и оптимизации процесса выгрузки судов, был проведен комплексный анализ существующего перегрузочного процесса, технологических карт порта, производственных мощностей, грузовых потоков и технической оснащённости. Комплекс перегрузочной техники порта включает: два порталных крана грузоподъемностью 32 т, пять порталных кранов грузоподъемностью 6 т, и два порталных крана грузоподъемностью 20 т. Настоящая статья посвящена обследованию технического состояния и обоснованию модернизации одного из порталных кранов КПП 16/20 с целью значительного увеличения его грузоподъемности, что позволит повысить конкурентоспособность и экономические показатели порта в контексте возрастающего грузооборота с Ираном.

Материалы и методы исследований

Обследование технического состояния порталного крана КПП 16/20 (производства ОАО «Подъемтрансмаш», 1988 г.) проводилось на территории АО «Астраханский морской порт». Основной целью обследования было определение возможности его дальнейшей безопасной эксплуатации, а также оценка потенциала для реконструкции и капитально-восстановительного ремонта [2, 3]. Реконструкция предполагала внесение изменений в отдельные узлы и механизмы крана для обеспечения его работы с тяжеловесными грузами до 32 тонн (вместо исходных 20 тонн) на малых и средних вылетах, как в крюковом, так и в грейферном режимах. Экономическая целесообразность выполнения капитально-восстановительного ремонта одновременно с реконструкцией существующего крана КПП 16/20 была подтверждена предварительными расчетами.

Методы обследования включали:

1. Визуальный и измерительный контроль. Проведен предварительный визуальный осмотр и замеры геометрических параметров основных металлоконструкций и сварных швов крана. Были изучены внешние и внутренние поверхности элементов. В ходе визуального осмотра установлено, что на наружной поверхности металлоконструкций крана нарушения целостности защитного покрытия отсутствуют. На внутренней поверхности стрелы обнаружена локальная коррозия с максимальной глубиной до 0,6 мм. Размеры сварных швов и их соединения соответствуют нормативным требованиям [4].

2. Ультразвуковой контроль (УЗК) сварных соединений. С помощью дефектоскопа УДЗ-71 был выполнен ультразвуковой контроль мест пересечений продольных и поперечных сварных швов. Перед контролем поверхность в зонах обследования (по 200 мм в каждую сторону от пересечения шва) была тщательно подготовлена для обеспечения надлежащего акустического контакта. По результатам УЗК допустимых дефектов в контролируемых сварных соединениях не обнаружено.

3. Измерение остаточной толщины металла. Остаточная толщина металла основных элементов крана определялась ультразвуковым толщиномером. Для обеспечения точности измерений, поверхности в местах контроля очищались до металлического блеска. Точки замеров толщины металла стрелы крана ультразвуковым методом показаны на рисунке 1. Результаты измерений толщины металла стрелы крана представлены в таблице 1.

Аналогичные замеры толщины стенок основных узлов металлоконструкций крана (каркаса и ног портала) представлены на рисунках 2, 3, а их значения приведены в таблицах

2, 3. Общая оценка толщины металла листов стрелы, каркаса и ног портала показала, что их значения находятся в пределах допустимых эксплуатационных норм [5, 6].

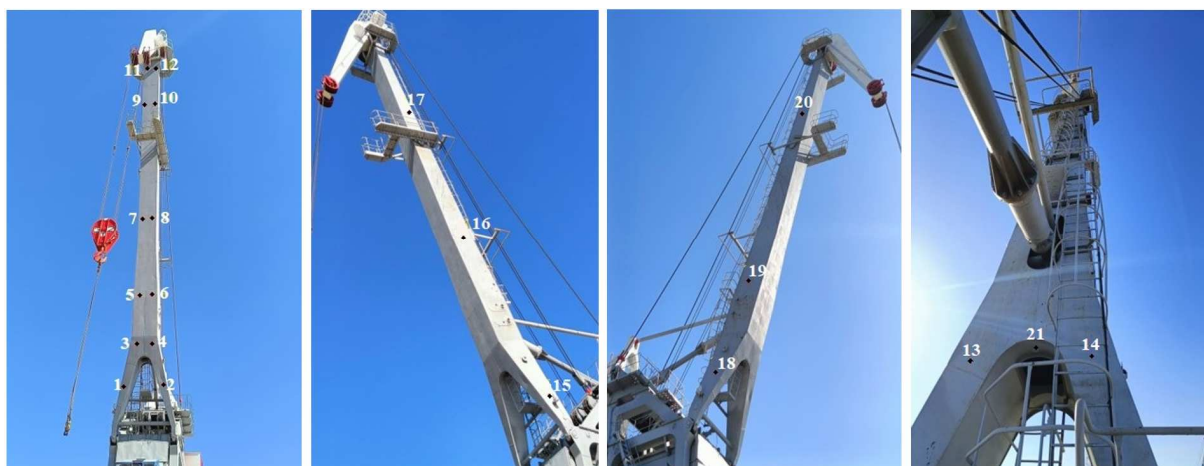


Рис. 1. Точки измерения стенок основных узлов стрелы крана

Табл. 1. Результаты измерений толщины металла стрелы, мм

№ точки	Факт	Проект	№ точки	Факт	Проект	№ точки	Факт	Проект
1	8,0	8,0	8	8,0	8,0	15	11,7	12,0
2	8,0	8,0	9	7,8	8,0	16	11,9	12,0
3	7,9	8,0	10	7,9	8,0	17	12,0	12,0
4	7,8	8,0	11	8,0	8,0	18	12,0	12,0
5	8,0	8,0	12	8,0	8,0	19	11,9	12,0
6	7,8	8,0	13	8,0	8,0	20	12,0	12,0
7	7,9	8,0	14	7,9	8,0	21	12,0	12,0

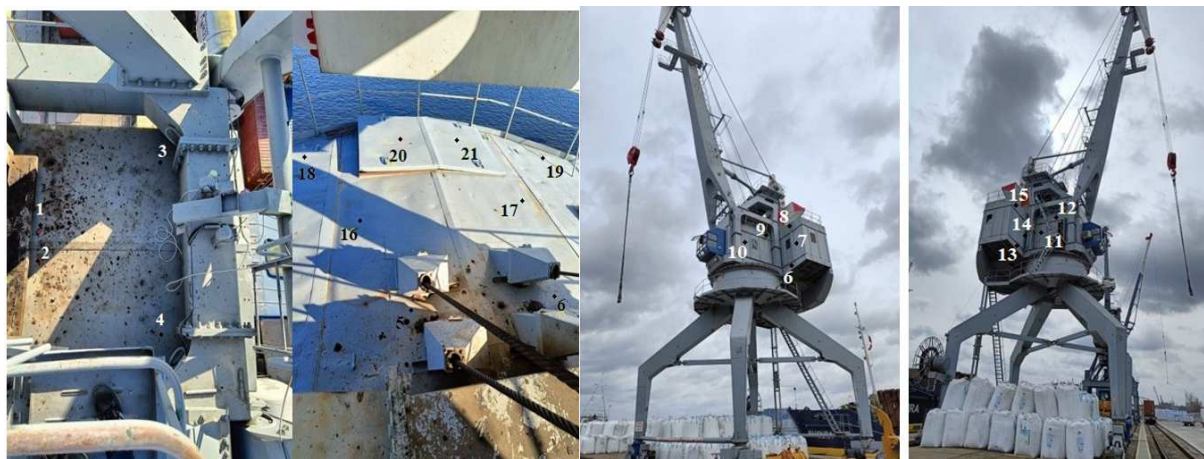


Рис. 2. Точки измерения стенок каркаса крана

Табл. 2. Результаты измерений толщины металла каркаса, мм

№ точки	Факт	Проект	№ точки	Факт	Проект	№ точки	Факт	Проект
1	8,0	8,0	8	7,9	8,0	15	8,0	8,0
2	7,9	8,0	9	7,8	8,0	16	8,0	8,0
3	7,9	8,0	10	7,9	8,0	17	7,8	8,0
4	7,9	8,0	11	7,9	8,0	18	7,9	8,0
5	8,0	8,0	12	8,0	8,0	19	7,9	8,0
6	8,0	8,0	13	7,9	8,0	20	8,0	8,0
7	7,8	8,0	14	7,9	8,0	21	8,0	8,0



Рис. 3. Точки измерения толщины металла ног портала

Табл. 3. Результаты измерений толщины металла ног портала, мм

№ точки	Факт	Проект	№ точки	Факт	Проект	№ точки	Факт	Проект
1	7,9	8,0	8	7,8	8,0	15	7,8	8,0
2	8,0	8,0	9	7,9	8,0	16	8,0	8,0
3	7,8	8,0	10	7,9	8,0	17	7,9	8,0
4	7,9	8,0	11	7,9	8,0	18	7,9	8,0
5	7,9	8,0	12	8,0	8,0	19	8,0	8,0
6	8,0	8,0	13	8,0	8,0	20	7,9	8,0
7	8,0	8,0	14	7,8	8,0	21	7,9	8,0

4. Цветная дефектоскопия. Для выявления поверхностных дефектов и микротрещин основной металл и сварные швы ключевых элементов были подвергнуты цветной дефектоскопии с использованием аэрозольного комплекта SHERWIN. Контролю подверглись: пояса и стенки ног с внутренней стороны портала и в местах перегиба пояса; угловые швы опорных элементов; поясные стенки балок, несущих каркас; угловые швы фланцевых соединений стоек и ригелей; консольные опоры, несущие стрелу; опоры, несущие ось балансира и оттяжку хобота; основание верхних проушин; пояса и стенки у передней проушины рычага противовеса стрелы; нижний пояс в месте стыка листов разной толщины хобота стрелы; проушины тяги; усиливающая накладка в районе оси опорной проушины [7, 8]. Процесс контроля осуществлялся согласно рисунку 4. На контролируемых участках дефектов и трещин не обнаружено (рис. 4).



Рис. 4. Поверхности основного металла и сварные швы крана где проводилась цветная дефектоскопия

В результате визуального осмотра металлоконструкции крана была выявлена коррозия глубиной до 0,6 мм на внутренней поверхности переднего листа стрелы, в зоне нижней диафрагмы ног стрелы. Сварные швы и околошовная зона продольных и поперечных сварных соединений листов имеют коррозию, деформацию. Подрезов и трещин не имеется. Геометрические размеры сварных швов в норме.

5. Измерение твердости металла. Твёрдость металла основных узлов конструкций крана измерялась переносным электронным твердомером типа «ТЭМП-2». На основе полученных данных о твёрдости, прочностные характеристики металла определялись расчётным путём с использованием известных корреляционных зависимостей для соответствующих марок сталей [9].

6. Дефектация механизмов. Проведена комплексная дефектация и последующая регулировка механизмов передвижения и подъема, включающая осмотр редукторов, тормозов, противоугонных захватов, электродвигателей и других критически важных узлов [10].

Результаты исследований

В результате комплексного обследования металлоконструкции крана КПП 16/20 на АО «Астраханский морской порт» были получены следующие данные:

1. Визуальный и ультразвуковой контроль: Обнаружена коррозия глубиной до 0,6 мм на внутренней поверхности переднего листа стрелы, в зоне нижней диафрагмы ног стрелы. Сварные швы и околошовная зона продольных и поперечных сварных соединений листов также имели следы коррозии и деформации. Однако подрезов и трещин не выявлено, а геометрические размеры сварных швов соответствуют норме. Результаты ультразвукового контроля сварных соединений не выявили недопустимых дефектов.

2. Цветная дефектоскопия: На всех контролируемых участках основного металла и сварных швов, подвергшихся цветной дефектоскопии, дефектов и трещин не обнаружено.

3. Измерение толщины металла: Результаты измерений толщины металла стрелы крана (табл. 1), каркаса и ног портала (табл. 2, 3; рис. 3) показали, что фактическая толщина находится в пределах допустимых значений, близких к проектным, что подтверждает общую структурную целостность основных несущих элементов.

4. Измерение твердости и прочностные характеристики: Значения твёрдости основных элементов конструкции и рассчитанные прочностные характеристики находятся в допустимых пределах для сталей марок 09Г2С-12, 10ХСНД-12, 09Г2-12: предел прочности ($\sigma_B = 3,4HB + 20,5 \text{ МПа}$) и предел текучести ($\sigma_T = 2,5HB - 18,6 \text{ МПа}$). Приведённые величины твёрдости и рассчитанные прочностные характеристики находятся в допустимых пределах согласно ГОСТ 19281-2014.

5. Дефектация и ремонт механизмов:

а) Механизм передвижения.

Выявленные дефекты: в редукторе механизма передвижения обнаружены повреждение сепаратора, трещины в подшипнике качения, а также течь масла. В тормозе механизма передвижения зафиксирована выработка тормозных колодок. Электродвигатель механизма передвижения имел износ подшипников и щеток.

Выполненные ремонтные работы: Осуществлена замена тормозных колодок, втулки на муфте. Проведена ревизия кронштейнов тормоза. Заменены подшипники электродвигателя, выполнена ревизия статора, ротора и щеток.

б) Механизм подъёма.

Выявленные дефекты: в ходе дефектации узлов механизма подъёма portalного крана КПП 16/20 были установлены следующие неисправности:

– редуктор механизма подъема: вал-шестерня (№52.0008.0398) – износ зубьев (2%); зубчатое колесо (№52.0008.0399) – сколы зубьев; вал-шестерня (№52.0008.0335) – сколы зубьев; подшипники качения – поврежден сепаратор, трещины; течь масла;

– тормоз механизма подъема: тормозной шкив – трещины, выработка; тормозные колодки – выработка; втулки на муфте – рассохлись;

- электродвигатель механизма подъёма: лопнул корпус, износ подшипников, износ щеток;
- барабан механизма подъёма: резьба шпилек и ручки – в хорошем состоянии, износ отсутствует.

В ходе капитального ремонта механизма подъёма портального крана КПП 16/20 были проведены следующие работы:

- редуктор: произведена замена зубчатых колес и шестерёнок, замена подшипников качения, замена масла, замена сальников.
- тормоз: осуществлена замена тормозных шкивов и шестерёнок, замена тормозных колодок, замена втулок на муфте, ревизия кронштейнов тормоза.
- электродвигатель: произведена замена электродвигателей на МТНФ712-10У.

В ходе окончания ремонтных работ, для проведения реконструкции портального крана были заменены быстроходный и промежуточный валы в редукторах РСР-1000 механизма подъёма. Также на задних опорах барабанов установили по одному дополнительному концевому выключателю ВУ250МУ2. Пружины двух тормозов ТКГГ-600 затянуты до длины $475 \pm 2,5$ мм. Требовалось понизить скорость подъёма, это реализовано за счет внесения изменения передаточных чисел в редуктор механизма подъёма (табл. 4, рис. 5).

Табл. 4. Изменения передаточного числа в редукторе РСР – 1000

Редуктор	Тип			РСР-1000	
	Общее передаточное число (было/стало)			37,2	31,4
	Модуль, число зубьев передач по ступеням	Быстроходная ступень	m_1	8	31,8
			Z_1	12	14
			Z_2	86	85
		Тихоходная ступень	m_2	12	12
Z_3			16	16	
Z_4	83		83		
Ступица зубчатая	Модуль		m_3	10	10
	Число зубьев		Z_5	58	48

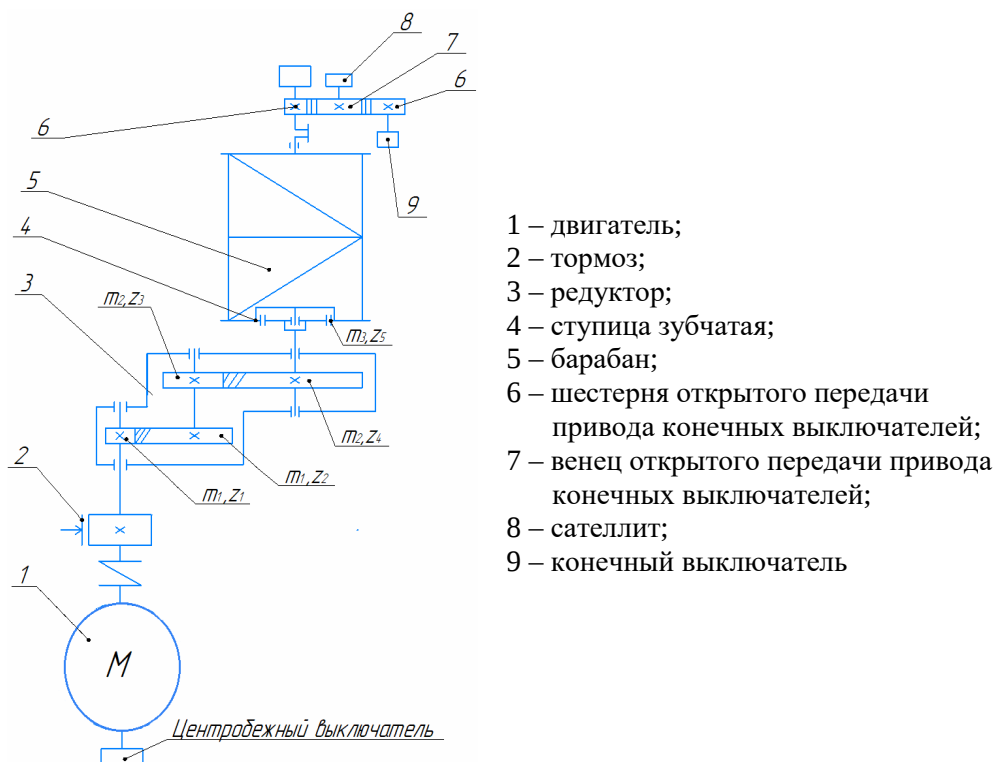


Рис. 5. Схема кинематическая механизма подъёма портального крана 16/20

в) Механизм поворота.

Выявленные дефекты: в ходе осмотра установлено, что требуется его регулировка и замена звёздочки (№52.0010.0118), в связи с износом зубьев; а также замена тормозной колодки и втулки тормоза механизма поворота; ревизия электродвигателя.

Капитально-восстановительный ремонт механизма поворота портального крана КПП 16/20 включил в себя: ремонт редуктора (замена шестерни приводной, замена масла и сальников); тормоза (замена тормозных колодок, втулок на муфте, ревизия кронштейнов тормоза); электродвигателя (произведена замена подшипников качения, выполнена ревизия статора, ротора и щёток).

г) Механизм изменения вылета стрелы.

Выявленные дефекты: при осмотре:

- редуктора: валы-шестерни (№52.0014.0121, №52.0014.0312) и колесо зубчатое (№52.0014.0147) скол зубьев и их износ 3%, повреждены подшипники качения;
- тормоза: износ тормозной колодки, втулки.

Для редуктора, тормоза, кремальера и электродвигателя проведена ревизия (кронштейнов тормоза, прижимных роликов кремальера, статора, ротора и щёток) и пересборка с заменой: подшипников качения, сальников, быстроходной пары зубчатых колес, тормозных колодок, втулок на муфте. регулировка редуктора.

При изменении грузоподъёмности с 20 до 32 тонн провели замену грузовых и оттяжных канатов, выбранные по нормам правил Приказом Ростехнадзора от 26.11.2020 №461. Оттяжные канаты заменены на канаты большего диаметра на 27-Г-1-С-Н-1770(180) ГОСТ 2688-80 – Грузовые канаты на 27-Г-1-Л-Н-1770(180) ГОСТ 2688-80. Выбор каната с повышенной прочностью проволок (более высокой маркировочной группы), позволил незначительно увеличить его диаметр и тем самым обеспечить его нормальную укладку в имеющиеся штатные барабаны и блоки крана.

В ходе окончания ремонтных работ, для проведения реконструкции портального крана, чтобы обеспечить нормальные условия работы с тяжеловесными грузами: понижается средняя скорость изменения вылета с 52 м/мин до 32 м/мин за счёт замены зубчатой пары (2-х валов) в редукторе РСР-850 механизма.

Скорость поворота должна быть снижена с 1,5 об/мин до 1,1 об/мин. Это достигается заменой цевочной звездочки и «сдвижкой» механизма (редуктора, электродвигателя, тормоза) для обеспечения необходимого межцентрового расстояния пары «цевочный круг – звездочка».

Осуществлена замена системы управления, которая обеспечивает более эффективное и надежное управление, более стабильную и непрерывную работу крана, приводит к существенной экономии энергии и снижению эксплуатационных затрат.

Взамен штатного рычажного ограничителя грузоподъёмности на кране устанавливается электронный комплексный прибор безопасности КРБ-3, в состав которого входит ограничитель грузоподъёмности, ограничитель грузового момента и регистратор параметров работы крана.

На кране вместо штатной релейно-контакторной системы управления устанавливается тиристорная система управления, обеспечивающая работу механизма подъёма в новых режимах.

Реализация получаемых после реконструкции параметров и характеристик осуществляется за счет соответствующих изменений в следующие составные части крана:

- механизм подъёма (увеличение передаточного числа редуктора и установка дополнительных конечных выключателей);
- механизм поворота (увеличение передаточного числа цевочной передачи);
- механизм изменения вылета (увеличение передаточного числа редуктора);
- установка ограничителя нагрузки крана;
- канаты грузовые и оттяжные (увеличение диаметра каната, материал более высокой маркировочной группы);

- электрооборудование (замена системы управления);
- восстановление лестниц и поручней площадок;
- на оголовке выполнено усиление дополнительными ребрами.

Работа крана после реконструкции осуществляется в следующих режимах:

I режим – грейферный; грузоподъемность крана 16 т на всех вылетах;

II режим – крюковой; грузоподъемность крана 16 т на всех вылетах;

III режим – крюковой; грузоподъемность крана плавно изменяется от 20 т до 32 т на вылетах от 30 м до 20 м, оставаясь затем в постоянной вплоть до минимального вылета.

Механизма подъема обеспечивает три режима работы:

- подъема: в I и II режимах – 55 м/мин (вместо 66 м/мин); в III режиме – 27,5 м/мин;
- поворота – 1,1 об/мин (вместо 1,5 об/мин);
- изменения вылета – 32 м/мин (вместо 52 м/мин).

Наименьший рабочий вылет – 10 (вместо 8м).

Вылет для обслуживания 8 м.

Остальные параметры – как у базового крана.

Расчет показал, что в результате увеличения максимальной грузоподъемности с 20 тонн до 32 тонн при увеличении максимального грузового момента с 600 до 640 т·м с одновременным снижением скорости механизма подъема и группы режима работы крана в режиме работы III, изменений в существующих металлоконструкциях не требуется.

Перед испытаниями крана после реконструкции проведена проверка и регулировка:

- затяжки тарельчатых пружин центральной колонны опорно-поворотного устройства (величина затяжки – 8 мм);
- горизонтальности перемещение груза в диапазоне рабочих вылетов;
- уравновешенности стреловой системы без груза и с грузом 16 тонн;
- качество зацепления в цевочной передаче (боковые и радиальные зазоры);
- концевых выключателей механизма подъема и механизма изменения вылета (на наибольшем и наименьшем вылетах);
- реле времени на всех механизмах на максимальное время срабатывания.

Согласно правилам безопасности опасных производственных объектов, с целью проверки конструктивной пригодности крана и его сборочных единиц, он был подвергнут статическим, динамическим испытаниям, в положении, испытаниям на проверку уравновешенности стреловой системы и траектории движения груза.

Проверены взвешивания и способы загрузки неподвижного и подвижного противовесов:

- вес в отсеках платформы составил 7,8 тонн;
- вес балласта в ящиках составил 26,3 тонн;
- вес балласта подвижного противовеса составил 24,5 тонн;
- общий вес противовеса с ящиком составил 32,5.

Для полного технического освидетельствования portalного крана, использовались следующие контрольные грузы: №1 весом – 16 тонн; №2 весом – 20 тонн; №3 весом – 21,5 тонн; №4 весом – 23,5 тонн; №5 весом – 28,5 тонн; №6 весом – 32 тонн. Взвешивание проводилось динамометром ДПУ-500-8. По результатам взвешивания и осмотра вес балласта в отсеках платформы, вес балласта в ящиках, общий вес неподвижного, подвижного противовеса и способ загрузки соответствует паспортным характеристикам крана.

После монтажа проводились испытания электрооборудования, пусковой аппаратуры, электросиловых сетей, аппаратов электроустановок потребителей, приборов безопасности (ограничителя грузового момента, ограничитель грузоподъемности).

Выводы

Проведено комплексное обследование технического состояния portalного крана КПП 16/20 АО «Астраханский морской порт», охватывающее металлоконструкции, механизмы передвижения, подъема, поворота, изменения вылета стрелы, а также систему управления, что позволило определить текущий износ и потенциал для дальнейшей эксплуатации.

На основе детального анализа выявленных дефектов и оценочных данных разработаны конкретные рекомендации по внесению конструктивных изменений в узлы и механизмы крана в рамках капитально-восстановительного ремонта.

Предложенные инженерные решения позволяют существенно увеличить номинальную грузоподъемность портального крана КПП 16/20 с текущих 16/20 тонн до 32 тонн, значительно расширяя его эксплуатационные возможности.

Увеличение грузоподъемности до 32 тонн позволит Астраханскому морскому порту эффективно обрабатывать крупнотоннажные и тяжеловесные грузы, что критически важно для наращивания объемов экспорта России в Иран и укрепления позиций порта на международных логистических маршрутах.

Реализация данной модернизации демонстрирует экономическую целесообразность и техническую возможность продления срока службы и повышения конкурентоспособности существующего портового оборудования, способствуя росту грузооборота и улучшению экономических показателей порта.

Список литературы

1. Грушецкий С.М. Научные основы обеспечения эффективности производственной эксплуатации наземных транспортно-технологических машин: Дисс. ... докт. техн. наук. – Санкт-Петербург, 2023. – 395 с.
2. Котельников В.С., Еремин Ю.А., Зарецкий А.А., Короткий А.А. Концепция оценки остаточного ресурса металлических конструкций грузоподъемных кранов, отработавших нормативный срок службы // Безопасность труда в промышленности. – 2000. – №10. – С. 41-46.
3. Кирилин М.В., Новиков И.Д. Дефектация металлоконструкции крана КПП 16/20 на территории АО «Астраханский морской порт» // 74-я Международная студенческая научно-техническая конференция. – Астрахань: АГТУ, 2024. – С. 769-770.
4. Шоломицкий А.А., Сотников А.Л., Нагорный В.М., Нагорный В.В., Николаева Т.Г., Малеев Н.В. Наблюдения за деформациями, оценка и прогнозирование технического состояния подъемно-транспортного оборудования // Металлургические процессы и оборудование. – 2009. – №3. – С. 31-38.
5. Мисюра Е.М., Евтюков С.А. Статистический анализ по неисправностям мостовых кранов в ПАО «Северсталь» // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2024. – №28. – С. 60-65. – doi.org/10.26160/2658-3305-2024-28-60-65.
6. 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.
7. Трошиненко З.А., Берков В.Ю., Обухова А.А. Оценка остаточного ресурса грузоподъемного оборудования // Развитие инфраструктуры внутреннего водного транспорта: традиции, инновации (РИВВТ-2023): Сборник трудов межвузовской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – СПб.: ГУМРФ им. Адмирала С.О. Макарова, 2024. – С. 180-183.
8. Науменко А.Е., Семчен В.И. Совершенствование методики оценки остаточного ресурса грузоподъемных кранов // Механизация и автоматизация строительства: сборник статей. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2020. – С. 208-211.
9. Пахомова Л.В., Антишин В.В., Ширяев М.А. Оценка остаточного ресурса грузоподъемных кранов // Актуальные исследования XXI века: материалы Международной (заочной) научно-практической конференции, Душанбе, 21 сентября 2023 года. – Нефтекамск: Научно-издательский центр «Мир науки» (ИП Вострецов Александр Ильич), 2023. – С. 27-35.
10. Шарутина В.А., Мишукова А.Е., Шелкеев Е.Г. Особенности проведения экспертного обследования грузоподъемных кранов. // Актуальные решения проблем водного транспорта. Сборник материалов II Международной научно-практической конференции. – Астрахань: ИП Сорокин Роман Васильевич, 2023. – С. 33-35.

References

1. Grushetskii S.M. Scientific foundations for ensuring the efficiency of production operation of ground transport and technological machines: Diss. ... doct. of tech. sc. – Saint-Petersburg, 2023. – 395 p.
2. Kotelnikov V.S., Eremin Yu.A., Zaretsky A.A., Korotkiy A.A. Concept for Assessing the Residual Life of Metal Structures of Overhead Cranes That Have Expired Their Standard Service Life // Occupational Safety in Industry. 2000, no. 10, pp. 41-46.
3. Kirilin M.V., Novikov I.D. Defect detection of the metal structure of the KPP 16/20 crane on the territory of JSC Astrakhan Sea Port // 74th International Student Scientific and Technical Conference. – Astrakhan: ASTU, 2024. – P. 769-770.

4. Sholomitsky A.A., Sotnikov A.L., Nagorny V.M., Nagorny V.V., Nikolaeva T.G., Maleev N.V. Observations on Deformations, Assessment, and Forecasting of the Technical Condition of Lifting and Transport Equipment // Metallurgical Processes and Equipment. 2009, no. 3, pp. 31-38.
5. Misyura E.M., Evtyukov S.A. Statistical Analysis of Overhead Crane Failures at PAO Severstal // Transport, mining and construction engineering: science and production. 2024, no. 28, pp. 60-65. doi.org/10.26160/2658-3305-2024-28-60-65.
6. Trotsenko D.A., Davydov A.K., Zaitsev A.N., Moskvina P.V., Lisikhin I.V. Forecasting the Residual Life of Overhead Crane Metal Structures // Bulletin of Kurgan State University. 2005, no. 2, pp. 9-11.
7. Troshchinenko Z.A., Berkov V.Yu., Obukhova A.A. Assessment of the residual resource of load-lifting equipment // Development of the Inland Water Transport Infrastructure: Traditions, Innovations (RIVVT-2023): Collection of Papers of the Interuniversity Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduate Students, and Young Scientists. – SPb.: Admiral S.O. Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, 2024. – P. 180-183.
8. Naumenko A.E., Semchen V.I. Improving the Methodology for Assessing the Residual Service Life of Overhead Cranes // Mechanization and Automation of Construction: Collection of Articles. – Samara: Samara State Technical University, 2020. – P. 208-211.
9. Pakhomova L.V., Antishin V.V., Shiryayev M.A. Assessment of the residual life of overhead cranes // Current research of the 21st century: materials of the International (correspondence) scientific and practical conference, Dushanbe, September 21, 2023. – Neftekamsk: Scientific and Publishing Center «World of Science» (IP Vostretsov Aleksandr Ilyich), 2023. – P. 27-35.
10. Sharutina V.A., Mishukova A.E., Shelkeev E.G. Features of conducting an expert examination of load-lifting cranes. // Actual Solutions to the Problems of Water Transport. Collection of Materials of the II International Scientific and Practical Conference. – Astrakhan: IP Sorokin Roman Vasilievich, 2023. – P. 33-35.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Дульгер Надежда Валерьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Общеинженерные дисциплины и наземный транспорт»	Dulger Nadezhda Valerievna – candidate of technical sciences, associate professor of the Department of general engineering disciplines and ground transport
Кораблин Анатолий Викторович – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Общеинженерные дисциплины и наземный транспорт»	Korablin Anatoly Viktorovich – candidate of technical sciences, associate professor, professor of the Department of general engineering disciplines and ground transport
ndulger@yandex.ru	

Получена 02.02.2026