



## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОЗЛОВОГО КРАНА ПОСЛЕ РЕКОНСТРУКЦИИ И МОНТАЖА

В. А. КОВАЛЕНКО, В. А. ДУДНИК, Ж. И. КОВАЛЕНКО

*Полученные расчетные данные позволяют определить необходимые и достаточные величины взаимных перемещений тележек и регулировок колес для исправления допущенных при монтаже отклонений и обеспечения прямолинейного движения крана.*

*Obtained design data allow determination of the necessary and sufficient values of relative displacement of the carriages and wheel adjustment to eliminate deviations introduced during mounting and to ensure rectilinear motion of the crane.*

Проблема поддержания эксплуатационной надежности подъемно-транспортных машин за пределами нормативных сроков службы решается в государственном масштабе: проводится активная работа по внедрению современных методов и средств измерений, обсуждаются различные методики и подходы при оценке технического состояния, ведется поиск путей гармонизации нормативной базы стран-производителей подъемно-транспортного оборудования. Известно, что практически все отечественное и зарубежное подъемно-транспортное оборудование (вероятность безотказной работы которого в течение смены в различные периоды эксплуатации составляет 0,8... 0,98) относится к системам с последовательным соединением элементов, т. е. не имеющим резервирования. Отказ любого элемента приводит к отказу всей системы и к непредсказуемости ущерба от аварии — как материального, так и психологического [1]. Особенно наглядно это можно продемонстрировать на оборудовании предприятий топливно-энергетического комплекса (ТЭК).

Недавние резонансные аварии кранов в Украине и России подтверждают необходимость особого подхода при их монтаже, демонтаже и эксплуатации [2, 3]. Поэтому задача, поставленная перед «Научно-координационным межведомственным советом по вопросам безопасности эксплуатации конструкций и сооружений в Украине, которые имеют стратегическое значение для экономики и безопасности страны» [4] — *определение остаточного ресурса сооружений, отработавших нормативный срок эксплуатации и находящихся в эксплуатации с измененными с течением времени механическими свойствами материалов и накопившимися в значительном количестве повреждениями и обеспечением взаимодействия различных организаций и ведомств в деле обеспечения безопасности остается актуальной до сих пор.*

В сложившейся ситуации выбор и приобретение нового оборудования взамен выведенного из эксплуатации (по причине аварий или в связи с отработкой нормативного срока и невозможностью дальнейшего использования) требует не только значительных финансовых ресурсов, но и сопря-

жено с решением ряда сложных инженерных задач, а именно:

привязка приобретенного оборудования к существующей рабочей зоне;

выбор монтажной площадки;

в условиях отсутствия нормативной базы, упорядочивающей работы при замене кранового оборудования (при монтаже не выполняются многие регламентные процедуры — технические, организационные и производственные);

обеспечить технически достижимый, экономически и социально обоснованный минимально допустимый риск при последующей эксплуатации.

Неквалифицированное решение перечисленных проблем приводит к возникновению новых, зачастую более сложных проблем.

Наглядно это можно проиллюстрировать на известном примере: угон ветром козлового крана КК30-27 с эстакады дымососного отделения блоков 300 МВт Змиевской ТЭС в 2002 г. поставил перед предприятием задачу замены разрушенного крана. Следует отметить, что кран накануне был подвергнут модернизации — над одной из жестких опор был установлен поворотный оголовок для обслуживания фильтров.

После монтажа козлового крана КСК-32 была отмечена неудовлетворительная работа механизма передвижения даже без установки поворотного оголовка, что не позволяло использовать кран для выполнения технологических операций.

Проанализировав техническое состояние крана с учетом нормативных документов [5–7], все факторы, оказывающие влияние на неудовлетворительную работу механизма передвижения крана, были разделены на две группы: причинные и следственные.

Первая группа связана с организационно-техническими мероприятиями, которые должны учитывать специфику реализуемого проекта и составляли понятие «модернизация»:

отсутствие альбома карт на демонтаж крана, который недопустимо производить просто «в порядке, обратном монтажу». Это связано с тем, что наибольшие нагрузки, приводящие к появлению дефектов, возникают именно в окончательной

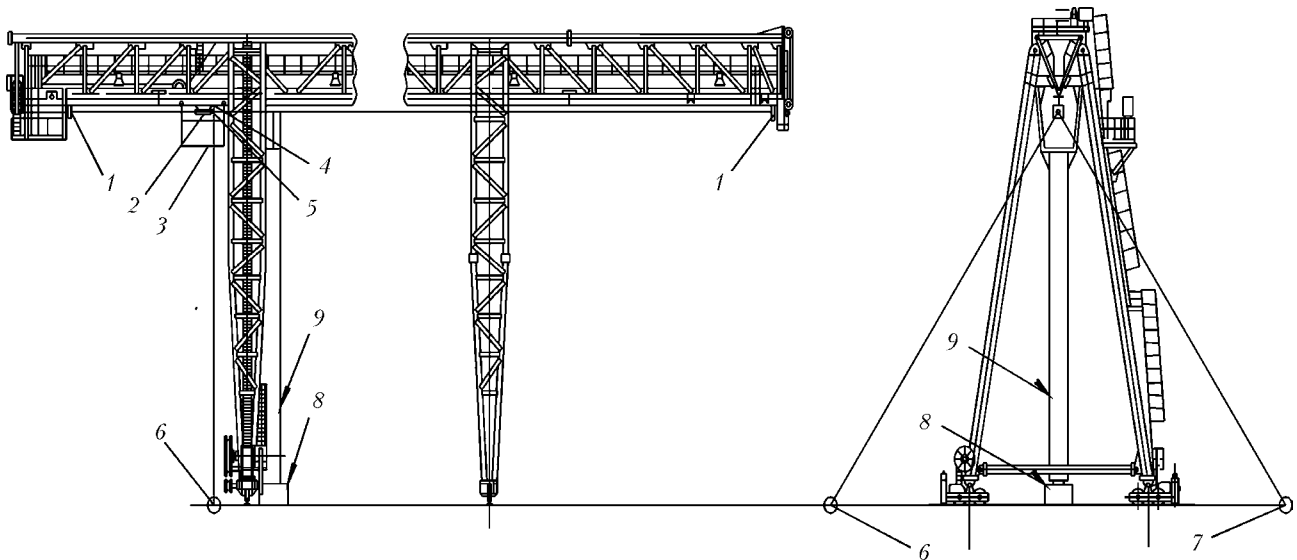


Рис. 1. Один из вариантов измерения геометрических параметров крана

фазе работ и при транспортировке к месту монтажа [8];

отсутствие проекта на подготовку существующих подкрановых путей к установке крана КСК-32, где должны были быть отражены изменения условий работы пары «ходовое колесо–подкрановый рельс» (силовые и кинематические) [9], вызванные заменой четырехопорного крана краном восьмиопорным с балансируемыми тележками;

в Проекте производства работ по монтажу не учтены требования ГОСТ 27584–88 «Краны мостовые и козловые электрические. Общие технические условия», которые не были включены в паспорт крана (дубликат) и инструкцию завода изготовителя по монтажу и эксплуатации крана.

Неудовлетворительную проработку организационно-технических мероприятий дополнило соответствующее проведение монтажных работ, выразившееся, в первую очередь, в невыполнении требований инструкции по монтажу и эксплуатации крана.

В инструкции предусмотрена операция соединения опоры крана со столиком (во время монтажа), которая осуществляется на болтах. Болты затягиваются таким образом, чтобы столик мог смещаться относительно опоры. Для этого в подошве опоры и столике отверстия выполнены большего диаметра, а под гайки и головки болтов подкладываются шайбы.

После установки крана в проектное положение за счет смещения столика ходовая тележка устанавливается так, чтобы середина дорожки катания ходовых колес совпала с осью рельса. Допускаемое смещение 3,0 мм. Только после этого столик приваривается к подошве опоры.

Для фиксации базы крана ( $B = 10440$  мм) инструкция предусматривает на стяжке между опорами сварное соединение, которое производят также после установки крана в проектное положение.

Не было выполнено условие контрольной сборки крана на монтажном участке пути, проведение испытаний и приемки крана (так называемая «ста-

пельная сборка») с последующей проверкой геодезическими инструментами [10].

Следствием перечисленных факторов явилось нарушение геометрических параметров крана, что, в конечном итоге, уже на первом этапе работ по монтажу базовой конструкции привело к неудовлетворительной работе ходовой части крана.

*В сложившейся ситуации расчитать и установить «весомость» каждой из составляющих причин невозможно без определения фактических геометрических параметров смонтированного крана.*

Известные методики [11] определения геометрических параметров объектов такого класса не могут быть рекомендованы и использованы для применения вследствие специфических начальных условий:

предварительно напряженное состояние металлоконструкции крана вследствие «заневоливания» одной опоры при монтаже на существующий подкрановый путь;

изменение конструкции опоры вследствие мероприятий, направленных на усиление опоры со стороны кабины под поворотный оголовок;

отсутствие прямого доступа к контрольным точкам и реализации высокой точности измерений, определенной ГОСТ 27584–88 и предусматривающим реализацию требований в благоприятных условиях (до монтажа конструкции).

Выверка (определение установки ходовых колес в вертикальной и горизонтальной плоскостях) и определение диагоналей пролетного строения смонтированного крана представляют сложную и трудоемкую задачу, так как на всем протяжении подкранового пути отсутствует возможность осуществления прямых измерений параметров крана между опорами с уровня подкранового рельса.

Наиболее рациональная технология процесса съемки геометрических параметров крана при одновременном обеспечении требуемой точности получаемых результатов и безопасности работ предполагает (рис. 1):

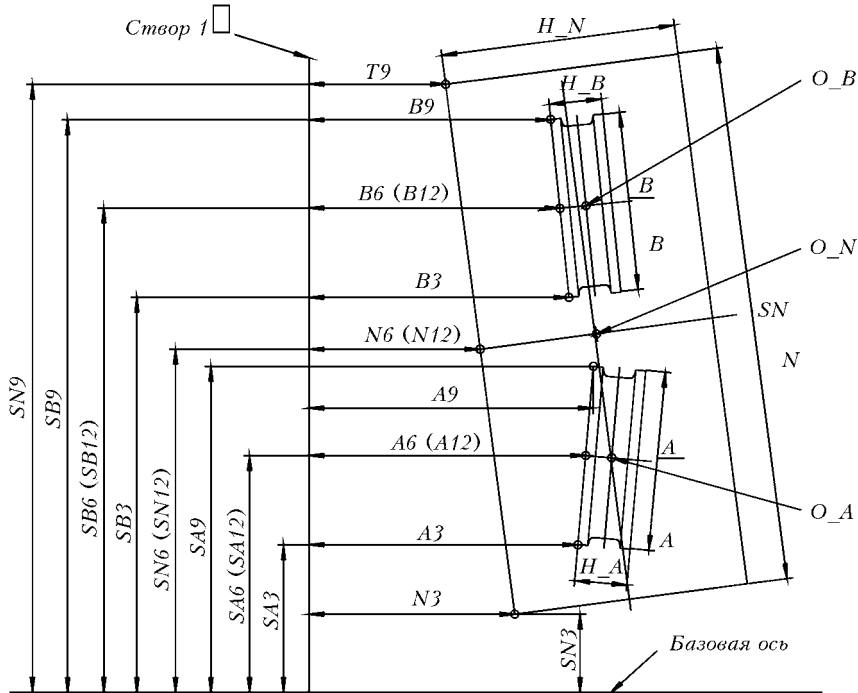


Рис. 2. Схема проведения измерений

задание базовой оси (однозначно ориентированной в пространстве);  
 построение параллельных плоскостей (створов);  
 проведение измерений для контрольных точек (визуальная регистрация).

Для решения конкретной задачи возможно два варианта базовой оси.

I. Базовая ось располагается на высоте пролетного строения и параллельна ездовому монорельсу крана: 1 — экран-марка; 2 — теодолит; 3 — подвесная люлька для исполнителя; 4 — подвесная подставка для теодолита, 5–7 — точки, образующие плоскость измерений; 8 — домкрат; 9 — удлинитель. Параллельные плоскости располагаются на некотором расстоянии от опор (снаружи), не превышающем длины линейки приспособления. Эта длина рассчитывается таким образом, чтобы габариты крана не препятствовали измерениям. По результатам измерений определяется расположение балансирных тележек и ходовых колес относительно пролетного строения (ездового монорельса-двухтавра). Основным недостатком этого варианта: значительные материальные затраты — демонтаж тележки, грузовых и тяговых канатов, изготовление двух экранов и подвесной люльки для исполнителя, регулируемой подвесной подставки для теодолита.

II. Базовая ось располагается на уровне ходовых колес крана и перпендикулярна оси подкранового рельса. Параллельные створы располагаются (как и в варианте I) на некотором расстоянии от рельса (снаружи). Измерения проводятся способом бокового нивелирования с помощью оптического створа, задаваемого визирной осью теодолита (рис. 2). По результатам измерений определяется расположение балансирных тележек и установка ходовых колес (рис. 3). Ос-

новной недостаток этого варианта: невозможность определения положения ездового монорельса-двухтавра. Однако, поскольку передвижение грузовой тележки осуществляется с помощью канатной тяги, то угол наклона ездового двухтавра в вертикальной плоскости не оказывает влияния на кинематику движения крана в целом.

Для каждого положения проводятся замеры с одной установки для всех колес и всех балансирных тележек. Такой порядок проведения замеров обеспечит получение исчерпывающей информации об установке ходовых колес данного крана.

На схеме проведения измерений контрольных точек (рис. 2–4) приняты следующие обозначения: A, B, C, D, E, F, G, K — колеса; N, P, Q, R — балансирные тележки; H — ширина колеса (или тележки); O — центр колеса (или тележки) с индексом — принадлежит колесу (или тележке); S — расстояние от базовой оси до контрольной точки.

Индекс возле букв H показывает, к какому колесу (или тележке) относится данный размер.

Каждая контрольная точка характеризуется двумя величинами:

расстоянием от створа до контрольной точки (обозначается буквой с индексом: буква указывает на колесо (или тележку), индекс указывает точку (часового циферблата); расстоянием от базовой оси до контрольной точки (перед обозначением по 1) ставится буква S).

По нашему мнению, второй вариант, при одинаковой технологии проведения и точности измерений, является менее затратным по временным и материальным показателям.

В связи с тем, что была нарушена технология сборки крана, которая регламентируется ГОСТ 27584–88 — не была выполнена контрольная сборка крана на монтажном участке пути (так называемая ступенчатая сборка с замером параметров) — для любого варианта базовой оси необходимо сделать не менее пяти замеров.

1. Исходное положение — кран под собственным весом опирается на рельсы. Рельсовые захваты распушены, под все колеса установлены башмаки.

2. Колеса балансирных тележек со стороны кабины находятся в вывешенном состоянии (до 20 мм). Подъем из положение 1 проводится с помощью домкрата, который через удлинитель поднимает пролетное строение (рис. 1). Домкрат опирается через подставку на шпалы в районе колонны. Удлинитель крепится к мосту в месте присоединения опор.

3. Колеса балансирных тележек со стороны кабины опираются на горизонтальный стол через

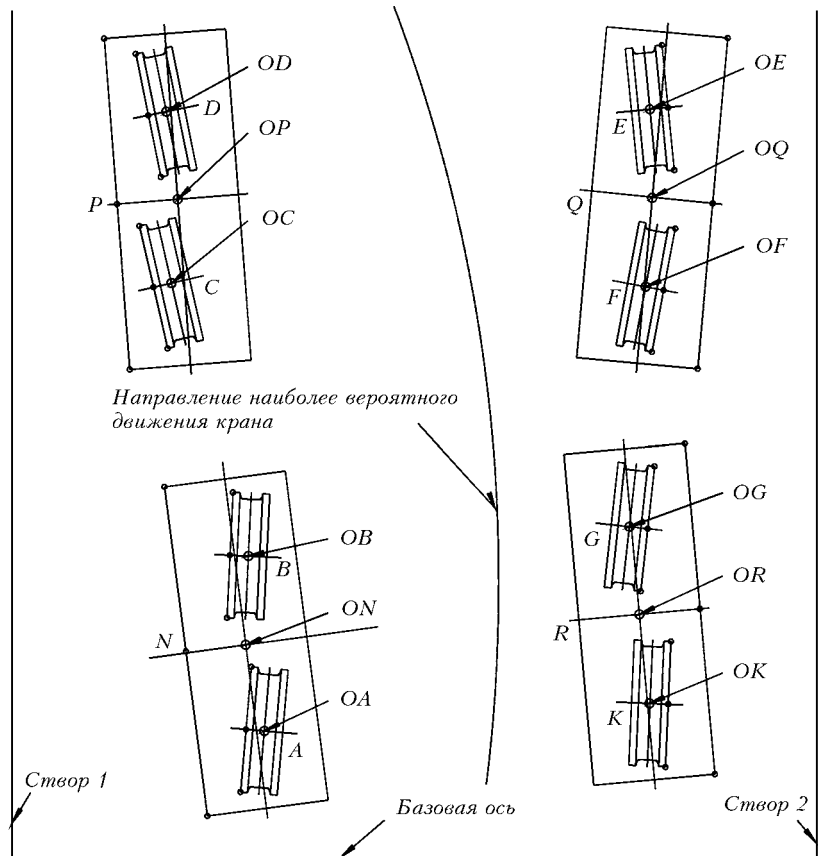


Рис. 3. Графическое представление результатов измерений

промежуточную опору (рис. 4). Опускание из положения 2 проводится с помощью домкрата.

Следующие два положения 4 и 5 повторяют положение 2 и 3, только для противоположной стороны крана.

Замеры в положения 2 и позволят определить изгибную жесткость данной стороны крана.

На рис. 4 показаны контрольные точки для колес (A, B) и балансирной тележки (N), где точки 3 и 9 используются при регистрации отклонений в горизонтальной плоскости, а точки 12 и 6 — в вертикальной.

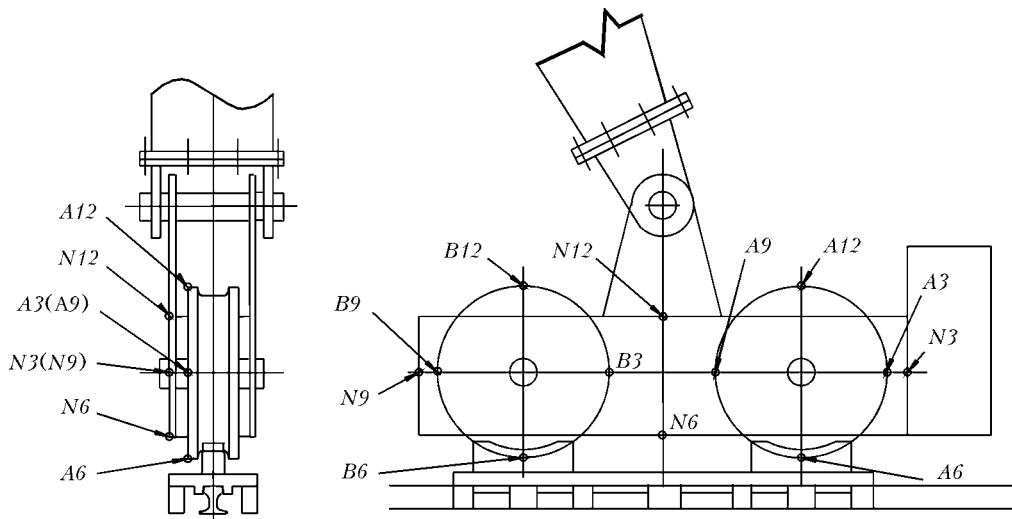


Рис. 4. Схема контрольных измерений

До проведения замеров по рассматриваемой методике необходимо:

провести контрольную нивелировку и выполнить рихтовку (ремонт) подкрановых путей [12] с допусками в два раза меньше, чем предельные отклонения [6, 7];

выполнить подготовительные работы, включающие удаление регулировочных прокладок между осями балансиров и опорами крана; фиксацию балансиров от осевого смещения; подготовку отверстий на балансирных тележках для замеров (не прожигать!), установку штатных стопорных планок.

Алгоритм проведения измерений включает:

разметку базовой оси перпендикулярно оси рельса в начале подкранового пути. При этом теодолиты устанавливаются на штативах (или на специальных подставках) на базовой оси с двух сторон пути на некотором удалении от рельса, не превышающем длины линейки приспособления (длина рассчитана так, чтобы габариты крана не препятствовали измерениям);

установку зрительной трубы теодолита — на уровне центра оси ходового колеса.

Между теодолитами с помощью оптического отвеса берется отсчет по рулетке S:

установку (строго вертикально) экрана — марки в конце рельсового пути (на расстоянии S между собой). Назначение экран-марок в конце рельсового пути — обеспечение периодического контроля створа;

маркировку места установки теодолитов и экранов для возможности продолжения измерений на следующий день (или контроля);



проверку параллельности заданных створов любым удобным способом (требуемая точность взаимной параллельности створов не ниже 20'');

определение горизонтальных перекосов балансирных тележек и ходовых колес, а также непараллельности осей, соединяющих их центры, путем измерения отрезков от створов до боковых поверхностей тележек и колес в соответствии со схемой, приведенной на рис. 2, 3 (используются контрольные точки 3 и 9);

определение расстояния от базовой оси до всех контрольных точек, толщину колес и ширину тележек.

Для определения вертикальных перекосов балансирных тележек и ходовых колес согласно схемы на рис. 4 измеряют отрезки от створов для точек 12 и 6.

После проведения полного комплекса высокоточных измерений проводится расчет для каждого из пяти положений (в горизонтальной и вертикальной плоскостях):

углов установки колес и тележек;  
координат центров колес и тележек;  
расстояний между центрами тележек;  
расстояний между центрами парных колес (пролет крана);

непараллельности осей тележек;  
непараллельности осей парных колес.

Полученные расчетные данные позволяют определить необходимые и достаточные величины взаимных перемещений тележек и регулировок колес для исправления допущенных при монтаже отклонений и обеспечения прямолинейного движения крана.

Следует отметить, что суммарная ошибка определения установки колес способом параллельного оптического створа складывается, в основном, из ошибок визирования, перефокусировки зрительной трубы теодолита, отсчета по линейке, центрирования теодолита и экран-марки.

## Выводы

1. Определение фактических параметров козлового крана КСК-32 решает первую часть проблемы — позволяет разработать предложения по устранению причин неудовлетворительной работы механизма передвижения крана с учетом технической возможности и экономической целесообразности.

2. Выбранное решение должно учитывать специфику конструкции модернизированного крана и технологические особенности выполнения подъемно-транспортных операций: установку поворотного оголовка; транспортировку груза на консоли; ветрозащитные мероприятия и в любом случае предполагают модернизацию, в первую очередь, механизма передвижения крана, в том числе и конструкции ходовых тележек.

1. Коваленко В. А. Правовое регулирование безопасности инновационных технических объектов повышенной опасности // Технічний прогрес та ефективність виробництва: Вісник Харків. держ. політех. ун-ту. Спец. вип. «Інтелектуальна власність». Зб. наук. праць. Вип. 93: Харків, ХДПУ. — 2000. — С. 54–57.
2. Печников О. С. Так кто же виноват? // Подъемные сооружения. Спец. техника. — 2002. № 11. — С. 25–27.
3. Иванов В. Н., Дейнега В. И. Пока гром не грянет ... // Там же. — 2002. — № 9. — С. 30.
4. Патон Б. Е. О состоянии работ в Украине по технической диагностике промышленного оборудования, конструкций и сооружений. — Докл. на 3-м расширенном заседании технического комитета по техн. диагностике и неразруш. контролю (ТК-78), 27 мая 1999 г. // Техн. диагностика и неразруш. контроль. — 1999. — № 3. — С. 66–68.
5. ГОСТ 27584–88. Краны мостовые и козловые электрические. Общие технические условия. — Гос. ком. СССР по стандартам. — М., 1988. — 24 с.
6. РТМ-050.318.04-024–75. Устройство, эксплуатация и капитальный ремонт подкрановых путей порталных, башенных, козловых, мостовых кранов и другого грузоподъемного оборудования. — М., 1976. — 172 с.
7. ISO 8306–85 Краны. Допуски на краны и пути. Мостовые и козловые краны. Сборник правил и требований безопасности по материалам стандартов ISO, включенных в «Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов». — ДНАОП № 0-1.03-93. — Харьков, 1996. — 76 с.
8. Невзоров Л. А., Жуков В. Г. Упорядочение работ при монтаже грузоподъемных кранов // Подъемные сооружения. Спец. техника. — 2003. — № 3. — С. 20–21.
9. Kovalenko V. A. Verschleissuntersuchungen des Laufschiene-Systems für Förder-technischer Anlagen unter Berücksichtigung von Kontaktgeometrie verändernder Einflussgrößen. Institut für Konstruktionstechnik der Ruhr-Universität Bochum, RUB, 1986. — 50 s.
10. Беляев Л. М. Монтаж подъемно-транспортных механизмов / Изд. 2-е, перераб. и доп. — М., Стройиздат, 1975. — 207 с.
11. Шеховцов Г. А. Современные методы геодезического контроля ходовой части и путей мостовых кранов. — Н. Новгород: Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т, 1999. — 164 с.
12. Коваленко Ж. И. Особенности безопасной организации работ при замене подкрановых путей на предприятиях топливно-энергетического комплекса // Подъемные сооружения. Спец. техника. — 2003. — № 2. — С. 20.