

$$[K]\{X\} = \{F\}, \quad (14)$$

де $[K]$ – глобальна матриця жорсткості скінченно-елементної моделі; $\{X\}$ – шуканий вектор вузлових переміщень моделі; $\{F\}$ – глобальний вектор навантажень.

На рис. 14 показаний приклад результату подібних розрахунків.

Висновки: Більша частина результатів досліджень, які були проведені під час афганської та інших кампаній по підвищенню захищеності ЛБМ за допомогою навісних екранів різної конструкції, на жаль, залишилась у науководослідних установах і лабораторіях заводів - виробників цієї техніки в інших країнах СНД. В той же час досвід проведення кампаній у сучасних військових конфліктах наочно свідчить про ефективність використання таких специфічних екранів. Сучасний стан розвитку програмно - апаратного забезпечення дозволяє більш ефективно і з меншими матеріальними затратами розв'язувати задачі підвищення тактико-технічних характеристик. В подальшому планується розробка більш детальних моделей елементів бронювання та моделювання їхньої реакції на дію кінетичних обертів.

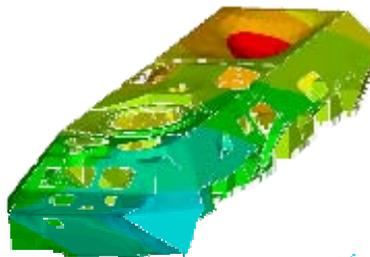


Рис. 14. Деформація корпусу БТР-80 під дією навантаження

Список літератури. 1. <http://armor.kiev.ua/indix.html>. 2. Ильин В. БМП совершенствуются. // Техника и вооружение: вчера, сегодня, завтра. – 2003. – № 8. – С.48. 3. Степанов С. К вопросу о машинах поддержки или сопровождения танков. // Техника и вооружение вчера, сегодня, завтра. – 2003. – №4. – С.34. 4. <http://niistali.ru/>, <http://www.soldiering.ru/army/>. 5. Пелешко Є.В., Грабовський А.В., Танченко А.Ю. Використання сучасного програмного забезпечення для розрахунку динамічних характеристик підвіски БТР-80 // Науково – практична конференція (22 – 23 грудня 2004 р.) "Стан і розвиток Сухопутних військ на сучасному етапі. Проблеми розвитку озброєння та техніки Сухопутних військ". – Харків: ХІТВ НТУ "ХПІ", 2005. – С.161-164. 6. Грабовський А.В., Гриценко Г.Д., Танченко А.Ю., Ткачук Н.А. Моделирование динамики корпуса транспортного средства специального назначения // Вісник НТУ "ХПІ". Тематичний випуск "Машинобудівництво і САПР" – 2006. – №24. – С.54-70. 7. Ткачук А.Н., Шаталов О.Е., Ларин А.Ю., Васильєв А.Ю., Мартыненко А.В. Расчет траектории полета пуль и снарядов с учетом угла нутации, прецессии и собственного вращения // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2005. – №3. – С.38-42. 8. Шаталов О.Е., Ларин А.Ю., Васильєв А.Ю., Мартыненко А.В., Ткачук А.Н., Грабовський А.В. Математическое представление построения трехмерных тактических диаграмм с учетом движения и изменения ориентации корпуса бронированной машины в пространстве // Вісник НТУ "ХПІ". Тематичний випуск „Машинобудівництво і САПР” – 2005. – №53. – С.152-161. 9. Васильєв А.Ю., Малакей А.Н., Пелешко Є.В., Шаталов О.Е. К вопросу интегрированных систем анализа динамических процессов в корпусах транспортных средств специального назначения // Механіка та машинобудування. – 2004. – №1 – С.51-60. 10. Васильєв А.Ю., Мартыненко А.В., Шаталов О.Е., Пелешко Є.В. Комплексный подход к модернизации корпусов легкобронированных машин с использованием современных программных комплексов // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – 2005. – №26. – С.169-174.

Поступила в редколлегию 30.01.07

Ю.Б. ГУСЕВ, ОАО “Головной специализированный конструкторско-технологический институт”, г. Мариуполь,
В.А. СЛОБОДЯНИК, канд. техн. наук, ЗАО НТП „Мостокран”, г. Харьков,
Н.А. ТКАЧУК, докт. техн. наук, **А.Ю. ТАНЧЕНКО**, НТУ „ХПИ”

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПРИЧИН СВЕРХНОРМАТИВНОГО ИЗНОСА РЕБОРД КОЛЕС ГРЕЙФЕРНОЙ ТЕЛЕЖКИ МОСТОВОГО КРАНА-ПЕРЕГРУЖАТЕЛЯ

Статья посвящена проблеме прискоренного наднормованого зношування коліс та підвізкових рейок крана-перевантажувача мостового типу. Проаналізовані публікації, присвячені цій проблемі, докладно розглянута методика проведення експерименту та надані його результати. За результатами дослідження розроблено ряд рекомендацій, спрямованих на усунення причин надмірного зносу реборд коліс.

The article is devoted the problem of speed-up higher attrition wheels and rails of bridge type crane. Publications, devoted this problem, are analyzed. The method of conducting of experiment is written up and his results are resulted. On results research the row of recommendations of the reasons of the promoted wear directed on a removal is done.

1. Состояние вопроса. В настоящее время вопросам обеспечения высоких технических характеристик кранов различного типа и предназначения уделяется особое внимание. Этому вопросу в различных постановках посвящены многочисленные работы, в частности [1-14]. В этих работах большое внимание уделяется вопросам описания и моделирования нагрузок, воздействующих как непосредственно на весь кран, так и на его определенные узлы и агрегаты (ветровые, динамические, электродинамические, импульсные нагрузки и т.п.). Исследуются переходные процессы, возникающие от разнообразных вынуждающих условий и их комбинаций. Особо изучается процесс износа, методы его контроля, прогнозирования и минимизации.

Все рассмотренные вопросы, созданные модели и предложенные в этих работах алгоритмы представляют несомненную научную и практическую ценность. Однако при проектировании новых конструкций, в частности кранов-перегрузателей, работающих в тяжелых эксплуатационных условиях, возникают новые задачи комплексного моделирования динамических процессов и определения напряженно-деформированного состояния этих конструкций как сложных машин, элементы которых находятся в определенных условиях взаимодействия. Например, при проектировании кранов-перегрузателей угля для коксохимической, горнодобывающей, металлургической промышленности Украины (проектант и изготовитель – ОАО „ГСКТИ”, „Азовмаш”) возникли задачи научного обоснования структуры и параметров конструкций этих машин на основе компьютерного моделирования процессов, возникающих в условиях эксплуатации на конкретных пред-

приятиях. Эти исследования являются составной частью проектных исследований, общая технология проведения которых отражена в работах [15-18]. В частности, эта технология исследований, предложенная авторами, предусматривает расчетно-экспериментальное обоснование параметров динамических моделей исследуемых перегружателей.

Как показала практика опытной эксплуатации кранов-перегрузателей в реальных условиях на Алчевском коксохимическом комбинате, одним из наиболее значимых дефектов оказался сверхнормативный ускоренный износ ходовых колес грейферной тележки и подтележечных рельсов. В связи с этим возникла актуальная и важная задача экспериментального исследования этого явления, по результатам которого предполагается разработать конкретные рекомендации по улучшению конструкции крана-перегрузателя, а также уточнить параметры расчетной модели крана как сложной динамической системы для дальнейших численных исследований.

2. Методика проектных исследований

2.1 Постановка задачи. Ставится задача установить причины повышенного износа ходовых колес грейферной тележки и подтележечных рельсов крана-перегрузателя грузоподъемностью 20 т. Указанный кран введен в эксплуатацию в августе 2003 года. При фактическом режиме эксплуатации работы крана выявлены моменты, влияющие на нормальную эксплуатацию крана, связанные, прежде всего, с отсутствием простоев при технологическом цикле проведения работы грузоподъемного устройства. Ремонтные работы, связанные с простоем, вызваны ускоренным износом ходовых колес тележки и рельса (рис. 1, 2).

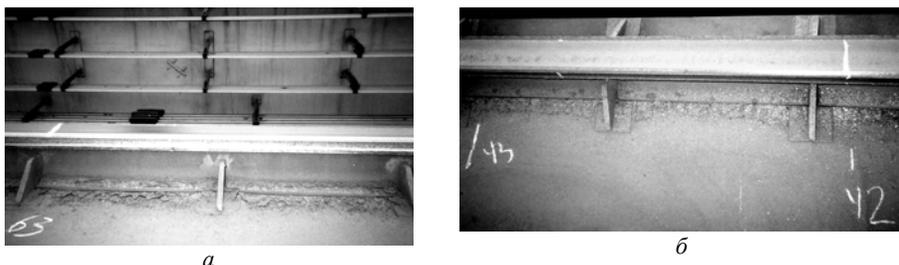


Рис. 1. Износ рельсов: а – балка „А” (с троллеями); б – балка „Б”

Потенциальными причинами, из-за которых может происходить износ пары „колесо – рельс” грузовой тележки, являются [19 – 21]:

- 1) искривление подтележечных путей;
- 2) перекос колес тележки в горизонтальной (в основном) и вертикальной плоскостях;
- 3) отклонение от параллельности общих плоскостей ходовых колес;
- 4) несоответствие колеи подтележечного пути и тележки;
- 5) неодинаковость диаметров колес (погрешность изготовления или в результате ремонта);

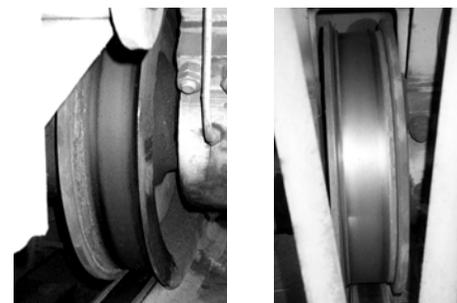


Рис.2 – Износ колес:
а – колесо 1; б – колесо 3

определения факторов, влияющих на износ сопряженных элементов исследуемой системы „тележка – рельс – колесо”.

2.2 Методика проведения измерений. Методика проведения измерений базируется на оптических и линейных методах измерения конструкции, основы которой изложены в международном стандарте „ISO 11630: 1993. Краны грузоподъемные. Точность установки колес и рельсов”.

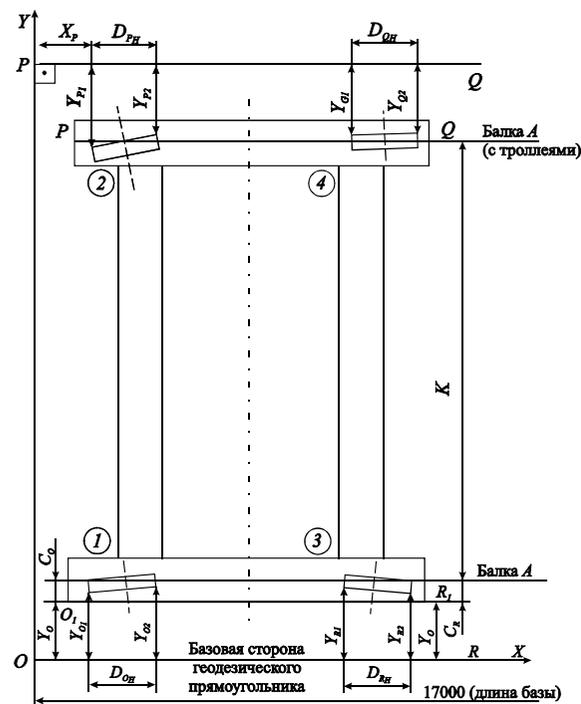


Рис.3. Схема колес грейферной тележки

6) различие в фактических характеристиках приводов (электродвигатель и система управления);

7) разные тормозные моменты механизмов передвижения;

8) разность вертикальных нагрузок на концевые балки при расположении тележки с грузом у одной из концевых балок.

В работе ставится задача экспериментального

определения факторов, влияющих на износ сопряженных элементов исследуемой системы „тележка – рельс – колесо”.
Определение точности установки ходовых колес тележки проводится в следующем порядке: выбор базового направления системы координат; разбивка геодезического прямоугольника; измерение расстояний от сторон геодезического прямоугольника до ходовых колес; расчет фактических отклонений ходовых колес в плане от проектных.

Выбор базового направления системы координат производился таким образом (рис. 3):

- определяются две точки, например, O_1 и R_1 наружной поверхности концевой балки, равноудаленные от ее продольной оси ($C_o=C_R$);
- восстанавливаются от указанных точек перпендикуляры, на которых откладываются одинаковые отрезки " y_0 ";
- место установки нивелира фиксируется маркой – „ O ”, а произвольная точка на визирном луче прибора, находящаяся за пределами крана – маркой „ R ”. Марки „ O ” и „ R ” в дальнейшем фиксируют направление оси „ X ” и служат базой для построения геодезического прямоугольника.

3. Результаты исследований. Результаты измерений сгруппированы по отдельным факторам и представлены в виде диаграмм и в табличном виде.

3.1 Перекос колес тележки. После нанесения проекций точек соответствующих колес крана измерялись расстояния вдоль сторон геодезического прямоугольника. Измерялись расстояния „ y ” от каждого колеса крана, как показано на рис. 3, при помощи струны, отвеса и штангенциркуля. Выполнение измерений, необходимых для расчета отклонений колес в вертикальной плоскости (в профиль), проводились с использованием „Устройства для контроля вертикальности и перекоса колес”. Общая схема положения колес тележки представлена на рис. 4. Результаты занесены в таблицу.

Расположение колес грейферной тележки грузоподъемностью 20т (диаметр колеса – 710мм)

В плане (расстояние по оси „ y ”), мм							
Y_{O1}	Y_{O2}	Y_{R1}	Y_{R2}	Y_{P1}	Y_{P2}	Y_{Q1}	Y_{Q2}
434	432	422	425	447	444	439	439

3.2. Результаты измерений положений балки и рельса в плане. На рис. 5-13 левый столбец соответствует измеренным значениям по балке „ A ” (с троллеями), правый – по балке „ B ”.

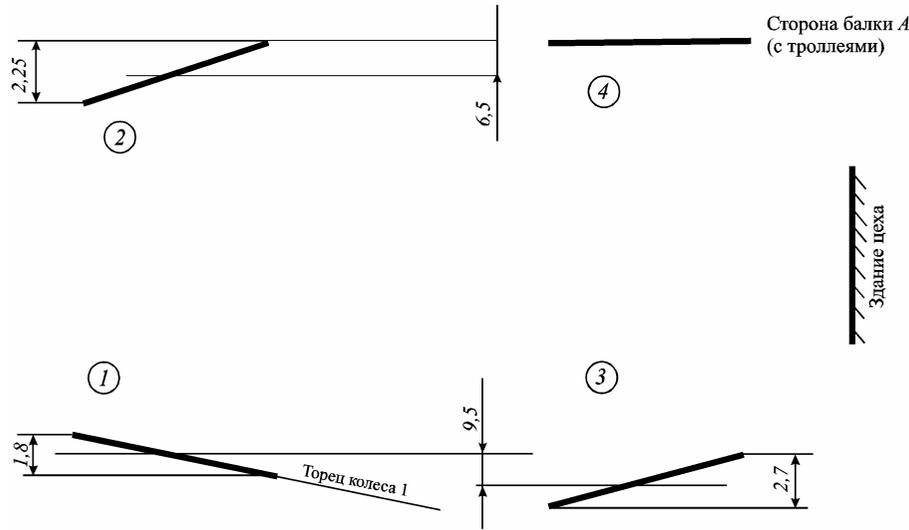


Рис. 4. Взаимное расположение колес тележки

Размеры проекций колес: $D_o = D_r = D_p = D_Q = 760$ мм. $\Delta T_{O1} = +0,21$ мм/м, $\Delta T_{R1} = +0,20$ мм/м, $\Delta T_{P1} = +0,03$ мм/м, $\Delta T_{Q1} = +0,03$ мм/м.

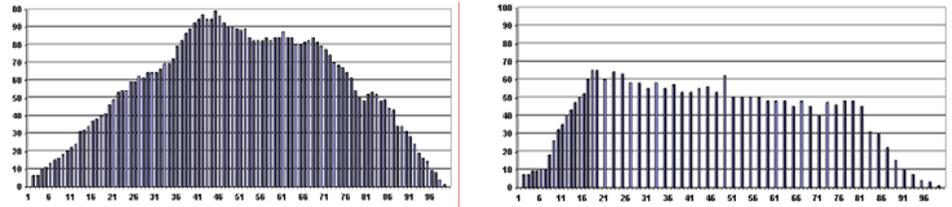


Рис. 5. Отклонение от прямолинейности кромки верхнего пояса (стенки балки), мм

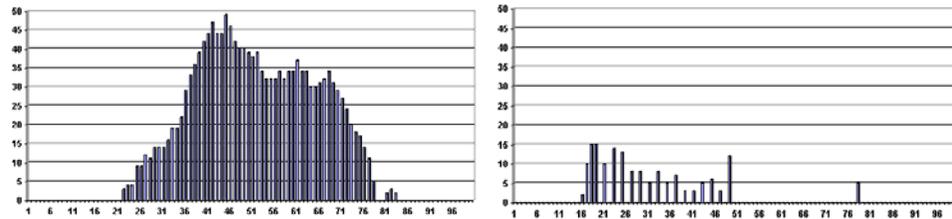


Рис. 6. Превышение предельных значений 50мм*, мм

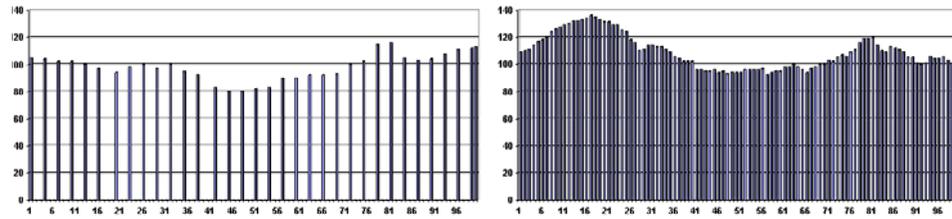


Рис. 7. Расстояние от кромки до подошвы рельса (b/2=150/2 мм), мм

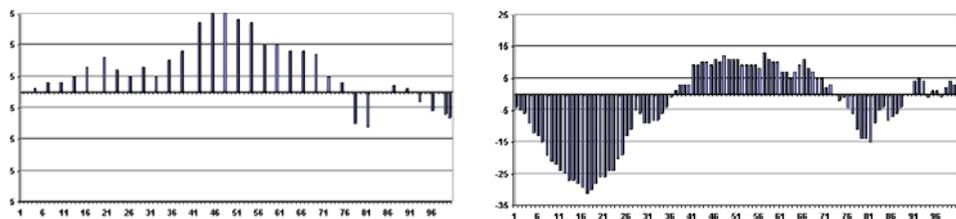


Рис. 8. Отклонение оси рельса от оси стенки, мм

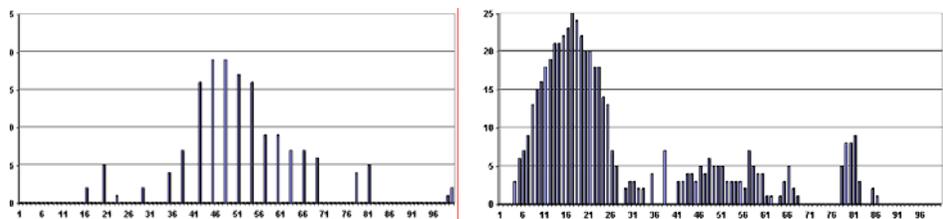


Рис. 9. Превышение предельного значения (6мм), мм

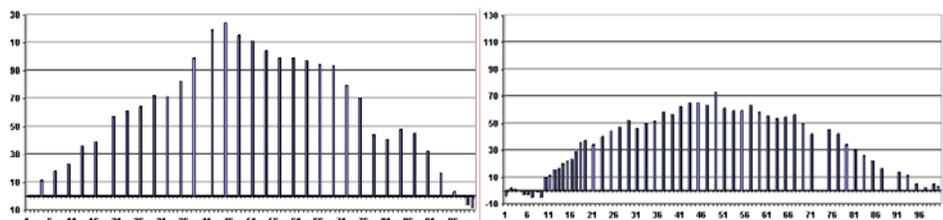


Рис. 10. Отклонение оси рельса от прямолинейности, мм

Примечания: * предельное значение отклонения от прямолинейности стенки (РД 001.01-95. Краны грузоподъемные. Экспертное обследование. Мет. указ. по оценке техн. состояния мостовых, козловых и спец. кранов):

$$\Delta = \frac{L_0}{2000} = \frac{100000}{2000} = 50 \text{ мм,}$$

где $L_0 = 100\text{м}$ – расстояние между крайними точками замеров.

3.3. Отклонение оси подтележечного рельса вдоль сечений моста „Д4”

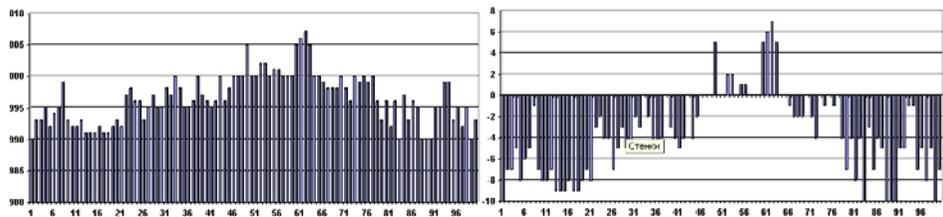


Рис. 11 – Колея, мм

Рис. 12. Отклонение оси подтележечного рельса Δ_4 , мм

Рис. 13. Превышение предельного значения (3 мм), мм

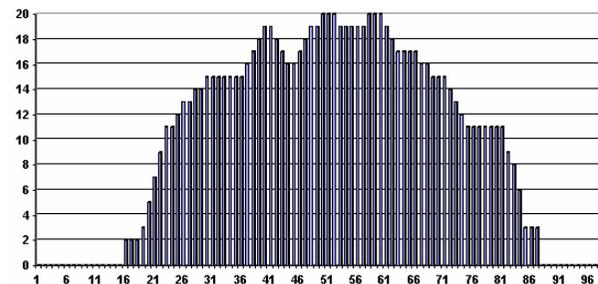
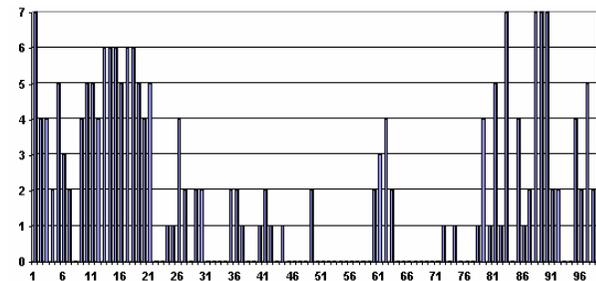


Рис. 14. Горизонтальный износ головки рельса*, мм

Примечание:* предельное значение горизонтального износа боковой грани головки рельса „ISO 11630: 1993. Краны грузоподъемные. Точность установки колес и рельсов”: $\Delta_r = 0,2B = 0,2 \cdot 100 = 20$ мм, где $B = 100\text{мм}$ - ширина головки рельса КР-100. Балка „А” (с троллеями) имеет незначительный износ ($\leq 3\text{мм}$) с внутренней стороны рельса. Балка „Б” имеет износ с внешней стороны рельса.

3.4. Определение взаимного положения колес и рельсов. Угол отклонения (в рад.) колес крана в плане с использованием данных таблицы рассчитывается по формуле:

$$\varphi_i = \frac{y_{i1} - y_{i2}}{D_{in}} . \quad (1)$$

Неточность плоскостей колес крана в плане рассчитываются по формуле: колеса 2 – 4:

$$F_{pQ} = \frac{y_{p1} + y_{p2} - y_{Q1} - y_{Q2}}{2} = \frac{447 + 444 - 439 - 439}{2} = 6,5 \text{ мм;} \quad (2)$$

колеса 1 – 3 (базовой плоскости):

$$F_{QR} = \frac{y_{Q1} + y_{Q2} - y_{R1} - y_{R2}}{2} = \frac{434 + 432 - 422 - 425}{2} = 9,5 \text{ мм.} \quad (3)$$

Предельное значение отклонения от общей плоскости ходовых колес, расположенных вдоль концевой балки, составляет 2 мм, т.е. фактические отклонения превышают нормативные в 3,25÷4,75 раза.

3.5 Расчет угловых отклонений колес. В горизонтальной плоскости для режима 8К согласно „ISO 11630: 1993. Краны грузоподъемные. Точность ус-

тановки колес и рельсов” предельное значение углового отклонения колеса составляет: $\text{tg}\varphi = 0,0004$ или для колеса $\varnothing 710\text{мм}$ (или $\varnothing 760\text{мм}$ по точкам замера) – $[\Delta]=0,304$ мм.

Фактические отклонения для колес:

а) сторона балки „Б”:

колесо №1 (т. О): $\Delta_1 = 434 - 432 = 2$ мм – на базе 760мм, с учетом принимаемой погрешности измерения в 10% имеем $\Delta'_1 = 1,8$ мм. Превышение нормативных значений в $\frac{1,8}{0,304} = 5,92 \approx 6$ раз.

колесо №3 (т. R): $\Delta_2 = (422-425) \cdot 0,9 = -2,7\text{мм}$ – превышение в 8,88 раза.

б) сторона балки „А” с троллеями:

колесо №2 (т. P): $\Delta_3 = (447-444,5) \cdot 0,9 = -2,25$ мм – превышение в 7,4 раза.

колесо №4 (т. Q): $\Delta_4 = (439-439) \cdot 0,9 = 0$ мм – колесо установлено без отклонений от норм.

Отклонения от вертикальной плоскости незначительны, поэтому рассматривать их особой необходимости нет.

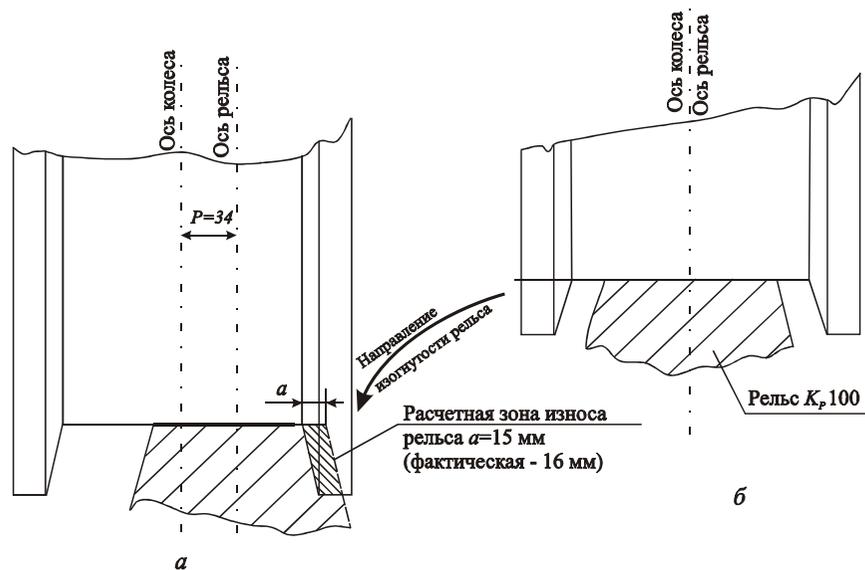


Рис. 15. Расположение 1-го колеса тележки

На рис. 15 показано, в качестве примера, взаимное расположение колеса 1 тележки и рельса при положении тележки у точки 16 и в самом худшем положении – в т. 45. Крайнее положение тележки, когда отсутствует износ рельсов соотношение между осями колеса 1 и рельса изображены на

рис. 15, б. Расчет положения оси рельса в т. 45 определяется, исходя из полученных значений отклонений в плане (рис. 16, 17): $P_{45} = (124-65) \cdot 25 = 34$ мм.

Аналогично вычисляются параметры износа остальных колес.

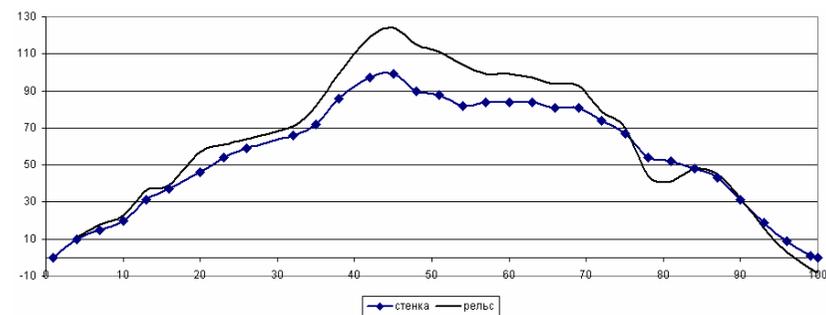


Рис. 16. Изогнутость в горизонтальной плоскости (мм). Балка „А” (с троллеями)

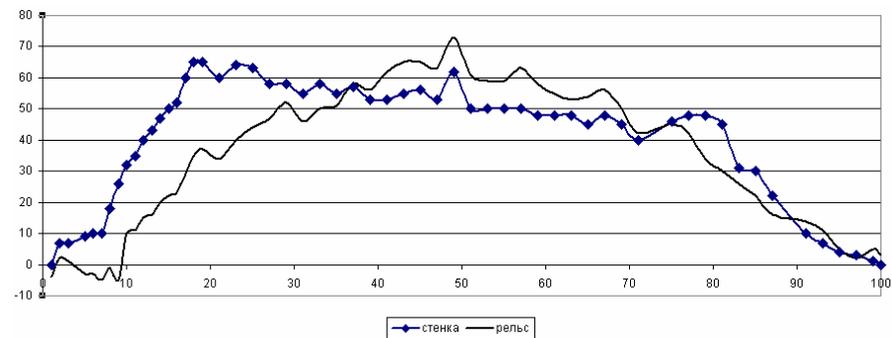


Рис. 17. Изогнутость в горизонтальной плоскости (мм). Балка „Б”

4. Анализ результатов. Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы о причинах износа колес грейферной тележки и подтележных рельсов:

1. Значительные отступления от нормативных значений положения подтележного рельса в плане: максимальные отклонения превышают допускаемые в 20,6 раза (124 мм вместо 6 мм). Собственно, относительно стенки балки превышение составляет 19 мм (то есть в 3,17 раза), однако в связи сопутствующим искривлением пролетных балок (балки „А” – 99 мм, балки „Б” – 65 мм на базе 100м) и получается такой результат. Отступление от норм в прямолинейности балок выражается в их максимальном превышении: в 1,98 и 1,30 раза, для балок „А” и „Б”, соответственно. С учетом всех отклонений получается в балке „А” – 60%, а в балке „Б” – 28%. Отклонения от прямолинейности стенки балки приводит к тому, что не выдерживаются нормативные значения размера колеи подтележных рельсов (см. рис. 11). Максимальное

превышение (7мм) превосходит нормативное значение в 2,3 раза, при этом число сечений моста, в которых обнаружены отклонения, составляет 62, т.е. в 62% случаев указанные отклонения ухудшают ситуацию при работе пары „колесо – рельс”.

2. Взаимный перекося колес. Чтобы тележка двигалась прямолинейно и не стремилась развернуться при движении, угловые отклонения колес от направления ее движения не должны превышать нормативных значений, определенных как по ГОСТ 24378-80 „Краны мостовые электрические. Технические условия”, так и по ISO – 8306-1985 (E) „Краны мостовые, козловые”-1986. В данном случае – грейферная тележка, работающая в режиме 6М (Весьма тяжелый), допуск составляет $\text{tg}\varphi=0.0004$. Результаты замеров: колесо 1 – $\text{tg}\varphi=0,00237$; колесо 2 – $\text{tg}\varphi=0,00296$; колесо 3 – $\text{tg}\varphi=0,00355$; колесо 4 – $\text{tg}\varphi=0$.

К тому же обнаружены отклонения в общем расположении плоскостей колес. На примере колеса 1 (см. рис. 15) показано положение пары „колесо – рельс” в т. 16 и 45. Очевидны отклонения как в выставке рельса и балки в целом, так и колеса 1. Колесо 3 по отношению к колесу 1 перекошено в другую сторону (см. рис. 4). Такое положение считается неблагоприятным, приводящим к возникновению значительных нагрузок перекося. Последние могут составлять до $2R_{\text{max}}$, где $R_{\text{max}} = G_r \cdot f$ (здесь G_r – вертикальная нагрузка от колеса тележки, $f = 0.27-0.3$ – коэффициент трения стали по стали).

Указанная нагрузка от перекося колес суммируется с нагрузкой, вызванной сверхнормативной деформацией пролетных балок, „приумножается” повышенной (режим 8К) скоростью передвижения тележки (3,73 м/с) и приводит как к интенсивному износу колес (рис. 18), так и у дорожки катания рельса (значительная часть ее имеет плоскую поверхность).

3. Рекомендации по устранению износа рельсов и колес заключаются, прежде всего, в приведении их (колес и рельсов) в положения, не выходящие за пределы установленных норм. Наиболее выполнимым по реализации является устранение перекося колес, хотя процедура выставки колес в заводских условиях и представляет определенную трудность.

Что касается выставки рельс, то здесь решение усложняется значительной изогнутостью пролетных балок в горизонтальной плоскости (дефекты монтажа). Если по балке „Б” вопрос выравнивания рельсов возможно решить (установить рельс по другую сторону стенки, внутрь балки). Выравнивание же рельса на балке „А” (с троллеями) не представляется возможным, т.к. необходимое выравнивание наружу стенки невозможно выполнить.

Ситуацию могло бы спасти применение конических колес, однако два момента могут снизить эффективность от их применения.

1). Значительное отклонение балки „А” в плане, что повлечет за собой значительное увеличение ширины колес (неблагоприятный фактор).

2). При применении конических колес работает только скругленная головка рельса. Более того, радиусы закругления краев головки „г” у рельсов

типа КР [23] следует увеличить. В связи с этим изношенный рельс необходимо заменить до установки конических колес.

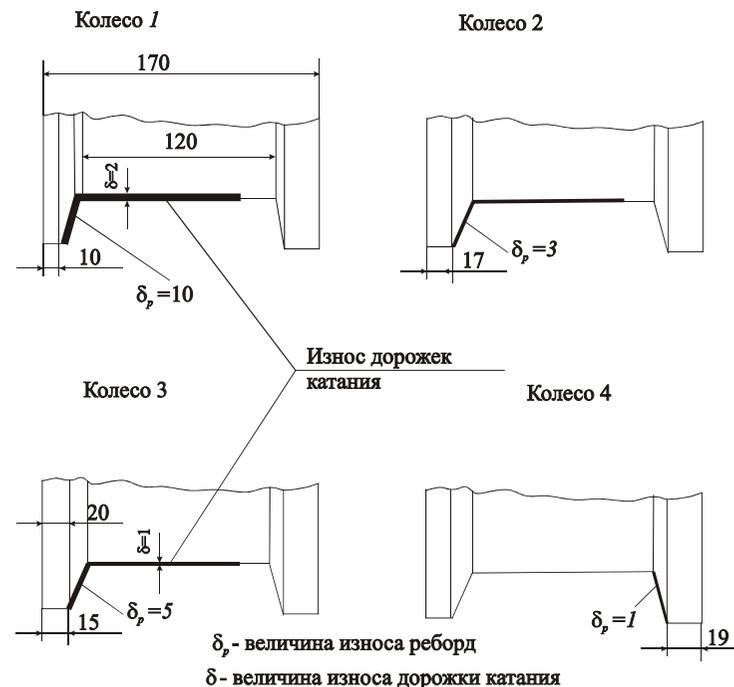


Рис. 18. Фактический износ колес

Чтобы избежать замены всей длины рельсов, возможно применение безребордных цилиндрических колес с горизонтальными роликами, последние препятствуют сходу колес с рельсов.

Заключение. Все указанные рекомендации более конкретно можно рассмотреть или предложить другие после сравнения полученных результатов с аналогичными данными на момент ввода крана в эксплуатацию. Это вызвано необходимостью определить динамику развития отклонений и вернуться к этому вопросу через определенный период, после внедрения разработанных рекомендаций, а также провести комплексные исследования динамических параметров напряженно-деформированного состояния крана-перегрузателя и в заключение провести параметрическую оптимизацию конструкции как сложной механической системы. Все это составляет направления дальнейших исследований.

Список литературы: 1. Луцько Т.В., Лук'янець О.Г., Мельник В.П., Югов А.М. Моделювання деформованого та напруженого станів баштово-стрілового обладнання кранів з гнучкою підвіскою його елементів // Будівництво України. – К., 1997. – № 1. – С.39-40. 2. Пуртова Е.С. Влияние

параметров электромеханической системы подъемного механизма на качество переходных процессов // *Электромашинобуд. та електрообладн.* – 2001. – Вип.56 – С.37-40. **3.** *Ламбин Н.Е., Петросян О.М., Марченко Д.Н., Ламбин В.Н.* Влияние эксплуатационных факторов на состояние подкрановых путей // *Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури.* Випуск 99-1(15) – *Макіївка*, 1999. – С.52-57. **4.** *Петросян О.М.* Влияние дефектов и поврежденных подкрановых конструкций на их напряженно-деформированное состояние // *Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури.* Випуск 2000-1(21) – *Макіївка*, 2000. – С.83-87. **5.** *Ловейкін В.С., Душанін Я.С.* Влияние режима руху реальних врівноважених стрілових систем кранів на енергетичні і силові характеристики // *Вестник Севастопольского государственного технического университета.* – Севастополь, 2000. – Вип. 23. – С. 10-13. **6.** *Мазикіна О.Б.* Визначення перекосу ходових коліс мостових кранів // *Відомості Академії гірничих наук України.* – Кривий Ріг, 1998. – № 1. – С.89-90. **7.** *Хохлов А.Г.* Влияние эксцентриситета подкрановых балок и рельсов мостовых электрокранов на эксплуатационную надежность железобетонных конструкций // *Науково-практичні проблеми моделювання та прогнозування надзвичайних ситуацій.* – К.: МНС України. – 1999. – Вип.3. – С.146-149. **8.** *Иваненко О.И., Толмачев Д.А., Мартынов А.В., Редько А.М.* Оценка надежности систем защиты грузоподъемных кранов от угонов ветром // *Вісник Східноукраїнського державного університету.* Луганськ: Видавництво СУДУ, 1997. – №4(8). – С.180-185. **9.** *Дюмин И. Е., Калугин Ю.К., Цыбульский В.А.* Анализ факторов, определяющих абразивный износ крановых колес // *Износостойкость машин.* Тез. докл. всесоюз. научно-техн. конф. – Ч.1. – Брянск: БИИ, 1991. – С.57. **10.** *Ловейкін В.С., Демідас С.В.* Аналіз впливу режиму руху механізму підйому баштового крану на динамічне навантаження в його елементах // *Автомобільний транспорт.* – Сер. Совершенствование машин для земляных и дорожных работ. Сб. науч. тр. – Харьков, 1999. – Вип.2. – С.98-105. **11.** *Будиков Л.Я.* Многопараметрический анализ динамики грузоподъемных кранов мостового типа // *Луганск: Изд-во ВУГУ*, 1997. – 210 с. **12.** *Кивенсон Б.М., Ромащенко В.А.* Интенсивность изнашивания реборд крановых колес // Сб. науч. трудов НИИПмаша. – Краматорс, 1985. – С.129-136. **13.** *Дулев И.А.* Анализ нестационарных процессов бокового движения кранового колеса // *Изв. вузов. Машиностроение.* – 1988. – № 9. – С. 108-112. **14.** *Рубашка В.П.* Разработка обобщенной математической модели и анализ динамики машин мостового типа // Автореф дис. к.т.н. (01.02.06) Харьков, 1985. – 18 с. **15.** *Четурной А.Д., Глинин Г.П., Гусев Ю.Б., Пеклич М.М., Барчан Е.Н., Ткачук Н.А.* Расчетно-экспериментальный метод определения параметров элементов машиностроительных конструкций // *Вестник НТУ „ХПИ“.* Тем. вып. „Машиноведение и САПР”. – 2005. – №53. – С.162-176. **16.** *Ткачук Н.Н., Гусев Ю.Б., Танченко А.Ю., Васильев А.Ю.* Системный подход к проектированию, анализу и синтезу элементов зубчатых передач и транспортных средств на основе взаимного обмена данными между подсистемами // *Праці Таврійської державної агротехнічної академії.* – Мелитополь, 2006. – Вип.36. – С.115-121. **17.** *Глинин Г.П., Гусев Ю.Б., Головченко В.И., Орлов Е.А.* Методи автоматизованого аналізу міцності та жорсткості просторових конструкцій // *Вестник НТУ „ХПИ“.* Тем. вып. „Машиноведение и САПР”. – 2006. – №3. – С.58-69. **18.** *Гусев Ю.Б.* К вопросу об исследовании напряженно-деформированного состояния металлоконструкции перегружателя ПМГ-20 // *Вестник НТУ „ХПИ“.* Тем. вып. „Машиноведение и САПР”. – 2006. – №24. – С.70-75. **19.** *Определение положения ходовых колес (перекос осей) электромостовых кранов* // *Отчет: ВНИИПТМаш, Арх. №3603 НИ.* Тема 3646. – М.: 1993. – 39 с. **20.** *Скрипник Э.Т. и др.* Перекосы и долговечность ходовых колес мостовых кранов // *Безопасность труда в промышленности.* – 1992. – №5. – С.41-45. **21.** *Ковальский Б.С., Слободяник В.А., Иванов В.Н.* Некоторые проблемы украинского краностроения // *Укр. инж.-пед. инс-т.* – Харьков, 1994. – 53 с: ил. – Деп. в ГНТБ Украины. 3.10.94., №1984-Ук94. **22.** *РД 001.01-95.* Краны грузоподъемные. Экспертное обследование. Мет. указ. по оценке техн. состояния мостовых, козловых и спец. кранов. – Харьков. – 1995. **23.** *Ковальский Б.С.* Вопросы передвижения мостовых кранов. – Луганск, 2000. – 62 с.

Поступила в редколлегию 22.01.07