



Эксплуатация подкрановых балок

с усталостными трещинами в стенках на опорах

Александр АРХИПКИН,

эксперт, технический директор ООО «РЕМКРАНСЕРВИС» (г. Барнаул)

Александр КОЧЕШОВ,

эксперт ООО «РЕМКРАНСЕРВИС» (г. Барнаул)

Александр ЩЕГОЛЬКОВ,

дефектоскопист ООО «РЕМКРАНСЕРВИС» (г. Барнаул)

На примере технического и комплексного обследований подкрановых конструкций в девяностых и двухтысячных годах в статье рассмотрено развитие повреждений во времени в результате несовершенства проектирования, монтажа и эксплуатации узлов крепления разрезных подкрановых балок к колоннам крайнего ряда первого пролета производственного корпуса.

Подкрановые балки являются основным несущим элементом в комплексе подкрановых конструкций (ПК) промышленных зданий.

Головка кранового рельса, закрепленного на подкрановой балке (ПБ), воспринимает вертикальное давление колеса крана D и боковое горизонтальное воздействие от тормозных усилий грузовой тележки и перекоса крана T (рис. 1). Эта нагрузка передается на узлы крепления ПБ к колоннам. Усилие S, воспринимаемое рельсом вдоль пути при торможении и передвижении крана по пролету, передается на связи между колоннами. Прилагаемая нагрузка носит динамический характер, сопровождающаяся рывками и ударами. Данное воздействие способствует расшатыванию и расстройству ПК в целом, а также ее соединений. Действующая нагрузка является подвижной, вследствие чего работа ПК происходит с переменным циклом напряжений, что способствует явлению усталости металла.

Подкрановые конструкции находятся в наиболее тяжелых условиях эксплуатации в зданиях с кранами среднего и тяжелого режима работы. Опыт эксплуатации и результаты комплексного обследования ПК таких зданий показывает, что после эксплуатации более пяти лет обнаруживаются повреждения: расшатываются крепления подкрановых и тормозных балок к колоннам, соединения их между собой, стыковые крепления разрезных балок, а также появляются усталостные трещины в стенке:

у верхнего пояса, ребер жесткости и у опорных ребер.

Конструктивное решение опорных узлов разрезных ПБ со временем изменилось от жесткого крепления с помощью диафрагм до податливого, что реализовано в типовых сериях. Конструкция крепления балок к колоннам в горизонтальном направлении должна обеспечивать передачу горизонтальных поперечных сил, допуская при этом свободу поворота и продольного смещения опорных сечений.

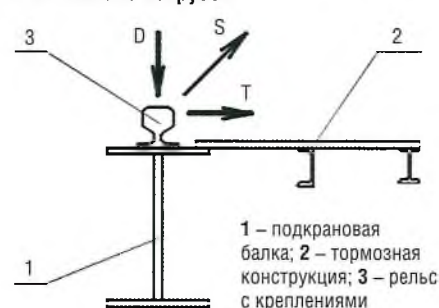
Рассмотрим на примере технического и комплексного обследований подкрановых конструкций в девяностых и двухтысячных годах развитие повреждений во времени в результате несовершенства проектирования, монтажа и эксплуатации узлов крепления разрезных ПБ к колоннам крайнего ряда первого пролета производственного корпуса. ПБ разрезные, сплошные, сварного двутаврового сечения пролетом 6 м с листовой тормозной конструкцией (фото 1). Материал ПК – сталь марки ВСтЗкп2 по ГОСТ 380-71. В пролете эксплуатируются мостовые краны среднего (4К-5К по ГОСТ 25546-82) режима работы, из них три Q = 50 т и один Q = 100 т. Подкрановый путь сдан в эксплуатацию в 1957 году. Предельный срок эксплуатации данных ПК до капремонта или вывода из эксплуатации 30 лет в соответствии с ЭРД 22-02-99 [1]. По результатам технического обследования в 1992 году был произведен ремонт ПК. В рассматриваемом опорном узле (рис. 2) вертикальная диафрагма (3), приваренная к уголкам (4) стыкового крепления

балок и посредством болтов закрепленная на колонне (2), воспринимает горизонтальное поперечное усилие от колонны. Упорные планки (5), приваренные к фанкам тормозной конструкции и плотно прилегающие к наружной поверхности полки колонны, воспринимают горизонтальное поперечное усилие к колонне. Диафрагма, являющаяся общим элементом для двух ПБ на опоре (рис. 3), препятствует повороту опорных сечений (угол ϕ_1) вследствие изгиба ПБ от сил D. Поворот сечения происходит относительно опорной грани, и наблюдается подъем края балки (Δv). Диафрагма затрудняет вертикальное перемещение (Δv) опорного узла балки и сдерживает деформацию балки на опоре (рис. 3). Кроме того, наличие сплошного кранового рельса КР 120, стыкового крепления балок на опоре, жесткость крепления тормозных конструкций к колоннам создают частичную неразрезность ПБ. Неразрезность конструкции приводит к появлению на элементах знакопеременного цикла нагружений, что способствует появлению усталостных трещин. Вертикальные ребра жесткости (5) в опорной части ПБ приварены прерывистыми сварными швами (рис. 2, фото 2), которые обладают пониженной усталостной прочностью. Повышенная концентрация напряжений в наиболее напряженной зоне стенки у ребер привела к образованию вертикальных усталостных трещин (УТ) (рис. 2).

В настоящее время нет достоверных данных по первым появлениям УТ. В материалах технического обследования ГПИ СИБСТАЛЬКОНСТРУКЦИЯ города Новокузнецк в 1992 году на 14 ПБ из 36 зафиксировано 15 УТ вертикальной стенки у ребра в опорной части ПБ длиной от 100 до 800 мм. Часть УТ по ремонтным сварным швам. По результатам обследования выполнен капремонт ПК.

Появление УТ – одна из причин классификации ПБ как неработоспособных, так как, согласно действующим нормам, эксплуатация конструкций недопустима с подобными повреждениями [2], хотя и сохраняется их несущая способность.

Рис. 1. Схема нагрузок





Дефекты и повреждения накапливаются в процессе эксплуатации ПК и, подобно случайным процессам, изменяются во времени. Для отслеживания развития дефектов и повреждений ПК на основании дефектных ведомостей проведены комплексные обследования построены гистограммы дефектов и повреждений ПК (рис. 4). В полученных гистограммах не отслеживаются четко выраженные закономерности для большинства повреждений, что связано с объективными факторами:

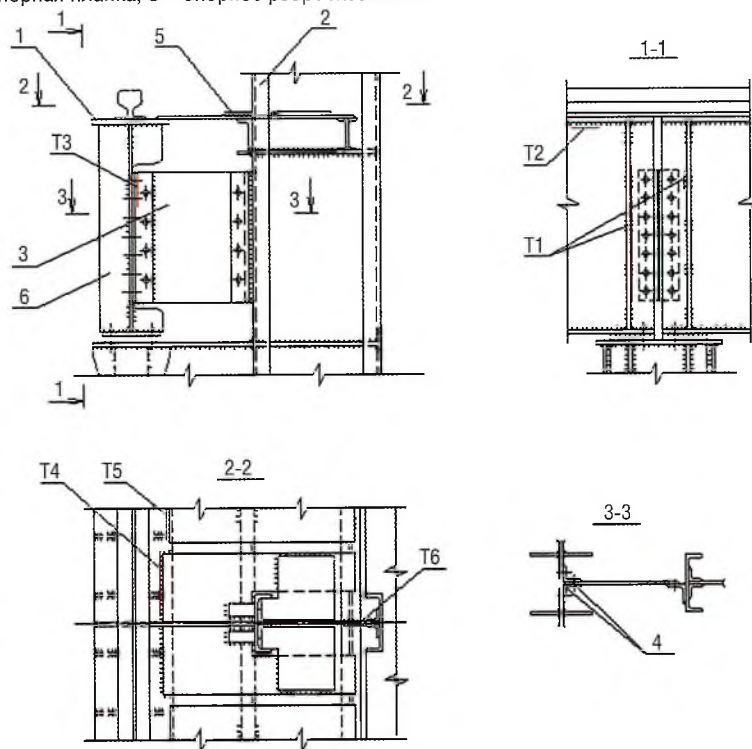
- значительная разница в интенсивности эксплуатации кранов в связи со спадом производства в 2000-х годах;
- почти все ПК ко времени обследования подвергались текущему ремонту по устранению повреждений (фото 3,4);
- различие в организации службы эксплуатации и ремонта крановых путей в 90-х и начале 2000-х годов.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что своевременное освидетельствование, обследование и ремонт позволяют продлить сроки безопасной эксплуатации ПБ с усталостными трещинами. Проведенными экспериментальными исследованиями установлено, что возможна временная безопасная эксплуатация ПБ на стадии роста вертикальных усталостных трещин в стенке на опоре до значительных размеров, сопоставимых с 2/3 высоты балки. По данным СТО 22-05-04 [3] общий циклический ресурс ПБ составляют:

- циклический ресурс, соответствующий развитию исходного трещиноподобного дефекта до размера визуально обнаруживаемых УТ (для кранов групп режимов работы 4К...6К) – ориентировочно от 12 до 20 лет;
- циклический ресурс на стадии роста УТ может быть сопоставим с ресурсом до появления визуально обнаруживаемых трещин.

Массовая выработка ресурса ПБ по критерию образования видимых УТ и значительные финансовые издержки, связанные с заменой ПК, обуславливают экономическую целесообразность разработки корректирующих мероприятий, обеспечивающих их безопасную эксплуатацию на стадии роста усталостных трещин. В соответствии с СТО 22-05-04 [3], основой для разработки организационно-технических мероприятий являются специальные экспертные работы по определению индивидуального ресурса подкрановых балок на стадии роста усталостных трещин. Обязательными условиями возможности допущения дальнейшей эксплуатации ПК на стадии роста УТ являются:

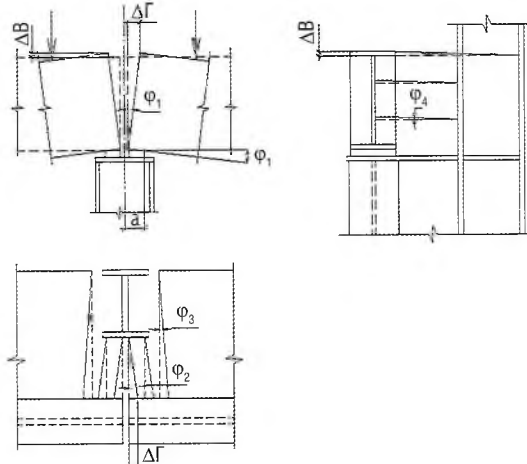
Рис. 2. Опорный узел: 1 – подкрановая балка; 2 – колонна; 3 – диафрагма; 4 – уголок стыка; 5 – упорная планка; 6 – опорное ребро жесткости



Основные повреждения:

- T1 – вертикальная трещина стенки подкрановой балки длиной от 100 до 800 мм;
- T2 – трещины в стенке у верхнего пояса длиной до 200 мм;
- T3 – трещина по обушку уголка длиной до 300 мм;
- T4-T6 – трещины по сварным швам крепления тормозной конструкции.

Рис. 3. Схема перемещений опорного узла: $\phi 1$ – угол поворота опорного сечения; $\phi 2$ – угол поворота элементов крепления верхнего пояса; $\phi 3$ – угол поворота тормозной конструкции; $\phi 4$ – угол поворота вертикальной диафрагмы; $\Delta \Gamma$ – перемещение угла балки в горизонтальном направлении; ΔB – перемещение угла балки в вертикальном направлении



- наличие технического заключения, разработанного экспертной организацией, проводившей комплекс работ по оценке технического состояния ПК с определением индивидуального ресурса, в котором отражается принципиальная возможность эксплуатации ПБ на стадии роста УТ;
- проведение Заказчиком специальных технических мероприятий по ремон-

ту, усилению и улучшению условий работы ПК, обеспечивающих безопасную эксплуатацию ПК на стадии роста УТ;

- наличие разработанной «Инструкции по эксплуатации подкрановых конструкций с усталостными трещинами», в соответствии с которой устанавливаются два вида контроля роста УТ при проведении текущего осмотра со стороны службы производственного контроля Заказчика и кон-



Фото 1. Общий вид



Фото 2



Фото 3



Фото 4



трольного осмотра со стороны экспертной организации.

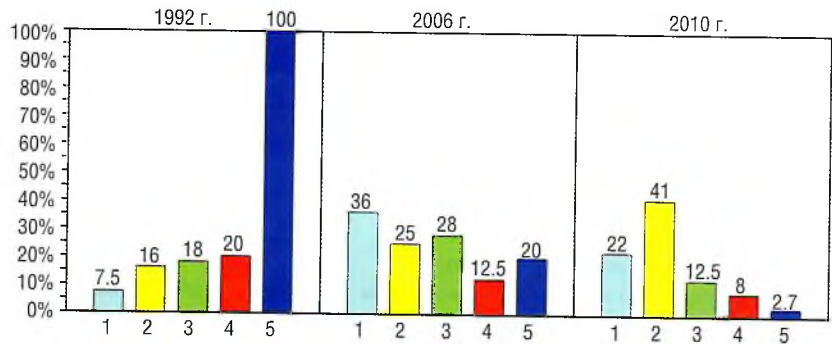
По данным многочисленных исследований, для большинства поврежденных свойственно накапливаться во времени, и при эксплуатации более 50 лет повреждения носят более массовый характер. Учитывая, что ПК изготовлены из так называемой «кипящей стали» и выработали двукратный нормативный срок эксплуатации, целесообразно произвести замену ПБ. Конструктивное решение узла крепления на опоре необходимо выполнить с учетом соответствия особенностей действительной работы ПК, выявленных в процессе эксплуатации экспериментальными исследованиями [4], принятой расчетной схеме при проектировании.

Литература

1. ЭРД 22-02-99. Руководство по оценке технического состояния стальных подкрановых конструкций. – М.: ЗАО ЦНИИПСК им. Мельникова, 2000.

2. РД 10-138-99 «Комплексное обследо-

Рис. 4. Гистограммы дефектов и повреждений подкрановых конструкций: 1– ослабление болтового крепления балок на опоре; 2 – расстройство крепления диафрагм и стыкового скрепления балок; 3 – расстройство узла крепления верхнего пояса подкрановых балок и тормозных балок к колонне; 4 – усталостные трещины стенки подкрановой балки на опоре; 5 – трещины по сварным швам крепления настила тормозной площадки к верхнему поясу подкрановой балки



вание крановых путей грузоподъемных машин. Ч. 1. Общие положения. Методические указания».

3. СТО 22-05-04. Руководство по определению индивидуального ресурса стальных подкрановых балок с усталостными трещинами в стенках для допуска

их временной эксплуатации. Ч. 1. Основные положения – М.: ЗАО ЦНИИПСК им. Мельникова, 2004.

4. Кикин А.И., Васильев А.А., и др. Повышение долговечности металлических конструкций производственных зданий. – М.: Стройиздат, 1984. – 304 с.