

## УСТАЛОСТНЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ СВАРНЫХ КРАНОВЫХ МОСТОВ

О. А. ЕМЕЛЬЯНОВ, канд. техн. наук, В. П. ШЕПОТЬКО, Ю. В. ПИХОТА, С. В. ЛУБЕНЕЦ, инженеры  
(Донбас. гос. машиностроит. акад., г. Краматорск),  
А. Г. БУРЕНКО, канд. техн. наук (АО «Новокраматор. машиностроит. з-д»)

Представлены результаты анализа усталостных повреждений сварных крановых мостов на 1500 кранах за последние 25 лет. Отмечена необходимость в пересмотре подходов к методам и принципам проектирования, изготовления и расчета сварных конструкций крановых мостов.

*Ключевые слова:* сварные конструкции, сварные мосты кранов, концентрация напряжений, переменные напряжения, вибрация, циклическая долговечность

С начала использования в краностроении сварочные технологии постоянно совершенствовались с целью повышения прочности и циклической долговечности сварных соединений.

Однако, как показали результаты диагностики, эти работы, выполненные в течение 50 лет, не всегда способствовали существенному увеличению долговечности сварных крановых мостов.

Сварные соединения на крановых мостах в процессе эксплуатации имеют значительно меньшее и весьма нестабильное сопротивление усталости, чем определенное в лабораторных условиях при испытании натуральных образцов для тех же режимов нагружения.

Усталостные трещины обычно обнаруживаются на всех участках сварных мостов, особенно там, где имеются приваренные к балкам различные конструктивные элементы или выполнены технологические вырезы в элементах для пропуска сварных швов (рис. 1–4).

В клепаных крановых мостах трещины могут появиться после длительного срока эксплуатации. Например, на АО «Новокраматорский машино-

строительный завод» до сих пор работают 150 кранов фирмы «Шкода» с клепаными мостами 1933–1935 гг. изготовления, на которых в процессе эксплуатации заменяли ходовые колеса, подшипниковые узлы, зубчатые передачи в редукторах приводов и различные узлы электрооборудования, но не было повреждений металлоконструкций мостов.

Краностроители на основании опыта эксплуатации клепаных и сварных мостов утверждают, что причинами зафиксированного снижения циклической долговечности сварных мостов могут быть только теплофизические и химико-металлургические воздействия на сварные изделия, в результате которых образуются местные различия химического состава, структуры и геометрической формы, приводящие к ухудшению механических свойств и увеличению концентрации напряжений, а также остаточных напряжений и пластических дефор-

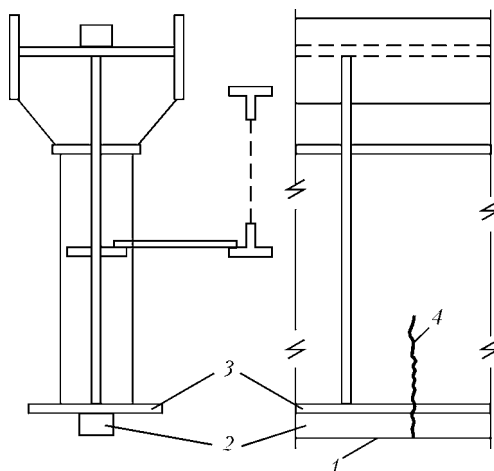


Рис. 1. Конструктивный концентратор напряжений, образованный незаваренным стыком брусьев (рельсов): 1 — узкий зазор между торцами брусьев 2; 3 — пояс балки; 4 — трещина в поясе

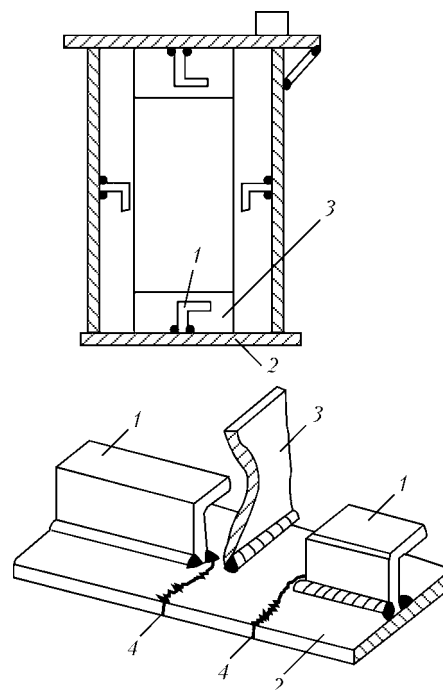


Рис. 2. Конструктивный концентратор напряжений, образованный приваркой продольного ребра 1 и элементов к нижнему поясу 2 диафрагмой 3 с относительно малым зазором между ними; 4 — трещины

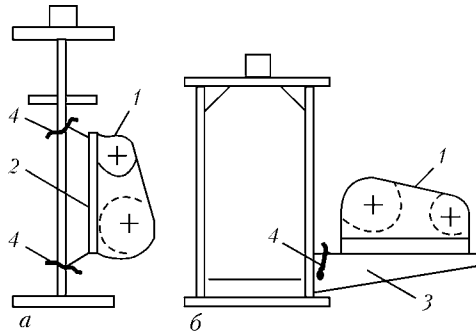


Рис. 3. Конструктивный концентратор напряжений, образованный прикреплением рамы (а) или кронштейна (б) к листу стенки главной балки: 1 – редуктор; 2 – рама; 3 – кронштейн; 4 – трещины

маций в околошовной зоне. Поэтому проблема увеличения долговечности конструкций должна решаться специалистами-сварщиками.

Усталостные повреждения сварных крановых мостов, кроме коррозионных, достигают 100 % их преждевременных отказов и являются основным фактором, определяющим долговечность этих конструкций [1, 2].

Лаборатория технической диагностики Донбасской государственной машиностроительной академии (ДГМА) с 1978 г. проводит исследования по созданию рациональных сварных конструкций грузоподъемных сооружений. За прошедшие 25 лет диагностировано 1500 мостовых кранов. Установлено, что до 60 % обследованных машин имеют усталостные повреждения, образующиеся, как правило, в местах, где расчеты, выполненные по общепринятым методикам, и тензометрирование в условиях эксплуатации показывают низкий уровень напряжений от нагрузок, вызываемых подъемом-опусканием грузов и перемещением их тележкой по главным балкам, т. е. там, где их появление не прогнозировалось.

Причем повреждения растянутого наиболее нагруженного нижнего пояса главных балок обнаружены только в шести случаях и вызваны нерациональной конструкцией сварных узлов и расчленением листа поясов (рис. 1–3).

Причины повреждения мостов, согласно результатам анализа, заключались в наличии концентрации напряжений некоторых сварных соединений,

дефектов швов и в снижении пластичности стали, вызванном деформационным старением [1].

Исследования показали, что большинство сварных узлов на крановых мостах, где образовались усталостные трещины, подвержены действию циклических нагрузок от подъема-опускания груза и перемещения тележки с грузом, однако этих нагружений до момента образования трещины было немного, и они не могли привести к разрушению.

Аналогичная ситуация наблюдается при эксплуатации пролетных строений железнодорожных мостов [3]. Чтобы выяснить причины усталостных повреждений сварных крановых мостов, необходимо объективно учитывать правомочность допущения, согласно которому циклическая долговечность крановых мостов может определяться только нагрузками, возникающими в процессе подъема-опускания груза и его перемещения тележкой по главным балкам мостов, т. е. нагрузками только от изменения уровня и места приложения сил массы груза и тележки.

В процессе проектирования крана следует принимать во внимание таких два критерия:

значение нормируемого прогиба главных балок на середине пролета (жесткость балок) при действии нагрузок от собственной массы и массы тележки с грузом;

допустимый уровень напряжений в балке.

Многочисленные расчеты на прочность подтверждают, что напряжения от переменной нагрузки на главных балках кранов общего назначения с грузоподъемностью от 5 до 50 т и пролетом от 10,5 до 34,5 м имеют асимметричный цикл с коэффициентом асимметрии  $r = \sigma_{\min} / \sigma_{\max} = 0,2 \dots 0,4$ . Обеспечение нормативной жесткости главных балок моста  $[f] = L/k$ , где  $f$  – допускаемый прогиб балки;  $L$  – пролет крана;  $k = 600 \dots 700$  – коэффициент, зависящий от режима работы крана вызовет уменьшение значений нормальных напряжений в нижнем растянутом поясе балки до значений  $\sigma = 110 \dots 120$  МПа. Предел выносливости  $R_{0,25}$  при нагружении асимметричным циклом с коэффициентом асимметрии  $r = 0,25$  на базе испытаний  $N = 2 \cdot 10^6$  цикл равен 126 МПа [4] при условии, что сварное соединение стыковое, пересекаемое продольным швом. Такое соединение аналогично

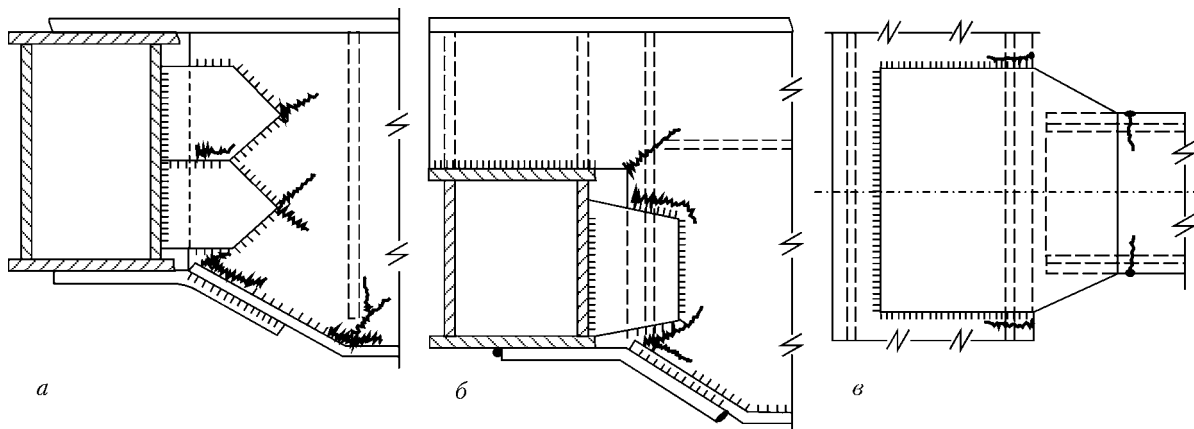


Рис. 4. Конструктивные концентраторы напряжений разных типов (а–в), образованные приваркой различных элементов и технологических вырезов; волнистыми линиями обозначены трещины

стыковому шву пояса, пересекаемому швом, прикрепляющим лист стенки к поясу, т. е.  $\sigma_{\max} < R_{0,25}$ , где  $R_{0,25} = 126$  МПа — расчетное сопротивление усталости низкоуглеродистой стали.

Если допустить, что кран работает непрерывно круглый год и каждый цикл его равен 10 мин, то в течение года он выполнит  $T = 360 \cdot 24 \cdot 60 / 10 = 51840$  цикл и до появления первой трещины должен работать  $A = N/L = 2 \cdot 10^6 / 51840 = 39$  лет.

На практике подтверждается высокая циклическая долговечность наиболее нагруженных в среднем поперечном сечении главных балок мостовых кранов при подъеме-опускании и перемещении грузов тележкой, т. е. при действии основных напряжений.

Тогда возникает вопрос, как объяснить массовые усталостные повреждения других слабонагруженных мест конструкции?

В статье [3] высказано мнение о том, что в сварных конструкциях различного назначения, отвечающих требованиям ныне действующих норм проектирования и изготовления, усталостные трещины могут появиться даже на ранней стадии работы. Следовательно, имеются дополнительные, негативные факторы, снижающие сопротивление усталости сварных конструкций, которые не учитываются ныне действующими методиками и нормами проектирования.

К таким факторам прежде всего следует отнести нагрузки, вызывающие вторичные напряжения [1, 3], вибрацию конструкций и их отдельных элементов. В последние годы получены новые доказательства важности учета вибраций при проектировании сварных конструкций крановых мостов. Поэтому требуется коренной пересмотр подходов к методике и принципам проектирования, изготовления и расчетов сварных конструкций крановых мостов в части обеспечения их сопротивления усталости.

Целесообразность скорейшего решения этих проблем подтверждается результатами исследований, полученных ДГМА и другими научными организациями. Некоторые новые положения, установленные в ДГМА [1], приведены ниже:

место зарождения и конфигурация основной массы усталостных трещин свидетельствуют о том, что они образуются от действия нагрузок, вызываемых главным образом силовым взаимодействием колес крана с рельсами при его движении вдоль путей;

повреждения сварных мостов, как правило, происходят при интенсивном износе колесных реборд, вызываемом действием поперечных сил в контакте колесо-рельс при движении кранов, имеющих монтажный перекося ходовых колес в горизонтальной плоскости, т. е. когда силовое взаимодействие в контактах колесо-рельс инициирует высокочастотные нагрузки [1, 5];

поперечные нагрузки являются суммой двух (или нескольких) переменных сил, действующих на колеса крана как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях, и получаются наложением на

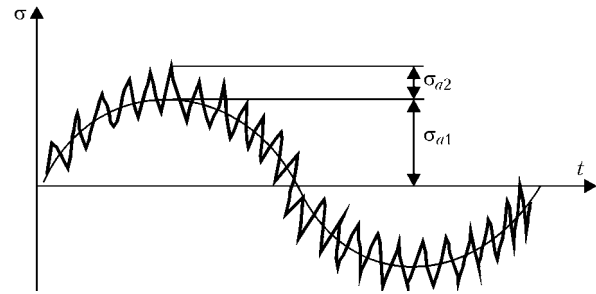


Рис. 5. Схема формы цикла при двухчастотном нагружении ( $\sigma_{a1}$ ,  $\sigma_{a2}$  — амплитуды соответственно низко- и высокочастотных составляющих нагружений)

переменную составляющую (рис. 5) с низкой частотой и большой амплитудой высокочастотных составляющих с меньшими амплитудами [6, 7];

низкочастотная составляющая возбуждается при движении крана по рельсам, установленным с отклонениями по высоте. Уровни амплитуд низкочастотных составляющих прямо пропорциональны крутильной жесткости моста и разности отклонений рельсов по высоте в одном поперечном сечении пролета. Высокочастотные составляющие, действующие в горизонтальной плоскости, возбуждаются при качении колес, имеющих монтажный перекося в горизонтальной плоскости [6], а в вертикальной — при выполюзании вверх и последующем срыве вниз колесных реборд по боковой грани рельсов [1];

причиной появления вибрации могут быть неудовлетворительные центровка и балансировка вращающихся деталей приводов, а также контакт зубьев колесных пар в редукторах;

циклическая долговечность сварного моста при действии двухчастотной (или поличастотной) нагрузки, получаемой наложением на переменную составляющую с низкой частотой и большой амплитудой высокочастотных составляющих с меньшими амплитудами, может существенно снизиться, если место источника вибрации (контакты колесо-рельс, редуктор), расположенного близко к сварному шву, подвержено действию низкочастотной составляющей (буксовые узлы концевых балок, места примыкания главных балок к концевым, монтажные швы концевых балок). Более подробно образование двухчастотных нагрузок на мостовых кранах изложено в работе [1].

Существует мнение, что образование трещин в описанных выше случаях может быть вызвано вторичными напряжениями, которые не учитываются в общепринятых методиках расчета конструкций на прочность [8]. Эти напряжения часто образуются в результате совместных деформаций элементов, входящих в сварной узел или конструкцию и имеющих различную жесткость. Как следует из статьи [3], сами по себе вторичные напряжения не могут привести к снижению циклической долговечности, но это снижение вполне объяснимо, если принять во внимание, что на вторичные низкочастотные накладываются более высокочастотные напряжения от вибрации элементов (рис. 6). Это суммарное воздействие двухчастотных (или поличастотных) нагружений необходимо

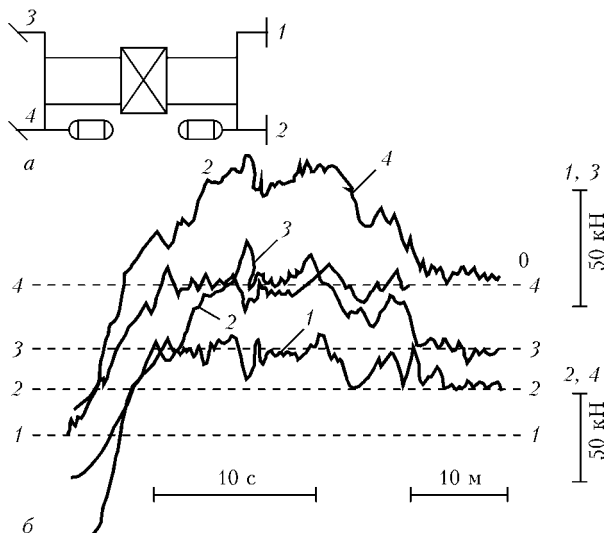


Рис. 6. Форма цикла поличастотного нагружения ходовых колес мостового крана: *a* — схема перекоса колес; *б* — осциллограмма нагружений колес; 1–4 — номера колес

принять в целом как «единый вид внешнего воздействия».

Исследования причин усталостных повреждений атомных реакторов и корпусов подводных лодок также показали, что двух- и поличастотные (в общем случае) нагружения [8] существенно снижают циклическую долговечность материалов и соединений.

Методы повышения сопротивления усталости сварных соединений и конструкций кранов можно разделить на три принципиально отличные группы: повышение сопротивления усталости местной обработкой сварных швов, рациональное конструктивное оформление сварных узлов и рациональное схемно-конструктивное решение крановых мостов в целом.

**Первая группа методов.** Подробно рассмотрена в работах [3, 6] и широко применяется в настоящее время для повышения сопротивления усталости сварных соединений. Основана на уменьшении концентрации напряжений в местах перехода металла шва к основному металлу, где чаще всего зарождаются усталостные трещины, либо на искусственном наведении остаточных напряжений сжатия в поверхностных слоях металла шва и околошовной зоны.

**Вторая группа методов.** Детально рассмотрена в работах [1, 9, 10]. Основа методов — рациональное конструктивное оформление сварных узлов, входящих в мост крана. Позволяет обеспечить равномерную передачу силового потока в элементах конструкции моста, входящих в узел, т.е. устранить концентрацию напряжений конструктивным путем в пределах сварного узла и примыкающих к нему элементах, уменьшить влияние остаточных напряжений на сопротивление усталости сварных швов и узла в целом, устранить деформационное старение стали в сварных соединениях. Рациональность и достаточность применения их в конструкции при создании машин зависит от квалификации проектировщика, т.е. инженера-специ-

алиста по подъемно-транспортной технике, который должен иметь соответствующую подготовку.

**Третья группа** включает методы устранения факторов [1, 9], вызывающих усталостные повреждения сварного моста при его движении вдоль пролета, которые основаны на совершенствовании схемно-компоновочного решения моста и крана в целом с целью устранить или существенно уменьшить размах сил реакций в контактах колесо-рельс, т.е. устранить изменение усилий и напряжений в конструкции моста при движении крана по путям, имеющим отклонения от проектных размеров, а также возможность появления вибрации.

Выполненные в ДГМА исследования показали, что главный фактор, позволяющий предотвратить появление переменных усилий (и напряжений) в процессе движения крана, — это ходовые качества кранов.

При движении крана вдоль путей массовые нагрузки на мост по уровню и месту приложения не изменяются. Переменность нагружения получается за счет размаха вертикальных опорных реакций, вызываемого в основном перемещением крана по путям, имеющим неровность по высоте, и изменения горизонтальных опорных реакций при качении колес, установленных с перекосом [1, 9]. Следовательно, нагруженность моста можно снизить путем выравнивания вертикальных и уменьшения горизонтальных опорных реакций. Все методы, позволяющие решить эту проблему, целесообразно назвать «повышением ходовых качеств кранов».

Под ходовыми качествами крана (грузовой тележки) понимается его способность выполнять подъемно-транспортные операции, передвигаясь вдоль путей без контакта реборд с боковыми гранями рельсов и пробуксовки приводных колес, иметь равные вертикальные нагрузки на колеса в пределах каждой концевой балки моста, минимальные боковые силы в контактах колесо-рельс и минимальные нагрузки от узлов привода передвижения крана на металлоконструкцию моста.

Ходовые качества крана определяются вписываемостью его конструкции в пути подкрановой эстакады, способностью сохранить устойчивое прямолинейное движение без контакта реборд, не создавать (и не воспринимать) боковых горизонтальных сил на колеса, мост и подкрановый путь в процессе работы и движения.

Под вписываемостью крана в пути понимается его способность свободно передвигаться вдоль рельсов эстакады, установленных с отклонениями от номинальных проектных размеров в горизонтальной и вертикальной плоскостях, без контакта реборд с рельсами и перераспределения вертикальных нагрузок на колеса.

Анализ повреждений сварных крановых мостов показал следующие причины, не зависящие от сварки, но влияющие на ходовые качества и нагруженность при движении крана:

рациональность схемно-компоновочного решения моста в целом, конструктивного оформления сварных узлов моста, конструкции приводов передвижения крана;

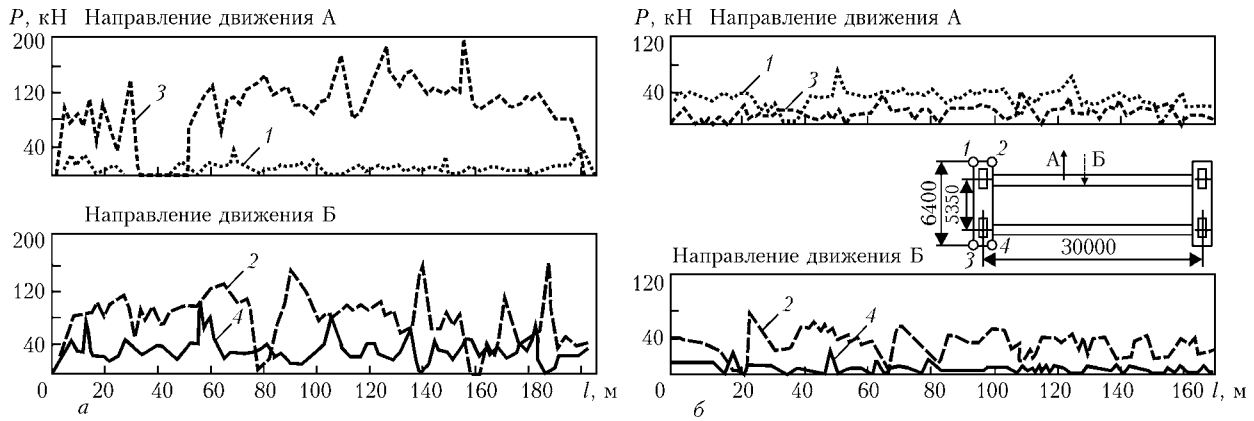


Рис. 7. Боковые нагрузки  $P$  на удерживающие ролики мостового крана:  $a$  — колеса с перекосом;  $b$  — перекоз колес устранен;  $1-4$  — номера роликов;  $l$  — длина балки

жесткость деформации моста (деформация — деформация из плоскости рамы);

точность установки подкрановых путей, сборки моста крана и установки ходовых колес крана (тележки) в горизонтальной плоскости;

силы трения в контактах ходовое колесо—рельс, т. е. неголономность и нестационарность связей в кинематических парах колесо—рельс вследствие влияния упругого скольжения на их силовое взаимодействие;

вторичные напряжения;

силы упругости отдельных узлов и моста в целом, влияющие на возбуждение вибрации в кране, ее частоту и амплитуду;

качество наладки электрических схем приводов.

Перечисленные факторы при движении кранов способствуют появлению низкочастотной составляющей с большой амплитудой и вибрационных нагрузок, а в итоге, — к усталостным повреждениям в слабонагруженных местах. Их устранение существенно повышает циклическую долговечность моста, что свидетельствует о сравнительно слабом влиянии последствий сварки на сопротивление ус-

талости. В этой ситуации усталостная прочность определяется сугубо конструктивными недостатками, успешное устранение которых — прерогатива и широкое поле для деятельности специалистов по подъемно-транспортной технике.

Выше упоминались три метода повышения усталостной прочности сварных конструкций. Первый — обработка сварных швов — повышает сопротивляемость усталости металла самого шва и околошовной зоны. Второй — конструктивный — повышает выносливость сварного узла более благоприятной передачей силового потока в его поперечных сечениях.

Оба этих метода являются пассивными, поскольку не влияют на общую нагруженность крана и подкрановой эстакады, а также на непроизводительные потери энергии, потребляемой на передвижение крана.

Третий — тоже конструктивный — снижает нагруженность моста и подкрановой эстакады при движении крана (рис. 7), а также непроизводительные потери энергии, снижает или устраняет размах ам-

**Конструктивные формы главных балок**

Стержневые (ферменные)	Листовые коробчатые	Листовые двутавровые
<p>Главная 1 и вспомогательная 2 фермы, соединенные горизонтальными верхней 3 и нижней 4 фермами</p> <p>Две главные фермы 1 и 2, соединенные горизонтальными верхней 3 и нижней 4 фермами</p>	<p>С двумя сплошными стенками, с тормозной площадкой 1 или без нее</p> <p>С одной облегченной вырезами стенкой 1</p>	<p>Двутавровая балка 1 и вспомогательная ферма 2, соединенные горизонтальными фермами 3 и 4</p> <p>Двутавровая балка 1 с развитым верхним поясом и перильной фермой 2</p>



плитуд усилий и напряжений в конструкции. Метод основан на улучшении ходовых качеств крана.

Рассмотрим нагруженность кранового моста в процессе работы.

Было показано, что обеспечение нормативной жесткости главных балок моста  $[f] = L/k$ ,  $k = 600...700$  за счет увеличения момента сопротивления изгибу вызовет уменьшение уровня нормальных напряжений в балке до значений  $\sigma_{\max} < R_y = 126...161$  МПа.

Таким образом, наибольшие напряжения не превысят предела выносливости, определенного на базе  $N = 2 \cdot 10^6$  цикл, при этом на мост действует только низкочастотная нагрузка с наибольшей амплитудой  $\sigma_{\max}$ . Опыт эксплуатации показывает, что работа механизмов подъема и передвижения тележки не возбуждает вибрации и не приводит к появлению двухчастотной нагрузки. Следовательно, нет причин для ускоренного появления усталостных повреждений от действия основных нагрузок, изгибающих главные балки.

Усталостные трещины могут образовываться только под действием вторичных напряжений, т. е. продавливания листа верхнего пояса рельсом, отрывов «петушков», прикрепляющих рельс к балке, отрывов тупиковых упоров тележки, трещин в местах приварки к стенкам балок кронштейнов рам для установки приводов и шкафов с электрооборудованием, в местах крепления главных балок к концевым и т. п.

Причины повреждений главных балок подробно описаны в монографиях [1, 9]. В ряде случаев трещины в элементах главных балок (от воздействия вторичных напряжений) начинают ускоренно развиваться под влиянием основных напряжений от изгиба главных балок.

Очевидно, что в этих случаях предупредить усталостные повреждения главных балок нагрузками при перемещении грузов лебедкой подъема и тележкой можно устранив факторы, вызывающие появление вторичных напряжений.

При движении крана вдоль пролета при постоянных уровне и месте приложения сил массы груза и тележки низкочастотные составляющие могут образовываться только от изменения опорных реакций крана при движении его по путям, имеющим перепады по высоте.

Размах значений вертикальных опорных реакций может быть в пределах  $0 \leq P_v \leq \alpha 2P_v$  ( $P_v$  — наибольшая вертикальная нагрузка на колесо при положении тележки на середине пролета,  $\alpha$  — коэффициент, учитывающий увеличение этой нагрузки в случае приближения тележки к концевой балке, перепад значений  $P_v$  в пределах одной концевой балки) и зависит от крутильной жесткости рамы моста. В таблице показаны поперечные сечения основных типов главных балок, которые существенно отличаются по жесткости на кручение.

Мосты с низкой жесткостью деформации или шарнирными сочленениями («податливые») имеют более стабильное значение опорных реакций, на которое не влияет деформативность конструкции в процессе движения, поэтому нет причин для

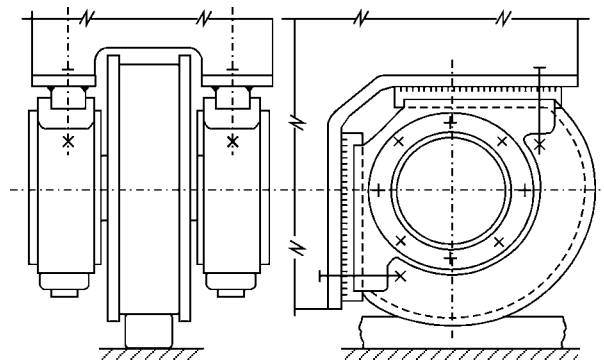


Рис. 8. Концевая балка с выкатными колесами

образования низкочастотной нагрузки, а следовательно, и двухчастотных нагрузок.

Выше упоминались три способа, обеспечивающих устранение усталостных повреждений сварных крановых мостов, из которых наиболее экономически выгодным и перспективным является третий. Главное его достоинство заключается в том, что он позволяет устранять переменность нагрузки моста от изменения уровня вертикальных реакций при движении крана по путям, имеющим отклонения по высоте, или выползание колесных реборд по боковым граням рельсов и изменения горизонтальных опорных реакций при качении колес, установленных с перекосом [6].

Весьма нежелательно для конструкции действие двухчастотного нагружения, которое существенно снижает предел выносливости. Требуемой долговечности можно достичь, устранив низкочастотную составляющую либо вибрации, либо то и другое вместе путем улучшения ходовых качеств крана.

После 1945 г., когда началось массовое изготовление крановых мостов в сварном варианте, частые их повреждения показали, что простое копирование формы клепаных узлов и конструкций для сопряжения в них деталей с применением сварки недопустимо.

Популярные ранее стержневые конструкции мостов стали заменять сплошнотелчатыми с замкнутым поперечным сечением коробчатых балок, чему способствовало широкое внедрение высокопроизводительной автоматической сварки под флюсом. В середине 1950-х гг. с целью применения подшипников качения была повсеместно внедрена типовая конструкция буксовых узлов ходовых колес, которая существенно ухудшила точность установки колес и прочность несущих конструкций в местах крепления букс (рис. 8). Ослабление опорных узлов и увеличение перекоса колес в горизонтальной плоскости способствовали различным массовым повреждениям конструкций мостов, интенсивному износу реборд ходовых колес и появлению вибрации, которая генерируется в контактах колесо-рельс, если колесо установлено с перекосом в горизонтальной плоскости.

Листовая коробчатая конструкция, выполненная в виде плоской рамы [1] и составленная из балок с замкнутым профилем поперечного сечения, имеет очень высокую жесткость деформации, которая дополнительно усугубляется жесткостью самих соединений элементов, выполненных сваркой.

Такая конструкция способствует свободному распространению бегущей волны высокочастотных колебаний (вибраций) от места их образования (контакты колесо-рельс) до различных участков моста (буксовые узлы и монтажные стыки концевых балок, места перегиба поясных листов концевых балок и прикрепления главных балок к концевым), в которых кинетическая энергия бегущей волны поглощается в концентраторах напряжений этих узлов, способствуя постепенному накоплению усталостных повреждений и образованию трещин.

Аналогично эти колебания передаются в верхнюю часть подкрановых балок, вызывая ускоренные повреждения сварных соединений, прикрепляющих лист пояса и вертикальные ребра к стенке.

## Выводы

1. Установлено, что до 60 % мостовых кранов имеют усталостные повреждения пролетного строения, которые образуются, как правило, в местах, где согласно расчетам, выполненным по общепринятым методикам, низкий уровень напряжений от нагрузок, вызываемых подъемом-опусканием грузов и перемещением их тележкой по главным балкам, что объясняется действием двухчастотной нагрузки.

2. Установлена необходимость в коренном пересмотре подходов к методике и принципам проектирования, изготовления и расчетов сварных конструкций крановых мостов в части обеспечения их сопротивления усталости.

3. Определено, что усталостные трещины образуются под действием нагрузок, возникающих при движении мостовых кранов по пролету в результате возникновения вторичных напряжений,

которые не учитываются в общепринятых методиках расчета на прочность.

4. Наиболее целесообразно повышать долговечность сварных крановых мостов путем улучшения ходовых качеств, т. е. стабилизации уровня нагрузки как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях, что будет способствовать повышению циклической долговечности конструкции моста.

1. Емельянов О. А. Мосты сварные крановые. Конструкция, нагруженность, диагностика, обеспечение ресурса. — Краматорск: Донбас. гос. машиностроит. акад., 2002. — 334 с.
2. Задирака В. Ф., Емельянов О. А. О повышении несущей способности и долговечности сварных конструкций мостовых кранов // Автомат. сварка. — 1983. — № 10. — С. 52–58.
3. Труфьяков В. И. Повышение сопротивления усталости сварных соединений и конструкций // Там же. — 1998. — № 11. — С. 11–19.
4. Методические указания. Надежность в технике. Вероятностный метод расчета на усталость сварных конструкций. РД 50-694-90.
5. Образование и кинетика поперечных двухчастотных нагрузок, действующих на сварной мост крана / О. А. Емельянов, В. П. Шепотыко, С. В. Лубенец, Ю. В. Пихота // Техн. диагностика и неразрушающий контроль. — 2001. — № 1. — С. 13–18.
6. Прочность сварных соединений при переменных нагрузках / В. И. Труфьяков, В. И. Дворецкий, П. П. Михеев и др. — Киев: Наук. думка, 1990. — 254 с.
7. Ковальчук В. С. Определение циклической долговечности металлов при двухчастотном малоцикловом нагружении // Автомат. сварка. — 1998. — № 9. — С. 12–14.
8. Фишер Дж., Мерц Д. Трещинообразование в стальных мостах // Граждан. стр-во. — 1985. — № 2. — С. 9–13.
9. Емельянов О. А. Мостовые краны // Сварные конструкции (справочник). — Киев: Наук. думка, 1997. — Т. 2. — С. 619–673.
10. Емельянов О. А., Жемчужников Г. В., Котенко Э. В. Ремонт металлоконструкций электросваркой. — Донецк: Донбас, 1976. — 78 с.

Results of analysis of fatigue damages in welded gantries at 1500 cranes, covering a period of the last 25 years, are presented. The need to revise approaches to methods and principles of design, fabrication and calculation of welded gantry structures is noted.

Поступила в редакцию 13.02.2004

## Новости НКМЗ

### Новокраматорский машиностроительный завод обеспечивает ядерную безопасность Украины

Первая партия нетрадиционной для Новокраматорского машиностроительного завода продукции — облицовок контейнеров для захоронений отходов ядерного топлива — отгружена для Запорожской атомной электростанции. Таким образом завод практически включился в решение серьезной общегосударственной проблемы, связанной с обеспечением ядерной безопасности. Выпуск новой продукции продиктован вводом в эксплуатацию на Запорожской АЭС сухого хранилища отработанного ядерного топлива.

Выходу Новокраматорского машиностроительного завода на рынок атомщиков предшествовала большая и кропотливая работа. Проведено обучение руководящих и инженерно-технических работников, аттестованы соответствующие лаборатории. Киевской комиссией Госцентра качества проведен аудит предприятия, получен положительный отзыв о возможностях производства оборудования, связанного с ядерной радиационной безопасностью. Новокраматорский машиностроительный завод готов к выпуску оборудования резки и прессования твердых радиоактивных отходов для объекта «Укрытие», контейнеров для транспортировки отходов ядерного топлива.