

Проведенная модернизация имела целью, прежде всего, отработку технологичности конструкции и приведение ее в соответствие с условиями современного состояния производства (мелкосерийное и штучное производство). В конструкции было уменьшено количество разъемов, литые детали заменены сварными и пр.

Опытное производство АО «ВНИИПТМАШ» в настоящее время изготавливает, по заказам, модернизированные грейфера емкостью 0,3; 0,4; 0,5 и 0,63

Л.Л.Боголюбов, Э.Е.Лаздан

АО «ВНИИПТМАШ»

(095) 351.80.41

Усиление трубчатых стальных конструкций

Большинство освоенных в настоящее время отечественными предприятиями козловых кранов с решетчатыми стальными конструкциями рассчитано на ограниченную интенсивность эксплуатации, (группы режима 2К и 4К, реже — 5К). Однако, в сложившихся в настоящее время в отечественном народном хозяйстве условиях все чаще возникает потребность в кранах групп режима 6К и 7К, в том числе магнитных, грейферных и контейнерных. Реально такие краны могут быть изготовлены только в виде модификаций базовых моделей, с сохранением технологической оснастки и максимальным использованием сортамента элементов несущих конструкций. При этом в ряде случаев, несмотря на изменение группы режима, требуется сохранять грузоподъемность базовой модели.

При проектировании таких кранов зачастую значительные трудности возникают с обеспечением необходимого уровня сопротивления усталости стальной конструкции. Ниже излагается один из возможных конкретных примеров решения этой задачи.

В трехгранной решетчатой ферме моста крана группы режима 6К, часть которой приведена на рис. 1, верхний пояс испытывает наибольшую сжимающую нагрузку в 1000 кН, примыкающие к нему раскосы нагружены усилиями 400 кН (без учета коэффициентов перегрузки и динамического).

Материал труб — сталь 20. Уровень действующих напряжений при оценке несущей способности конструкции по критерию сопротивления материала одноразовым воздействиям — порядка 60 МПа для пояса и 110 МПа для раскосов — каких-либо опасений вызывать не может.

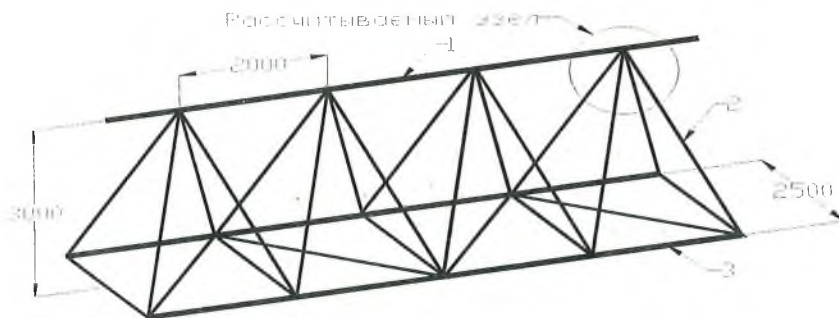


Рис. 1. Схема части фермы моста крана с размерами в мм, где: 1 — трубчатое сечение $\varnothing 325 \times 20$; 2 — трубчатое сечение $\varnothing 114 \times 12$; 3 — квадратное сечение из уголков L 200×200×16.

При проверке сопротивления усталости материала в узлах примыкания раскосов к поясу в трубчатых конструкциях определенные трудности возникают при отнесения соединения к той или иной группе концентрации.

В соответствии со СНиП II-23-81* [1] соединение следует отнести к 7 или 8 группам; однако, по существу, некоторые параметры соединения находятся вне границ, предусмотренных этим документом. Поэтому, была использована методика, изложенная в справочнике [2], и позволяющая в достаточно полной мере учесть конкретные особенности соединения — угол наклона раскосов, соотношение между толщинами стенок раскосов и пояса, расстояние между раскосами в свету. Установлено, что проверку пояса следует проводить, исходя из 6, а раскосов — 8 группы концентрации напряжений.

Близкие к этому результаты были получены и при использовании включенной в состав рекомендаций по расчету стальных конструкций "Eurocod 3" методики [3] и согласуются с данными, полученными в ИЭС им. Е.О. Патона [4].

Очевидно, что в данном случае несущая способность соединения определяется сопротивлением раскосов усталостным разрушениям.

В результате расчета по действующей нормативной методике [5], с учетом характера нагружения и для 8 группы концентрации выявлено, что уровень действующих напряжений примерно на 30% превосходит допустимый для данных условий.

Поскольку увеличить как генеральные размеры фермы, так и размеры сечений её элементов возможным не представилось, было принято решение об усилении узла установкой дополнительных косынок. В известных нормативных и литературных источниках данные о влиянии усилений такого рода на несущую способность соединений отсутствуют. Поэтому для оценки влияния усилений использована картина распределения напряжений в узле, полученная расчетом с использованием метода конечных элементов (МКЭ). Использован расчетный комплекс «Интегральная Система Прочностного Анализа» (ИСПА № 50900001169 в ЦИФ ГосФАП).

Следует иметь в виду, что полученные при расчете абсолютные значения напряжений не могут сами по себе определять сопротивление конструкции усталостному разрушению (без подтверждения данных расчета результатам испытаний). Однако, пригодность их для качественной оценки эффективности усиления, бесспорно.

На рис. 2 представлена расчетная модель фрагмента конструкции, которая была, подвергнута расчету. Данный фрагмент был закреплен по концам пролетной трубы, а нагрузка в виде растягивающих и сжимающих усилий прикладывалась вдоль труб раскосов. Влияние типа закрепления фрагмента ограничило за счет значительного, свыше 1000 мм, его удаления от стыка. Кроме того, на таком же удалении от стыка прикладывалась нагрузка, причем вдоль оси трубы раскоса.



Рис. 2. Расчетная модель узла фермы с внутренними и внешними косынками.

Все это позволило ограничить до минимума влияние концевых закреплений и точечное приложение нагрузки на распределение напряжений в узле, что видно из характера действующих напряжений. Элементная сетка модели образована треугольниками, вложенными в прямоугольники со стороны: для пролетной трубы 27×27 мм, с уменьшением в зоне стыка до 5×10 мм, а для труб раскосов 13×45 мм с аналогичным уменьшением шага. Так как предполагается, что соединение выполняется с фаской по контуру примыкания раскосов и с полной проваркой стыка, сварочные швы при расчете не учитывают.

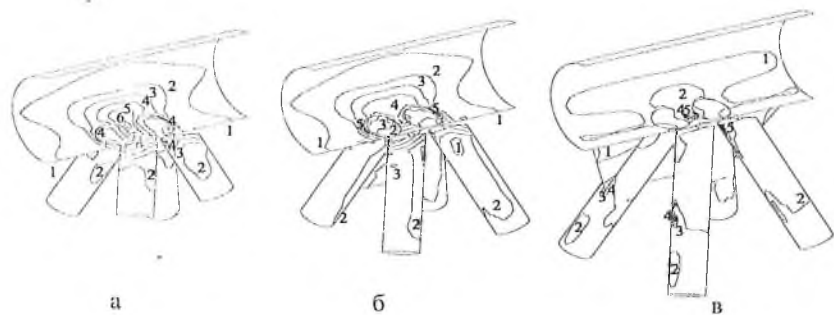


Рис. 3. Расчетная модель узла фермы с изолиниями напряжений, МПа: 1 — 50 МПа; 2 — 100 МПа; 3 — 150 МПа; 4 — 200 МПа; 5 — 250 МПа; 6 — 300 МПа. Максимальные значения напряжений в моделях: а — без косынок 327 МПа; б — с внутренними косынками 286 МПа; в — с внешними и внутренними косынками 262 МПа.

На рис. 3а иллюстрировано распределение напряжений в стыке раскоса и пояса при отсутствии усиления. Зона повышенных (свыше 300 МПа) напряжений распространяется на значительный участок стыка, площадью около 700 мм^2 , зона напряжений свыше 250 МПа распространена на площади около 4000 мм^2 . Комплекс "ИСПА" вычисляет значения эквивалентных напряжений в пластине с конечной толщиной, то есть учитываются напряжения сдвига.

Установка внутренних косынок (см. рис. 3б) обеспечивает непосредственную передачу от одного раскоса к другому части действующих вдоль них усилий, что заметно снижает как величину, так в особенности и зону действия максимальных напряжений. Однако, здесь нежелательные по характеру действия напряжения продолжают возникать у внешнего края раскоса; так напряжения превышающие 250 МПа занимают полосу около $5 \times 60 \text{ мм}$ во внешней зоне соединения труб. В этом случае уровень максимальных напряжений составит 87 % от первоначального варианта.

С установкой с внешней стороны дополнительной косынки (см. рис. 3в) выявлено резкое — в несколько десятков раз — уменьшение зоны максимальных напряжений до размеров, сопоставимых с размерами использованных при расчете конечных элементов. В сочетании с дальнейшим снижением уровня напряжений можно сделать вывод о существенном повышении несущей способности соединения.

Таким образом, можно считать, что предложенное усиление позволяет использовать данную конструкцию в условиях интенсивного нагружения. Аналогичные усиления могут быть применены в других решетчатых трубчатых конструкциях.

Следует, однако, иметь в виду что для вновь разрабатываемых конструкций, когда отсутствуют ограничения, присущие подвергающимся модернизации освоенных производством кранам, следует сопоставлять затраты, связанные с повышением трудоемкости изготовления усиленных косынками конструкций, со стоимостью материала элементов, сечений, увеличенных из условия сопротивления усталости.

Литература

1. Строительные нормы и правила. СНиП II-23-81* Стальные конструкции.
2. A. Neumann Schweißtechnische Handbuch für Konstrukteure Teil 2. VEB Verlag Technik, Berlin, 1988.
3. Wardenier J. Hollow section joints. Delft, 1982.
4. Гарф Э.Ф. Расчетные методы оценки прочности сварных узлов из цилиндрических труб при периодическом нагружении. Математические методы в сварке. С. 44 - 59, Киев, 1986.
5. Краны грузоподъемные промышленного назначения. Нормы и методы расчета элементов стальных конструкций. СТО 24.09-5821-01-93.

*Абрамович И.И., Егоров П.Н.
АО «ВНИИПТМАШ»*

ВЫСТАВКИ

В сентябре - ноябре 1999 года в Москве прошел ряд выставок: «Машиностроение-99» (21-26 сентября в Сокольниках); «Агро-продмаш-99» (4-8 октября в Экспоцентре); «Российские регионы-99» (10-14 ноября на ВВЦ); «Металл-экспо» (23-26 ноября на ВВЦ), на которых были представлены российские и из стран СНГ подъемно-транспортные машины (или информация о них).

На выставке «Машиностроение-99» была дана информация о номенклатуре ЗАО «Запорожский завод тяжелого краностроения» (бывший Запорожский энергомеханический завод):

- краны козловые г/п от 5 до 1000 т и полукозловые в т.ч. специальные монтажные, грейферные (г/п 10 и 16 т, в т.ч. с грейфером «полип»), для гидросооружений (до 1000 т) и для судостроения (например г/п 100/10+100/10 пролетом до 80 м), а также контейнерные перегружатели в т.ч. с поворотной тележкой (для железнодорожных, автомобильных и портовых терминалов г/п до 40 т для работы как с 20 футовыми, так и с 40-футовыми контейнерами) и мостовые грейферные перегружатели (г/п 32 т, пролетом 76 м);

- краны мостовые г/п от 5 до 125 т двухбалочные и однобалочные в т.ч. специальные магнитные (г/п 5+5, 8+8, 10, 16, 20, 40, 10+10 т с поворотной тележкой), магнитно-грейферные (г/п 5, 10+10, 16+16, 20/5 т), грейферные (г/п 10 и 16 т).

Однобалочные мостовые краны с консольной тележкой пролетом до 52 м предназначены (в основном) для машинных залов электростанций и изготавливаются с повышенной монтажной готовностью (электрооборудование монтируется внутри главной балки на заводе).