

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ УЗЛОВ КРАНОВЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

А.В. Вершинский, д-р техн. наук,
профессор

А.А. Понитаев, канд. техн. наук

А.Н. Шубин, канд. техн. наук

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Одним из наиболее ответственных узлов, которые определяют стоимость, массу и надежность крана, является его металлоконструкция (МК). Проектирование современных крановых МК, отвечающих всем требованиям безопасной эксплуатации, связано с повышением их технологичности и несущей способности.

Учет напряженно-деформированного состояния (НДС) узлов и соединений сварных конструкций позволяет объективно оценивать влияние остаточных напряжений и деформаций на несущую способность, обоснованно применять методы их регулирования и устранения, разрабатывать конструктивно-технологические мероприятия, направленные на формирование в МК более благоприятных полей остаточных напряжений и деформаций.

В МГТУ им. Н.Э. Баумана на кафедре «Подъемно-транспортные системы» разработана методика численного решения упругопластической задачи по определению НДС узла на основе метода конечных элементов.

Для исследования влияния технологии изготовления на процесс формирования полей остаточных сварочных напряжений и деформаций пространственных узлов крановых ферменных металлоконструкций, а также изучения механиз-

ма восприятия ими после этого эксплуатационных нагрузок, были произведены моделирование и анализ этих процессов на типовых узлах МК ряда стреловых кранов.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Уровень напряжений в начальный период эксплуатации в зонах, близких к сварным швам, высок и достигает предела текучести материала конструкции.

2. После приложения и снятия эксплуатационных нагрузок в крановом узле происходит перераспределение напряжений с уменьшением размера (но не полной ликвидацией) зон с высокой интенсивностью остаточных напряжений порядка предела текучести материала наряду с сохранением общего уровня напряжений в узле. Это не должно быть оставлено без внимания, так как при воздействии на металлоконструкцию еще какого-нибудь неблагоприятного фактора (низкой температуры эксплуатации, повышенной динамической нагрузки, случайной перегрузки и т. п.) может привести к аварии при эксп-

луатации крана.

3. Чем выше уровень эксплуатационной нагрузки, тем сильнее ее влияние на перераспределение напряжений. После снятия эксплуатационной нагрузки для данной топологии сварного узла наблюдается некоторое уменьшение величины зон, где интенсивность напряжений достигает предела текучести.

4. После снятия эксплуатационной нагрузки в узле остаются вторичные деформации. Более высокий уровень эксплуатационной нагрузки формирует в узле более высокий уровень вторичных деформаций после снятия этой нагрузки.

Исследования показали, что под действием остаточных напряжений и деформаций происходит искривление стержней, которые формируют сварные узлы.

В качестве примера рассмотрен типовой узел сварной крановой металлоконструкции, конечно-элементная модель которого изображена на рис. 1. Поясные стержни, формирующие сварной узел выполнены из уголков № 5 с толщиной

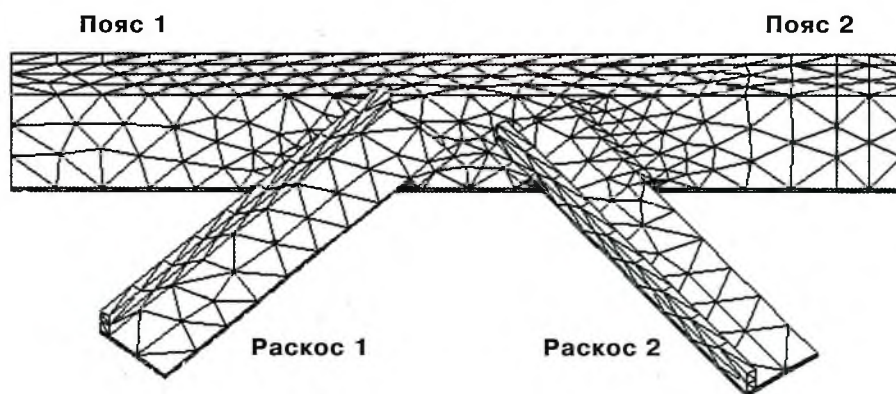


Рис. 1 Сварной узел крановой металлоконструкции с обозначением формирующих его стержней

Таблица 1

Перемещения в поперечном направлении стержней, формирующих сварной узел, на середине их длины под действием остаточных сварочных деформаций

Стержневой элемент узла в соответствии с рис. 1	Длина стержня (расстояние до соседнего узла) l, мм	Поперечное перемещение стержня на середине его длины Δ, мм
раскос 1	759	0.72
раскос 2	765	0.63
пояс 1	520	0.18
пояс 2	500	0.20

полки 5мм по ГОСТ 8509-86, раскосы — из уголков № 3.2 с толщиной полки 4 мм по ГОСТ 8509-86. Материал МК - сталь СтЗсп. Согласно заводскому технологическому процессу сварка металлоконструкции стрелы производится полуавтоматически в среде CO₂. Режим сварки: сила тока 260 - 300 А, напряжение 27 - 29 В, скорость подачи проволоки 263 - 328 м/ч, диаметр проволоки 1,6 мм.

Факт искривления стержней под действием технологических напряжений и деформаций подтверждается результатами численного анализа, которые приведены в табл. 1.

В последующих расчетах стержней, работающих на сжатие, становится необходимым переход от расчетных схем с центральным приложением нагрузки к внецентренному сжатию, а, следовательно, становятся актуальными вопросы, связанные с устойчивостью, а не только с прочностью, стержней. Это снижает максимально допустимые нагрузки, которые могут воспринимать сжатые стержни, что может привести к понижению несущей способности всей металлической конструкции крана. Вследствие вышесказанного представляется желательным обязательный учет остаточных деформаций при расчетах (на прочность и устойчивость) стержней крановых ферм.

Кроме того, был выполнен ряд численных экспериментов по сравнению уровней напряжений, которые формируются в узле только от эксплуатационной нагрузки, полученных в результате численного решения двумя способами:

- по предлагаемой методике (детально моделируя узел);
- с использованием пакета программ, которые также основываются на методе конечных элементов, но оперируют только стержневыми

элементами, аппроксимируя сварные узлы абсолютно жесткими соединениями.

Результаты сравнения уровней напряжений, формирующихся в рассматриваемом узле (рис 1.) от реальных и повышенных эксплуатационных нагрузок, представлены в табл. 2.

Как видно из сопоставления результатов, расчет без учета геометрии сварного узла дает несколько заниженное значение уровня напряжений по сравнению с аналогичным расчетом по предлагаемой методике вследствие того, что реальная схема соединения элементов в сварном узле отличается и от идеальных шарниров, и от абсолютно жестких соединений. И чем выше уровень нагрузки, тем сильнее сказывается влияние геометрии металлоконструкции и тем больше различие результатов, получаемых этими двумя методами.

С целью исследования влияния упругих и теплофизических свойств материала анализируемого узла на характер распределения и уровень

остаточных напряжений, формирующихся в нем при сварке, было проведено моделирование изготовления того же узла металлоконструкции в предположении, что он изготовлен из стали 09Г2С. Сравнив распределения остаточных напряжений в исследуемом узле для двух случаев: материал узла — сталь СтЗсп и сталь 09Г2С, можно сделать следующие выводы:

- упругие и теплофизические свойства материала, из которого изготавливается металлическая конструкция, оказывают влияние на уровень и характер распределения в ее узлах остаточных напряжений;

- в узлах, изготовленных из стали, обладающей более высокими механическими свойствами, наблюдается уменьшение величины зон в районе сварных швов, интенсивность напряжений в которых достигает предела текучести.

На основании полученных результатов расчетного определения НДС типовых узлов стреловых кранов, помимо сказанного, можно от-

Таблица 2

Элемент узла (рис. 1)	Максимальное значение напряжений в стержнях, формирующих сварной узел, МПа			
	реальные эксплуатационные нагрузки		повышенные эксплуатационные нагрузки	
	с учетом геометрии узла	без учета геометрии узла	с учетом геометрии узла	без учета геометрии узла
раскос 1	21	5	120	91
раскос 2	21	14	92	64
пояс 1	52	49	113	80
пояс 2	52	49	184	149

метить следующее:

1. Проведенные исследования показали, что металлоконструкции значительного числа исследуемых кранов проектируются с некоторым избыточным запасом прочности, и имеется возможность повышения уровня нагрузок, которые ими воспринимаются.

2. При нагружении исследуемых

узлов внешними нагрузками необходимо учитывать остаточные деформации, возникшие в результате сборки, сварки. Остаточные деформации изменяют расчетные схемы и способствуют появлению эксцентриситета при приложении внешних сил растяжения-сжатия. Это изменяет НДС анализируемых узлов, а расчет без учета остаточных деформаций дает заниженное

значение величины формирующихся в них напряжений. Вместе с тем, в ряде узлов остаточные деформации не велики и их влияние на НДС узлов не столь существенно.

3. Условия закрепления узла в процессе сварки (наличие прихваток, отсутствие технологических зажимов, упоров и т. п.) оказывает существенное влияние на его НДС.

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ДОПУСТИМОСТИ КОРРОЗИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ПОРТАЛЬНЫХ КРАНОВ

О.В. Леонова, канд. техн. наук, профессор

А.Ю. Ганшкевич, аспирант

Московская государственная академия водного транспорта

Как отмечалось ранее [1], остаточный ресурс металлоконструкций грузоподъемных кранов, отработавших нормативный срок службы, необходимо оценивать на основе анализа развития у них во времени так называемых «ведущих» повреждений, к которым относится коррозия. При этом, учитывая случайный характер развития этих повреждений, расчёт степени допустимости коррозии следует вести в вероятностной постановке. В данной статье приводится пример оценки степени опасности коррозионных повреждений, возникающих в силовых элементах металлоконструкций порталных кранов.

Коррозионные повреждения металлоконструкций порталных кранов, материал которых ВСтЗсп или St-38-b2, носят язвенный или поверхностный характер и не сопровождаются межкристаллитной коррозией. В этом случае опасность коррозионных повреждений заклю-

чается в том, что коррозионные язвы либо могут служить концентраторами напряжений для развития усталостных трещин, либо, вследствие своего увеличения в процессе эксплуатации, повышать риск разрушения за счёт изменения геометрических параметров силовых элементов.

Рассмотрим определение вероятности безотказной работы повреждённого коррозией участка металлоконструкции порталного крана

«Ганц» 5/6х30 (рис. 1) за счёт уменьшения размеров. Опыт эксплуатации этих кранов свидетельствует о том, что наиболее повреждаемым участком металлоконструкции является поворотная колонна. Глубина коррозии при наработке крана 20...25 лет достигает 50...60% первоначальной толщины листа. Обработка экспериментальных данных методами математической статистики дает различную скорость коррозии для разных участков метал-

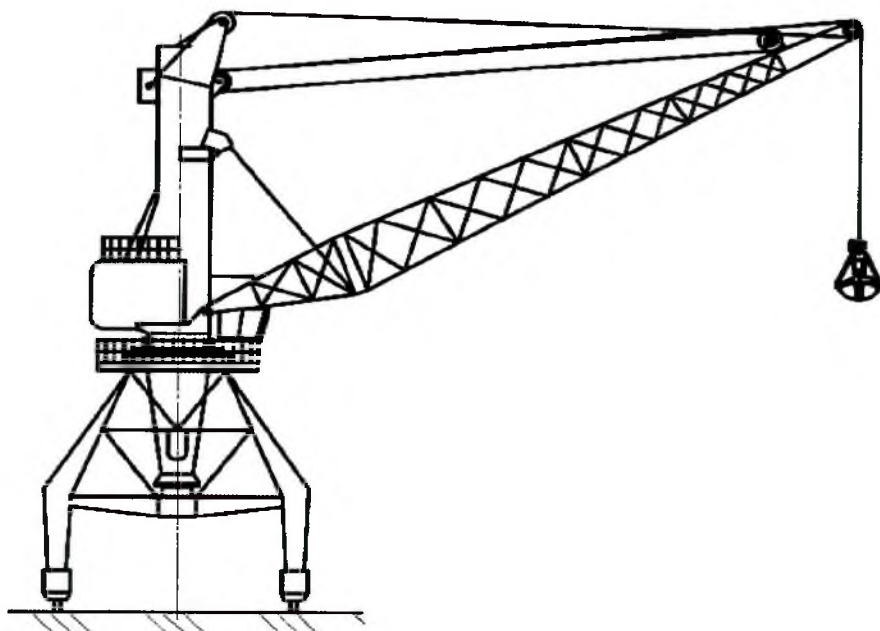


Рис. 1. Общий вид порталного крана «Ганц» 5/6х30