

Основным материалом на ближайшие годы должны оставаться малоуглеродистые и низколегированные стали повышенного качества изготовления.

ОАО «ВНИИПТМАШ»  
(095) 351.80.31  
И.И.Абрамович

### **ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН.**

В настоящее время существует ряд расчетных методик определения наиболее рациональных форм и сборочных технологий элементов металлоконструкции (МК), а также способов проектирования как конструкции в целом, так и отдельных ее узлов. Далеко не всегда эти методики учитывают все факторы, влияющие на напряженно-деформированное состояние (НДС) узлов и МК в целом. Одними из наиболее значимых факторов, который начинает оказывать влияние на металлоконструкцию еще до приложения рабочих нагрузок и деформаций, являются поля остаточных напряжений и деформаций.

Остаточные напряжения снижают надежность конструкции, а при низких температурах способствуют хрупкому разрушению даже в ненагруженном состоянии. Неравномерная деформация основных элементов крановых металлоконструкций ухудшает работу механизмов, создавая перекосы ходовых частей, ускоряет их износ и увеличивает расход электроэнергии. Осложняются монтажные работы из-за необходимости применения мероприятий правки. Увеличиваются трудозатраты на сборочно-сварочные работы. При переходе металла в хрупкое состояние остаточные сварочные напряжения играют роль дополнительной нагрузки и, следовательно, увеличивают вероятность хрупких разрушений. Зоны, близкие к сварным швам, являются очагами повышенной конструктивной концентрации напряжений и местами возникновения хрупких и усталостных трещин. Остаточные сварочные напряжения оказывают влияние на усталость соединений. Так для продольных швов МК подъемно-транспортных машин (ПТМ), например, для продольных швов пролетных балок, остаточные напряжения в растянутом участке первоначально равняются напряжению текучести. При нагружении кранов максимальной испытательной нагрузкой начальные напряжения в шве немного уменьшаются за счет

пластических деформаций. При работе крана остаточные напряжения складываются с напряжениями от рабочих нагрузок. Полученное суммарное напряжение и должно учитываться при расчете на усталость. Потеря местной устойчивости пластин, входящих в состав крановых сварных конструкций, может происходить не только под действием внешней нагрузки, но и под действием внутренних сил, вызванных остаточными сварочными напряжениями. А в ферменных стреловых металлоконструкциях искривления поясов, стоек и раскосов, вызванные остаточными сварочными деформациями и напряжениями, подчас приводит к снижению на 20-25% критической нагрузки. Становится ясно, что расчетная методика, учитывающая поверхностно или совсем не учитывающая поля остаточных напряжений и деформаций не может давать приемлемый результат. Величины и характер распространения этих полей в узлах МК зависят от многих факторов, основными из которых являются: материал, из которого изготовлен узел; топология узла; параметры сварки (режим сварки, наличие вспомогательных приспособлений, последовательность наложения швов, применение предварительной прихватки, наличие мероприятий по регулированию остаточных напряжений и деформаций) и др.

Месторасположение соседних узлов и топология их соединения друг с другом также оказывают существенное влияние на формирование напряженно-деформированного состояния металлоконструкции, как в процессе сборки (сварки), так и при восприятии эксплуатационных нагрузок. Суть этого влияния заключается в том, что каждый отдельный узел в реальной конструкции не жестко связан с другими, и при его расчетах необходимо учитывать податливость соседних узлов, которая зависит от взаимного пространственного расположения узлов, а также геометрических характеристик соединяющих их стержней.

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

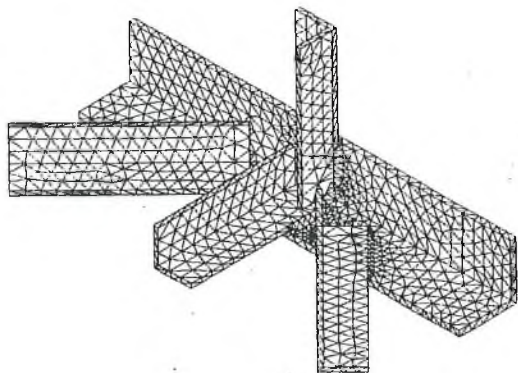
(МКЭ), отличающая от большого числа ей подобных тем, что позволяет:

1. производить автоматическое создание моделей узлов ферменной металлической конструкции самой сложной геометрии и их разбиение на тетраэдральные элементы;

2. производить учет расположения исследуемого узла в МК.

Сущность алгоритма этого учета состоит, во-первых, в том, что после создания конечно-элементной модели изучаемого узла между ним и соседними узлами вводятся дополнительные стержневые элементы, жесткостные параметры которых учитываются при решении. А во-вторых, в том, что весь процесс формирования узла при изготовлении металлоконструкции разбивается на этапы, на каждом из которых создается своя конечно-элементная модель (со своими условиями закрепления и нагружения) в зависимости от технологии сборочного процесса.

С применением этой методики было проведено моделирование процесса формирования различных сварных соединений, используемых при производстве грузоподъемных машин (стыковых, нахлесточных и т.п.), а также ряда узлов крановых металлоконструкций. При этом исследования проводилось в два этапа с учётом истории изготовления и нагружения. На первом этапе определялись остаточные сварочные напряжения и деформации в сварном узле. Для этого в процессе сварки узла и последующего остывания сначала находилось распределение температур в зоне соединения, а уже потом вычислялись значения напряжений и деформаций при известных температурных полях. На втором этапе исследовалось взаимодействие полученных остаточных сварочных напряжений и деформаций и напряжений и деформаций от внешней нагрузки, действующей на металлическую конструкцию. Предлагаемая методика была апробирована на узлах металлоконструкции стрелы крана СПКШ-2. Пример конечно-элементной модели одного из этих узлов представлен на рисунке ниже.



Важными практическими результатами подобной методики являются:

- выявление проблемных с точки зрения величины и характера распределения результирующих напряжений и деформаций элементов конструкции;
- возможность оценки рациональности применения используемого технологического процесса при изготовлении данной металлоконструкции;
- выработка рекомендаций по проведению конструкторско-технологических мероприятий, направленных на создание более благоприятных полей НДС (регулирование остаточных напряжений и деформаций);
- учет изменения геометрии элементов металлоконструкции и появления внецентренности при приложении эксплуатационных нагрузок, вследствие остаточных деформаций и перемещений (это особенно актуально для ферменных МК), при дальнейших расчетах.

*МГТУ им. Н.Э. Баумана  
(095) 263.48.40 А.А. Понитаев*

## ВЫСТАВКИ

### ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ НА ВЫСТАВКАХ В МОСКВЕ ЗИМОЙ 2000-2001 Г

ОАО ПКБ «Техноприбор» (Чебоксары) показало широкую номенклатуру подъемно-транспортной техники:

- манипуляторы г/п 63, 160 и 500 кг с пневмо- и гидроприводом, оборудованные различными грузозахватными устройствами (для грузов цилиндрической формы, листов, бухт проволоки, ящиков, картонных коробок, вилочные, вакуумное, универсальное цепное);
- транспортные автоматизированные монорельсовые комплексы г/п 50 и 250 кг;
- разнообразное складское оборудование (стеллажи с выдвижными платформами, передвижные, с краном-штабелером г/п 160 кг, автоматизированные складские системы, полочный и элеваторный стеллажи), межэтажный подъемник, тележки-штабелеры г/п 250 кг с ручным электрическим приводом, простые тележки для перевозки бочек и разлива из них жидкостей.

Трубчатые цепные конвейеры ПКБ «Техноприбор» предназначены для перемещения сыпучих и вязких материалов по горизонтальным, наклонным и вертикальным трассам в технологических линиях различных производств (производство гипса, извести, цемента и др. строительных материалов; бумажные фабрики; производство пищевых продуктов; производство химической продукции и др.).

Конвейер состоит из приводной и натяжной станций, ветви транспортирования груза с устройствами загрузки и выгрузки, обратной ветви и цепи с дисками. Трубчатый цепной конвейер может легко изгибаться в различных направлениях (техническая характеристика дана в таблице).