

УДК 624.041

А.М. Лось, ассист.; А.В.Блохин, доц., канд. техн. наук;
А.И. Сурус, доц., канд. техн. наук;
С.В. Ярмолик, ст. преп. (БГТУ, г. Минск)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН СИСТЕМАМИ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Любая подъемно-транспортная машина состоит из механизмов, монтируемых на несущих металлических конструкциях и систем управления. Вертикальное перемещение обеспечивает механизм подъема, горизонтальное – механизмы передвижения, поворота, изменения вылета.

Надёжность и безопасность эксплуатации кранов зависит от качества исполнения их металлических конструкций. Такие конструкции подразделяются на пролетные, опорные и стреловые. В связи с этим по крановым металлоконструкциям предъявляются определённые требования: прочность, общая устойчивость конструкции и местная устойчивость отдельных её элементов; статическая и динамическая жёсткость; выносливость и, вместе с тем, минимально возможная масса, высокая технологичность изготовления и монтажа, иногда ограниченные габариты. Большинство этих требований должны обеспечиваться на стадии предварительного (проектного) расчёта и компонования.

Самым значимым и трудоемким этапом проектирования несущих металлоконструкций является анализ их статической, динамической прочности, напряженно-деформированного состояния. Современным мощным численным методом решения большинства инженерных задач является метод конечных элементов, который реализовывается на замене исследуемого твердотельного объекта совокупностью конечного числа дискретных элементов, связанных между собой в узлах. Последовательность создания математической модели, следующая: исследуемый объект – идеализированная расчетная схема – система линейных алгебраических уравнений. Переход к расчетной схеме дает возможность формулировать граничные условия, произвольно располагать узлы сетки элементов, сгущая ее в местах ожидаемого большого градиента искомых величин, применять метод для исследования областей, состоящих из фрагментов различной физической природы и т. д.

Нами была спроектирована балка мостового крана, выполненная в виде пространственной рамы с поперечными горизонтальными рас-

косами и вертикальными стойками. Конечно-элементная модель рамы представлена на рис. 1.

Элементы несущей фермы в сечении имеют полое прямоугольное сечение. Рассматривались три варианта размеров сечений горизонтальных несущих поясов 100x60x4, 100x60x5, 120x80x5 мм. Вертикальные стойки и раскосы для всех случаев приняты сечением 50x50x3 мм. Нагрузка от веса поднимаемого груза составляет 80 кН.

На рис. 2 видно, что максимальные растягивающие напряжения в нижнем поясе сечением 100x60x4 мм составляют $MX=137$ МПа при максимальном перемещении слоев равном 14,24 мм. Напряжения в наиболее растянутых стержнях раскосов изменяются от 40 до 50 МПа и имеют значительный запас прочности ($n=7,75\dots 6,2$). Верхние пояса и вертикальные стойки находятся в сжатом состоянии.

При использовании в качестве несущих поясов труб прямоугольного сечения размерами 100x60x5 мм растягивающие напряжения достигают максимального значения равного 113 МПа, при этом прогиб слоев конструкции составляет 11,88 мм, что уже значительно меньше, чем при использовании сечения 100x60x4. Напряжения в раскосах здесь также не велики и изменяются в диапазоне 40-50 МПа.

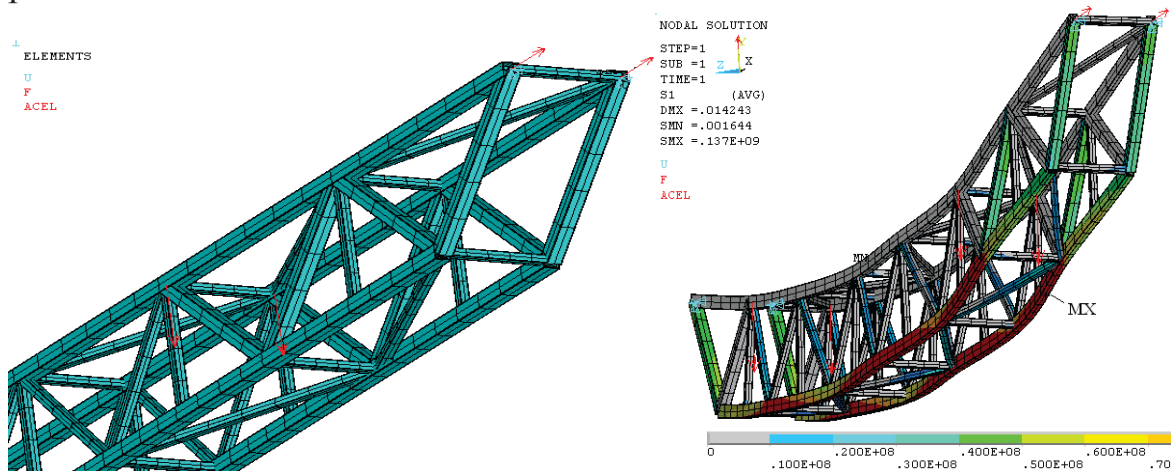


Рисунок 1 - Конечно-элементная модель несущего пролета

Рисунок 2 - Напряженно-деформированное состояние пролета с поясами сечением 100x60x4

Рама, из элементов сечением 120x80x5, испытывает максимальные растягивающие напряжения нижних слоев $\sigma_{\max}=92,7$ МПа, максимальные перемещения при этом составляют 9,64 мм. При этом в других слоях напряжения не превышают 80 МПа. Максимальные напряжения в стержнях рамы с поясами сечением 90x90x5 (нижний пояс)

составляют 101 МПа, максимальные перемещения в таком случае равны 10,6 мм.

Кроме прямоугольных профилей при проектировании рамы можно использовать уголки. Конечно-элементная модель такой рамы представлена на рис. 3.

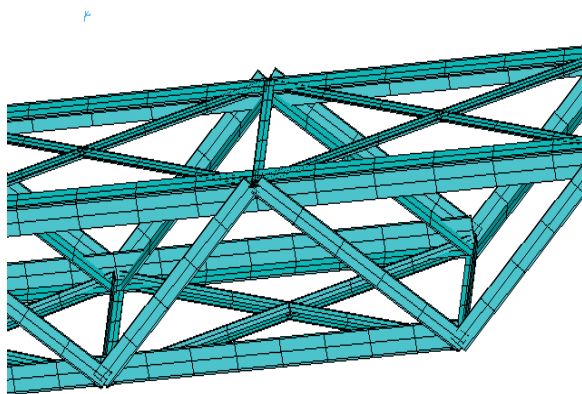


Рисунок 3. Конечно-элементная модель балки, выполненной из уголков

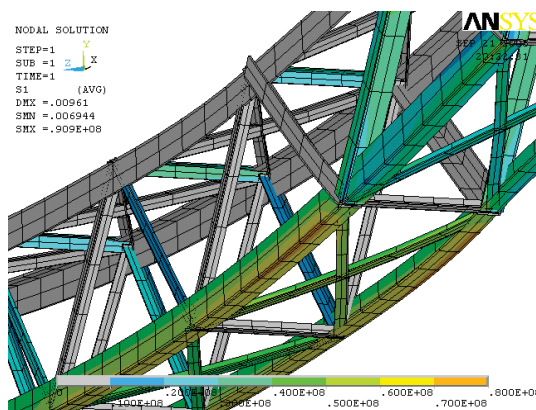


Рисунок 4. Напряжения в элементах балки, выполненной из уголков

Верхний и нижний пояса сконструированы из прокатного уголка 125x80x10 мм. При приложении к раме статической нагрузки, ее элементы испытывают напряжения, показанные на рисунке 4, не превышают 94,4 МПа (локальные напряжения в сварном шве), а в нижнем поясе достигают наибольшего значения, равного 78 МПа.

Таким образом, применение метода конечных элементов в совокупности с высокопроизводительной компьютерной техникой позволяет проводить высокоточные исследования напряженно-деформированного состояния несущих конструкций, что позволяет значительно снизить срок проектирования новых машин.