

УДК 630.36:625.1/7

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

ПРИМЕНЕНИЕ ТРОСО-БЛОЧНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЗАПАСА ПРОЧНОСТИ КРАНОВЫХ НЕСУЩИХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

Введение. В настоящее время широкое распространение получили многокомпонентные несущие конструкции, состоящие из металлических или железобетонных рам и тросо-блочной (вантовой) системы. Применение таких конструкций позволяет перераспределить напряжения в стержнях и узлах несущей рамы, особенно в тех случаях, когда тросы в системе имеют предварительное натяжение. Предварительно напряженные конструкции более эффективны за счет применения высокопрочных материалов и более полного использования их физико-механических свойств.

Основная часть. Модель пролета несущей рамы мостового крана представлена на рисунке 1. Такая рама состоит из верхнего и нижнего продольных поясов с крестообразными решетками заполнения, а также вертикально расположенных наклонных раскосов. На рисунке 1 показаны результаты исследований нагруженности узлов и стержней рамы под воздействием вертикальных нагрузок. Как показывают результаты исследований, при действии максимальной нагрузки растягивающие напряжения в стержнях рамы достигают величины $65,7 \text{ Н/мм}^2$.

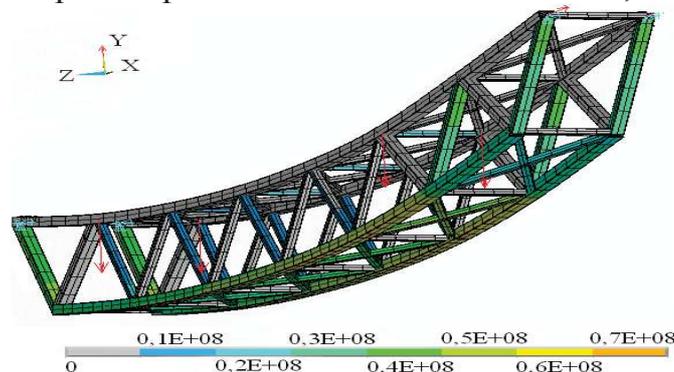


Рисунок 1 – Напряжения, возникающие в элементах рамы под воздействием статических вертикальных нагрузок

Модель рамы, в конструкции которой использованы предварительно напряженные тросы, показана на рисунке 2. Концы тросов в

данной конструкции зафиксированы в верхних углах рамы и проходят через элементы нижнего пояса, огибая при этом обводные блоки, закрепленные на поперечинах нижнего пояса. Исследования нагруженности элементов рамы моделировались для заданных начальных напряжений растяжения тросов величиной 100 Н/мм^2 . Расчетами установлено, что для того чтобы в реальных условиях создать в тросах такие напряжения, необходимо использовать канаты диаметром $d_k = 20 \text{ мм}$, при их маркировочной группе на разрыв 1764 МПа и натягивать их с усилием $F = 10\,000 \text{ Н}$. Для обеспечения высокой долговечности канатов диаметр применяемых обводных блоков, должен быть не менее 250 мм . Уменьшение размеров блоков приведет к ускоренному выходу из строя канатов, из-за повышенных напряжений изгиба в местах соприкосновения их с блоками, напряжений растяжения и кручения от натяжения каната и специфики свивки прядей.

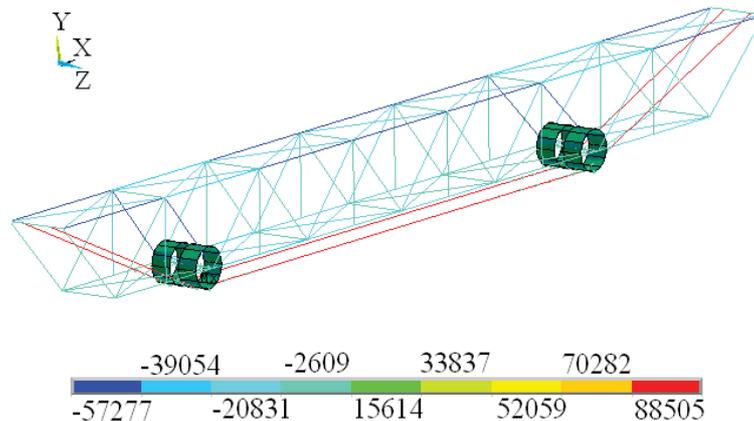


Рисунок 2 – Модель несущей рамы с предварительно напряженными тросами

На рисунке 2 показаны напряжения элементов при натяжении тросов до 100 кН и отсутствующих внешних нагрузках. В верхнем поясе рамы возникают усилия сжатия стержней величиной порядка 21 кН , а минимальное усилие в верхней части рамы (точка MN) составляет 57 кН . Более подробно как изменяются напряжения на участках различных элементов рамы от такого нагружения можно увидеть на рисунке 3.

Напряженно-деформированное состояние рамы при использовании в ее конструкции предварительно напряженных тросов и действующих внешних нагрузках показано на рис. 4 и 5. Максимальные эквивалентные напряжения (точка MX) составляют 225 Н/мм^2 . Наибольший прогиб конструкции в таком случае составляет 24 мм .

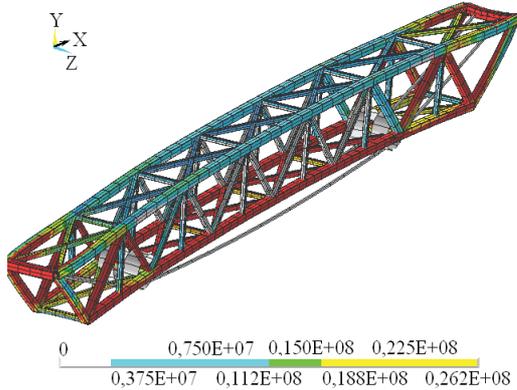


Рисунок 3 – Конечно-элементная модель рамы с предварительно напряженными тросами при отсутствующей внешней нагрузке

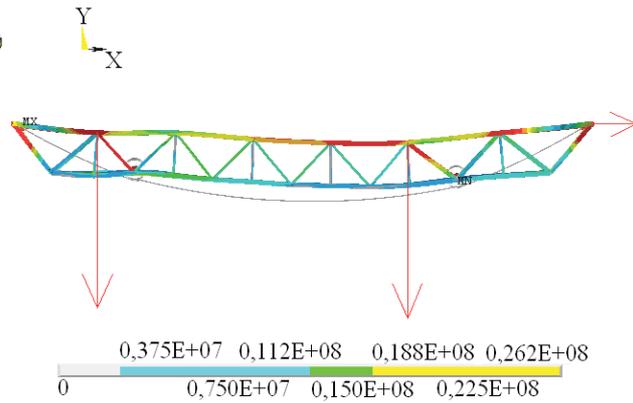


Рисунок 4 – Напряжения в элементах рамы при натянутых тросах и действующих внешних нагрузках

На рисунке 5 более четко заметно, что верхние пояса несущей рамы находятся преобладающей своей частью в зоне сжатия, в то время как нижний пояс оказывается растянутым, а на рисунке 1 очевидно обратное. Максимальные напряжения в элементах рамы достигают здесь значения 34 Н/мм^2 (за исключением поперечин, на которых устанавливаются обводные блоки), что почти в два раза ниже, чем в стержнях рамы без использования тросов.

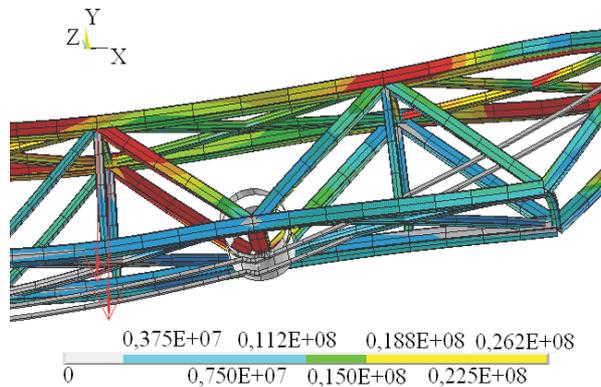


Рисунок 5 – Локальные эквивалентные напряжения в элементах рамы при натянутых тросах и действующих внешних нагрузках

На рисунке 6 показано распределение эквивалентных напряжений в поперечине крепления обводного блока, огибаемого канатом. Прогиб в данном случае достигает довольно большого значения, что требует в таком случае увеличения рабочей площади сечения поперечины.

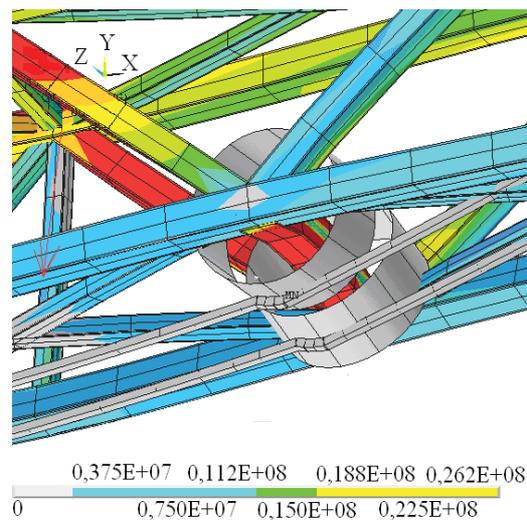


Рисунок 6 – Локальные эквивалентные напряжения в поперечине крепления обводного блока каната

Заключение. Применение тросо-блочной системы для предварительного напряжения несущей рамы имеет некоторые преимущества: так стальные тросы представляют собой систему многократно дублируемых несущих элементов, обладающих высокой надежностью; в стальных тросах несущие элементы соединяются параллельно и при выходе из строя одного из них прочность троса уменьшается незначительно; тросы обладают демпфирующей способностью; по количеству визуально определенных разорванных проволок легко судить о дальнейшей возможности эксплуатации троса.

Проведенные исследования показывают, что при использовании в нижнем поясе рамы предварительно напряженных тросов изменяется характер распределения напряжений в узлах и стержня, а именно, элементы нижнего пояса сжимаются, а верхнего – растягиваются. Максимальные значения напряжений при этом снижаются с $65,7 \text{ Н/мм}^2$ до 34 Н/мм^2 , что дает возможность уменьшить размеры сечений стержней рамы, а вместе с этим и ее вес, и коэффициент тары транспортного средства в целом. Значительных напряжений в поперечине крепления обводных блоков можно избежать при использовании элемента с большей площадью поперечного сечения. Запас прочности конструкции увеличивается в 1,9 раза.