

УДК 630.36:625.1/7

А. М. Лось, ассистент (БГТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРУЖЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ НЕСУЩЕЙ РАМЫ ПРОЕКТИРУЕМОГО СОРТИМЕНТОВОЗА, УСИЛЕННОЙ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫМИ ТРОСАМИ

Рассматриваемая статья посвящена исследованию напряженно-деформированного состояния узлов и стержней несущей рамы сортиментовоза, в конструкции которой использованы предварительно напряженные тросы. Исследования нагруженности рамы выполнены с применением интегрированной системы прочностного анализа по методу конечных элементов. Представленные результаты исследований показывают, что применение предварительно напряженных тросов в нижнем поясе несущей рамы позволяет перераспределить напряжения в стержнях и уменьшить размеры их сечений и массу.

The effort mode of deformation bearing blocks and beams projected farm are considered in this article. The finite element analysis method was used to possess a solution. Framed structure reinforced by pretension steel ropes. Structural timber carrier design has novelty and urgency. The application of this type trains will be increase carting out productivity to stored assortments. Submitted data investigations achieves that the using pretension steel ropes bring to stress redistribution and reduction framed structure section dimensions and mass.

Введение. Предварительно напряженными конструкциями являются инженерно-строительные конструкции, в которых предварительно (в процессе изготовления, укрупнительной сборки или монтажа) создаются напряжения, оптимальным образом распределенные в элементах конструкции. В современном строительстве предварительное напряжение наиболее широко применяется в железобетонных конструкциях и изделиях различного назначения; оно получает распространение также и в металлических конструкциях. Предварительно напряженные конструкции весьма эффективны благодаря применению высокопрочных материалов и более полному использованию их физико-механических свойств [1, 2].

2. Предлагаемая конструкция сортиментовоза. Нами разработана конструкция сортиментовоза (рис. 1) на базе лесовозного автопоезда «тягач + прицеп-ропуск». Транспортное средство содержит лесовозный тягач 1, на сварной раме которого установлен коник 2. К прицепу-ропуску 6, на балансирной тележке которого установлен коник 7, вместо дышла коробчатого сечения крепится несущая пространственная

сварная рама 3, на которой закреплены промежуточные коники 4 и 5. Для перераспределения напряжений, возникающих в стержнях рамы, в нижнем поясе через обводные блоки 9 монтируются предварительно напряженные тросы 8. Такая конструкция транспортного средства позволяет повысить его производительность на вывозке сортиментов за счет возможности одновременной транспортировки двух пакетов лесоматериалов, а повышение функциональных свойств достигается при снятии стоек промежуточных коников, что позволяет вывозить с лесосеки заготовленные хлысты.

Для возможности реализации данного проекта нами были выполнены расчеты статической и динамической нагруженности несущей рамы и технологического оборудования методом конечных элементов, который позволяет не только выполнять расчеты прочности элементов конструкций, но и определять собственные частоты и формы колебаний узлов, оценивать напряженно-деформированное состояние модели при движении по виртуальной дороге, что значительно снижает срок проектирования новых машин и конструкций.

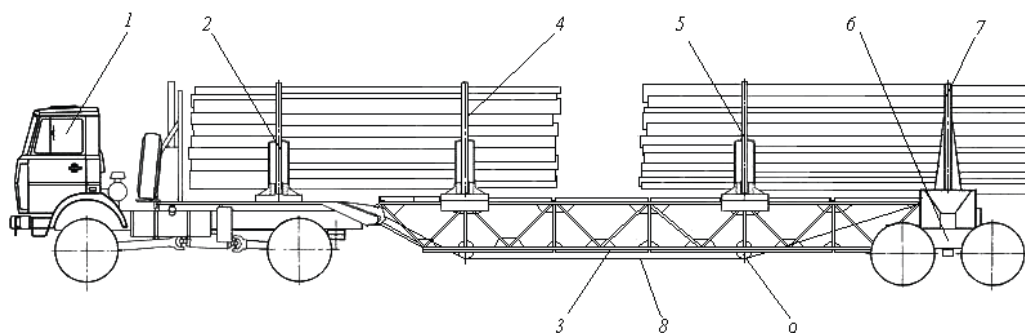


Рис. 1. Конструкция проектируемого сортиментовоза:

1 – лесовозный тягач; 2 – коник тягача; 3 – несущая рама; 4, 5 – промежуточные коники; 6 – прицеп-ропуск; 7 – коник прицепа-ропуска; 8 – предварительно напряженные тросы; 9 – обводные блоки

Разработанная конечно-элементная модель несущей рамы, в которой тросы отсутствуют, представлена на рис. 2. Здесь различными оттенками показаны напряжения, возникающие в узлах и стержнях рамы под воздействием вертикальных и продольных растягивающих нагрузок. Как показывают результаты исследований, максимальные растягивающие напряжения в стержнях рамы составляют $70,3 \text{ Н/мм}^2$.

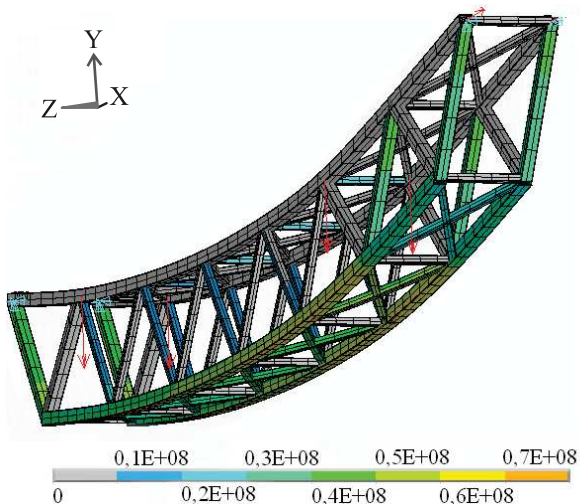


Рис. 2. Напряжения, возникающие в элементах рамы под воздействием статических вертикальных и продольных нагрузок

Стержневая модель рамы с использованием в нижнем поясе предварительно напряженных тросов и усилия в стержнях при отсутствии внешней нагрузки показаны на рис. 3. Применение тросов в конструкции для предварительного напряжения несущей рамы имеет некоторые преимущества: так стальные тросы представляют собой систему многократно дублируемых несущих элементов и обладают из-за этого 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.

Для исследований нагруженности элементов рамы, в нижнем поясе которой монтируются тросы, с помощью команд препроцессора системы конечно-элементного анализа для них были заданы начальные напряжения $106,7 \text{ Н/мм}^2$. Расчетами установлено, что для того чтобы в реальных условиях создать в тросах такие напряжения, необходимо натягивать их с усилием $F = 10\,000 \text{ Н}$. При этом нужно будет использовать канаты диаметром $d_k = 19,5 \text{ мм}$, при их маркировочной группе на разрыв 1764 МПа . Минимальный диа-

метр обводных блоков, в таком случае, должен быть не менее 250 мм . Уменьшение размеров блоков приведет к быстрому выходу из строя канатов за счет значительных напряжений изгиба в местах соприкосновения их с блоками, напряжений растяжения и кручения от натяжения каната и специфики свивки прядей.

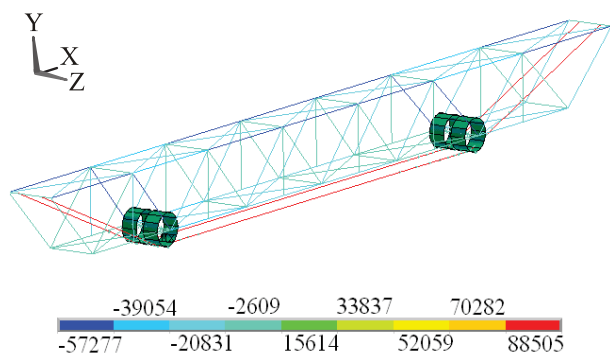


Рис. 3. Стержневая модель рамы с предварительно напряженными тросами при отсутствии внешней нагрузки

По рис. 3 можно отметить, что при усилиях в тросах рамы, равных $106,7 \text{ кН}$, и отсутствии внешних нагрузок от веса сортиментов в местах установки промежуточных коников, в основной части рамы возникают усилия сжатия, равные $20,8 \text{ кН}$, при этом минимальное усилие наблюдается в верхней части рамы (точка MN), величина которого равна $57,2 \text{ кН}$. Более подробно, как изменяются напряжения на участках различных элементов рамы при таком нагружении, можно увидеть на рис. 4.

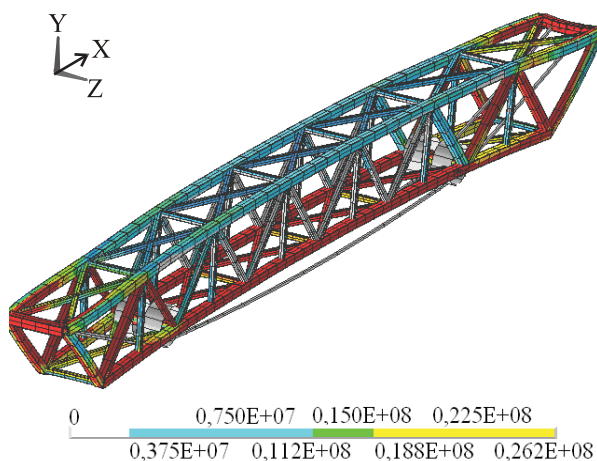


Рис. 4. Конечно-элементная модель рамы с предварительно напряженными тросами при отсутствии внешней нагрузки

Перераспределение напряжений в элементах рамы при использовании в ее конструкции предварительно напряженных тросов и действующих внешних нагрузках приведено

на рис. 5 и 6. Максимальные эквивалентные напряжения (точка МХ) составляют 222 Н/мм^2 . Наибольший прогиб конструкции в таком случае составляет 23,6 мм.

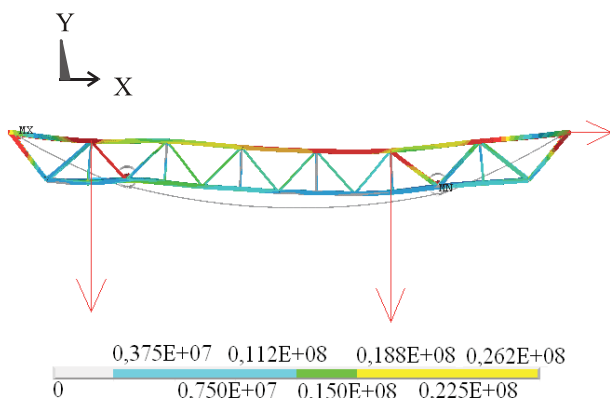


Рис. 5. Напряжения в элементах рамы при натянутых тросах и действующих внешних нагрузках

На рис. 6 показано, что верхние пояса в таком случае находятся преобладающей своей частью в зоне сжатия, в то время как нижний пояс оказывается растянутым, а на рис. 2 видна совершенно обратная картина. Максимальные напряжения в элементах рамы достигают здесь значения $33,8 \text{ Н/мм}^2$ (за исключением поперечин, на которых устанавливаются обводные блоки), что почти в два раза ниже, чем в стержнях рамы без использования тросов.

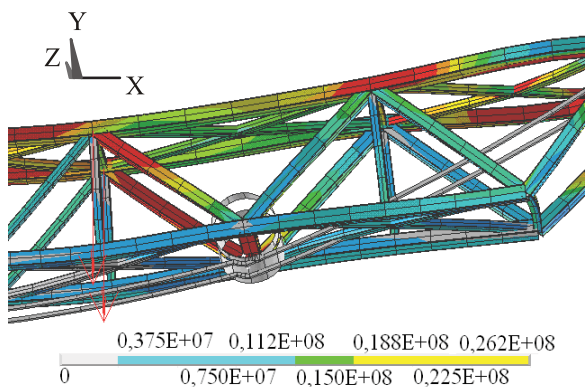


Рис. 6. Локальные эквивалентные напряжения в элементах рамы при натянутых тросах и действующих внешних нагрузках

На рис. 7 показано распределение эквивалентных напряжений в поперечине крепления обводного блока, огибаемого канатом. Прогиб в данном случае достигает довольно большого значения, что требует увеличения площади сечения поперечины.

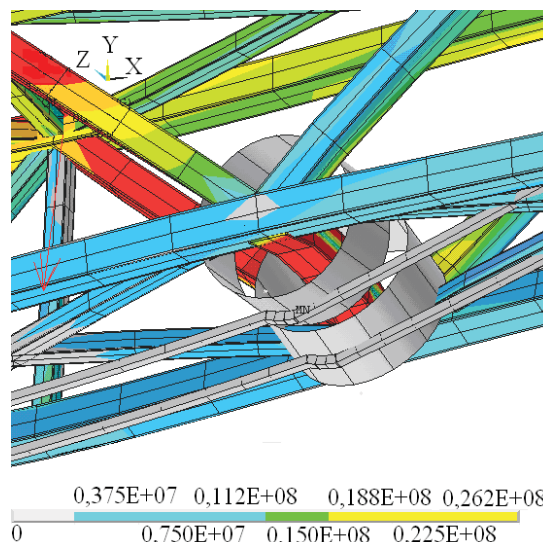


Рис. 7. Локальные эквивалентные напряжения в поперечине крепления обводного блока каната

Выводы. 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 $70,3 \text{ Н/мм}^2$ до $33,8 \text{ Н/мм}^2$, 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. Расчетами установлено, что при использовании в конструкции напряженных тросов целесообразным будет использовать следующие размеры сечений элементов рамы: для верхнего и нижнего поясов $70 \times 70 \times 5 \text{ мм}$, раскосов $60 \times 60 \times 4 \text{ мм}$, поперечин крепления блоков $120 \times 120 \times 5,5 \text{ мм}$. Масса конструкции в таком случае снижается на 20%.

Литература

1. Беленя, Е. И. Предварительно напряженные металлические несущие конструкции / Е. И. Беленя. – М.: Наука. Главная редакция физ.-мат. литературы, 1963.
2. Расчеты машиностроительных конструкций методом конечных элементов: справочник / В. И. Мяченков [и др.]; под общ. ред. В. И. Мяченкова. – М.: Машиностроение, 1989.

Поступила 01.04.2010