

2. Игнатюк, В. И. К определению рациональных параметров подкрепления тонкостенных цилиндрических элементов, подверженных внешнему давлению / В. И. Игнатюк // Новые технологии и материалы, автоматизация производства : сб. ст. Межд. науч.-техн. конф., посв. 55-летию Брест. гос. техн. ун-та / Брест. гос. техн. ун-т. – Брест : Изд-во БрГТУ, 2021. – С. 111–116.

УДК 621. 81: 621 – 192

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОПТИМИЗАЦИИ МАССОГАБАРИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МАЧТЫ

Капуста П. П.¹, Мойсейчик А. Н.¹, Шейбут Г. Е.²

1) Белорусский национальный технический университет;

г. Минск, Республика Беларусь

2) ООО «СЕЙСМОТЕХНИКА»; г. Солигорск, Республика Беларусь

Рассматриваемая мачта является не стационарной, а передвижной конструкцией, поэтому при использовании большое значение имеет ее масса (рисунок 1а, рисунок 1б). Для оптимизации исследуемой конструкции (вышки) несущим элементом был выбран равнополочный прокатный уголок 140x140x10 вместо трубы прямоугольного сечения (рисунок 2). Конечного-элементная модель (КЭМ) мачты включает в себя все конструктивные элементы, воспринимающие или передающие нагрузки, а также определяющие жесткостные параметры рассматриваемой конструкции. Модель состоит из телескопической вышки, закрепленной на основании, допускается ее отклонение от оси и поддерживается силовыми тросами.



Рисунок 1а – Исследуемая мачта



Рисунок 1б – Исследуемая мачта

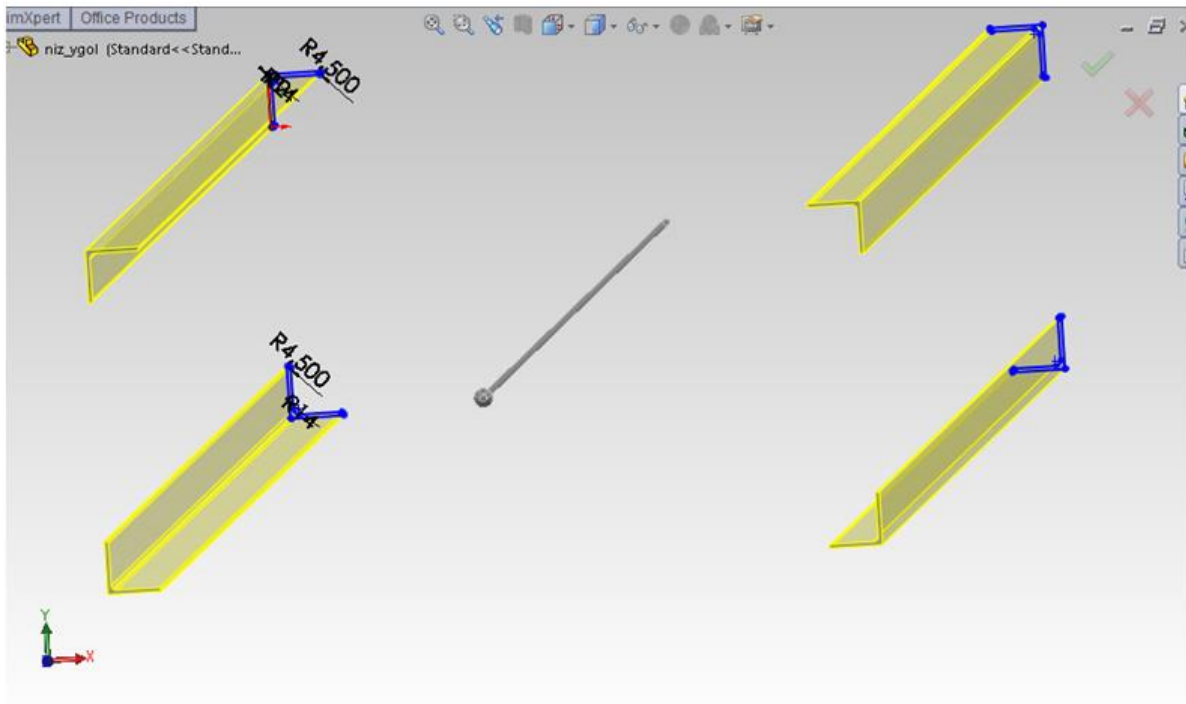


Рисунок 2 – Вид выбранного профиля

Однако, поскольку геометрические характеристики выбранного сечения уступают преждему (момент сопротивления), был проведен анализ мачты. Расчет проведен методом конечных элементов в программном комплексе ANSYS Workbench, который при нагружении конструкции внешними силами и давлением, гравитационными нагрузками и перемещениями, позволяет рассчитать напряженно-деформированное состояние рассматриваемой системы и сделать вывод о прочностных и жесткостных свойствах конструкции. Для выполнения расчетов на основе представленных чертежей создана КЭМ мачты (рисунок 3).

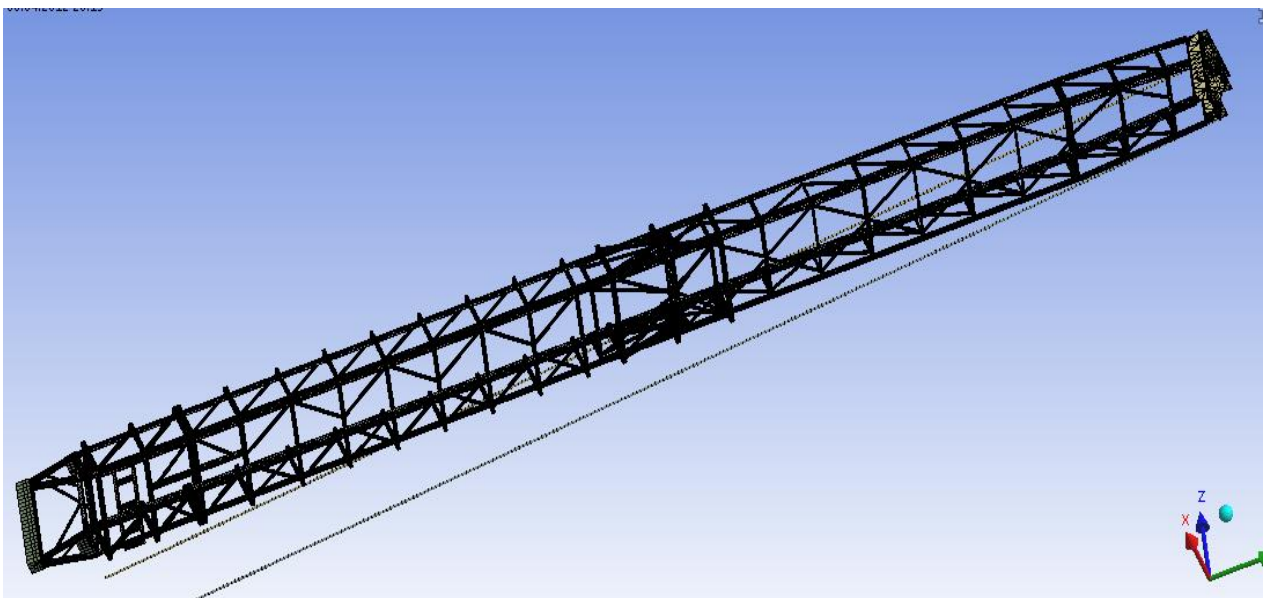


Рисунок 3 – Вид модели мачты

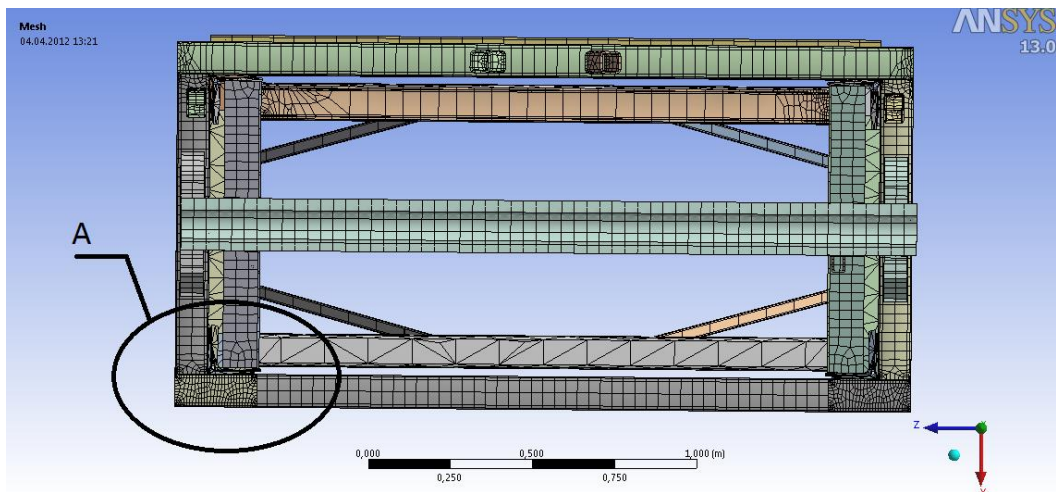


Рисунок 4 – Вид разреза в месте крепления нижней и верхней части

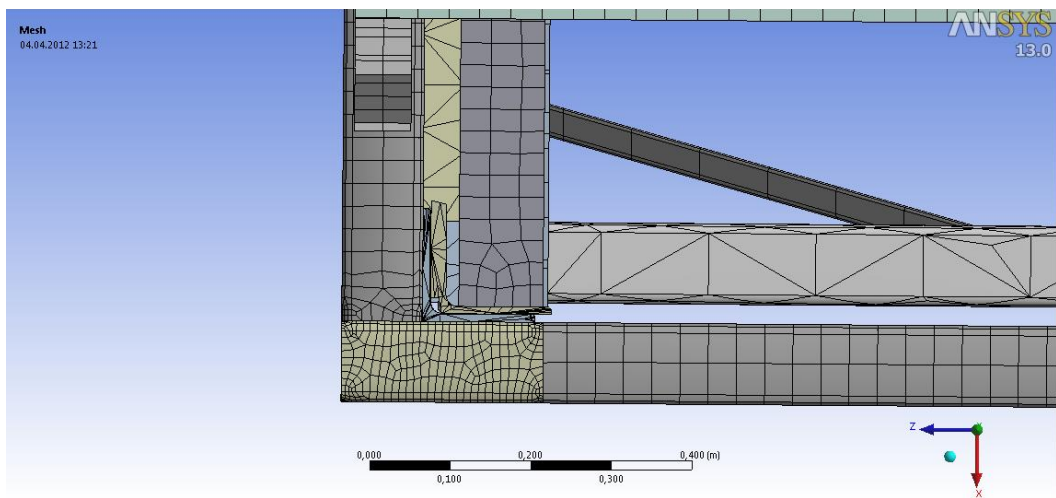


Рисунок 5 – Вид местного выреза А по рисунку 4

При расчете к вершине мачты была приложена сила в 800кН, приложенная к верхней платформе и направленная под углом 3^0 к оси мачты, в связи с особенностями эксплуатации мачты (рисунок 6).

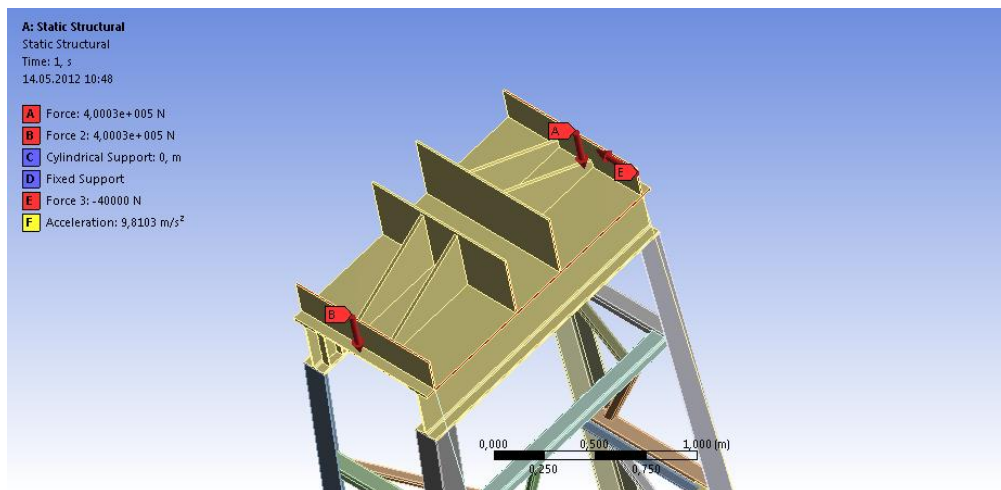


Рисунок 6 – Приложение нагрузок к вершине мачты

В ходе дальнейшего расчета получены эквивалентные напряжения конструкции рассчитываемые по формуле Губера-Мизеса:

$$\sigma_i = \sqrt{3J_2} = \sqrt{\frac{(\sigma_{11} - \sigma_{22})^2 + (\sigma_{22} - \sigma_{33})^2 + (\sigma_{33} - \sigma_{11})^2 + 6(\sigma_{12}^2 + \sigma_{23}^2 + \sigma_{31}^2)}{2}},$$

где σ_{11} , σ_{22} , σ_{33} – главные, σ_{12} , σ_{31} , σ_{23} – касательные напряжения.

На рисунке 7 показано место сочленения верхней и нижней частей мачты в области, в которой наблюдаются наибольшие значения напряжений, что говорит о необходимости внесения конструкционных изменений.

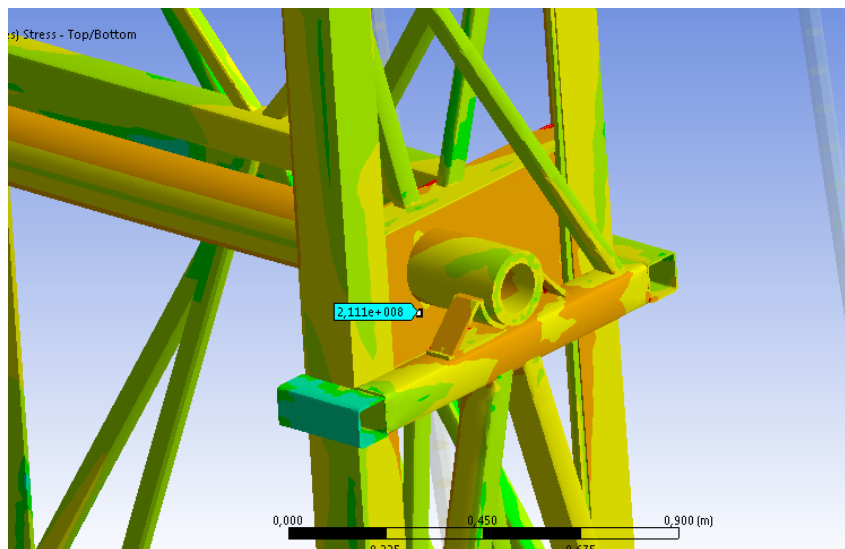


Рисунок 7 – Эпюра напряжений в области закрепления частей мачты

Поскольку рабочее положение мачты находится под углом к вертикали, то возникают также изгибающий момент, поэтому на рисунке 8, как в опасном месте, показаны возникающие напряжения. Значения которых в отмеченной области составляет 89-102МПа.

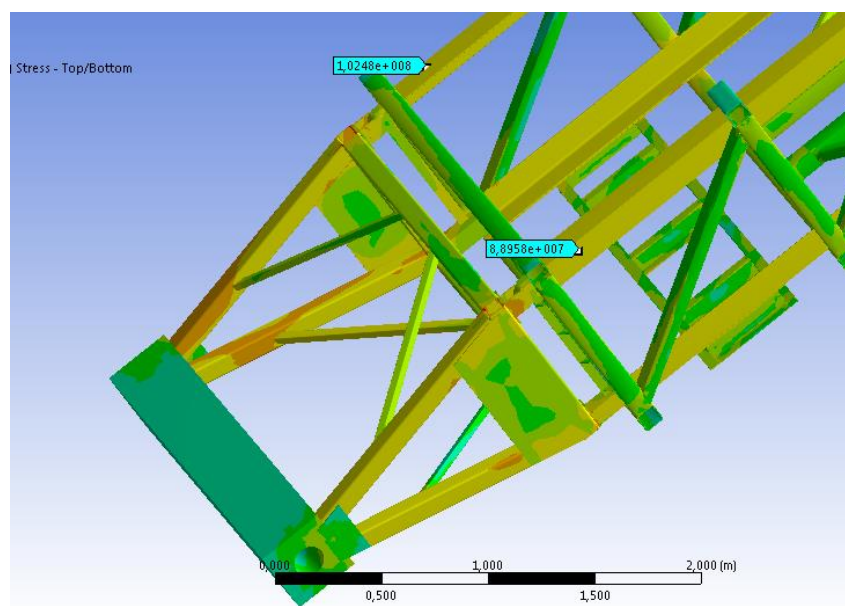


Рисунок 8 – Эпюра напряжений у основания мачты

На рисунке 9 представлена эпюра напряжений с первоначальной конструкцией. На ней видно, что напряжения у основания мачты не превышают 70 МПа.

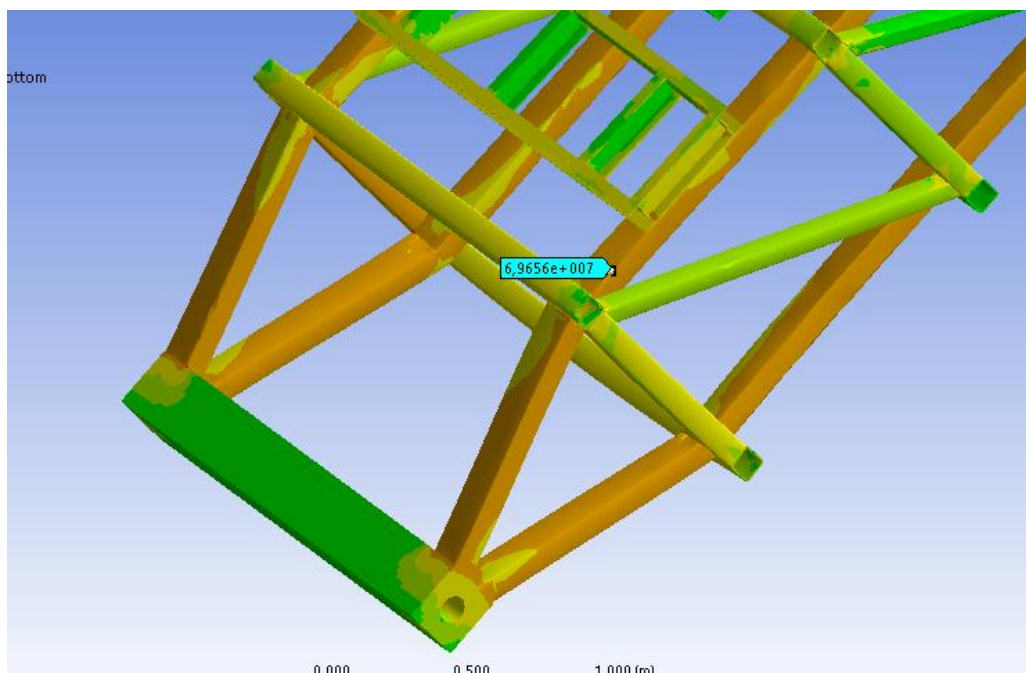


Рисунок 9 – Эпюра напряжений у основания мачты с несущими элементами в виде трубы прямоугольного сечения

В связи с особенностью горячекатаного равнополочного уголка (фактически отсутствует наружный радиус скругления (рисунок 10), что должно приводить к концентрации напряжений в этой области (краевой эффект).

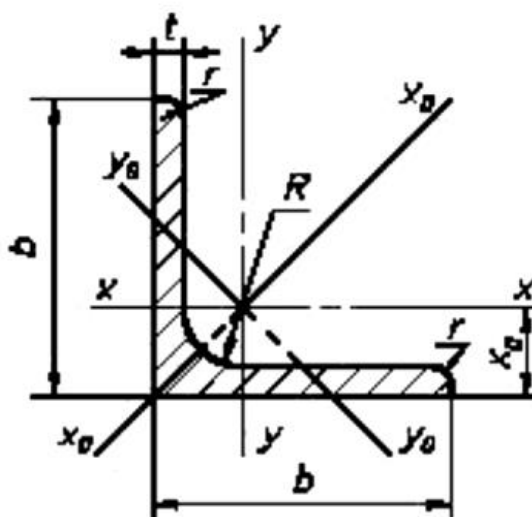


Рисунок 10 – Разрез уголка с требуемыми по ГОСТ 8509-93 размерами

На рисунках 11, 12 изображена часть конструкции, которая разбита на конечные элементы (рисунок 11), показано распределение напряжений по граням профиля (рисунок 12).

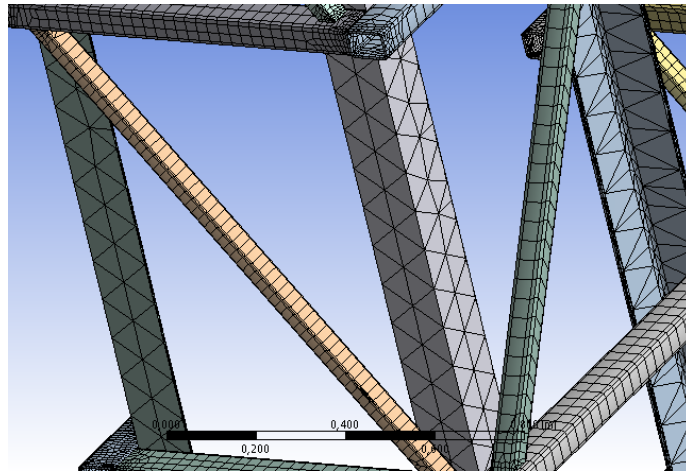


Рисунок 11 – Элемент мачты разбитый на КМ

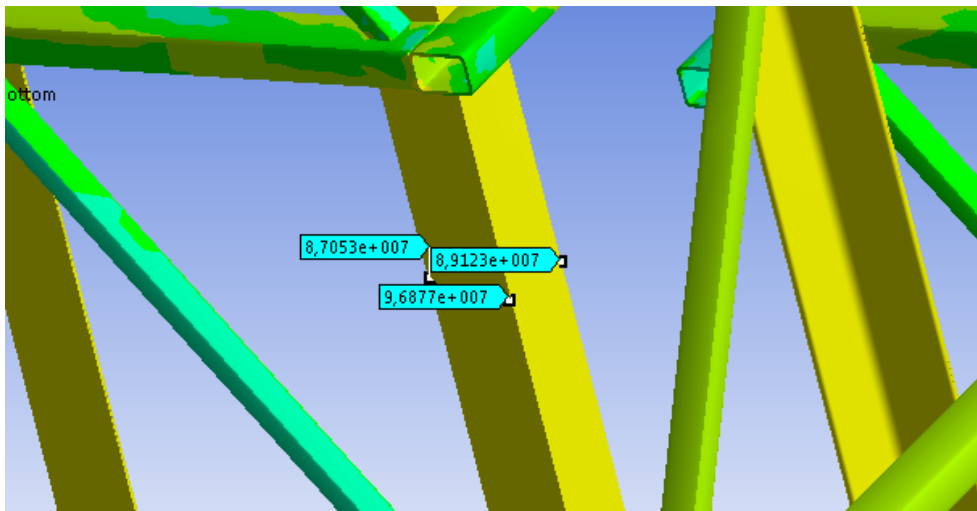


Рисунок 12 – Распределение напряжений по профилю уголка

На рисунке 13 показано перемещение элементов мачты от приложенной нагрузки. В верхней ее части перемещения равны $\Delta = 440$ мм.

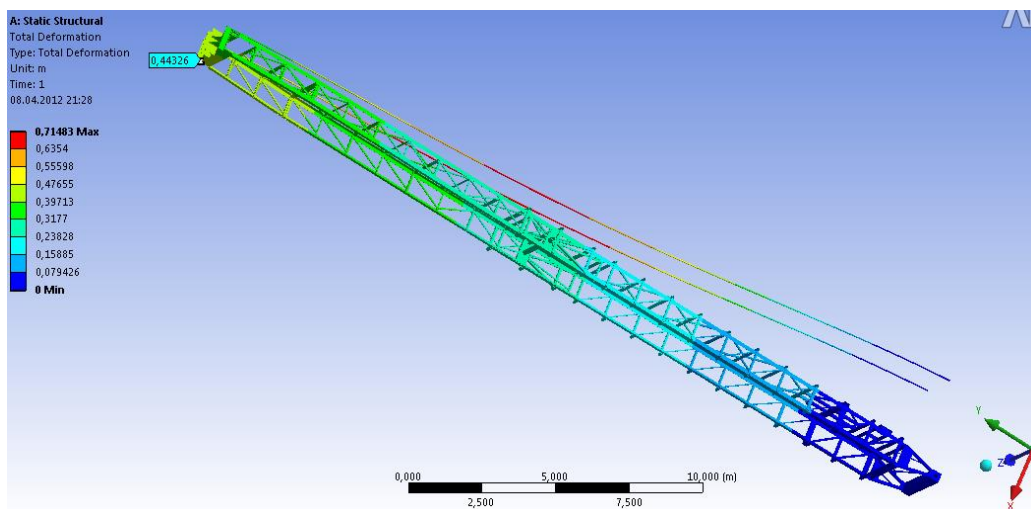


Рисунок 13 – Картина перемещений мачты от приложенной нагрузки

При замене элементов несущей конструкции была снижена ее масса:

$$\Delta m = m_1 - m_2 = 4530,9 - 3407,5 = 1123,4 \text{ кг,}$$

где

$$m_1 = 4 L m_{p1} = 4 (15,82 + 15,35) 44,28 = 4530,9 \text{ кг;}$$

$$m_2 = 4 L m_{p2} = 4 (15,82 + 15,35) 27,33 = 3407,5 \text{ кг;}$$

$$m_{p1} = 44,28 \text{ кг; } m_{p2} = 27,33 \text{ кг;}$$

m_{p1} , m_{p2} – масса погонного метра прямоугольной трубы и уголка соответственно.

Основные результаты и выводы

1. При замене несущих элементов конструкции с трубы прямоугольного сечения на равнополочный уголок напряжения возникающие в опасных местах конструкции не превышают 103 МПа, при прежней конструкции возникающие напряжения не превышали 70 МПа. Что говорит о возможности такой замены. Однако в месте сочленения частей мачты возникают большие напряжения, локально достигающие 210 МПа, что является неприемлемым, требует конструкторских изменений и дальнейшей работы.

2. При внесении вышеизложенных изменений в конструкцию ее масса снижается минимум на 1123,4 кг, что способствует большей ее мобильности и экономии средств выпускающего их предприятия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Справочник металлиста : в 5 т. / С. А. Чернавский [и др.]. – Москва, 1958. – Т. 2. – 46 с.
2. Каплун А. Б. ANSYS в руках инженера / А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Ольферьев – Москва, 2003. – 29 с.
3. Кравчук, А. С. ANSYS для инженеров / А. В. Чигарев, А. С. Кравчук, А. Ф. Смалюк – Москва : Машиностроение, 2004 – 416 с.

УДК621.91.002

АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ ДОПУСТИМЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ СБОРОЧНЫХ РАБОТ И НЕПОДВИЖНЫХ КОМПЕНСАТОРОВ РАЗНОЙ ДЛИНЫ С ЧИСЛОМ СТУПЕНЕЙ КОМПЕСАЦИИ ПРИ ДОСТИЖЕНИИ ТОЧНОСТИ СБОРКИ МЕТОДОМ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Медведев О. А., Гетман И. А., Вишневский А. И., Сульжиц В. И.

Брестский государственный технический университет,

г. Брест, Республика Беларусь

Метод регулирования широко используется для достижения высокой точности замыкающих звеньев длинных конструкторских сборочных размерных цепей машин в серийном производстве при экономически выгодных допусках составляющих звеньев. Он основан на быстром индивидуальном для каждого экземпляра собираемого узла изменении размера одного из составляющих звеньев – ком-