

УДК 378.683:338.43(470.333)

# ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ЗЕРНОСУШИЛОК

**Н.А. РОМАНЕЕВ,**

кандидат технических наук,

доцент,

**В.В. ВАРЫВДИН,**

кандидат технических наук,

профессор,

**Д.А. БЕЗИК,**

кандидат технических наук,

доцент

ФГБОУ ВО «Брянский

государственный аграрный университет»

E-mail: bda20101@yandex.ru

Приводятся примеры как с помощью проверочных расчетов металлоконструкций, основанных на автоматизированном проектировании, получают оптимальные решения.

**Ключевые слова:** металлоконструкция; зерноочистительный комплекс; надежность; коэффициент устойчивости; системы автоматизированного проектирования.

**П**еред АПК РФ стоят задачи по увеличению производства зерна, применению технологического оборудования но-

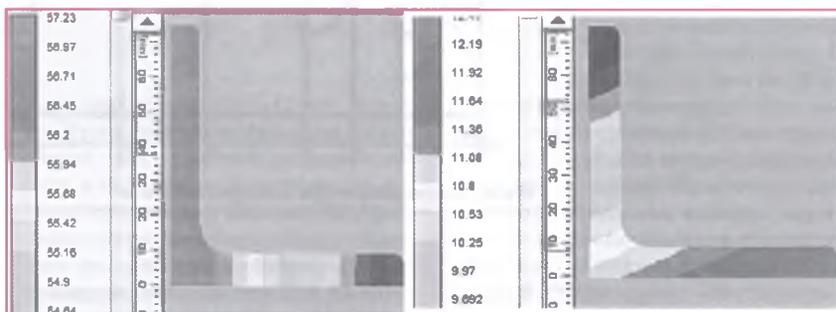


Рис. 2. Напряжение в сечениях стоек и раскосах, выполненных из уголка 75x5

вого типа для его послеуборочной обработки. Отечественные зерносушилки обладают известной универсальностью по сушке зерна определенных культур (независимой регулировкой температуры агента сушки для разных зон нагрева). Многолетняя эксплуатация многих металлоконструкций сушилок убеждает, что они имеют необоснованно завышенный запас прочности. Так, при эксплуатации башни зерносушилок (производство ООО «ОКБ по теплогенераторам») не обнаружено случаев разрушения узлов, потери устойчивости стержней, деформации секций. Если простые конструкции не вызывают трудностей при расчетах, то для достаточно сложных желательнее применять современные средства проектирования – программные продукты для автоматизированных расчетов [3].

В исследованиях использован отечественный пакет APM WinMachine, предназначенный для решения широкого спектра машиностроительных задач для расчета и проектирования инженерных конструкций. Он применялся нами для проверочных расчетов, а также оптимизации конструкций [4].

Был выполнен проверочный расчет башни сушилки СП-50. Для этого создана математическая модель конструкции. С помощью компьютерной программы, позволяющей изменять параметры модели, удалось добиться наилучших конструктивных соотношений. Для изготовления башни в качестве элементов балок и раскосов принят уголок по ГОСТ 8239-89. Соединение стержневых элементов друг с другом жесткое. Высота башни в нашем первом опыте 22 м. Башня уста-

новлена на четырех опорах, расположенных под углом в нижнем основании. Нагрузка представлена по верхней площадке: нория – 25 кН, площадка – 5 кН, снеговая и ветровая нагрузка 500 Н приложена к узлам башни и боковой площадки. Расчет выполняли методом конечных элементов. Модель башни и схема нагружения представлены на рис. 1.

В процессе расчета можно было выбрать сечение балки или раскоса и просмотреть распределение напряжений. Сечения окрашиваются во все цвета радуги по аналогии с испытанием методом фотоупругости физической модели. Наиболее опасные зоны концентрации напряжений – стойки нижней секции, хотя в этих зонах напряжения не более допустимых 50–70 МПа < 160 МПа. Результаты расчета напряжения в сечениях представлены на рис. 2. По карте формы потери устойчивости определены большие отклонения, которые дают диагональные пересекающиеся стержни на боковых поверхностях.

Металлоконструкция башни выполнена с запасом прочности в 2,2 раза, что позволило сделать вывод о возможности уменьшения профилей уголков. В итоге в конструкцию башни высотой 22 м, с учетом наших расчетов, конструкторы «ОКБ» внесли изменения в размеры уголков прокатного профиля, что позволило сэкономить 0,5 т стали на каждом изделии.

Наработанные результаты расчетов в WinMachine разных вариантов позволили с помощью пакета MATLAB получить аналитические зависимости массы башни и коэффициента устойчивости от параметров используемого металлопроката [5, 6].

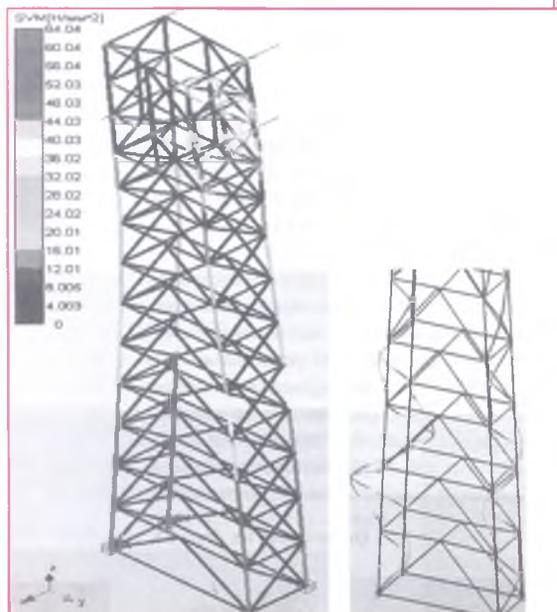


Рис. 1. Схема нагружения и деформация раскосов башни

Методы АПМ применяются не только в процессе проектирования новой техники, но и для совершенствования работающей при внесении изменений в конструкцию [7, 8].

После многолетнего взаимодействия с «ОКБ» нам поручили проверить запас прочности башни высотой уже 40 м. В процессе работы мы приблизились к созданию изделия в виде тела равного сопротивления изгибу, конструируя общую форму тела опоры и подбирая для каждого пояса соответствующий номер уголка. Потеря устойчивости стержней раскосов на торцевых поверхностях секций зафиксирована в 2–3 секции (см. рис. 1).

Подобная работа проведена и с эстакадой для загрузки бункеров.

Эстакада транспортная (рис. 3) предназначена для зерноочистительно-сушильной линии на базе сушилки СП-50. Зерно поднимается норией на высоту 28 м и высыпается на скребковый транспортер, находящийся на эстакаде высотой 21 м, затем загружается в бункеры через люки, расположенные под транспортером. Люки открываются в любой последовательности в зависимости от загрузки того или иного бункера.

Определены нагрузки на эстакаду: ветровая 41 570 Н, динамическая от падающего потока груза (пшеница) и от транспортера при пуске и торможении 1100 Н.

Когда загружается первый бункер, рабочая нагрузка на эстакаду ограничена длиной первой трети транспортера, при запуске второго бункера нагрузка на эстакаду 2/3 длины транспортера и т.д. Таким образом, максимальная нагрузка на эстакаду при загрузке третьего бункера. Но эта нагрузка и более равномерная для опор. Стержни верхнего пояса образуют решетчатую конструкцию, работающую на поперечный изгиб: в вертикальной плоскости – от рабочей нагрузки, в горизонтальной – от ветровой.

Для опор, изготовленных из трубы диаметром 177х6 мм, опасной деформацией является продольный изгиб, основной расчет проводится на устойчивость. Потеря устойчивости возрастает при возникновении поперечных деформаций от динамической и ветровой нагрузки. Ветровая нагрузка суммируется с динамической в период неустановившихся режимов работы привода транспортера.

Для верхнего пояса опасны направление ветровой нагрузки поперек движения транспортера, для опор – нагрузки вдоль продольной оси транспортера. В последнем случае подветренная площадь эстакады минимальна с торца конструкции, а динамические нагрузки при работе и торможении транспортера наибольшие. На опоры также передается продольная составляющая нагрузки от падающего потока зерна от головки нории при загрузке транспортера.

Из проведенных расчетов видно, что основные напряжения испытывают стойки эстакады, максимальное напряжение составляет 73,2 МПа, что в 2 раза меньше допускаемого (рис. 3).

Напряжения в ферменной конструкции значительно меньше, чем стоек, и составляет около 20 МПа.

Конструкция обладает достаточным запасом устойчивости, его коэффициент равен 10,4.

Наиболее приемлемое решение – совместное использование программных продуктов для автоматизированного проектирования машин WinMachine и пакетов математических программ MATLAB, которые позволяют найти эффективный алгоритм по оптимизации металлоконструкции.

Поэтому можно уменьшить размер сечения уголка для верхней части эстакады и использовать другой профиль для опор (прямоугольная труба), что приведет к снижению массы. Этот вариант нуждается в дополнительном исследовании. На основании расчетов, проведенных нами для башни высотой 22 м и 40 м, сформированы и переданы конструкторам предложения для внедрения на производстве [8].

#### Литература

1. Белоус, Н.М. Брянская ГСХА 30 лет на службе образования и науки / Н.М. Белоус // *Агрохимический вестник*. – 2011, № 3. – С. 2.
2. Белоус, Н.М. Концепция развития животноводства Брянской области / Н.М. Белоус, В.Е. Ториков // *Вестник Брянской ГСХА*. – 2015, № 3. – С. 59–63.
3. Варывдин, В.В. Использование компьютерных программ в процессе проектирования техники для сельского хозяйства / В.В. Варывдин, Н.А. Романеев, Д.А. Безик // *Конструирование, использование и надеж-*

*ность машин с/х назначения: сб. науч. работ*. – Брянск: Изд-во Брянской ГСХА, 2011. – С. 51–55.

4. Романеев, Н.А. Расчет металлоконструкций в АРМ WinStructure 3D: метод. указания. / Н.А. Романеев. – Брянск: Изд-во Брянской ГСХА, 2011. – 31 с.

5. Дьяконов, В.П. MATLAB R2007-2009. Спб.: «Питер», 2010. – 976 с.

6. Варывдин, В.В. К определению параметров сечения стандартного профиля в опорной конструкции нории расчетным путем / В.В. Варывдин [и др.] // *Вестник БГСХА*. – 2013, № 5. – С. 30–36.

7. Варывдин, В.В. Автоматизированное проектирование машин в процессе совершенствования техники для сельского хозяйства / В.В. Варывдин [и др.] // *Конструирование, использование и надежность машин с/х назначения: сб. науч. работ науч.-техн. конф.* – Брянск: Изд-во Брянского ГАУ, 2015. – С. 114–119.

8. Варывдин, В.В. О методике оптимизации металлоконструкции башни сушилки / В.В. Варывдин [и др.] // *Труды Кубанского ГАУ*. – 2015, № 5 (56). – С. 233–239.

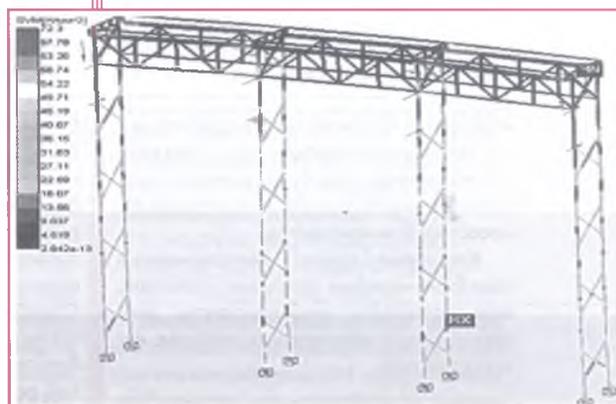


Рис. 3. Напряжение при нагружении транспортной эстакады

*Innovative development of the country is impossible without close cooperation of manufacturers with science and education. The domestic industry, using advanced foreign and domestic experience, supported by the Russian scientists, is not only able to meet the needs of the country, but to reach the level of best world standards. Relying on the latest domestic developments in the field of computer aided design, we have performed test calculations of metal structures of Bryansk manufacturers. Based on these calculations and the mathematical software packages it is possible to obtain optimal solutions.*

**Keywords:** metal structure; grain complex; reliability; coefficient of stability; computer aided design.