

УЧЕТ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ РАБОТЫ КАРКАСА СКЛАДА КОНЦЕНТРАТА КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ

А.М. Кузнецов

Научный руководитель – к.т.н., доцент *А.И. Згировский*
Белорусский национальный технический университет

Несущие конструкции склада концентрата представляют собой стрельчатые 3-х шарнирные деревянные клееные арки прямоугольного постоянного сечения 300x1073 мм. Арки пролетом 45 м состоят из двух полуарок кругового очертания с радиусом кривизны 31 м. Шаг арок – 3 м, высота подъема – 22.5 м. К арке подвешена транспортная галерея, при помощи которой осуществляется загрузка склада. Пространственная неизменяемость была обеспечена постановкой горизонтальных крестовых металлических и деревянных вертикальных связей.

Произведен статический расчет температурного блока пространственного каркаса склада в осях 1-26, длиной 75 м. При расчете приняты следующие характеристики материалов: древесина: модуль упругости $E=10000$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu = 0,49$; сталь: модуль упругости $E=206000$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu = 0,32$.

Сечения элементов и расположение связей приняты согласно рабочим чертежам ОАО БелГОРХИМПРОМ.

Для расчёта конструкций использовались расчётные комплексы MCS/NASTRAN v.4.0. и Гетар v.8.1. Стрельчатые деревянные арки были запроектированы с использованием пластинчатых элементов (Plate), связи – стержневых элементов (Bar). Количество элементов модели: 14824, число узлов: 22940. Опираие арок выполнено шарнирным. Сопряжение в коньке также шарнирное и выполнено с использованием Bar-элемента большой жесткости. Для отражения реальной работы конькового узла сопряжения арок, перемещения концов жесткой вставки объединялись по всем направлениям кроме поворота вокруг глобальной оси Z. В этом случае, жесткая вставка не деформируется, а образует лишь шарнир в плоскости арок. Объединение перемещений узлов задается уравнением связи (Equation Constraint): $0 = -\sum A_j u_j$, где A_j – коэффициенты уравнения, u_j – узловые степени свободы. Примыкания элементов связей к аркам принято шарнирным.

Влияние деревянного настила на пространственную работу каркаса не учитывалось.

Расчет выполнен на следующие загрузки: 1) постоянная и снеговая нагрузки по всему пролету; 2) снеговая нагрузка, равномерно распределенная на левой половине пролета; 3) ветер слева; 4) кратковременная нагрузка от талей; 5) нагрузка от подвесной транспортной галереи; 6) ветер на торец склада. Загрузки 3 и 6 являются взаимоисключающими.

Ветровая нагрузка принята для I-го ветрового района ($w_0=0.23$ кПа), типа местности А по СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия».

Расчет стальных элементов выполнен по СНиП II-23-81* «Стальные конструкции. Нормы проектирования», деревянных элементов – по СНиП II-25-80 «Деревянные конструкции».

Сечение элементов связевой фермы принято деревянным, горизонтальных крестовых связей – из уголка 75x6. Горизонтальные элементы связевой фермы состоят из двух деревянных брусков 7.5x12.5 см, раскосы из бруска сечением 7.5x12.5 см. Примыкания элементов связей и их сопряжения со стрельчатой аркой при проверке прочности поперечного сечения приняты шарнирными.

Расчет показал, что деревянные элементы ферменной связи имеют запасы прочности, как при сжатии, так и при растяжении. Сечение стальных растянутых элементов крестовых связей определяется предельной гибкостью элемента. Стальные элементы связей при сжатии теряют устойчивость, а нагрузку воспринимают только растянутые элементы.

Анализ расчетов показал, что предложенная разреженная схема горизонтальных связей обеспечивает пространственную неизменяемость каркаса.

Предложенная схема горизонтальных связей, а также замена стальных связевых элементов на деревянные позволило сократить общее количество элементов, расходуемых на связи, и сократить расход стали только на данном складе до 100 тонн.