

ИССЛЕДОВАНИЕ НДС ДЕРЕВЯННОГО СЕТЧАТОГО СВОДА С ОРТОГОНАЛЬНОЙ ЯЧЕЙКОЙ СО СПЛОШНЫМИ ПРОГОНАМИ В ПЛАСТИНЧАТО-СТЕРЖНЕВОЙ РАСЧЕТНОЙ СХЕМЕ В ПК SCAD

Магистрант Локтев Д.А.

Научный руководитель — профессор Инжутов И.С.

Сибирский федеральный университет

Своды цилиндрической, эллиптической, параболической и других форм представляют собой удобную поверхность для устройства сетчатых конструкций [1], а цилиндрические формы покрытий с малым радиусом кривизны отличаются эффективным использованием внутреннего пространства и минимальными распорными усилиями на нижележащие конструкции. В связи с чем, становится актуальным разработать и исследовать напряженно-деформированное состояние сетчатого свода с малым радиусом кривизны.

Характерной особенностью деревянных сетчатых сводов с ортогональной ячейкой является возможность их конструирования с малым радиусом кривизны за счет использования сплошных прогонов (рис. 1). Стоит отметить, что в сводах с ортогональной ячейкой со сплошными прогонами набор несущих конструктивных элементов сокращается до 3, в результате чего достигается снижение затрат по трудоемкости изготовления и монтажа конструкции, что напрямую отражается на стоимости конструкции.

Подтвердить предпосылки высоких технических параметров свода с ортогональной ячейкой со сплошными прогонами принято в программном комплексе SCAD, который зарекомендовал себя как надежный программный комплекс и, соответственно, имеет широкое распространение в кругах проектных организаций.

Исследуемый сетчатый свод задан как пластинчато-стержневая система. Все косяки свода аппроксимированы 4х-угольными конечными элементами оболочки (тип 44), характеризующимися 6 степенями свободы, произвольным положением в рабочем пространстве. Один косяк (продольный или поперечный) свода образован одним конечным элементом 44 типа, который в свою очередь имеет 5 дроблений по высоте и 30 по длине. Материал поперечных косяков, прогонов – сосна II сорта, поперечное сечение косяков – 220x75 мм, прогонов 230x75 мм.

В своде присутствуют два типа узла: два поперечных косяка «набегают» на прогон и поэтажное соединение прогона с поперечным косяком в его середине. Первое узловое соединение двух набегающих косяков свода к сквозному косяку представлено на рис. 2. Для учета работы сквозного косяка на сжатие поперек волокон от набегающих косяков, в расчетной схеме узла добавлены дополнительные конечные элементы оболочки, жесткость которых равна жесткости древесины поперек волокон (рис. 2).

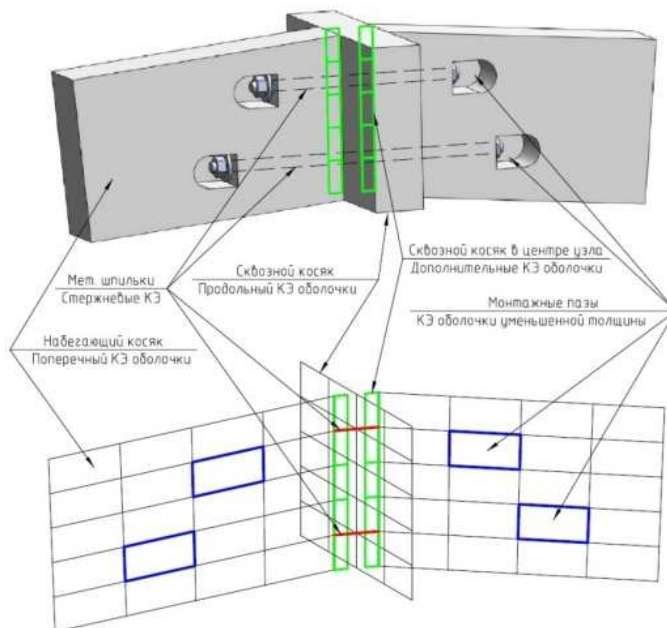


Рис. 1. Узел свода. Конструктивное решение (сверху) и расчетная схема (снизу)

Стержневые элементы, имитирующие работу металлических шпилек, заданы с учетом промежуточных узлов, которые в свою очередь принадлежат оболочечным КЭ. Материал шпилек – сталь С245, диаметр – 1,2 см.

Позэтажное соединение прогона с поперечным косяком в его середине на уровне расчетной схемы реализовано за счет общего узла, который принадлежит как КЭ оболочки прогона так и КЭ оболочки поперечного косяка.

Жесткость свода в продольном направлении обеспечивается за счет неразрезных прогонов.

Установлено, что максимальные напряжения в расчетной схеме свода из 7 арок, близки по своим значениям к максимальным напряжениям в расчетной схеме всего свода. Таким образом, расчетная схема исследуемого свода состоит из 7 поперечных арок с шагом 1 м (рис. 2).

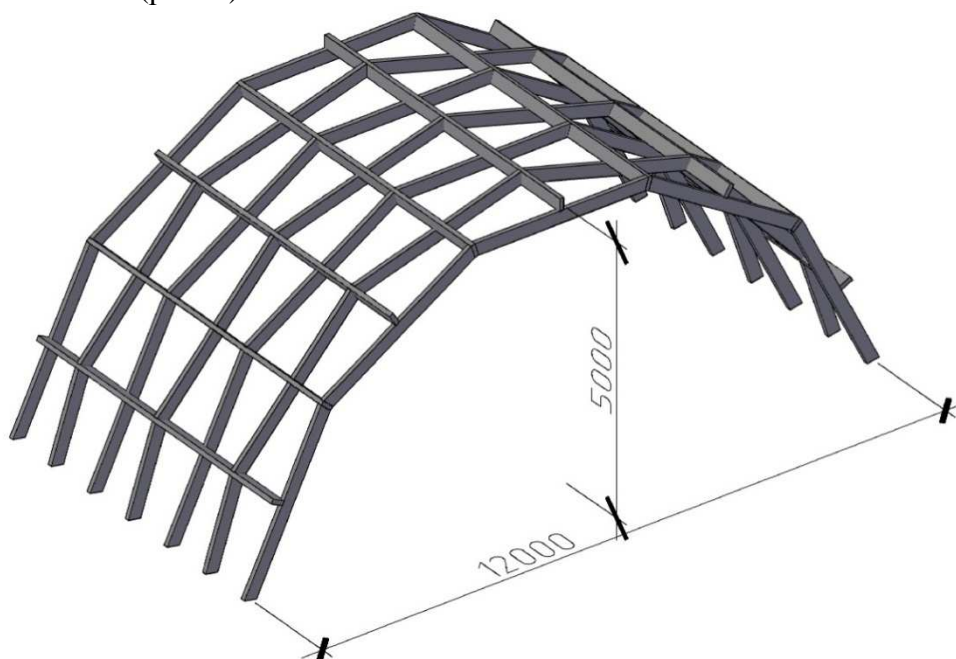


Рис. 2. Схема исследуемого свода с ортогональной ячейкой со сплошными прогонами

Опоры свода принимали шарнирно-неподвижными (направление связей было установлено вдоль осей X, Y, Z). Чтобы избежать концентраторов напряжений в опорах, опоры моделировали как оболочечные КЭ повышенной жесткости.

Напряженно-деформированное состояние свода изучали от действия равномерно-распределенных сил, приложенных вертикально по продольным рядам расчетной схемы свода. Расчет выполняли по двум схемам загрузки:

- полная нагрузка (снеговая для IV района и постоянная) приложена симметрично к своду;
- постоянная нагрузка приложена симметрично, снеговая несимметрично.

Результаты численных исследований сетчатых сводов с ортогональной ячейкой со сплошными прогонами показали, что близкие по своим значениям максимальные напряжения образуются как при симметричном, так и при несимметричном нагружении.

При несимметричном нагружении максимальные напряжения в косяках и металлических шпильках зафиксированы в первой четверти пролета свода.

Максимальные сжимающие нормальные напряжения N_X возникают в верхней зоне косяков и равны 10,35 МПа, растягивающие возникают в нижней зоне и равны 6,87 МПа (рис. 3).

Максимальные внутренние усилия растяжения в металлических шпильках в узлах достигают 2,44 т.

Максимальные суммарные деформации узлов составили 42 мм и находятся они, как правило, в 3 продольном ряде.

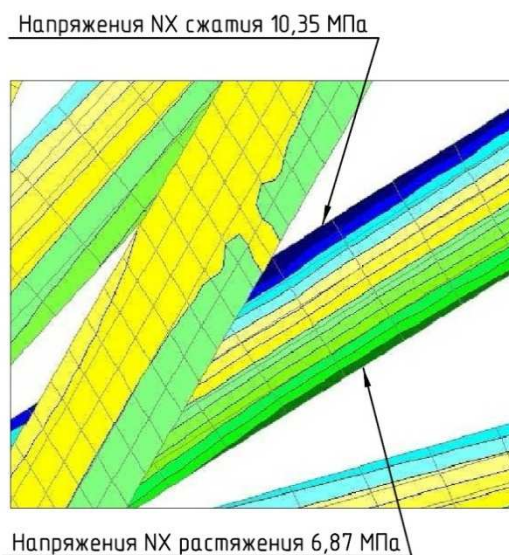


Рис. 3. Узел с максимальными нормальными напряжениями в косяке при несимметричном нагружении

При симметричном нагружении максимальные напряжения в косяках и металлических шпильках зафиксированы в центре свода, первой и последней четверти пролета.

Максимальные сжимающие нормальные напряжения N_X возникают в верхней зоне поперечных косяков, расположенных в центре пролета свода, и эти же напряжения

возникают в нижней зоне косяков, расположенных в первой и последней четверти пролета (рис. 4). Величины сжимающих напряжения NX равны 11,61 МПа. Максимальные растягивающие нормальные напряжения NX возникают в нижней зоне косяков, действуют в поперечных косяках в центре свода, равны 8,33 МПа (рис. 4).

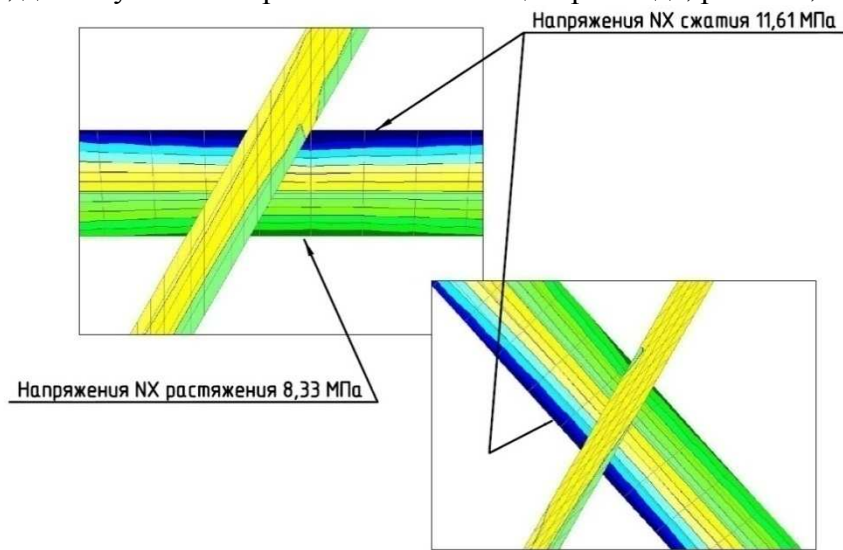


Рис. 3. Узел с максимальными нормальными напряжениями в косяке при симметричном нагружении

Максимальные внутренние усилия растяжения в металлических шпильках в узлах достигают 2,54 т.

Максимальные суммарные деформации узлов составили 24 мм и находятся они в центре пролета свода.

Анализ результатов численных исследований показал, что деревянный сетчатый свод со сплошными прогонами имеет допустимые по нормам напряжения в элементах в узлах, деформации, вследствие чего, имеет дальнейший научный интерес его численного и физического исследования.

Следует отметить, что технически оправдано в таких сводах использовать в качестве прогонов различные двутавровые профили из различных материалов (сталь, пультрузионный пластик), с использованием которых открывается определенный «конструкторский простор» для создания новых конструктивных решений узлов соединения косяков и прогонов свода.