

## **Проектирование несущих конструкций покрытия зимнего сада на территории санатория - профилактория БНТУ**

Дольникова В.А.

*Научный руководитель - Згировский А.И.*

Белорусский национальный технический университет

При проектировании уникальных зданий и сооружений сложных форм, несущий каркас целесообразно реализовать из клееных деревянных элементов. Это связано с тем, что формы клееных деревянных конструкций могут быть разнообразными, таким образом появляется возможность создавать здания и сооружения любого очертания и с определенными криволинейными плоскостями. Проектирование сооружения со сложной геометрией является очень сложной задачей. Поиск, создание и изучение методов, позволяющих проектировать сооружения со сложной геометрией, является достаточно востребованными.

Зимний сад – это сооружение с умеренным климатом, где помимо выращивания экзотических растений, можно приятно посидеть, отдохнуть, прогуляться, рассматривая диковинные растения, или просто выпить чашечку кофе.

Запроектированный зимний сад представляет собой здание сложной конфигурации в плане и состоит из 4-х разновысоких объёмов, в которых расположены помещения выставочной и служебной зоны. Запроектировано три экскурсионных зала: Выставочный зал – для установки стендов с иллюстрационным материалом, большой экспозиционный зал и водный сад. Служебные и рабочие помещения расположены с северной стороны здания. Технические помещения для обслуживания здания зимнего сада расположены в подвальном этаже. Внутри здания предусмотрен антресольный этаж с зоной отдыха для посетителей.

Освещение центрального зала предполагается осуществлять через ленточные витражи из однокамерных стеклопакетов. Отдельные участки здания в зоне расположения служебных помещений имеют стеновое ограждение из трехслойных стеновых панелей.

Основные несущие конструкции каркаса – деревянные клееные арки. Пролёт арок выставочной зоны – 20,40 м, максимальная высота

стрелы подъёма арок – 16,70 м. Арки выставочной зоны установлены с шагом 4,50 м. Для крепления стенового ограждения по торцам здания предусмотрены стойки фахверка. Фасады объекта представлены на рисунке 1.

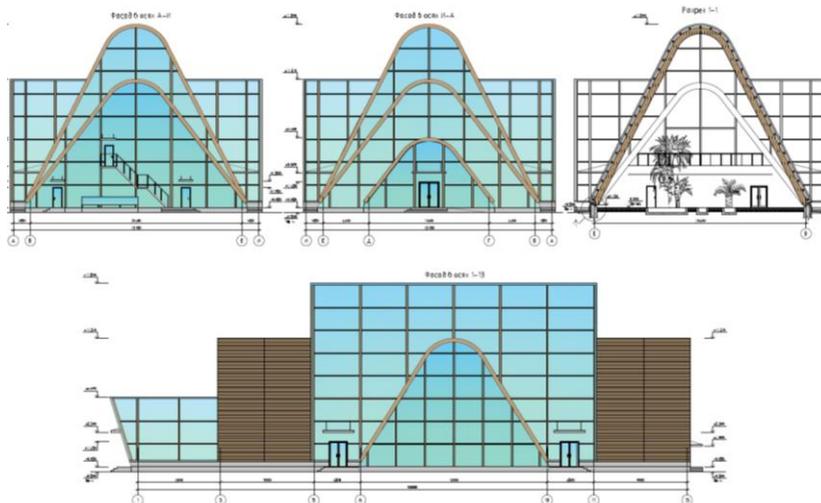


Рисунок 1 – Фасады зимнего сада профилактория-санатория БНТУ

Устойчивость каркаса обеспечивается системой связей, установленных по торцам разновысоких блоков здания.

При проектировании несущих конструкций зимнего сада были рассчитаны следующие конструктивные элементы здания: двухшарнирная арка покрытия, балка перекрытия, стойка фахверка и неразрезные прогоны покрытия. Также были разработаны узлы конструктивных элементов и показаны их крепления друг к другу. Расчеты деревянных конструкций выполнены в соответствии с СП 5.05.01-2021 «Деревянные конструкции».

Статический расчет арок выполнен в программном комплексе Лира. В результате расчета были получены внутренние усилия – продольная, поперечная силы и изгибающие моменты, по которым были определены сечения арок, рассчитаны шарнирный узел опирания арки на фундамент и жесткий узел соединения полуарок. Сечения принимались по расчету и корректировались в соответствии с технологическими требованиями при изготовлении на заводе.

Здание зимнего сада имеет сложную форму в плане, которая обусловлена тем, что оно состоит из четырех разновысоких объёмов, в которых располагаются помещения выставочного и служебного назначения.

Служебная часть помещений располагается в объеме здания в осях «11-13/В-Е», в котором предусмотрены необходимыми помещениями для комфортного пребывания посетителей, а также персонала здания зимнего сада. Над служебными помещениями располагается антресольный этаж, в котором предусмотрена зона отдыха для посетителей. В этих осях располагается подвальный этаж, в объеме которого расположены технические помещения, предназначенные для отопления, вентилирования и обеспечения электричеством всего здания зимнего сада.

Основную часть зимнего сада составляет выставочный зал. Вход в выставочный зал осуществляется через зону входной группы. Выставочная часть представляет собой помещение сложное в плане, пространство которого образуются клеодощатыми арками параболической формы. В свою очередь, выставочная часть зимнего сада имеет переменную высоту несущих конструкций покрытия: более низкие – к краям здания, более высокие – в центре.

Конструкции здания решены в деревянном арочно-связевом каркасе. В поперечном разрезе здание имеет арочное очертание параболической формы. Данное очертание образовано несущими конструкциями – двухшарнирными арками постоянного прямоугольного сечения 165x576 мм из клееной древесины. Каркас здания в целом представлен 20-ю клеодощатыми 2-х шарнирными параболическими арками с пролётом – 20,4 м, установленными с шагом – 4,5 метра; 25-ю стойками фахверка из клееной древесины, с раскрепляющими элементами.

Прогоны кровли выполнены из деревянного бруса сечением 150x200 мм. Прогоны – двух и трехпролетные, неразрезные длиной по 9 – 12 м, располагаются с шагом 1,0 м. Общий вид основных несущих конструкций покрытия представлен на рисунках 2 и 3.

К прогонам крепится светопрозрачное покрытие, запроектированное из витражей на алюминиевом каркасе с заполнением стеклопакетами. Закрепление арки в фундаменте – шарнирное. Устойчивость здания обеспечивается вертикальными связями, стянутыми крестообразно по 5-ти частям здания, охватывая 10 арок. Для покрытия по

деревянному каркасу используется кварцевый триплекс, что позволяет сохранить видимыми несущие конструкции, максимально вписать объект в окружающую среду. В плане сооружение прямоугольной формы с габаритными размерами 23,7x56,25 м. Для посетителей предусмотрен сквозной проход через все пространство, расположенный по торцам сооружения, вход обустроен со ступенями.

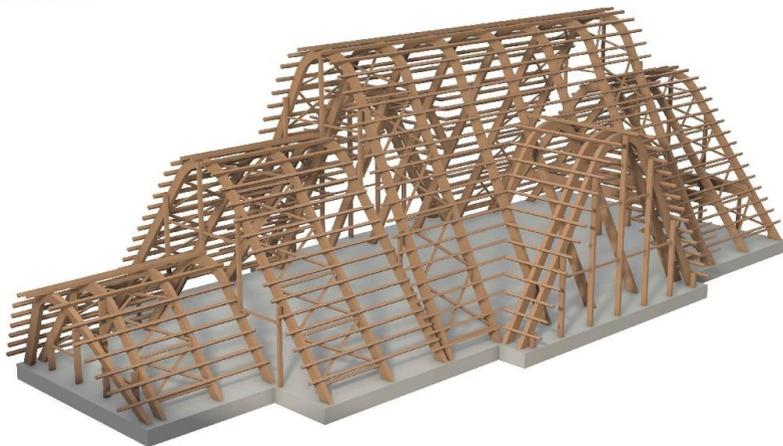


Рисунок 2 – Общий вид основных несущих конструкций покрытия

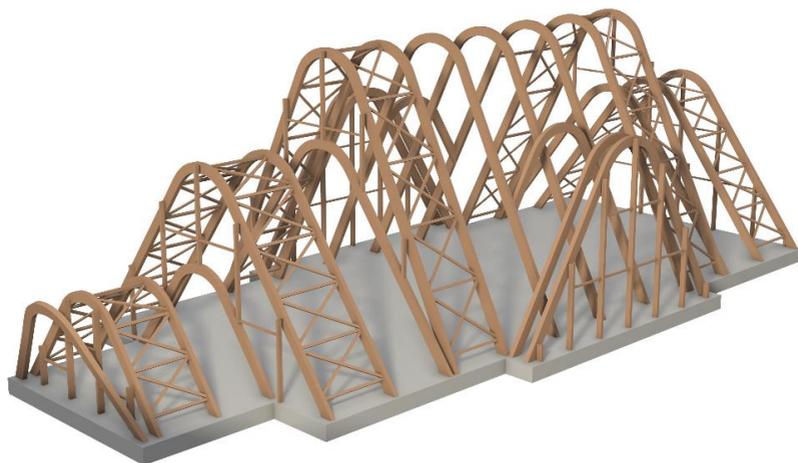


Рисунок 3 – Общий деревянных двухшарнирных арок покрытия и связевых блоков

Арки в сооружении – разнопролетные и разновысотные. Максимальный пролёт арки – 20,4 м. Максимальная высота арки 16,7 м, минимальная – 5,8 м. Арки изготавливаются на заводе с использованием уникальных, но подобных форм: они имеют переменную высоту, но одинаковое поперечное сечение и форму. Регулирование их высоты позволяет придать зданию органически подвижную форму. Основным сырьем для их изготовления являются: обрезные специфицированные пиломатериалы хвойных пород, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 8486–86, ГОСТ 20850–84, СТБ 1722–2007 и СТБ 1713–2007; клей Akzo Nobel для несущих элементов.

Собственный вес деревянных конструкций для предварительного расчета в программном комплексе задаётся программой автоматически для арок, прогонов, элементов кровельного покрытия исходя из заранее заданных в ней плотности материала и размеров сечений. Для клееной древесины класса прочности GL 32h характеристические значения принимались по СП 5.05.01-2021, а объемный вес по СН 2.01.02.

Для клееных арочных элементов и стандартных гнукотклееных косяков, использовался клей AkzoNobel, имеющий класс эмиссии E1, означающий, что содержание формальдегида ниже естественного фона окружающей среды.

При определении постоянной и снеговой нагрузок рассматривались следующие варианты: а) постоянная; б) постоянная + переменная, равномерно распределенная снеговая нагрузка; в) постоянная + переменная снеговая нагрузка, распределенная по треугольникам; г) постоянная + переменная снеговая нагрузка, распределенная по треугольнику на половине пролета.

При определении ветровых нагрузок внутреннее и наружное давление рассматривалось действующими в одно и то же время. В помещениях с проницаемыми наружными ограждениями необходимо учитывать внутреннее давление, если его действие неблагоприятно. При этом внутреннее давление действует на все внутренние стены помещения одновременно и имеет одинаковые знаки.

Так как габариты арки превышают допустимый транспортный габарит перевозимых транспортом конструкций, арку запроектирована из двух частей, соединенных монтажным стыком.



из условия смятия древесины; из условия изгиба нагеля; из условия смятия металла вертикальной пластины. Анкерные полосы толщиной 6 мм и шириной 80 мм крепились к деревянным стойкам двумя нагелями диаметром 12 мм.

Для изготовления балки перекрытия использовались доски шириной 200 мм и толщиной 40 мм. После фрезерования толщина досок составила 33 мм. Ширина балки после фрезерования заготовочных блоков по пласти составила 190 мм. Высота сечения балки перекрытия составила 825 мм.

Для арок параболического очертания был разработан проект производства работ. До начала выполнения работ по монтажу арок покрытия необходимо было:

- ознакомить рабочих с организацией места производства работ, технологической картой, провести целевой инструктаж по технике безопасности;

- выполнить подготовку мест производства работ;
- при необходимости выполнить освещение рабочих мест;
- укомплектовать объект необходимыми инструментами, машинами, приспособлениями и механизмами;
- спланировать площадку складирования несущих конструкций на приобъектном складе;

- завести к месту производства работ необходимые материалы;
- устроить временные площадки из дорожных железобетонных плит под монтажные краны;

- установить передвижную опору для монтажа полуарок;
- выполнить и принять по акту опоры полуарок.

Работы по монтажу полуарок выполняются двумя кранами, двумя автогидроподъемниками и одной передвижной опоры.

Монтаж арок выполняется с применением двух монтажных кранов, передвижной опоры автогидроподъемника в следующей последовательности:

- производятся подготовительные работы;
- полуарки на площадке для временного складирования грузятся на автотранспорт и подвозятся к месту монтажа;

- на полуарку устанавливаются монтажные детали для крепления прогонов и связей;

- передвижная опора устанавливается под центром арки;

- полуарки строятся мягкими стропами, и к ним привязываются оттяжки;
- с использованием оттяжек монтажным краном полуарка подается к месту установки;
- полуарки устанавливаются и закрепляются в проектное положение;
- монтируются крестовые связи и деревянные элементы покрытия (прогоны).
- полуарка устанавливается в проектное положение (верх полуарки устанавливается в съемный опорный элемент СОЭ с домкратом, расположенный на передвижной опоре);
- одновременно вторым краном аналогично устанавливается вторая полуарка;
- установленные полуарки выверяются при помощи домкратов и стыкуются между собой;
- для временного раскрепления первых двух монтируемых полуарок закрепляются тросовые растяжки, идущие к тяговым лебедкам;
- передвижную опору перемещают под центр второй арки и аналогично производят монтаж второй пары полуарок;
- после монтажа второй арки освободившимися кранами производят монтаж связей и прогонов покрытия;
- после того как первые две арки раскрепили между собой тяговые лебедки убирают и переходят к монтажу следующей арки.

В проекте использованы материалы и механизмы наиболее экологически безопасные, экономичные и легкие в монтаже и обработке, что обеспечило снижение сроков и стоимости строительства.

Организационные решения отражают последовательность и увязку всех видов строительно-монтажных работ при возведении общественного здания.

Проект соответствует экологическим, санитарно-гигиеническим, противопожарным и другим действующим требованиям, нормам и правилам, и обеспечивает оптимальную и безопасную для жизни и здоровья людей эксплуатацию объекта.

### **Список использованных источников**

1. СН 2.01.01-2022. Основы проектирования строительных конструкций. – Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, Минск, 2022. – 65 с.

2. СН 2.01.02-2019 «Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Объемный вес, собственный вес, функциональные нагрузки для зданий».

3. СН 2.01.04-2019. Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Снеговые нагрузки. – Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, Минск, 2020. – 43 с.

4. СН 2.01.05-2019. Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Ветровые воздействия. – Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, Минск, 2020. – 128 с.

5. СП 5.05.01-2021 «Деревянные конструкции. Строительные нормы проектирования / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск: 2021. – 110 с.

6. Конструкции из дерева и пластмасс. Методические указания к практическим занятиям для студентов специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» А.И. Згировский, А.В. Оковитый, 2012. – 89 с.