

# **ВЫСШАЯ ШКОЛА ПРОМЫШЛЕННО-ГРАЖДАНСКОГО И ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

## **СЕКЦИЯ «ЦИФРОВОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»**

УДК 69.07

А.Х. Наджмудинов, С.С. Зимин  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

### **НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ КУПОЛОВ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА**

Целью данного исследования является оценка расчетными методами влияния температурно-климатических, снеговых, ветровых воздействий, а также собственный вес и вес от покрытия на характеристики НДС элементов сетчатых геодезических куполов и технико-экономическая обоснования применения этих куполов в условиях Крайнего Севера.

Территория Российской Федерации отличается большим разнообразием климатических условий для строительства, в том числе наиболее сложными, характерными для районов Восточной Сибири и Дальнего Востока. Особенностью климата Крайнего Севера является его резкая континентальность, отличающаяся продолжительным зимним и коротким летним периодами [1].

На Крайнем Севере есть несколько городов, а население живет в общинах, поэтому он является самым малонаселенным регионом. Для того чтобы жители чувствовали перспективы экономического развития, необходимо осуществлять строительство как жилых, так социальных, культурных и административных объектов.

Для Арктической зоны характерны экстремальные климатические условия: отрицательная среднегодовая температура, полярные ночи, сильные ветры и метели [2]. Конструкция здания должна быть без температурных мостиков, через которые тепло мгновенно выходит из помещения.

Одним из решений выше обозначенных проблем в жилищном строительстве является геодезический купол (рис. 1), который имеет ряд преимуществ:

1. Купол является наиболее эффективной формой здания при ветровых и снеговых нагрузках, что было доказано во время смерчей ураганов;
2. Купол имеет наибольший объём при наименьшей площади поверхности;
3. Минимальны материалоемкость, трудоемкость и сроки возведения купола;
4. Меньше тепла поглощается летом, соответственно, снижаются (до 40%) расходы на обогрев и кондиционирование. А также через маленькую площадь поверхности проникает меньше звуков, что делает жизнь под куполом комфортнее;
5. Купольные конструкции намного легче, чем обычные прямоугольные здания, поэтому для них не нужен сложный фундамент.

Но на равне с плюсами геодезических куполов также имеются и минусы данных построек:

1. Сложность расчетов. Геодезический купол нельзя чертить и рассчитывать только в двух плоскостях. Необходимо иметь хорошее пространственное воображение и неплохие познания в программах 3D-графики.
2. Это достаточно новый способ возведения зданий, поэтому нюансы и тонкости сооружения купольных конструкций не описаны в классической литературе по строительству и с ними не сталкиваются опытные строители в повседневной практике.

В данном исследовании рассматривалась геодезический купол с разными жесткостными характеристиками из таких материалов как, сталь, алюминий и древесина.

В работе были рассмотрены два варианта расчета:

- 1 Вариант: конструкция рассматривается в режиме эксплуатации, расчет производится по 1 и 2 группе предельных состояний, на воздействии постоянных, снеговых и ветровых нагрузок;
- 2 Вариант: конструкция рассматривается в режиме эксплуатации, расчет производится по 1 и 2 группе предельных состояний, на воздействии положительных и отрицательных температурно-климатических нагрузок.

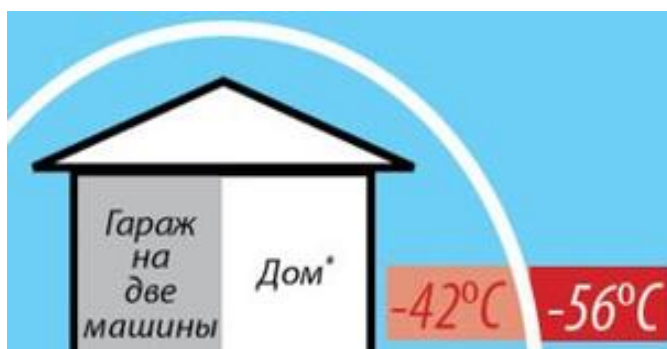


Рис. 1

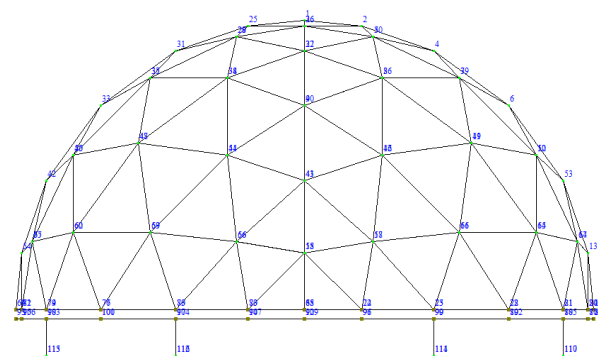


Рис. 2

Нормативные и расчетные значения снеговых, ветровых и температурно-климатических воздействий определено по [3] п.10, п.11 и п.13.

В качестве расчетной модели рассматривался пространственная стержневая модель с шарнирным соединением элементов. Купол – сетчатый геодезический, с частотой разбивки 6V (V-это частота триангуляции купола т.е. высота купола разбивается на 6 рядов), диаметр – 20 м, стрела подъема – 10 м. Разбивку сетки, основанную на фигуре – икосаэдр (см. рис.2.).

Для достижения данной цели в роли основного метода в данном исследовании было принято метод компьютерное моделирование конструкций. Расчет было выполнено в программный комплекс (ПК) ЛИРА-САПР, далее было произведено сравнительный анализ полученных результатов при двух варианта расчета (табл. 1).

Таблица 1

Материал	Варианты расчета	Анализ НДС	
		Перемещения по Z, мм	Усилия N, т
1. Сталь	Вариант 1	14,6	3,5
	Вариант 2	3,2	2,4
2. Алюминий	Вариант 1	19,6	3,7
	Вариант 2	6,4	2,01
3. Древесина	Вариант 1	3,7	4,1
	Вариант 2	0,9	2,6

По результатам расчета 1-го и 2-го варианта для элементов геодезического купола исходя из наиболее нагруженных элементов, было подобрано несколько разных сечений [4-6]. В окончательном варианте чтобы унифицировать все элементы выбрано только два сечения. А также была определена общая стоимость конструкций купола (табл. 2).

Таблица 2

№ п/п	Материал	Сечения элемента, мм	Общая стоимость в руб.
Элементы опорного кольца			
1	Сталь	Профиль прямоугольный гнутый замкнутый сварной 80×70×3 мм	7741,80
Остальные элементы			
2	Сталь	Профиль прямоугольный гнутый замкнутый сварной 80×60×2 мм	50609,96
		Итого:	58351,76
Элементы опорного кольца			
3	Алюминий	Профили прессованные прямоугольные половообразного сечения $b = 30$ мм; $h = 20$ мм	3878,72
Остальные элементы			
4	Алюминий	Профили прессованные прямоугольные половообразного сечения $b = 30$ мм; $h = 20$ мм	39940,4
		Итого:	43819,12
Элементы опорного кольца			
5	Древесина	Клееной древесины, состоящими из 6 досок сечением 26×110 мм	2392,92
Остальные элементы			
6	Древесина	Клееной древесины, состоящими из 4 досок сечением 26×110 мм	16523,73
		Итого:	18916,65

По результатам расчета и подбора сечений элементов конструкций геодезического купола с разными жесткостными характеристиками из таких материалов как, сталь, алюминий и древесина можно сделать следующие *выводы*:

1. Большие влияние на геодезические купола оказывают температурно-климатические воздействия.

2. Результаты расчетов показывают, что в первом варианте расчета вклад в напряженно-деформированное состояние элементов конструкций купола составляет: 20 % от собственный вес и вес от покрытия, 39,1 % от снеговых и 40,9 % от ветровых нагрузок. А на втором варианте расчета вклад в напряженно-деформированное состояние элементов конструкций купола составляет: 19,6 % от средняя температура в теплое время; 34 % от средняя температура в холодное время; 5,7 % от перепада температуры в теплое время и 40,7 % от перепада температуры в холодное время года.

3. По результатам статического и технико-экономического расчета сетчатого геодезического купола самым эффективным и экономичным для условия Крайнего Севера является деревянные купола, так как показывали вышеприведенные расчеты.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Матвеева Н.А., Корсун В.И., Данилов Н.Д., Федотов П.А. Влияние температурных климатических воздействий на напряженно-деформированное состояние наружных стен зданий в условиях Якутии. // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2018. №3 (131) С. 30–35.
2. Клименко М.Ю., Царитова Н.Г., Чернушкина С.А. Перспективы использования геодезических куполов в условиях Арктики // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 61-7. С. 54-58.
3. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*.
4. ГОСТ 30245-2003. Профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные и прямоугольные для строительных конструкций.
5. ГОСТ 13616-97. Профили прессованные прямоугольные половообразного сечения из алюминия, алюминиевых и магниевых сплавов.
6. ГОСТ 24454-80. Пиломатериалы хвойных пород.