

Поиск оптимального соотношения пролета и стрелы подъема выпуклых двухсетчатых решетчатых конструкций с круглым планом

Асп. Широков В.С.

К.т.н., доц. Алпатов В.Ю.

В строительстве всегда стремятся к экономии материала, поэтому одним из основных критериев оптимизации является масса конструкции. Это стремление прослеживается и по отношению к пространственным решетчатым конструкциям покрытий зданий и сооружений. Для подобных конструкций, масса есть функция множества параметров, основными из которых являются:

1. геометрическая форма;
2. перекрываемый пролет;
3. характер и интенсивность нагружения.

Геометрический профиль пространственной решетчатой конструкции в общем случае может быть плоский, вогнутый или выпуклый (далее будем говорить о плоской, вогнутой и выпуклой конструкции, соответственно).

Авторами поставлена задача определить оптимальные параметры выпуклой пространственной решетчатой конструкции с круглым планом по критерию минимума массы.

Для достижения поставленной цели следует поставить задачу в форме задачи параметрической оптимизации.

Объектом исследования являются выпуклые пространственные решетчатые конструкции на круглом плане, типа двухсетчатых куполов.

Для указанных конструкций геометрическую форму удобно описывать с помощью поверхностей вращения. В качестве образующих линий для поверхности вращения могут быть использованы как алгебраические, так и трансцендентные кривые. Возможны составные образующие, представляющие собой сопряжения двух кривых. Из всего многообразия

поверхностей вращения наиболее широко применяются сферические, так как сфера позволяет наиболее просто решать вопросы разбивки поверхности и определения метрических характеристик конструкции [1].

Определяющим параметром геометрической формы сферической конструкции является соотношение между стрелой подъема и пролетом. От этого соотношения зависит распределение усилий, а значит, и критерий качества – расход материала. Таким образом, из основных параметров можно выделить наиболее существенные **переменные** (рисунок 1), вариацией которых можно добиться получения решения задачи оптимального проектирования:

- пролет конструкции (l);
- стрела подъема (h).

При этом за **постоянные** параметры следует принять:

- длина стержня (l_d);
- расстояние между поясами (t);
- количество меридиональных секторов (n).

В качестве параметров **состояния**, т.е. связанные с варьируемыми параметрами функциональными зависимостями и изменяемые вместе с ними, будут выступать условия совместности деформаций, перемещения узлов и усилия в элементах.

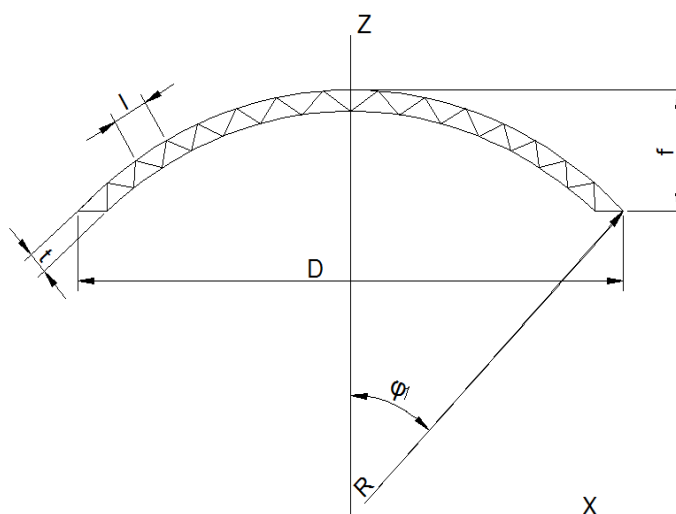


Рисунок 1 – Основные геометрические характеристики конструкции (в разрезе)

Задачу параметрической оптимизации удобно решать с применением современных ЭВМ, формируя итерационный процесс вычислений с последующим выбором наилучшего из полученных решений. Итерационный процесс для исследуемых конструкций требует создания упрощающих вычислительных процедур для описания варьируемой геометрии конструкции.

Для того чтобы в процессе вариации геометрической формы конструкций мы получали только «жизнеспособные» (невырожденные) варианты, необходимо наложить ряд конструктивных ограничений:

1. $30 \text{ м} \leq l \leq 150 \text{ м} ;$

2. $5 \text{ м} \leq h \leq \frac{l}{2} \text{ м} ;$

3. $l_d = 3 \text{ м};$

4. $t = 2,42 \text{ м} ;$

5. $\begin{cases} n_{min} = 16, \text{ при } l = 30 \text{ м} \\ n_{min} = 79, \text{ при } l = 150 \text{ м}; \end{cases}$

6. $\begin{cases} n_{min} = 95, \text{ при } l = 30 \text{ м} \\ n_{min} = 471, \text{ при } l = 150 \text{ м}. \end{cases}$

Под вырожденными конструкциями в данном случае мы будем понимать конструкции выходящие за рамки объекта исследования.

Авторами настоящей работы была разработана автоматизированная программа-препроцессор построения геометрии конструкции. Автоматизированная программа позволяет строить геометрическую схему конструкции по заданным параметрам (пролет, стрела подъема, расстояние между поясами, число сторон горизонтального многоугольника, длина стержней верхней поясной сетки) в расчетно-вычислительном комплексе типа «Лира», «Scad Office».

Данная программа была осуществлена в виде консольного приложения на языке C# в среде Microsoft Visual C# 2010.

Для осуществления связи с вычислительным комплексом результатом работы автоматизированной программы является txt-файл, имеющий

структуру текстового файла Scad Office. Данный файл включает в себя несколько документов, которые формируются в процессе работы программы-препроцессора.

Статический расчет конструкции производился в вычислительном комплексе Scad Office. К конструкции прикладывалась условная нагрузка $P=3.8 \text{ кН/м}^2$, в виде сосредоточенных сил, вычисляемых по формуле

$$F = \frac{P}{N_{\text{вп}}},$$

где $N_{\text{вп}}$ – количество узлов верхней поясной сетки.

Реализованная программа позволяет автоматически создавать исходную информацию для расчетного комплекса в полностью готовом к расчету виде (рисунок 2).

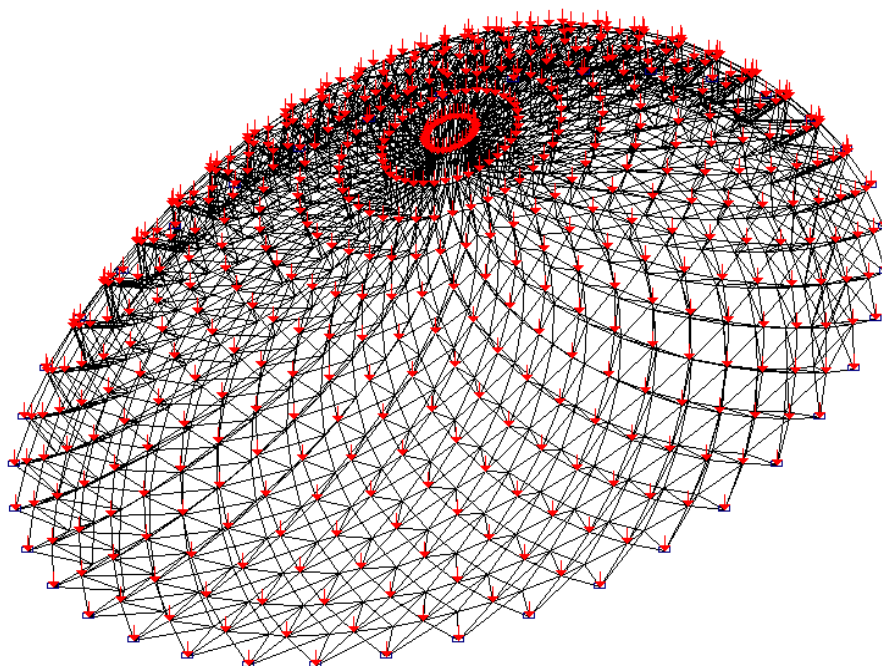


Рисунок 2 – Расчетная схема конструкции пролетом 60 м, со стрелой подъема 17 м, длиной стержней верхней сетки 3 м, $n=38$

В результате проведения серии итерационных расчетов с вариацией стрелы подъема и пролета конструкции были построены графики зависимости массы от варьируемых параметров для конструкции из трубчатых профилей (рис. 3-7). Итогом проведенных исследований по поиску оптимальной формы выпуклой двухсетчатой решетчатой

конструкции с круглым планом является получение значений масс при различных величинах пролета и стрелы подъема конструкции. Всего в ходе исследования было обработано 144 расчетной схемы. Для удобства обработки и анализа данных составлены графики зависимости массы конструкции в зависимости от стрелы подъема для рассмотренных пролетов (рисунки 2–7).

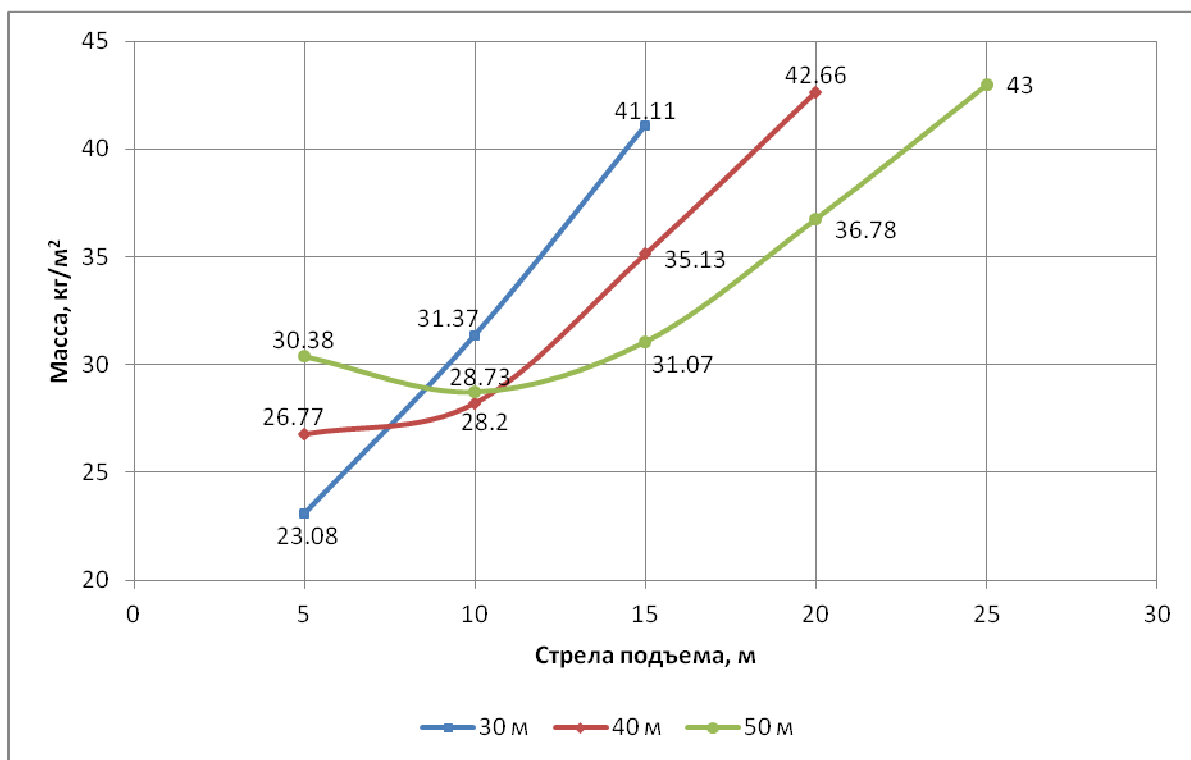


Рисунок 3 – График «Масса–Стрела подъема» для конструкций пролетами 30; 40; 50 м

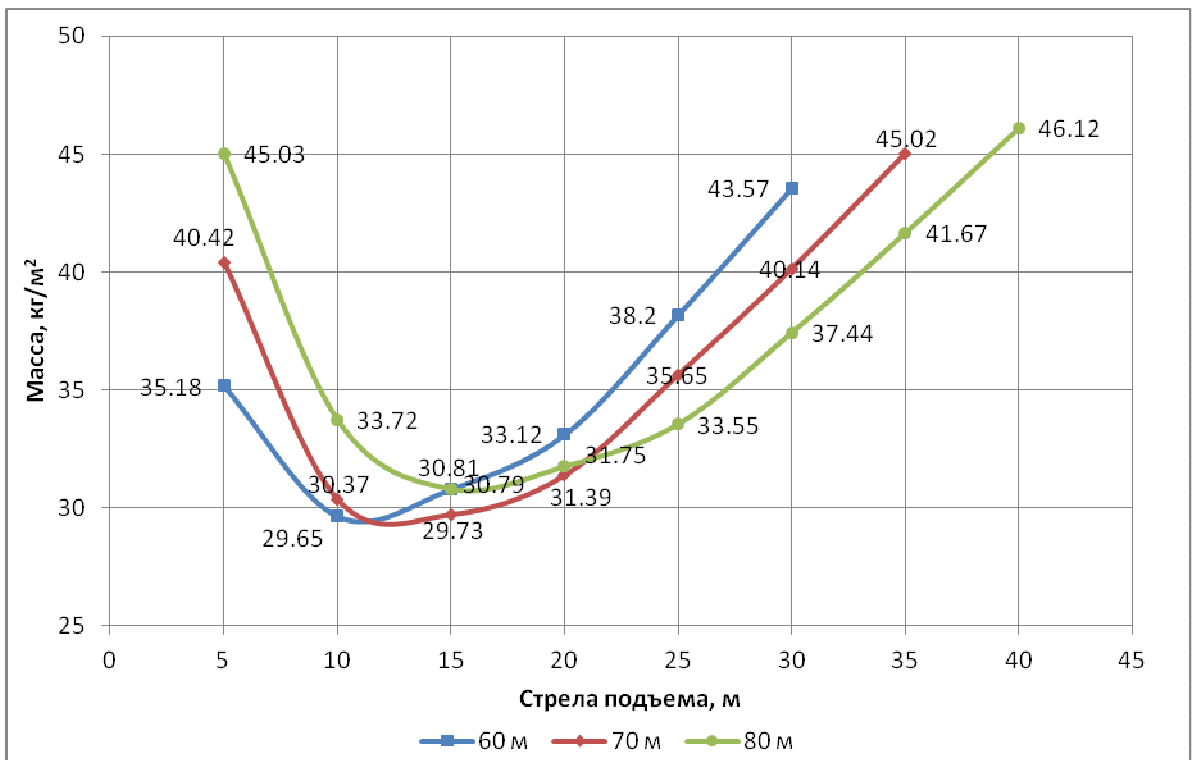


Рисунок 4 – График «Масса–Стрела подъема» для конструкций пролетами 60; 70; 80 м

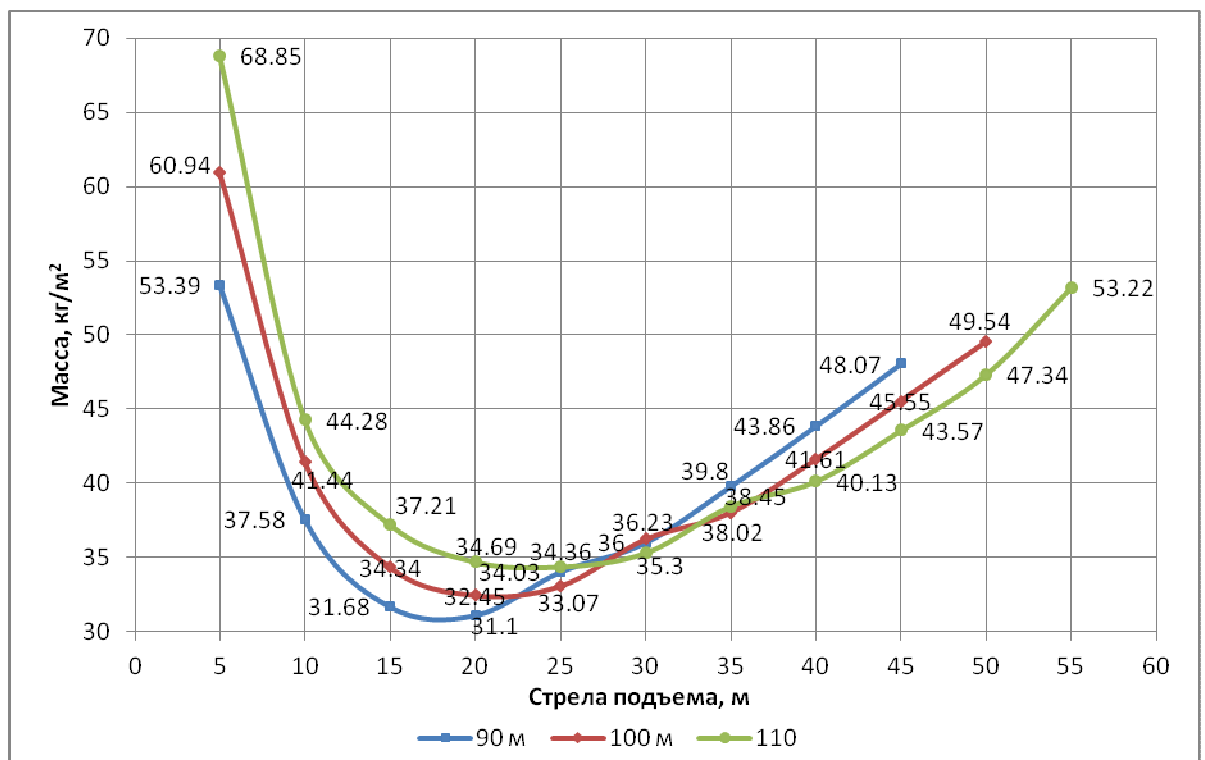


Рисунок 5 – График «Масса–Стрела подъема» для конструкций пролетами 90; 100; 110 м

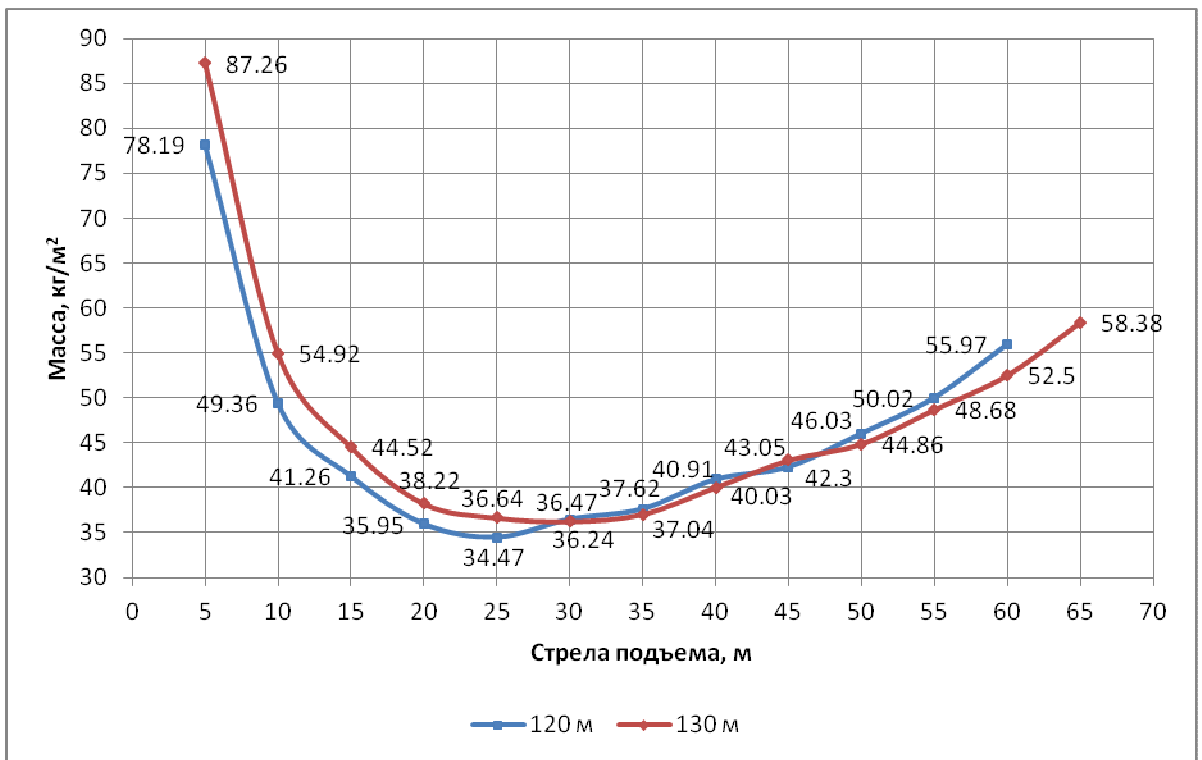


Рисунок 6 – График «Масса–Стрела подъема» для конструкций пролетами 120; 130 м

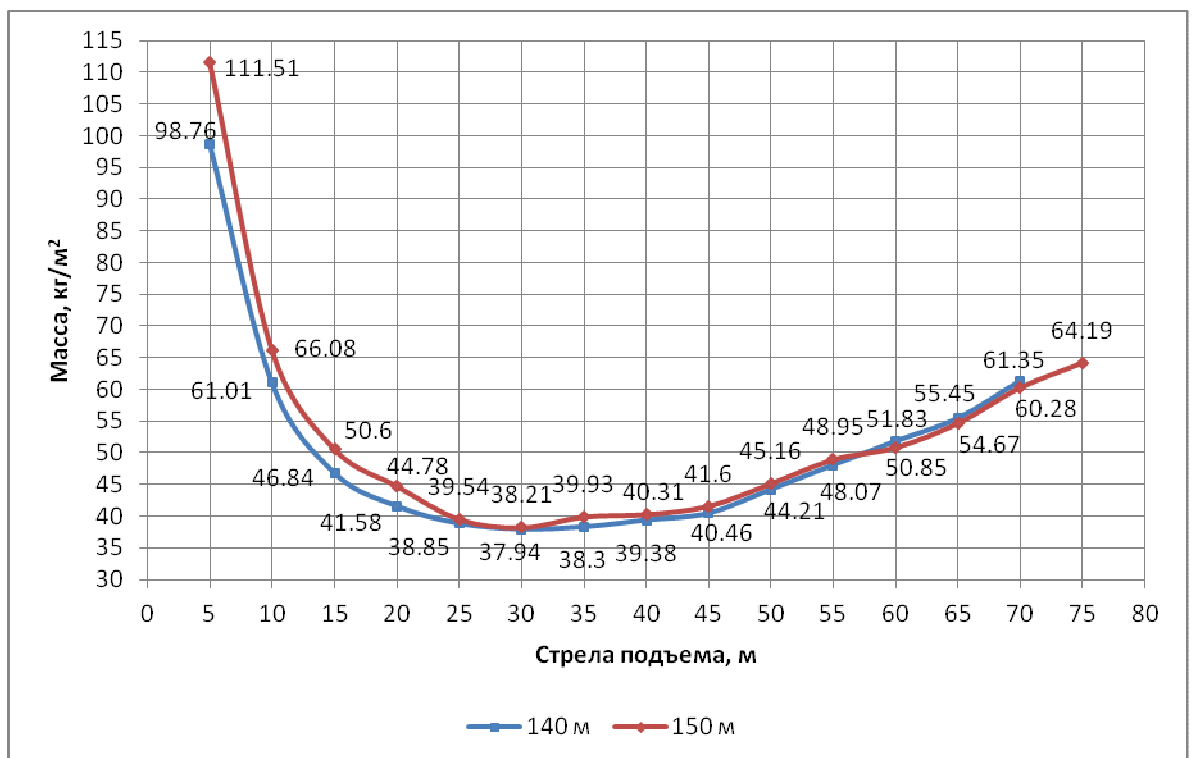


Рисунок 7 – График «Масса–Стрела подъема» для конструкций пролетами 140; 150 м

Литература

1. Молев И.В. Стержневые звездчатые купола. Технико-экономический анализ: учебное пособие. Горький: ГИСИ им. В.П. Чкалова, 1990, 76 с.
2. Алпатов В.Ю. Оптимальное проектирование металлических структур. Диссертация на соискание степени кандидата технических наук. Самара, 2002.
3. Рекомендации по проектированию структурных конструкций. М., 1984.
4. Клячин А.З. Металлические решетчатые пространственные конструкции регулярной структуры (разработка, исследование, опыт применения). Екатеринбург: Диамант, 1994.–276 с.