

УДК 69.003.12:692.45

***ВАРИАНТНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТЧАТОЙ ОБОЛОЧКИ
ПОКРЫТИЯ ЗДАНИЯ***

Иванова С.С.

магистрант,

Тамбовский государственный технический университет,

Тамбов, Россия

Умнова О.В.

кандидат технических наук, доцент,

Тамбовский государственный технический университет,

Тамбов, Россия

Аннотация

В статье представлены результаты технико-экономического анализа вариантов покрытия здания автоцентра стальной сетчатой оболочкой. Особое внимание уделено общей геометрии конструкции, т.е. выбору пролёта, стрелы подъёма и бортовым элементам оболочки. В исследовании рассмотрены показатели трёх вариантов проекта по расходу и стоимости материалов и элементов покрытия на основе сетчатой оболочки (стали, сэндвич-панелей, стеклопакетов, прогонов и т.д.), трудоёмкости и стоимости строительно-монтажных работ.

По результатам исследования определено наиболее оптимальное конструктивное решение.

Ключевые слова: стальная оболочка, покрытие здания, технико-экономическое сравнение, вариантное проектирование.

A VARIANT DESIGN OF THE BUILDING COVERAGE GRID SHELL

Ivanova S.S.

undergraduate,

Tambov State Technical University,

Tambov, Russia

Umnova O.V.

Candidate of technical sciences, senior Lecturer,

Tambov State Technical University,

Tambov, Russia

Annotation

The article presents the results of a technical and economic analysis of the grid shell. Special attention is paid to the general geometry of the structure, i.e. the choice of span, boom lift and side elements of the shell. We studied indicators of three project options for consumption and cost of materials and coating elements based on the grid shell (steel, sandwich panels, glass unit, girders, etc.), the complexity and cost of construction and installation works.

According to the results of the study, we determined the most optimal design solution.

Keywords: steel shell, building coverage, technical and economic comparison, variant design.

Покрытия общественных зданий имеют различные конструктивно-технологические решения. Наиболее выразительными являются покрытия с использованием пространственных конструкций.

Одним из перспективных направлений в строительной индустрии являются пространственные металлические стержневые конструкции как обладающие высокой архитектурной выразительностью, малой металлоёмкостью, большой пространственной жёсткостью, надёжностью в эксплуатации. Благодаря небольшому весу и высокой заводской готовности монтаж данного покрытия производится быстро и качественно, что приводит к экономии ресурсов и удешевлению строительства. Однако возведение пространственных конструкций требует более сложной организации

строительного производства и высокого качества всех строительных работ [1].

Стоимость материалов для несущих конструкций покрытия занимает примерно 70% стоимости всего покрытия. В связи с этим снижение расхода материала на 1 м² перекрываемой площади поверхности покрытия является одной из основных задач исследователей и проектировщиков. Для решения этой задачи актуальным является применение конструктивных решений в виде сводчатых цилиндрических сводов на основе стержневой системы.

Среди всех традиционно определяемых при проектировании конструкций параметров (выбор материала, поперечное сечение элементов, вид узлов, общая геометрия конструкции, типология узлов, вид опирания и т.д.) наибольшее значение имеет общая геометрия. Именно она определяет надёжность, устойчивость и безопасность конструкции. При выборе оболочки на основе стержневой системы необходимо обеспечивать преимущественную работу стержней оболочки на сжатие и растяжение, избегая при этом работы на изгиб [2].

Методы формообразования оболочки заключаются в поэтапном приближении к оптимальной конфигурации путём постепенного изменения геометрии (например, поэтапного увеличения стрелы подъёма или пролёта конструкции) с использованием всё более точных шагов итераций с течением времени [3].

Используя методы формообразования пространственных сетчатых конструкций, нами были построены и проанализированы параметрические модели трёх оболочек различного очертания. Были определены зависимости массы и прогиба от величины стрелы подъёма для оболочек с очертанием в виде цепной линии, круга и параболы. Выявлено, что при равных отношениях стрелы подъёма к пролёту f/h , цепные оболочки имеют наименьший и приблизительно постоянных прогиб. И в то же время наименьшей массой обладают оболочки параболического очертания [4].

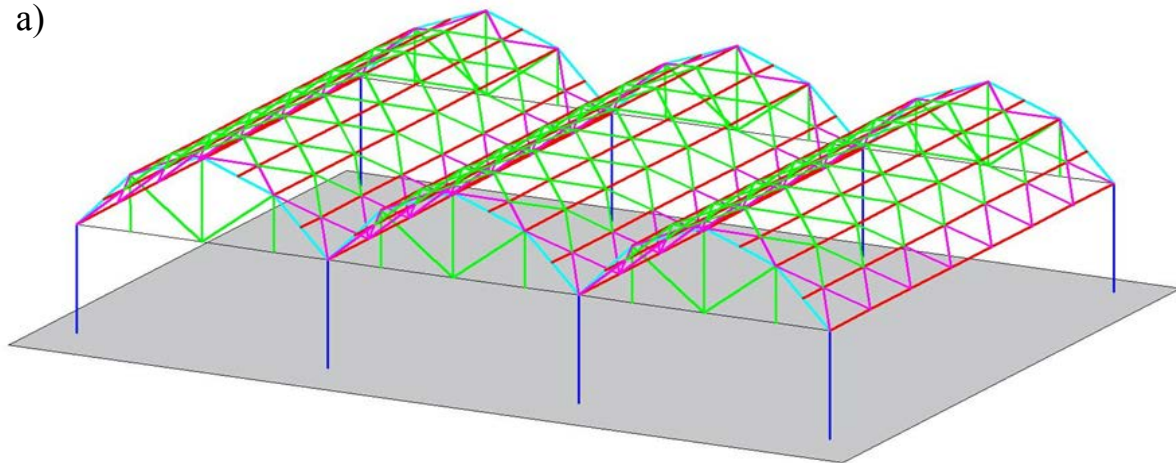
Для проверки полученных результатов была поставлена задача: спроектировать покрытие здания автоцентра размером в плане 39x54 м и

определить наиболее экономичный вариант.

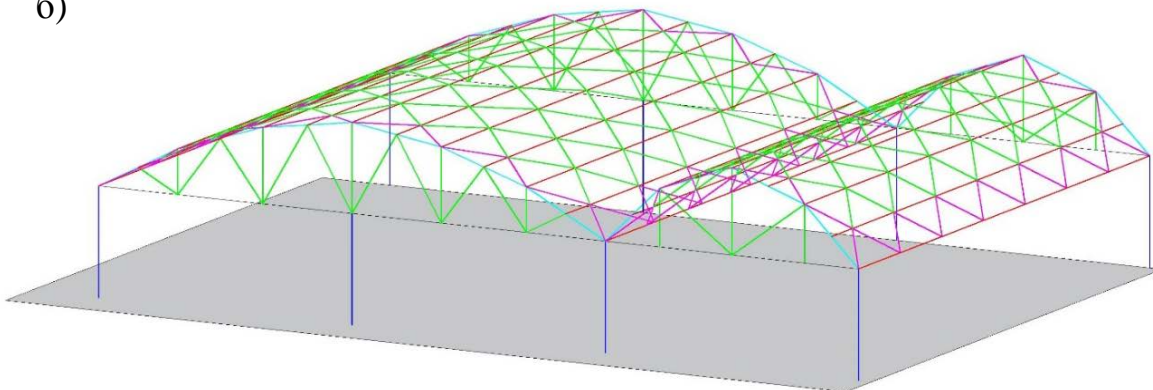
При сравнении вариантов покрытия автоцентра объёмно-планировочное решение не менялось во всех сравниваемых вариантах, материалы для основных несущих конструкций принимались на основании нормативных документов и опыта проектирования и были одинаковы для всех трёх конструкций [5].

Рассмотренные варианты покрытия приведены на рисунке 1.

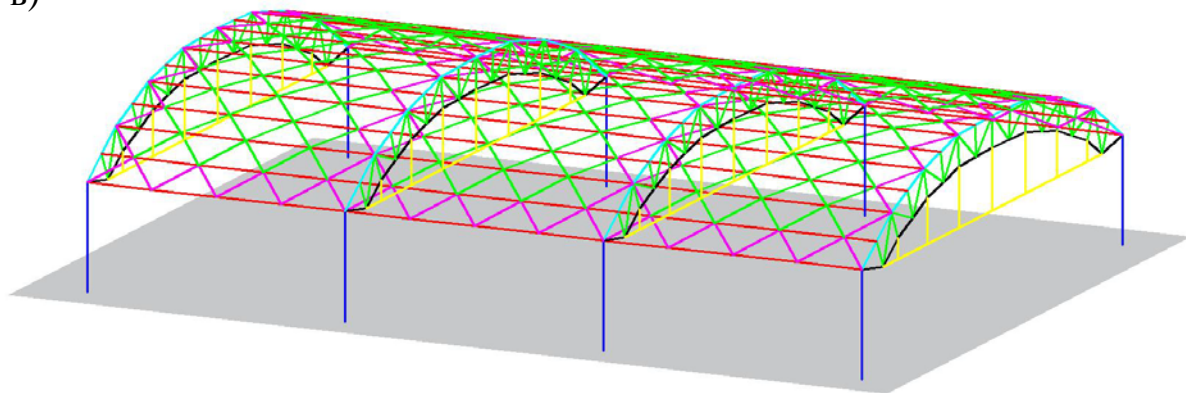
а)



б)



в)



- а) оболочка положительной гауссовой кривизны с тремя пролётами по 18 м;
б) оболочка с пролётами 36 м и 18 м; в) оболочка с пролётом 39 м.

Рис.1 – Расчётные схемы вариантов покрытия здания

Статический расчёт конструктивного решения вариантов для здания автоцентра был выполнен с помощью программного комплекса «SCAD».

На остов здания для трёх случаев были собраны основные нагрузки: собственный вес кровли (сэндвич-панели, стеклопакеты, деревянные прогоны), собственный вес стальной оболочки и бортовых элементов из ферм, ветровая нагрузка. В связи со сложной геометрической конструкции кровли во избежание образования снеговых мешков в зимнее время предусмотрена система обогрева кровли.

В результате мы получили следующие данные, представленные в таблице 1:

Таблица 1 – Результаты расчёта конструкций

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Форма образующей оболочки	парабола	круг (для фермы пролётом 36 м) парабола (для фермы пролётом 18 м)	круг
Отношение высоты стрелы подъёма к пролёту f/l	$5,85/18=0,33$	$6,12/36=0,17$ $5,85/18=0,33$	$5,92/39=0,15$
Отношение f/l (приведённое для возможности сравнения по графику в [4])	0,33	0,34 0,33	0,33
Вес одного пролёта, кг	8 255	8 732 8 255	8 334
Общий вес конструкции, кг	24 764	25718	25002

Результаты расчёта подтверждают теоретический эксперимент: при одинаковом отношении f/l оболочка параболического очертания имеет меньшую массу, чем круговая (8 255 кг < 8 334 кг). Также круговая оболочка с большим отношении f/l имеет больший вес, чем оболочка такого же очертания, но с меньшим показателем (8 732 кг > 8 334 кг) [4].

Для определения наиболее экономически выгодного варианта устройства покрытия здания автоцентра требуется провести полную технико-экономическую оценку конструктивной части проекта, целью которой является сравнение показателей по расходу материалов (стали, сэндвич-панелей, стеклопакетов, прогонов и т.д.), трудоёмкости и стоимости строительно-

монтажных работ выбранных вариантов.

Основным методическим требованием при проведении технико-экономической оценки сравниваемых проектных решений является соблюдение их сопоставимости. Это означает исключение при сравнительной оценке факторов, которые могут исказить её результаты.

В число подлежащих анализу натуральных показателей были включены показатели расхода материалов и конструкций на строительство и их массы, расход материалов и полуфабрикатов на производство продукции, показатели трудозатрат на строительной площадке и при изготовлении строительных конструкций и др.

Определён объём и стоимость кровли здания, состоящей из кровельных сэндвич-панелей и стеклопакетов, деревянных прогонов, несущих металлоконструкций, а также связей по покрытию, в зависимости от варианта проектирования. Стоимость продукции взята с официальных сайтов заводов-изготовителей, находящихся наиболее близко к площадке строительства (г. Тамбов) для сокращения транспортных расходов. Себестоимость изготовления конструкций и кровельных материалов определялась применительно к изготовлению их на специализированных предприятиях или технологических линиях с экономически оптимальными мощностями.

Технико-экономические показатели трёх вариантов конструктивного решения представлены в таблице 2. Сравнение производилось по расходу стали, стоимости и трудоёмкости возведения, а также стоимости несущих и ограждающих конструкций покрытия. Приведённые затраты определялись по методике, описанной в монографии Мазилова Е.А. [6]. Цены приведены для I квартала 2018 года.

Таблица 2 – Технико-экономические показатели

№ п/п	Наименование показателей	1 вариант	2 вариант	3 вариант
1	Расход стали, кг	24 764	25 718	25 002
2	Затраты труда, чел-час	4 818	4 415	4 391
3	Стоимость монтажа, руб.	1 154 378	1 057 278	1 063 457
4	Расчётная стоимость конструкции «в деле», руб.	18 999 566	17 460 579	16 769 240

№ п/п	Наименование показателей	1 вариант	2 вариант	3 вариант
5	Приведённые затраты, руб.	19 717 750	18 120 588	17 403 117

Анализ результатов технико-экономического сравнения показывает, что, несмотря на выигрыш в расходе стали у первого варианта, он имеет наибольшую стоимость, в то время как наиболее экономически выгодным вариантом оказался №3 (оболочка пролётом 36 м по ферме типа «арка с затяжкой»). Это можно объяснить тем, что, хотя у первого варианта металлоёмкость меньше, однако значительно выше площадь поверхности оболочки, в то время как в третьем варианте она минимальная. Из-за значительной площади поверхности кровли требуется применение большего числа сэндвич-панелей и увеличивается стоимость монтажа. Второй вариант является промежуточным по сравнению с первым и третьим.

Таким образом, мы получили, что третий вариант устройства покрытия здания с помощью сетчатой оболочки является наиболее выгодным, причём разница с первым и вторым вариантом составляет 13,3% и 4,1%.

Библиографический список:

1. Демина А.В. Здания с большепролетными покрытиями: Учеб. пособие / А.В. Демина – Тамбов: Издв-о Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. – 88 с.
2. Richardson J.N. Coupled form-finding and grid optimization approach for dingle layer grid shells / J.N. Richardson – Elsevier Ltd., 2013. – p. 230.
3. Fritzsche J.C. Gridshell efficiency optimization / J.C. Fritzsche – Eindhoven University of Technology, 2013. – 157 p.
4. Иванова С.С., Умнова О.В. Исследование влияния высоты стрелы подъёма сетчатой оболочки на её массу и прогиб // Дневник науки. 2017. №12 [Электронный ресурс].
5. Руководство по выбору проектных решений в строительстве (общие

положения)/ НИИЭС. ЦНИИПроект Госстроя СССР – М.: Стройиздат. 1982. – 104 с.

6. Мазилев Е.А. Развитие промышленного комплекса в контексте модернизации экономики региона/ Е.А. Мазилев – Вологда: ИСЭРТ РАН, 2015 – 168 с.