

УДК 691.328

## **ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СТРУКТУРНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ АРМОЦЕМЕНТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

**Мак В.Г.**

**научный руководитель д-р техн. наук Пантелеев Н.Н.**

*Сибирский федеральный университет*

В условиях постоянного увеличения стоимости основных строительных материалов задача снижения материалоёмкости строительных конструкций выходит на первый план. Необходимость решения этой задачи, а также высокий уровень развития современных систем автоматизированного проектирования (САПР) привели к тому, что в последние десятилетия в области инженерного дела, а также экономики и планирования наметился стремительный переход от допустимых инженерных и управленческих решений к оптимальным решениям.

В процессе проектирования строительных конструкций проектировщику приходится назначать ряд параметров конструкции, исходя из опыта и интуитивных соображений. При этом проектировщик неизбежно отклоняется от оптимального решения. Величина такого отклонения зависит как от квалификации, так и от других факторов, но и в первую очередь от сложности конструкции. Чем сложнее конструкция, тем меньше возможности интуиции в нахождении оптимального решения. Опыт показывает, что при проектировании простейших железобетонных конструкций (балок, плит) среднее отклонение от оптимального решения составляет примерно 5 -7%, а для более сложных конструкций подобное отклонение может составлять от 10 до 40%.

Поэтому вполне очевидно, что использование методов оптимального проектирования строительных конструкций имеет большое значение в создании рациональных и экономичных конструкций.

Как известно, перекрытия и покрытия являются одними из наиболее материалоёмких конструкций здания, поэтому трудно переоценить важность их оптимального проектирования. Одним из наиболее перспективных решений в этом направлении является устройство пространственных структурных покрытий.

По статической работе плиты регулярной структуры подразделяются на стержневые, состоящие из регулярно расположенных шарнирно-соединённых между собой стержней, и пластинчатые, выполненные из отдельных тонкостенных плоскостей. При точечном соединении элементов в узлах пластинчатых плит сохраняется шарнирно-стержневой характер работы конструкции, при этом тонкостенные грани в значительной степени участвуют в работе, повышая несущую способность конструкции.

Рассматриваемая конструкция представляет собой пластинчато-стержневую регулярную структурную плиту покрытия. Верхний пояс покрытия представляет собой железобетонную плиту, рёбра выполнены в виде армоцементных тонкостенных пластин пересекающихся в пространстве, нижний пояс составлен стержневыми металлическими элементами, соединяющими между собой узлы пересечения армоцементных рёбер (рис.1).

В общем случае структуры обладают рядом преимуществ, правильное использование которых позволяет повысить экономическую эффективность по сравнению с традиционными решениями. К преимуществам относятся: пространственность работы системы; повышенная надёжность от внезапных разрушений; возможность перекрытия больших пролётов; удобство проектирования

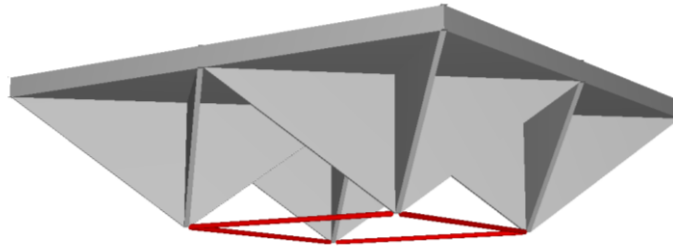


Рис. 1. Фрагмент структурного покрытия

подвесных потолков; максимальная унификация узлов и элементов; снижение затрат на транспорт; возможность использования совершенных методов монтажа-сборки на земле и подъёма покрытия крупными блоками; архитектурная выразительность и возможность применения для зданий различного назначения.

Обладая перечисленными преимуществами, структурные конструкции также имеют и ряд недостатков, которые сдерживают их массовое использование. К основным недостаткам структур относятся: жёсткая унификация элементов, которая приводит к увеличению расхода материала, сложность расчёта из-за большой степени статической неопределимости, сложность работы узловых соединений, а также повышенный расход материала вследствие наличия так называемых «лишних связей». Наличие этих недостатков обуславливает актуальность решения задачи оптимального проектирования применительно к структурным конструкциям покрытий.

Можно выделить три основных способа снижения собственного веса и материалоёмкости структурных конструкций. Первый способ относится к конструкциям с заданными генеральными размерами, конфигурацией (очертание осей, положения узлов), не варьируемыми в процессе оптимизации и сводится к поиску оптимального распределения материала в структурной конструкции. Второй способ заключается в определении оптимальной геометрической формы конструкции. При решении задачи по третьему пути выполняется поиск оптимальной топологии конструкции. Первые два способа основаны на методах параметрической оптимизации, последний – на методах синтеза конструкций. Таким образом, задача снижения веса структурной конструкции является задачей оптимального проектирования.

Оптимальное проектирование представляет собой целенаправленный выбор параметров рассматриваемой конструкции, обеспечивающий наилучший по заданному критерию результат. Выбор критерия оптимальности – сложная экономическая задача. Он должен учитывать как вопросы механического поведения конструкции, так и соображения технологические, эксплуатационные, эстетические и т.д. Такими критериями в большинстве случаев могут быть экономические: материалоёмкость, приведённые затраты, а также физические – например, равнопрочность, минимум массы или объема, максимум воспринимаемой нагрузки и т.п. При постановке и решении задачи должны учитываться исходные проектные данные и ограничения: эксплуатационные требования, пролёты и нагрузки, условия прочности и устойчивости и т.д.

Все неизвестные и определённые характеристики конструкции, описывающие её состояние, называются параметрами конструкции. Параметры конструкции подразделяются на варьируемые и не варьируемые. Варьируемые параметры изменяются в процессе оптимизации конструкции, не варьируемые остаются неизменными.

Оптимизация структурных покрытий на основе армоцементных элементов заключается в определении оптимальных геометрических размеров и формы элементов

(высота конструкции, форма и размеры ячеек конструкции, количество элементов, площадь поперечного сечения каждого элемента, количество узлов опирания конструкции и т.д.). Но перед тем как приступить к решению задачи оптимизации необходимо задаться не варьируемыми параметрами. Такими параметрами будут являться: тип топологии конструкции, материал элементов конструкции, назначения перекрываемого здания.

Такие варьируемые параметры, как размеры и форма ячеек, напрямую зависят от размеров в плане перекрываемого здания. Так, например плиты с квадратной ячейкой наиболее рационально применять при квадратной форме в плане, чтобы конструкция работала одинаково в обоих направлениях. При переходе к прямоугольной форме плиты пространственная работа утрачивается и конструкция работает как ряд параллельных ферм, что сказывается на лёгкости и экономичности. Такие конструкции целесообразно применять в покрытии зданий пролетом 18,0 – 24,0 м с соотношением сторон 1:1...1:1,5.

В силу многократной статической неопределимости, сложности и разнообразия узловых соединений, оптимизация пространственных структурных конструкций является сложной, но одновременно весьма актуальной задачей.

В настоящее время проводится работа по дальнейшему решению задачи оптимизации пространственных структурных покрытий на основе армоцементных строительных элементов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лубо Л.Н., Миронков Б.А. Плиты регулярной пространственной структуры. Л, Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1976.
2. Рейтман М.И., Ярин Л.И. Оптимизация параметров железобетонных конструкций на ЭЦВМ. М., Стройиздат, 1974. 96 с.
3. Баничук Н.В. Введение в оптимизацию конструкций. М.; Наука, 1986.