РАЗДЕЛ IX. АРХИТЕКТУРА

Грузков А.А., Соляник П.Е., Вернин Н.А.
Оптимизация процесса проектирования в строительстве

Дальневосточный федеральный университет
(Россия, Владивосток)

doi: 10.18411/lj-04-2020-16

idsp: ljourn-04-2020-16

Аннотация

Показана история развития и важность оптимизации строительных конструкций. Перечислены основные направления в современном конструировании зданий и сооружений. Рассмотрены такие методы оптимизации, как оптимизация внутренней структуры изделия, топологическая оптимизация и генеративный дизайн. Описан их принцип действия и реализации. Приведен анализ применения данных методов в строительной сфере.

Ключевые слова: топологическая оптимизация, генеративный дизайн, эволюционные алгоритмы, аддитивные технологии.

Abstract

The development history and the importance of optimizing building structures are shown. The main directions in the modern design of buildings and structures are listed. Optimization methods such as optimization of the internal structure of the product, topological optimization and generative design are considered. Their principle of action and implementation is described. The analysis of the application of these methods in the construction industry is given.

Keywords: topological optimization, generative design, evolutionary algorithms, additive technologies.

Строительство является одной из самых древних отраслей производства. С древних времен требовалось обеспечить прочность, надежность и эстетичность постройки. Тогда зодчие основывались на опыте прошлых поколений.

В Средние века зодчие стали разрабатывать проект. Он представлял из себя сборник примитивных ручных чертежей, в котором отображались внешний вид постройки, а также некоторые конструкции. В дальнейшем развитие физики способствовало появлению строительных дисциплин, таких как строительная механика, механика грунтов и т.д. Появились удобные прикладные методы расчета конструкций. Все это позволило обосновывать то или иное решение проектировщика. Также это вместе с появлением новых материалов открыло новые возможности в строительстве: высота и пролет зданий и сооружений очень сильно увеличились.

В XX веке появление компьютеров позволило сделать скачок в проектировании зданий и сооружений. Повысились скорость и качество выполнения проектов. Стало проще вносить правки в проект. Также открылось множество возможностей для расчета конструкций.

Но во все времена у строителей и проектировщиков была одна задача: строить прочные и надежные конструкции, затрачивая минимальное количество материалов. В Древние века у людей не было инструментов для достижения данной цели. В 18-19 веках прикладные методы ручного расчета позволяли проводить некоторую

оптимизацию. Например, ферма появилась как замена балки с убранным материалом из мест, где напряжения минимальны.

В наше время вычислительная мощность компьютеров позволяет пересмотреть подход к оптимизации конструкций.

Развитие космической, железнодорожной и автомобильной промышленности, где уменьшение веса изделия при сохранении прочности и жесткости достаточно важно, послужило причиной появления новых методов оптимизации. Бионический дизайн, структурная оптимизация, топологическая оптимизация, генеративный дизайн, порождающее проектирование – основные виды оптимизации, которые активно внедряются в строительное проектирование.

Разберем каждый из перечисленных методов:

1) Оптимизация внутренней структуры изделия

Процесс оптимизации внутренней структуры требует наличие исходной 3D-модели нашего будущего изделия. В методе можно выделить три этапа:

- а) заменяем необходимые для оптимизации участки конструкции решеткой;
- б) передаем программе информацию о нагрузках, а также точках, где будут располагаться крепления нашего изделия. При необходимости мы можем промежуточно оценить наиболее слабые области нашей текущей конструкции, запустив симуляцию;
- в) расчет, при котором происходит оптимизация созданной решетки. Программа усиливает решетку в нужных местах, исходя из заданных на предыдущем этапе условий. Процесс носит итерационный характер – структура решетки будет с каждым разом автоматически усиливаться в нужных местах.

Рисунок 1 – Деталь до и после оптимизации решетки

Примером программного обеспечения, реализующим данный подход, является программа для аддитивного производства, проектирования и моделирования Netfabb.

2) Топологическая оптимизация

Сутью данного метода является удаление ненужного материала из конструкции. Существует две основные техники топологической оптимизации:

- SIMP (Solid Isotropic Material with Penalization (метод пенализации для твердого изотропного тела))
- ESO (Evolutionary Structural Optimization (эволюционная структурная оптимизация))

Первый метод работает следующим образом: создается поле виртуальной плотности. То есть сначала нужно найти состояние объекта, при котором весь материал будет равномерно распределен. После анализа эта плотность будет собрана в

отдельные элементы объекта, после чего снова проанализирована, и так, пока не будет достигнут максимально возможное удаление материала.

Второй метод основан на определении уровня напряжений в конструкции и удалении материала из мест с наименьшим напряжением. После удаления снова происходит анализ, по результатам которого решается оставить изменение в силе или отменить вырезание. Для повышения эффективности метода был придуман метод BESO (метод двунаправленной эволюционной оптимизации). Данный метод позволяет не только удалять материал, но и добавлять его в нужных местах, что позволяет найти более эффективные структуры.

Рисунок 2 – Деталь до и после топологической оптимизации

И оптимизация внутренней структуры изделия, и топологическая оптимизация требуют наличия предварительно смоделированной детали. В том, и том случаях результатом работ является оптимизированная конструкция.

Данная задача решается в программе Inventor и во Fusion 360. Во Fusion задача будет решаться в облаке, что позволит ускорить получение результата.

3) Генеративный дизайн

В отличие от рассмотренных методов данная технология вообще не требует наличия 3D-модели нашего будущего изделия.

Можно выделить следующий алгоритм оптимизации:

- а) задается область, в пределах которой будет происходить моделирование объекта;
- б) задаются области, которые обязательно должны присутствовать в изделии (например, участки для крепежа);
- в) задание граничных условий и нагрузок;
- г) выбор материалов;
- д) процесс создания тела, который происходит без какого-либо участия инженера;
- е) получение результатов. После генерации мы имеем множество вариантов готового изделия;
- ж) анализ вариантов и выбор наилучшего, исходя из желаемых условий.

На данный момент инструменты генеративного дизайна доступны в рамках программы Autodesk Fusion 360.

Рисунок 3 – Процесс генерирования кронштейна

В настоящее время различные методы оптимизации все более широко применяются в строительной сфере. Особенно интересен генеративный дизайн. Он используется для создания ответственных металлических узлов, нахождения оптимальной формы здания и его конструкций, в создании планировок зданий, нахождения оптимальных путей эвакуации, а также для многих других задач.

Возможность и мотивацию для развития данных методов дало широкое распространение аддитивных технологий. 3D-печать позволяет изготавливать конструкции и детали сложной формы, что в свою очередь проектировщиков сосредоточит на их механических свойствах.

Итак, развитие компьютеров позволило сильно оптимизировать процесс проектирования в строительстве за счет появления таких методов как топологическая оптимизация, генеративный дизайн, параметрическое проектирование и др. Все это позволяет создавать более качественные, прочные, надежные здания и сооружения, при чем гораздо экономичней в сравнении с традиционными методами.

1. Топологическая оптимизация или генеративный дизайн? [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=19982
2. Топологическая оптимизация – ответы на главные вопросы [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://postnauka.ru/faq/84374>
3. Аддитивные технологии – что это такое и где применяются [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://sk.ru/news/b/press/archive/2019/09/18/additivnye-tehnologii-_1320_-chto-eto-takoe-i-gde-primenyayutsya.aspx
4. Netfabb – Autodesk [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.autodesk.ru/products/netfabb/overview>

Корнилова А.А., Ким О.С.-Д.**Футуристические тенденции дизайна интерьеров общественных зданий**

*Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина
(Казахстан, Нур-Султан)*

*doi: 10.18411/lj-04-2020-17**idsp: ljjournal-04-2020-17***Аннотация**

В статье на основе исследования тенденции футуризма в дизайне интерьеров общественных зданий, выявлены их характерные особенности. Проанализированы уникальные объекты XX-XXI веков отвечающие основной философии стиля - создание будущего сегодня.

Ключевые слова: тенденции футуризма, дизайн интерьера, архитектура.