

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Чаусова В.А., Потребва В.Г., Ходяков В.А.

Белорусский национальный технический университет

***Abstract.** The paper describes modern technologies of generative design of load-bearing structures of buildings and structures. Current airing requirements and project creation tools have been described.*

В процессе развития технологий проектирования постоянно появляются новые методы и инструменты. Значительным рывком в сфере проектного дела был переход от кульмана к персональному компьютеру и работе в AutoCAD или Revit. Но теперь для успешной работы уже недостаточно даже этого, так как стремительно меняются технологии производства и методы их реализации.

К современному проектированию сегодня предъявляются следующие требования:

- единая база данных по объекту, которая позволяет всем инженерным дисциплинам всегда использовать актуальные данные в своей работе, так как информация по объекту хранится в одном месте, постоянно обновляется и все имеют к ней доступ;
- возможность проверки 3D-модели и разрабатываемой схемы, что позволяет безразрывно проектировать как монтажную, так и конструктивную части проекта без потери или отклонения данных;
- получение рабочей документации из последней версии актуальной модели.

Применение технологии аддитивного производства дает возможность создавать детали крупных масштабов, армированные непрерывным волокном. Использование подобного материала допускает расширение границы функциональности мостовых сооружений. Как правило, такие мосты более надёжны и имеют продолжительный срок службы при уменьшении затрат по сравнению с аналогами. Генеративный метод проектирования в сочетании с опытом прогнозного моделирования позволяет расширять возможности проектирования, а также позволяет создать более сложные и эффективные несущие конструкции сооружений, так как в нем используется ровно столько материала сколько необходимо для сохранения несущей способности.

Инновационные процессы проектирования основываются на широком распространении фасетного (сетчатого) представления геометрии. Они содержат в себе методы генеративного моделирования, обратный инжиниринг, технологии аддитивного производства и синхронную технологию. В генеративном моделировании используется оптимизация топологии проектируемых объектов, что даёт возможность создания конструкции с идеальным соотношением массы и необходимой прочности – максимально эффективно использовать материал.

Основным преимуществом конструкций, полученных методом генеративного проектирования является сравнительно малая масса. Это приводит к экономии на всех этапах – начиная от транспортировки и заканчивая монтажом изделий. Топология продуктов проектирования напоминает формы натурального природного происхождения, что усложняет их производство традиционными методами. Для изготовления таких сложных изделий лучше подходит технология аддитивного производства или литья высокого разрешения.

Генеративное проектирование – инновация в сфере проектирования. Она основывается на использовании программного обеспечения, которое способно самостоятельно, без непосредственного участия проектировщика, генерировать, в соответствии с заданными проектировщиком условиями, трехмерные модели. В системе «человек-

машина» устройству предоставляют часть творческих функций, с которыми компьютер достаточно хорошо справляется.

Эта инновация уже находит свое применение в качестве главного инструмента автоматизированного проектирования. Этому способствует высокий рост вычислительных ресурсов и относительно быстрый прогресс популяризации технологии 3D-печати – технологии, позволяющей изготавливать детали и объекты, разрабатываемые при помощи нового инструмента.

В качестве одного из последних появившихся на рынке программного обеспечения решений можно рассмотреть программный пакет Solid Edge ST10, в который в 2017 году был добавлен инструментарий для решения инженерных задач методом генеративного проектирования.

Генеративное моделирование в Solid Edge ST10 реализовано на основе идеологии экономии материалов и энергетических ресурсов, а также увеличения производительности.

Такой вид генеративного проектирования называется топологической оптимизацией. Концепция заключается в том, что программа самостоятельно ищет наилучшие формы какой-либо детали, заданной определенными условиями нагрузки. Как правило оптимальной является форма, обеспечивающая малый вес.

В Solid Edge ST10 при работе алгоритмом генеративного проектирования конструктор указывает область, в пределах которой будет формироваться деталь. Для этого задается ее приблизительное очертание. На ней фиксируется расположение элементов крепления, положение которых не может быть изменено, и нагрузка. Далее конструктор имеет возможность задать процент снижения массы и коэффициент запаса по прочности.

Форма модели, полученная в результате топологической оптимизации, имеет фасетную структуру. Такую модель можно сразу же отправить на 3D-печать. В последних версиях программы впервые появилась технология объединенного моделирования (Convergent Modeling) которая реализует совместную работу с BREP и фасетными объектами в одной модели, что дает возможность удобно редактировать продукт генеративного проектирования.

Для оценки актуальности развития направления генеративного проектирования, необходимо выдвинуть следующие тезисы:

1. Несколько последних десятилетий аддитивные технологии активно развиваются, они до сих пор имеют ряд нерешённых проблем применительно к строительству зданий и сооружений. Но эти проблемы рано или поздно будут решены.

2. Генеративное проектирование является инструментом поиска наилучшего проектного решения, но для реализации его в материале необходимо применение аддитивных технологий;

3. Использование связки генеративного проектирования и аддитивных технологий существенно изменит проектное и строительное производство. Однако по отдельности применение этих технологий не рационально.

УДК 338.28

МОДЕЛИ ДЕВЕЛОПМЕНТА И СТРОИТЕЛЬСТВА ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ПАРКОВ ЗА РУБЕЖОМ

Чжан ПэнФэй

Белорусский государственный университет

Abstract: *Industrial parks are an effective way for a country to invest abroad and an effective method to stimulate local regional economic development, provide employment and form an agglomeration economy. This article analyzes the models of development and construction of industrial parks abroad, namely, the model of enterprises of the investing country, the model*