

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ ПОМОЩИ 3-D ПЕЧАТИ, КАК НОВЫЙ ЭТАП В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Шабанов Д.Н., Зябкин Е.А., Трамбицкий Е.А.

В статье представлена технология 3Dпечати ограждающих конструкций, которая может быть использована для армобетонной продукции. Технология включает в себя получение стеклопластиковой арматуры периодического профиля и её дальнейшая установка в тело бетона. На базе САПР был смоделирован уникальный профиль для стеклопластиковой арматуры и созданы первые модели всей конструкции в целом.

Использование метода моделирования стало характерной особенностью науки. Именно применение информационных моделей при сопровождении процессов строительства способно существенно повлиять на скорость введения объектов в действие. Проверка проекта на всевозможные коллизии и ошибки — геометрические, технологические, пространственно-временные, сопоставление графиков проектирования, закупок и сооружения, эффективное планирование работ, выдача заданий, мониторинг процессов сооружения, проверка качества работ и т.д. — вот те задачи, эффективное решение которых сегодня фактически невозможно без применения информационных моделей.

На наш взгляд, именно сегодня технология сопровождения жизненного цикла промышленных объектов проходит через этап смены стадии существования в рынке — от инноваций к промышленному применению. Если пару лет назад на широком рынке практически не было примеров проектов с использованием информационных моделей, то сегодня ситуация меняется, в том числе и потому, что информационное моделирование заметили на государственном уровне. Необходимость производить отсутствующую продукцию внутри страны стимулирует инвестиции в новое производство и в перевооружение существующих мощностей, причем такие проекты должны быть реализованы как можно быстрее и эффективнее. Главная задача — ускорение реализации инвестиционно-строительного проекта, снижение издержек и повышение рентабельности строительства. [1]

Связь строительной отрасли с компьютерными технологиями формируется годами и в наши дни польза от нее очевидна для специалистов разных направлений. Главным образом используются средства виртуального моделирования, позволяющие с высокой точностью разрабатывать архитектурные и дизайнерские проекты. Но этим не ограничивается потенциал новых технологий. В целом процесс повторяет традиционное строительство. Работы также начинаются с разработки общей концепции здания, составления проектного решения и подбора материалов. Начальные этапы строительства могут предусматривать также использование компьютерного моделирования — в любом случае непосредственные монтажные мероприятия будут задействовать мощности вычислительных машин. Далее формируется бетонная смесь, на основе которой будут выкладываться стены. В современных аппаратах предусматривается не только возможность устраивать различные по конфигурации сооружения, но также дополнять этапы строительства изоляционными и облицовочными работами. [2]

Следовательно, необходимо связать науку и реальное строительство с помощью системных управленческих решений, свежих подходов к внедрению технологий и научных разработок (методик организации проектно-строительного производства, системы мониторинга процессов и менеджмента качества и многих других), а также автоматизации и координации взаимодействий всех участников и создания единой информационной среды строительства. [3]

В последние годы на мировом рынке (в США, Великобритании, Японии, Китае) активно применяются соответствующие решения, способные преобразить всю инвестиционно-строительную деятельность — это BIM & IPD-технологии (англ. BuildingInformationModeling & IntegratedProjectDelivery — информационное моделирование зданий и интегрированное выполнение проекта), позволяющие:

- значительно сократить издержки и сроки проектирования и строительства;
- заранее узнать характеристики объекта и точную его стоимость;
- обеспечить строго целевое использование средств;
- осуществлять полный и исчерпывающий контроль процесса реализации проекта;
- обеспечить высокое качество проектирования и производства работ.

Мировая архитектурно-строительная отрасль динамично переходит на BIM-технологии: проектирование уже сейчас повсеместно проводится в 3D. Сначала трехмерный проект насыщается данными. Таким образом формируется информационная модель, с помощью которой затем осуществляется координация и управление всеми ресурсами, строительством и эксплуатацией.

Как было замечено, единственной полностью не автоматизированной отраслью производства является именно строительство. Ведь известно, что участие человека нужно на разных стадиях и это приводит к медленной скорости, трудозатратам, постоянным перерасходом бюджета и коррумпированности. А так же, строительство на первом месте по несчастным случаям, так как является одной из опасных сфер деятельности. Технология контурного строительства создана для улучшения ситуации и это позволит снизить стоимость объектов на 20-25%, использование материалов – на 25-30%, рабочую силу – на 45-55%.

Применять строительный 3D принтер можно в широких кругах: от жилых строений для малообеспеченных семей до коммерческих строений, так же это позволит, возводит здания в местах стихийных бедствий. [4]

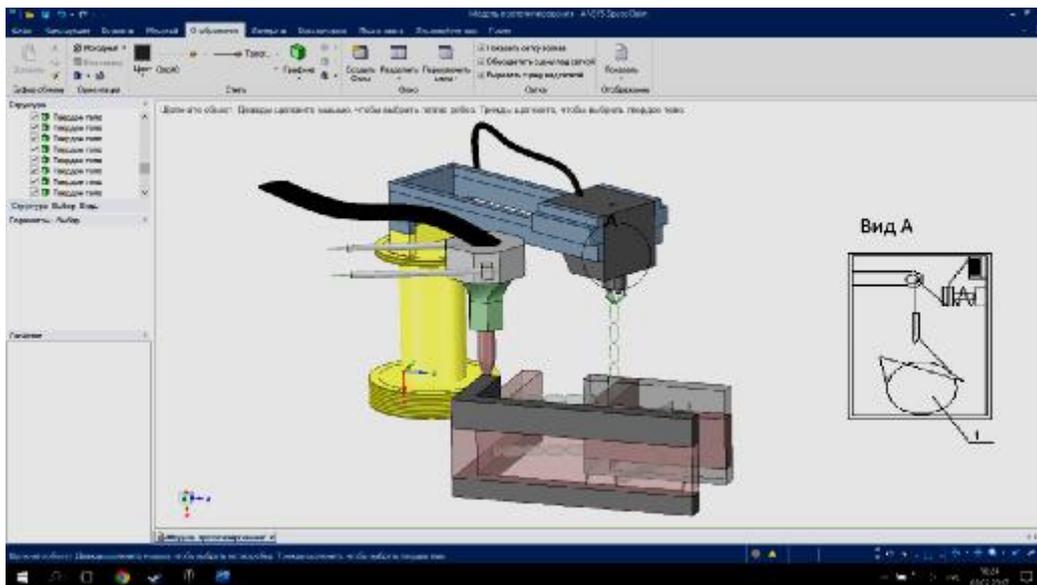
Применение 3D-принтеров в строительстве дает множество преимуществ. Главные из них это высокая скорость строительства цементобетонных фундаментов, автомобильных и аэродромных покрытий и полная роботизация процесса армирования покрытия.

Благодаря высоким механическим характеристикам волокнистые композиты находят широкое применение в технике в качестве конструкционного материала. Существенным преимуществом создания стеклопластиковой арматуры периодического профиля с использованием 3D-принтера является то, что технологический процесс получения конечного продукта совмещен по времени с изготовлением конструкции из стеклопластиковой арматуры на основе волокнистых композитов.

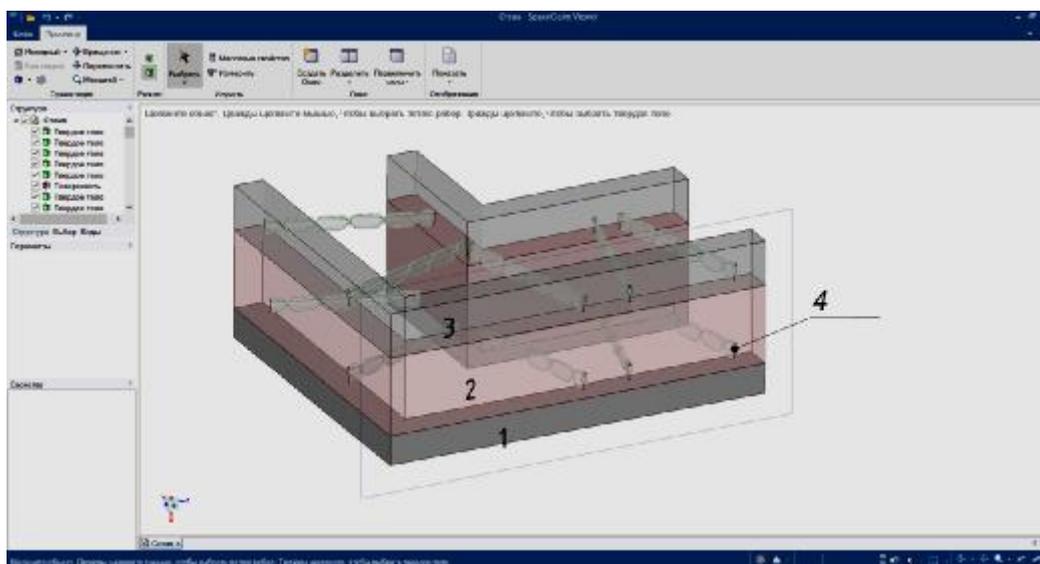
Вопреки распространенному мнению появившиеся недавно строительные 3д-принтеры печатают дома и строительные конструкции не из пластика или силикона, как его обычные «братья», а из бетона. Как правило, для такой печати применяются стандартные составы, в основе которых лежит цемент марки 500. Такие составы недороги, и их компоненты свободно можно приобрести в любом городе мира.

Как и в случае с обычными 3-D-принтерами, в основе принципа работы строительного принтера лежит экструзия. Сначала необходимо приготовить строительный раствор, в состав которого входят цемент, стекловолокно, иногда керамзит и иные материалы. Затем принтер выдавливает этот раствор через специальные сопла, нанося его слой за слоем на основание, что позволяет возвести стены небольшого здания всего за пару-тройку часов. Принтер позволяет быстро «напечатать» все стены и прочие конструкции. Средняя скорость печати современного строительного принтера составляет от семи до десяти кв. метров в минуту. Стоимость строительства здания с использованием 3д-принтера указать невозможно, поскольку он позволяет строить здания любой конфигурации, создавать архитектурные элементы почти любой сложности, возводить стены любой толщины.

Однако бетонные дома для обеспечения высокой надежности конструкции просто не могут обойтись без арматуры. Такой дом потрескается и рассыплется с течением времени. Нами предлагается, выстроенные принтером дома, армировать стеклопластиковой арматурой периодического профиля, так же выполненный при помощи 3-Dпечати. Процесс возведения будет достигнут путем использования одновременно двух устройств (Рисунок 1) -одно печатает арматуру, а другое печатает бетонной смесью слой за слоем. Через одно сопло или экструдер будет выдавливаться быстро затвердевающая смесь. Она похожа на зубную пасту, выдавливаемую из тюбика - это бетонная смесь с различными добавками. Технология предусматривает, что каждый новый слой этой смеси выдавливается из печатающего устройства поверх предыдущего, в результате чего формируется определенная конструкция. Из второго сопла или фильеры 3D-печать изделия происходит за счёт сматывания стеклоровингас бобин, далее механизм формирует периодический профиль. Стеклоровинг проходят пористые валики, которые обеспечивают пропитку светочувствительной смолой. Холодное отверждение происходит мгновенно под воздействием ультрафиолетовых лучей. В итоге получается готовое изделие: арматурная сетка, плоский каркас или отдельные стержни. Представлена модель ограждающей конструкции (Рисунок 2), выполненная при помощи программного обеспечения SpaceClaim 2016. В первую очередь необходимо отметить, что SpaceClaim позволяет не только эффективно подготавливать модели, созданные в сторонних САД-пакетах, для численного моделирования или 3D-печати, но и создавать модели «с чистого листа». Для этого имеется весь необходимый функционал: модель может создаваться как с использованием твердотельных операций, так и по эскизам. Одной из своих основных целей разработчики ставили максимальное удобство использования продукта, в результате чего для вызова большого количества разнообразных функций используется минимум кнопок графического интерфейса. [6]



**Рисунок 1 – 3-D модель выполненная при помощи аддитивных технологий.
Вид А: 1 – узел формирования периодического профиля**



**Рисунок 2 – 3-D Модель ограждающей конструкции
1. - первый слой печати, 2. - второй слой печати, 3. - третий слой печати,
4. -стеклопластиковая арматура периодического профиля.**

Разработанная технология, которая может быть использована для 3D-печати продукции, армированной непрерывными нитями из стекловолокна, позволяет получать арматуру из стекловолокна периодического профиля.

На Рисунке 3 изображены общие виды смоделированных арматурных композитных стержней, которые можно использовать для армирования изделий как конструктивно, так и с расчетом в зависимости от условий эксплуатации. Профиль арматуры формируется за счет силы натяжения ровингов на бобине, при ослаблении натяжения формируется эллиптический вид профиля, а при усилении прямоугольный вид профиля. На рисунке. 3 изображен зигзагообразный профиль, формируемый в результате отклонения в поперечном направлении одного из жгутов. Преднапряжение данной стеклопластиковой арматуры предполагается за счет вытягивания стержня на величину Δl . Арматурный композитный стержень содержит два жгута, которые подвергают завивке, путем

обвода одного из жгутов вокруг другого жгута, с образованием петли, с последующим ее затягиванием и многократным повторением процесса завивки. Отличительными признаками арматурного стержня являются:

- иная форма выполнения элементов, а именно арматурного композитного стержня, имеющего места переплетения из жгутов нитей;
- взаиморасположение элементов, т.е. места переплетения, расположены с равным шагом между ними(регулируемым).
- дополнительная обработка стекловолокна специальными видами смол, обладающими таким свойством как память, которое будет стремиться вернуть стержень в первоначальное состояние, до его вытягивания (Рисунок 4.).

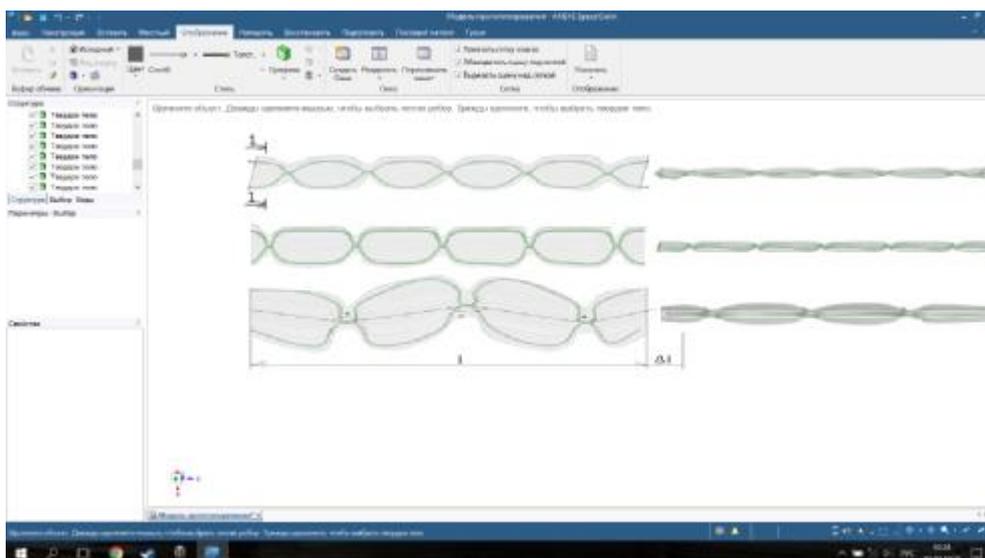


Рисунок 3 – 3-D модели профилей стеклопластиковой арматуры прямоугольной, эллиптической и зигзагообразной формы

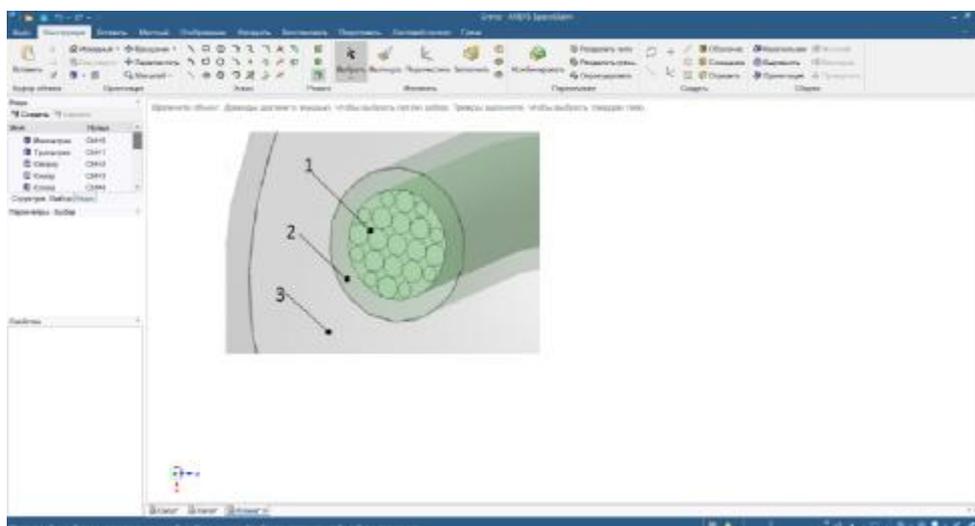


Рисунок 4 – Вид 1-1. Дополнительная защита стекловолокна, а также обработка смолой обладающей свойством памяти.

1. *Стекловолокно, состоящий из стеклонитей.*
2. *Дополнительная обработка стекловолокна.*
3. *Покрывание винилэфирными смолами.*

Предполагаемое изготовление арматурного композитного стержня предусматривает модернизацию существующих технологических линий, либо принципиально новых технологий, которые бы позволили формировать профиль без

участия человека, по специально написанным программам. Использование предлагаемой стеклопластиковой арматуры периодического профиля позволит повысить надежность строительных конструкций за счет увеличения площади сцепления арматурного композитного стержня с бетоном и возможность получения предварительного напряжения.

Обычно BIM-технологии воспринимаются как нечто дорогое, непростое и подходящее только для крупных и сложных проектов, которое совсем не скоро получит распространение. Однако первые эксперименты по внедрению инструментов информационного моделирования и интегрированного выполнения проектов относительно небольших объемов строительства жилья показали существенную эффективность таких подходов и возможность их применения на любом этапе строительства (начиная с проектирования, заканчивая монтажом), при любой схеме финансирования (бюджет, государственно-частное партнерство, кредитование), на любом уровне управления (заказчик, генеральный подрядчик, субподрядчик), используя любое программное обеспечение и формат обмена данными (Revit, AutoCAD 3D, Ansys или другие CAD-программы, MS Project). На практике было доказано, что использование уже существующего в конкретных проектно-строительных компаниях программного обеспечения может значительно снизить для небольших и средних компаний стоимость внедрения новых подходов к проектированию и управлению инвестиционно-строительным процессом.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. «BIM-технологии. Опыт внедрения» Куликовкий Д.П., журнал «Технологии интеллектуального строительства» (Москва) № 3 за 2015 год.
2. Эффективная Россия. Производительность как фундамент роста / McKinsey Global Institute Апрель 2009 г.
3. Елена Петрошевич «Померяемся производительностью труда» / Экономическая газета Выпуск №37(1654) от 28.05.2013.
4. Строительный 3D-принтер. Новая технология строительства домов / Андрей Райтер Июль 18, 2016.
5. Повышение рентабельности проектно-строительного производства в условиях применения технологии информационного моделирования (BIM). Новая роль архитектора/проектировщика. 13.05.2015 - 13:30 / Дмитрий Куликовский Александр Паршин / Архитектура и строительство №2 2015 г.
6. Прямой и обратный инжиниринг с ANSYS SpaceClaim: применение для САМ, САЕ и 3D-сканирования / Дмитрий Волкинд, Константин Кравченко, Михаил Булатов
7. Хватынец, В.А.. Технология изготовления стеклопластиковой арматуры периодического профиля для 3D-печати арматурного изделия / В.А. Хватынец, С.А. Терехов, Д.Н. Шабанов // Электронный сборник трудов молодых специалистов Полоцкого государственного университета. Выпуск 14 (84) – 2016 – С. 105-106. –Электронный оптический диск–1 диск.
8. Способ изготовления композитной арматуры периодического профиля :полож. реш. пат. Респ. Беларусь, МПК Е 04 С 5/07, В 29 С 55/30, В 29 С 53/26 / Н.Н. Попок, Д.Н. Шабанов, О.А. Ерошова, Е.А. Менжинский; заявитель Полоц. гос. ун-т. –№а20130798; заявл. 2013.06.24.
9. Белов, В.В. Компьютерная реализация решения научно-технических и образовательных задач: учебное пособие / В.В. Белов, И.В. Образцов, В.К. Иванов, Е.Н. Коноплев // Тверь: ТвГТУ, 2015. 108 с.
10. Шабанов Д.Н., Аверченко Н.А., Высоцкая М.Н. // Эра технологий в современном строительстве/ Сборник статей республиканского научно-технического семинара. Актуальные проблемы архитектурного Белорусского Подвинья и сопредельных регионов. Новополоцк. 8-9 октября 2015 г. / Полоцкий государственный университет; под общей редакцией В.Е. Овсейчик, Г.И. Захаркина, Р.М. Платонова. – Новополоцк: ПГУ 2015. – 216с.
11. Структура отрасли информационного моделирования, или Кто нужен рынку для ее развития [Электронный ресурс] // NEOPLANT.-ноябрь 2016.- Режим доступа: http://neolant.ru/upload/29112016/NEOLANT_SAPRiGr_Structura%20otrasli%20IM.pdf