

ПРЕИМУЩЕСТВА АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

- Быстрое и точное строительство. Возможность изготовления изделий со сложной геометрией
- Снижение затрат труда - 3D-принтер делает большую часть работы с минимальными затратами труда
- Снижение образования отходов. Большая экономия сырья
- Снижение рисков - путем замены опасных рабочих мест на территории с печатными процессами

НЕДОСТАТКИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

- Сокращение числа сотрудников в отрасли, так как 3D-принтер делает большую часть работы
- Принтер не может заменить производственное предприятие, так как не рассчитан на большой объем материалов
- Повышенные риски – любая ошибка в цифровой модели способна передаться на объект строительства
- Малые предприятия не конкурентоспособны с таким видом производства, в последствии это приведёт к их смещению с рынка
- Ограничение в размерах изготавливаемой конструкции
- Ограничения по прочностным характеристикам изделий

ВИДЫ ЗДАНИЙ

- - гражданские (жилые, общественные) – здания, предназначенные для жилья или общественной деятельности человека



ЖИЛОЕ ЗДАНИЕ

Шесть готовых модулей площадью 19 кв. м. каждый, практически полностью напечатанные на строительных 3D-принтерах. Готовые блоки совмещены друг с другом с помощью подъёмного крана и высокопрочных креплений. В результате за три часа формируется единое здание с гостиной, кухней, ванной комнатой на первом этаже, спальней, бытовым помещением и террасой - на втором.



10 одноэтажных домов



- Десять одноэтажных домов были построены в городе Сучжоу. Сейчас строения находятся в Шанхае.
- Конструкция, с помощью которой были созданы дома, состоит из четырех принтеров, размеры каждого из которых достигают десяти метров в ширину и 6,6 метра в высоту. Высокая скорость постройки домов достигается благодаря быстросохнущему раствору из цемента и отходов горного производства.

5 – этажный жилой дом



- **Пятиэтажное здание жилого назначения было напечатано при помощи принтера компанией WinSun Decoration Design Engineering Co. в китайском городе Сучжоу в начале 2015 года. Общая площадь этого дома составила 1100 квадратных метров, здание рассчитано на пятьдесят человек.**



- При этом каркас здания был возведен менее чем за неделю. В процессе строительства трехмерный принтер использовал особый материал – смесь цемента, стекловолокна, песка и отвердителя. Он легко принимает нужную форму, быстро твердеет, а также хорошо выдерживает температурные нагрузки, влагу и землетрясения.

Особняк



- **Дом соорудили на протяжении шести с половиной недель в Пекине в районе Тунчжоу. В итоге получился особняк с двумя этажами, общей площадью 400 кв. м и стенами толщиной 240 см. Созданием дома занималось местное предприятие Huashang Tengda. Представители фирмы отметили, что все же пришлось использовать ручной труд для строительства, а весь процесс проходил под контролем специалистов-технологов. В процессе создания дома участвовали громадные промышленные принтеры, которые создали железобетонные элементы конструкции, собранные потом, как пазл.**

Полностью автономный жилой дом



- **Новый проект архитектурной фирмы SOM (США) напечатан на 3D-принтере и делает серьезную заявку на то, чтобы стать решением жилищной проблемы на долгие годы.**
- **3D-жилище с солнечными панелями на крыше и интегрированной системой батарей для круглосуточной подачи энергии. Здесь можно и зарядить электромобиль.**

Полностью автономный жилой дом



- Каждый сегмент здания создается отдельно, затем конструкция собирается без каких-либо дополнительных опор. Команда дизайнеров SOM спроектировала самую большую в мире 3D-печатную полимерную структуру.
- Здание имеет длину 11,5 метров, 3,65 метров в высоту и в ширину - что-то среднее между трейлеров и передвижным домом.

ОФИСНЫЕ ГРАЖДАНСКИЕ ЗДАНИЯ



ВИДЫ ЗДАНИЙ ПО СПОСОБУ ВОЗВЕДЕНИЯ

- **1 МОНОЛИТНЫЕ**
- **2 СБОРНЫЕ**
- **3 СБОРНО-МОНОЛИТНЫЕ**

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКТИВНОЙ ЧАСТИ ЗДАНИЯ С ФОРМИРОВАНИЕМ ТРЕХМЕРНОЙ ВИРТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА

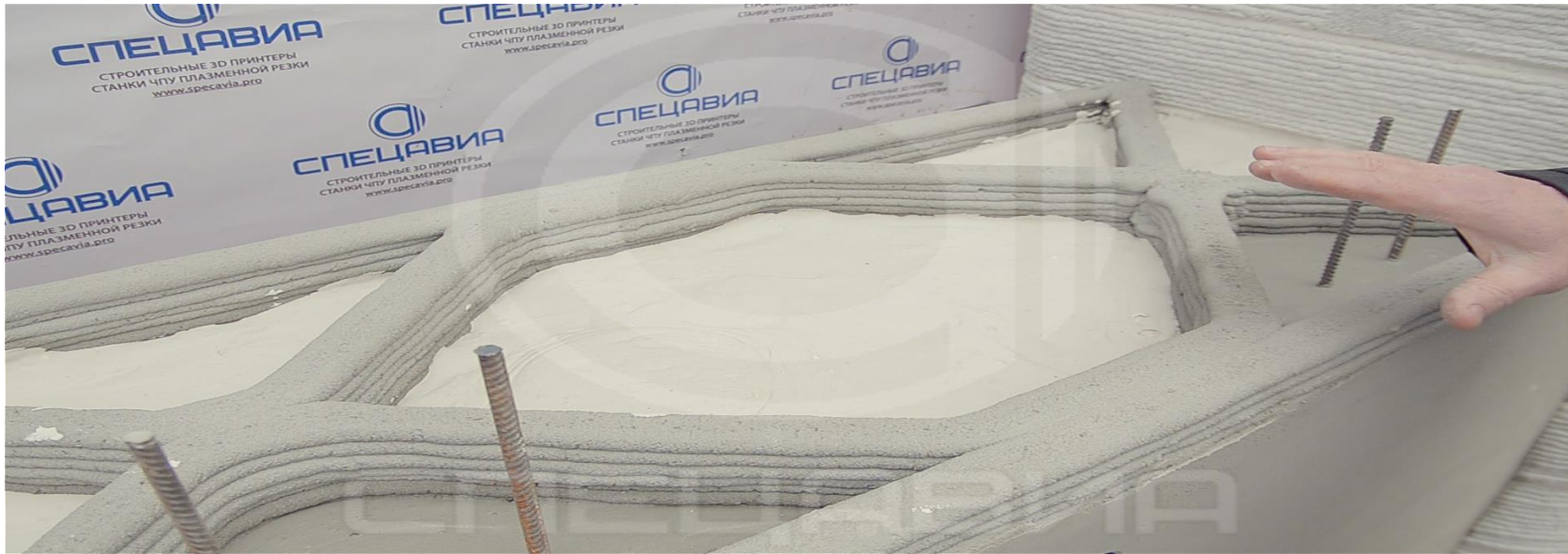
- КОМПОНОВКА ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНОГО РЕШЕНИЯ И КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ ЗДАНИЯ**
- СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЗДАНИЯ (РАСЧЕТНАЯ СХЕМА, НАГРУЗКИ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ)**
- РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ ПО ПРЕДЕЛЬНЫМ СОСТОЯНИЯМ**
- КОНСТРУИРОВАНИЕ**

ВИДЫ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

для 3д принтеров

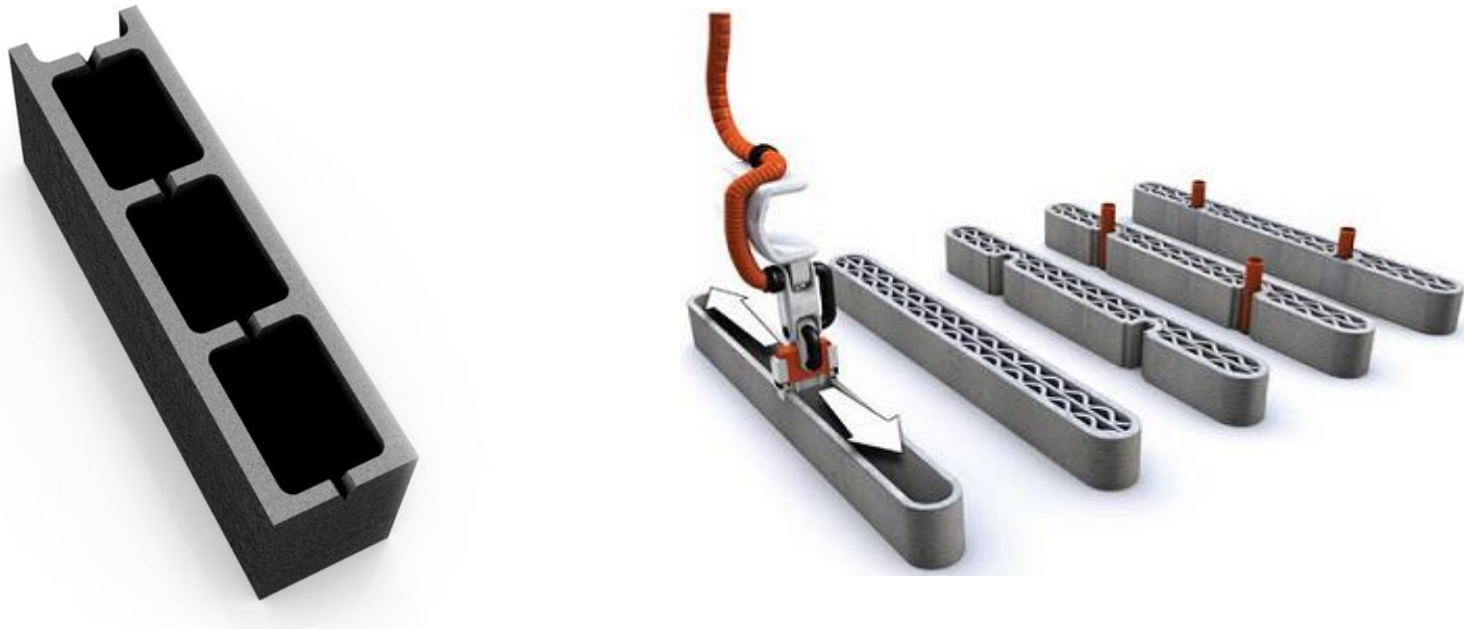
- 1 Бетонная смесь (мелкозернистый бетон, пенобетон)**
- 2 Фибробетон (стеклофибробетон, базальтофибробетон)**
- 3 Смесь водостойкого гипсового вяжущего с измельчёнными отходами полимеров, картона, стекла и бумаги**
- 4 Коалиновые смеси (огнеупорные изделия)**
- 5 ABS-пластик, биопластик**
- 6 Соляной полимер**
- 7 Керамика, глина с соломой**

ПЕНОБЕТОН



СпецАвия использует в качестве теплоизоляционного слоя, располагаемый во внешних камерах - пеногипсобетон. Плотность пеногипсобетона — 550-600 кг на куб. Толщина стен — 61 см. Теплотехнические расчёты сделаны до -37 градусов.

Возможности применения пенобетона



Тепло- и звукоизоляция в многослойных стенах.

Оптимизация толщины стены за счет высоких теплоизоляционных свойств.

Вопрос армирования может быть решен с помощью добавления в пенобетон базальтового волокна.

Печать пенобетонных блоков, с дальнейшей сборкой по принципу конструктора «Лего».

Печать стен и перекрытий, с дальнейшей сборкой.

ABS-пластик

- Представляет собой **ударопрочную термопластическую техническую смолу**. Этот материал гораздо прочнее бетона, а его отличные физические и механические свойства определяют возможность применения этого материала для создания всевозможных прочных и износостойких объектов. Готовые детали часто получают немного смазанными, из-за чего нуждаются в корректировочных и восстановительных работах. Шлифовка и обработка наждачной бумагой предотвращают данную проблему.
- Основными недостатками ABS-пластика можно считать относительно **низкую устойчивость к прямому воздействию солнечного света и высокую стоимость материала**, чем у бетона.

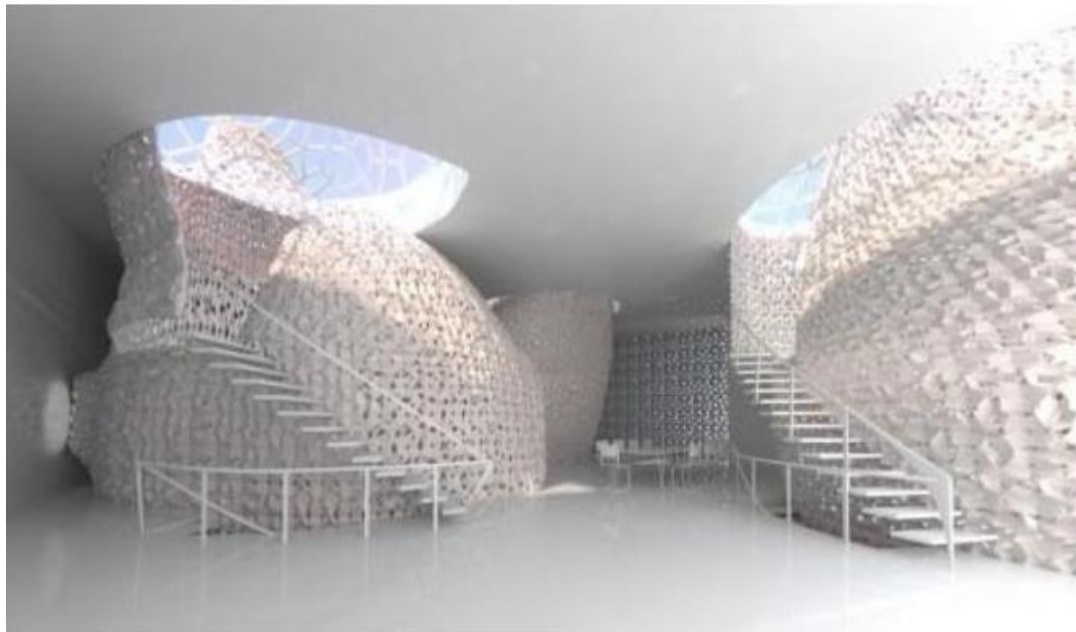
БИОПЛАСТИК

- При необходимости здание из **биопластика** можно полностью переработать и использовать материал для другого проекта.
- Если нет необходимости в переработке, дом можно просто разрушить после использования – это особенно ценно для отдаленных районов, откуда сложно вывозить строительный мусор.
- Использованный материал – биопластик на основе льняного масла, этим объясняется его черный цвет. Среди требований, которые предъявлялись к материалу в ходе разработки совместно с концерном Henkel – прочность, биоразлагаемость и легкость 3D-печати.



Соляной полимер

- Применяется для печати межкомнатных перегородок. Соединив вместе строительный клей и соль, добытую в пруду Редвуд-сити, изобретатели получили недорогой, водостойкий, лёгкий, полупрозрачный материал, который называется Saltygloo.



Керамика

- Учёные, представляющие лабораторию SabinDesign при Корнелльском университете (Нидерланды) решили обойти традиционные трудоёмкие методы строительных работ, заменив шлакоблоки, цементный раствор и физический труд с помощью изделия под названием **PolyBricks**.
- Кирпичные блоки проектируются таким образом, чтобы сила тяжести соединяла между собой все детали конструкции без традиционных клеящих составов



САМАН

- Энергоэффективной и экономичной является 3D-печать домов из **соломы и почвы**. Для создания фрагмента стены размером 270 см при диаметре 5 м требуется примерно 40 тонн материала, 2 кубометра воды и 200 кВт·ч. На укладку каждого слоя у массивного 3D-принтера уходит примерно 20 минут, вес слоя составляет около 300 кг. С точки зрения издержек, стоимость такого фрагмента – всего примерно 48 евро, включая материал и энергию.
- **Глину и солому**, с которыми работают в WASP, можно легко смешать и использовать в качестве материала для 3D-печати без дополнительных веществ. Скорость отвердевания жидкого материала позволяет печатать 60 см в день, а летом даже больше – до одного метра.





Армирование конструкций



Арматурные стержни

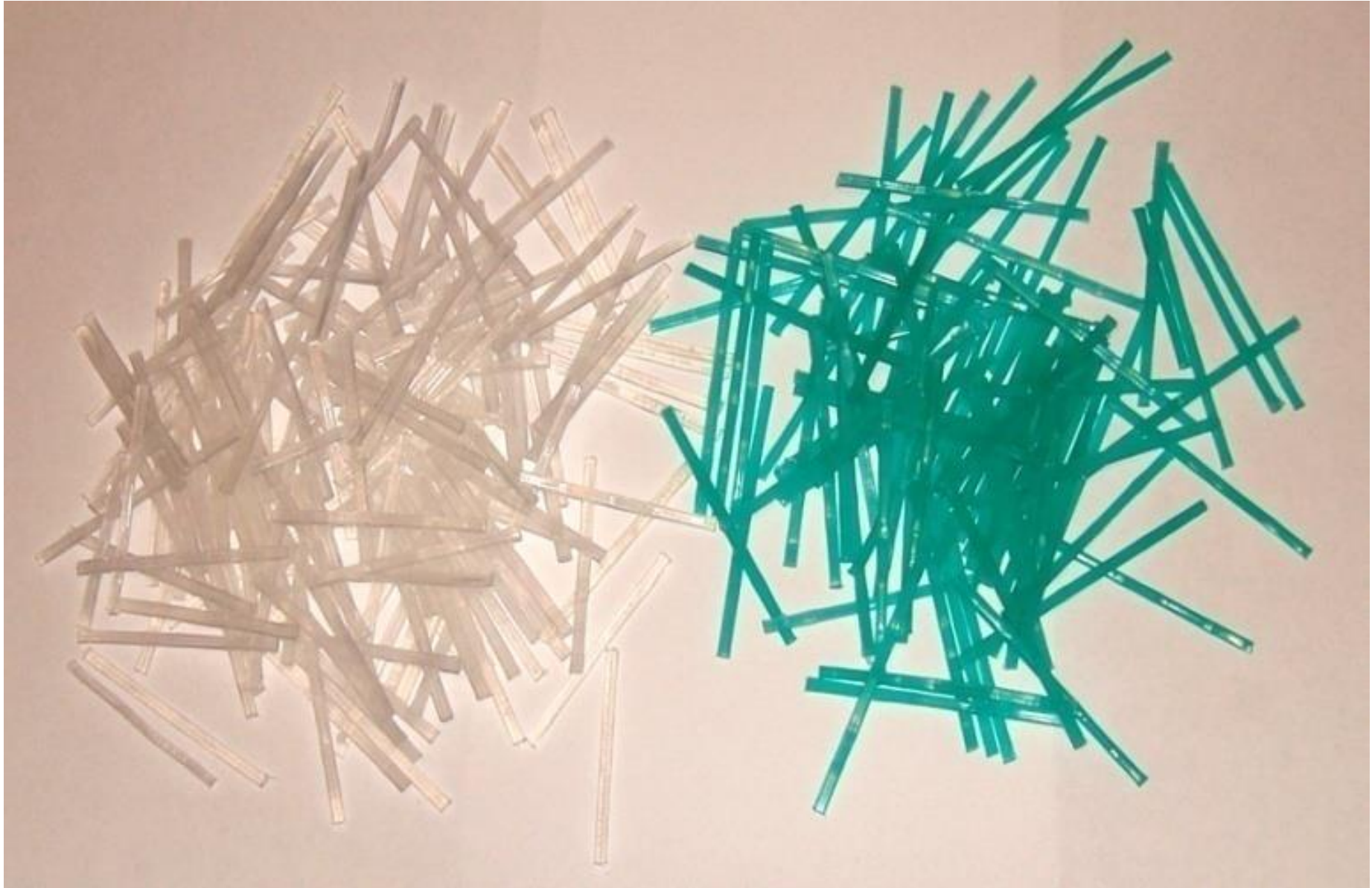


Фиброволокно



Полимерная сетка

Полипропиленовая фибра



Базальтовая фибра



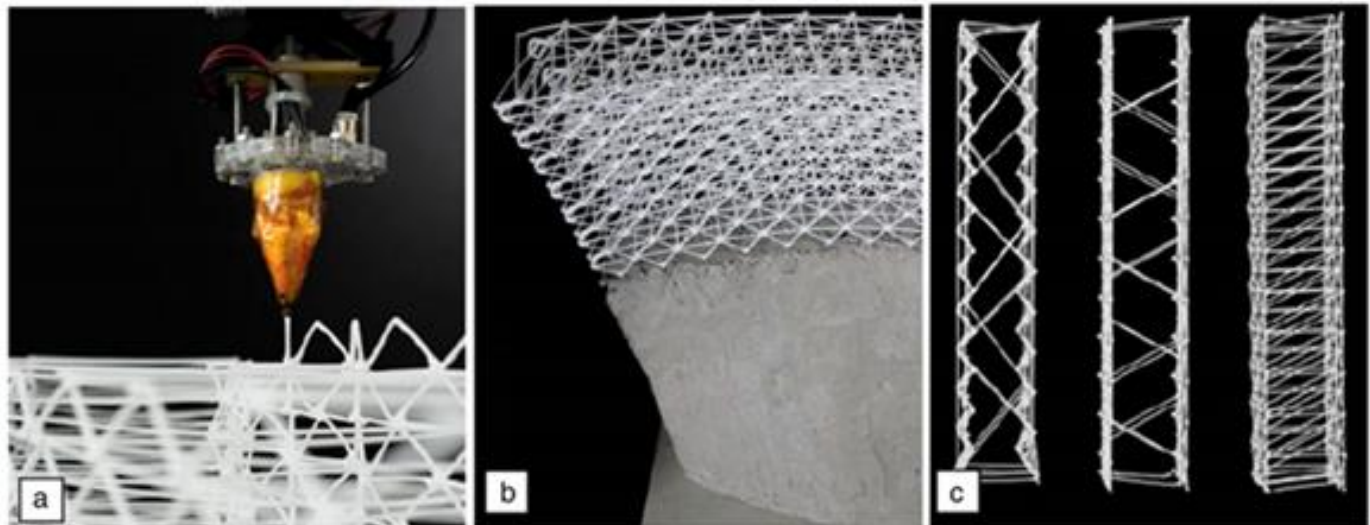
Полимерная сетка

Термопла
стичный
полимер

Сокращает
время на
создание
каркаса

Выдавлива
ется с
помощью
робота

Можно
напечатать
различную
плотность
сетки



ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ

• ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА

- **1 Классы по прочности на сжатие**
- мелкозернистый бетон групп:
- А - естественного твердения или подвергнутый тепловой обработке при атмосферном давлении на песке с модулем крупности свыше 2,0 - В3,5; В5; В7,5; В10; В12,5; В15; В20; В25; В30; В35; В40;
- Б - то же, с модулем крупности 2,0 и менее - В3,5; В5; В7,5; В10; В12,5; В15; В20; В25; В30;
- В — подвергнутый автоклавной обработке - В15; В20; В25; В30; В35; В40; В45; В50; В55; В60
- **2 Марки по морозостойкости**
- F50; F75; F100; F150; F200; F300; F400; F500

ЛЕНТОЧНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ с применением 3Д принтера

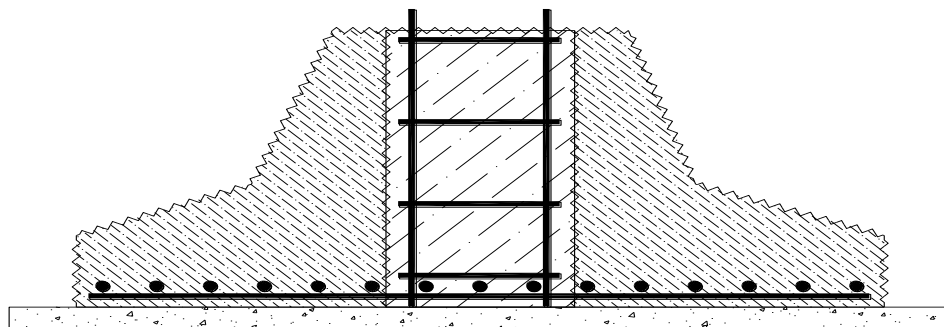
- 1 Печать несъемной опалубки, установка арматурных сеток с последующим заполнением тяжелым бетоном



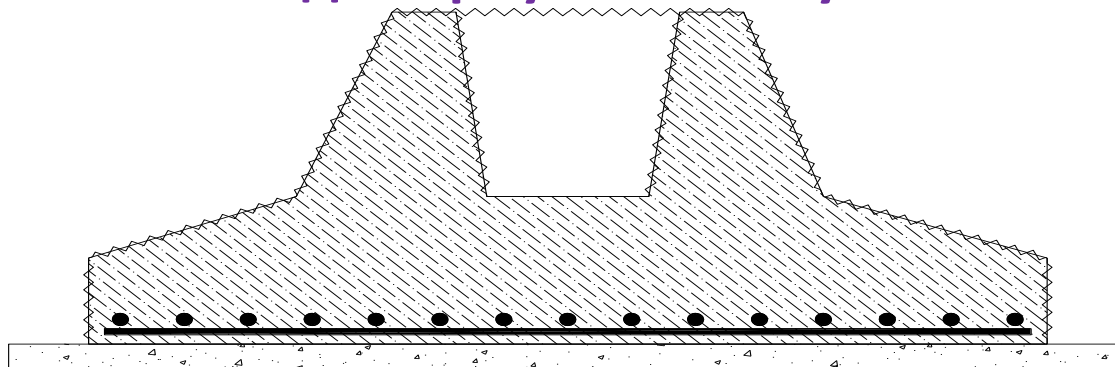
- 2 Установка арматурных сеток и полная печать фундамента

СТОЛБЧАТЫЕ ФУНДАМЕНТЫ ПОД КОЛОННЫ с применением 3Д принтера

- Установка арматурной сетки и печать фундамента со стаканом под монолитную колонну



под сборную колонну

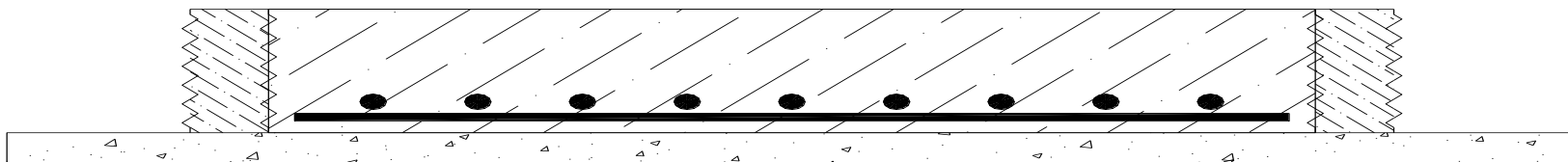


СТОЛБЧАТЫЕ ФУНДАМЕНТЫ ПОД СТЕНЫ с применением 3Д принтера

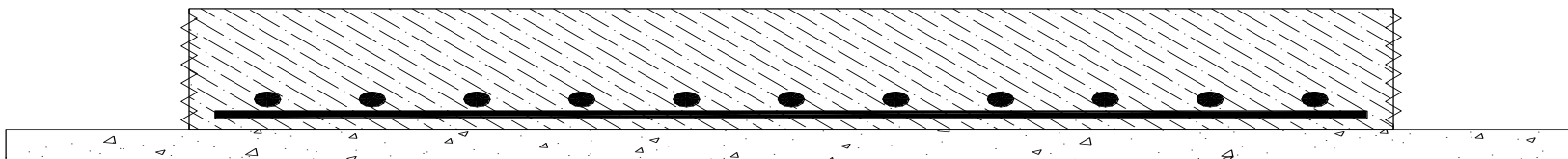
- **1 Печать несъемной опалубки плит и столбов , установка арматурных сеток с последующим заполнением тяжелым бетоном**
- **2 Печать сборных фундаментных балок с последующим их монтажом на столбы**

ПЛИТНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ с применением 3Д принтера

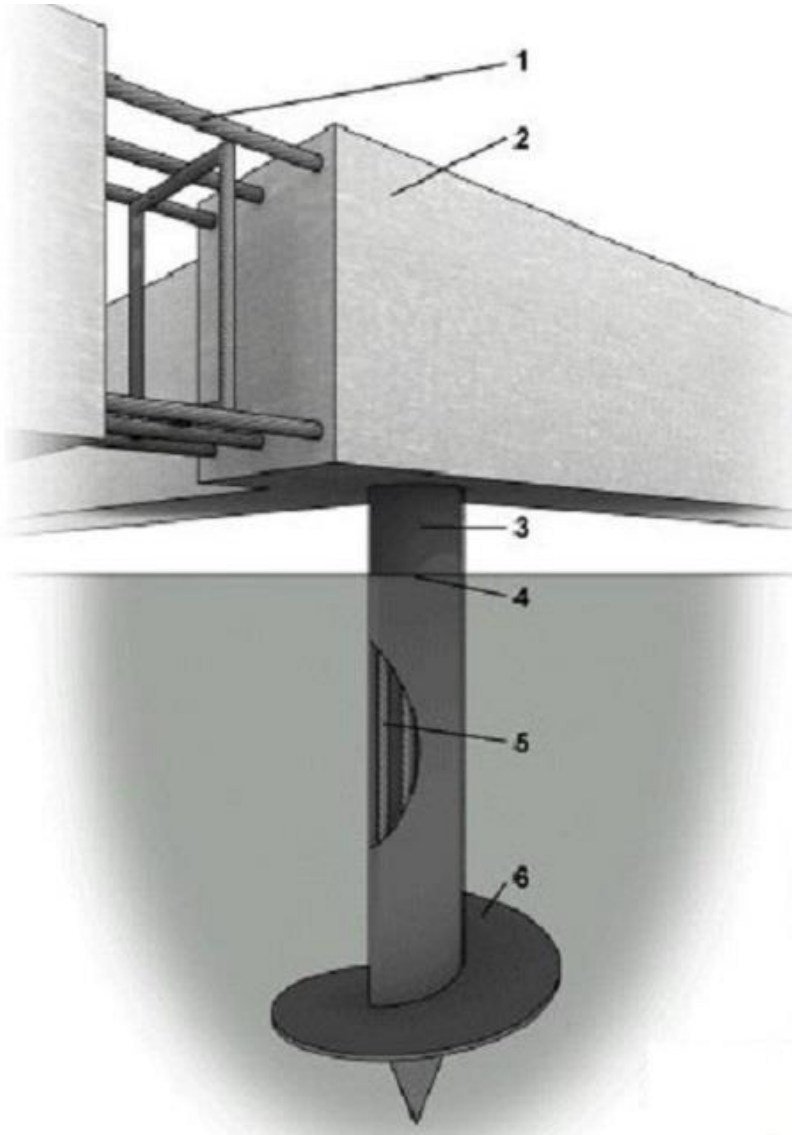
- 1 Печать несъемной опалубки плиты, установка арматурных сеток с последующим заполнением тяжелым бетоном



- 2 Установка арматурных сеток и полная печать плиты фундамента



СВАЙНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ с применением 3Д принтера



1 Арматурный каркас «ленты».

2 Железобетонный монолитный ростверк, возведенный 3Д принтером по несъёмной опалубке.

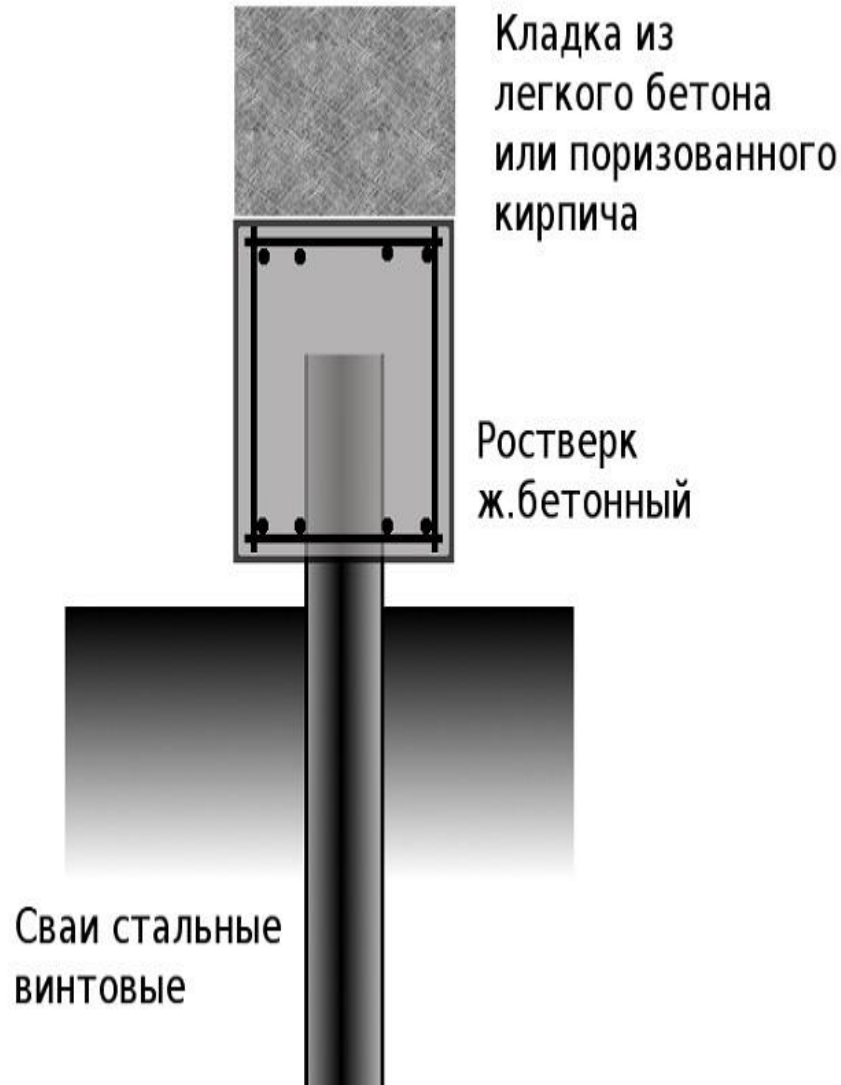
3 Выступающая над поверхностью земли часть винтовой сваи.

4 Уровень грунта.

5 Внутреннее армирование сваи, залитое бетоном.

6 Лопасть сваи, опирающаяся на несущий слой грунта.

СВАЙНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ с применением 3Д принтера



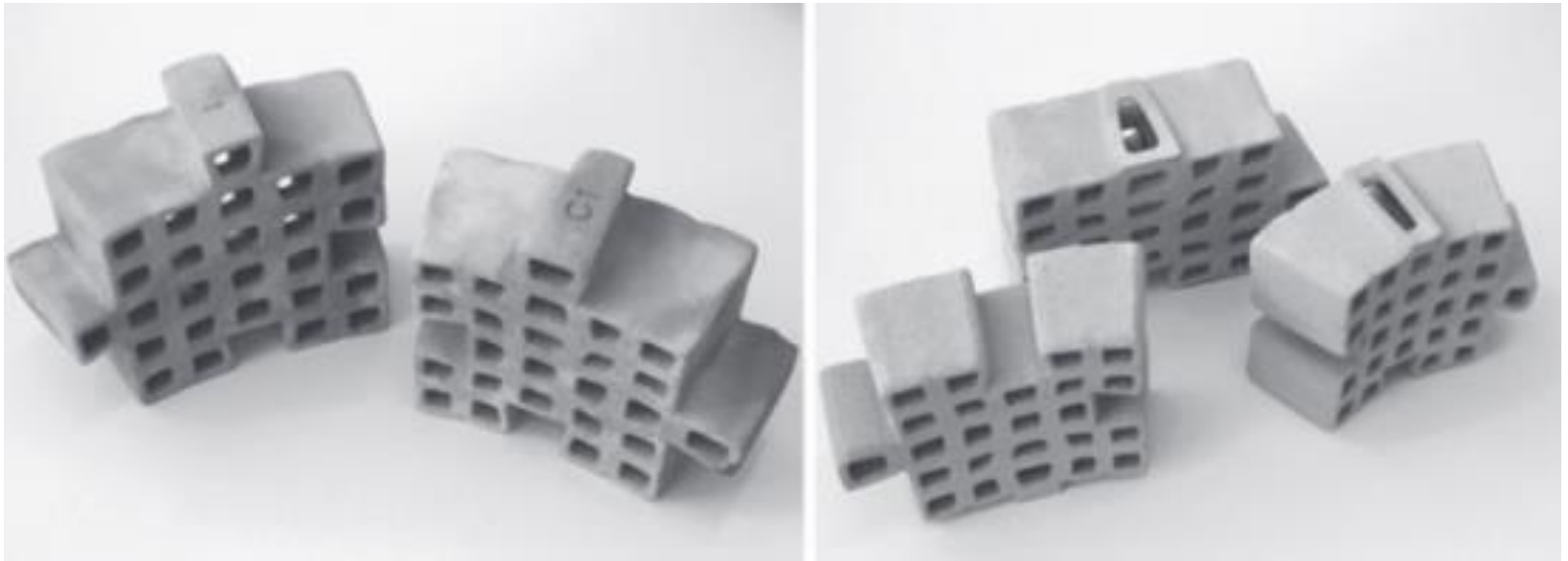
1 Этап армирования будущего ростверка. Внутри каждой сваи устанавливаются арматурные пруты, которые желательно предварительно увязать хомутами в пространственный каркас. После установки вертикального армирования полости свай заливаются бетонной смесью.

2 К выходящим из бетона в сваях арматурным прутам увязывается каркас самого ростверка.

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

СТЕНЫ ИЗ МЕЛКОШТУЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

- Кирпичные блоки PolyBricks



- Сила тяжести и трение соединяет между собой все детали конструкции без традиционных клеящих составов

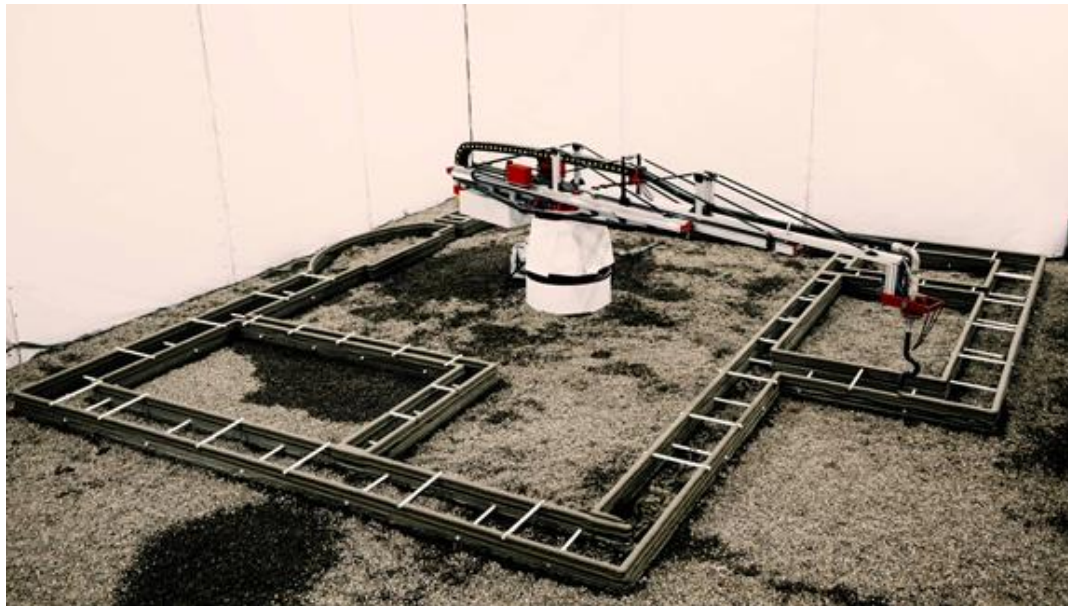
МОНОЛИТНЫЙ ВАРИАНТ

- Производится на строительной площадке по фундаменту
Для защиты от осадков и ветра необходимо установить шатёр - тепляк
Печать бетоном с противоморозной добавкой при температурах до -10 градусов ниже нуля особых сложностей не вызывает



Конструкции монолитных стен

- Монолитная стена, возведенная 3D принтером, представляет собой единую несъёмную опалубку вдоль всех стен здания

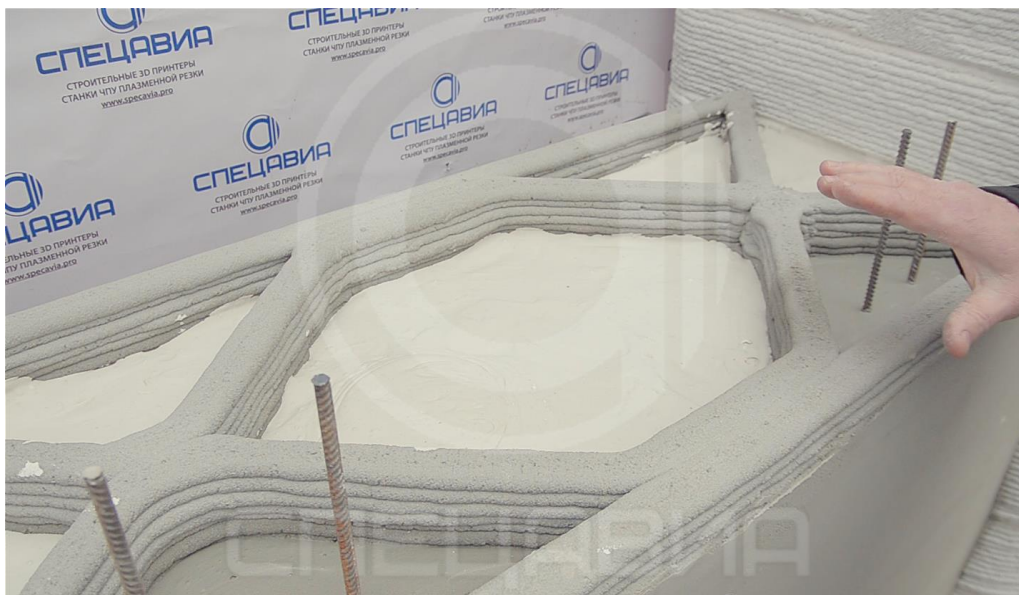


Конструкции монолитных стен

- 1 Однокамерные стены с установкой арматурного каркаса и заполнением бетоном



- **2 Двух- и многокамерные стены**



- **Как вариант, силовые элементы стен заливают бетоном В25 F200 W8, а теплоизоляционный внешний контур пеногипсобетоном плотностью 400, арболитом или другими теплоизоляционными материалами**

Конструкции монолитных стен

- Оконные и дверные проемы в стенах печатаются по временному настилу



Конструкции монолитных стен

- **Армирование стен, возводимых строительным принтером, производится следующими способами:**
 - **вертикальный армированный пояс**
 - **горизонтальное армирование, в том числе арматурными сетками**
 - **введение в состав бетона фибры (стекловолокно, базальтовая фибра, полипропиленовая фибра)**

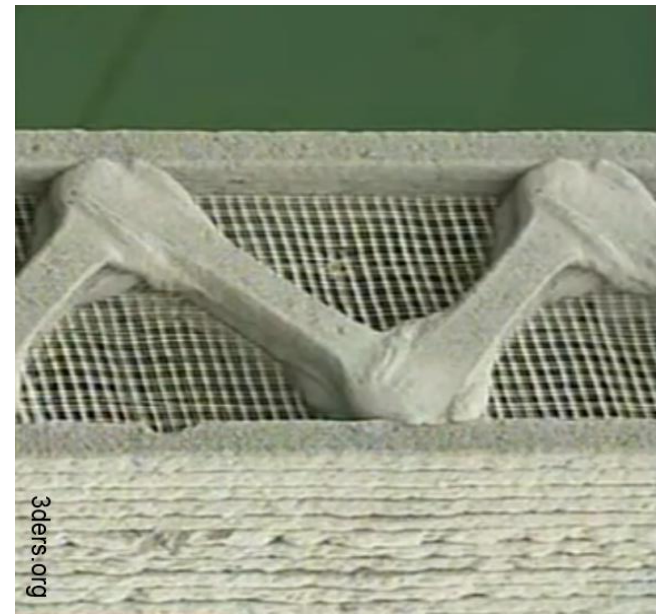
Армирование стен

- **вертикальный армированный пояс**
- Вертикальное армирование в полости выполняется после печати. Фиксируются стержни или каркас и заливается армопояс бетоном нужного класса



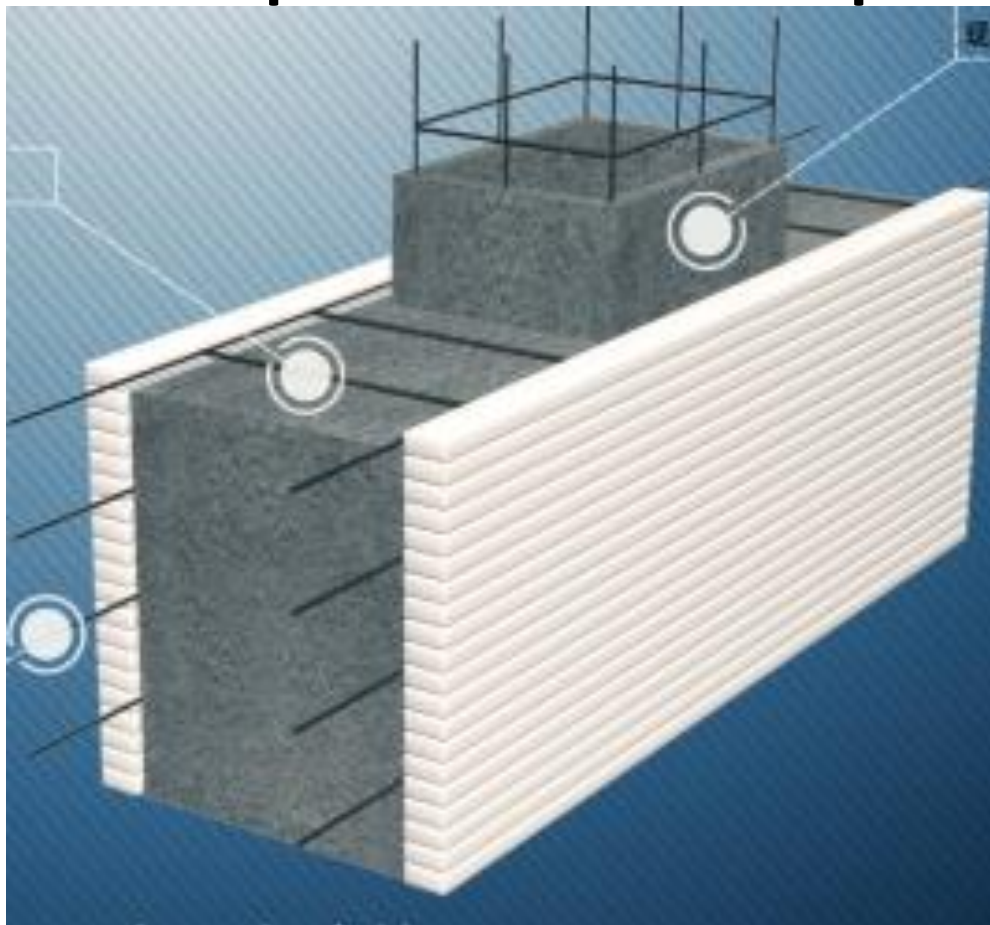
Армирование стен

- горизонтальное армирование, в том числе арматурными сетками
- Горизонтальное армирование проводится между слоями в процессе печати



Армирование стен

- При печати на фундаменте горизонтально уложенная арматура между слоями перевязывается с вертикальной в армопоясах.



СБОРНЫЙ ВАРИАНТ

- **Может осуществляться в помещении**
- **Площадь здания не ограничена размером принтера**
- **Удобство при массовой печати**
- **Печатать части зданий в помещении удобно. Печатать можно и большие элементы, например целые стены и блоки, однако добавляется логистика. Напечатанное нужно ещё довести до стройплощадки и смонтировать.**

СБОРНЫЙ ВАРИАНТ

- 1 Крупнопанельные конструкции
- 2 Объемно-блочные конструкции



ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ КОЛОНН 3D ПРИНТЕРОМ

- **1 Изготовление колонн в проектном (вертикальном) положении с поэтапным наращиванием каркаса – монолитный вариант**
- **2 Изготовление колонн в цехе в горизонтальном положении с последующей их установкой в проектное положение – сборный вариант**
- **3 Изготовление в проектном (вертикальном) положении несъемной фибробетонной опалубки с дальнейшей установкой арматурного каркаса и укладкой бетонной смеси - сборно-монолитный вариант**

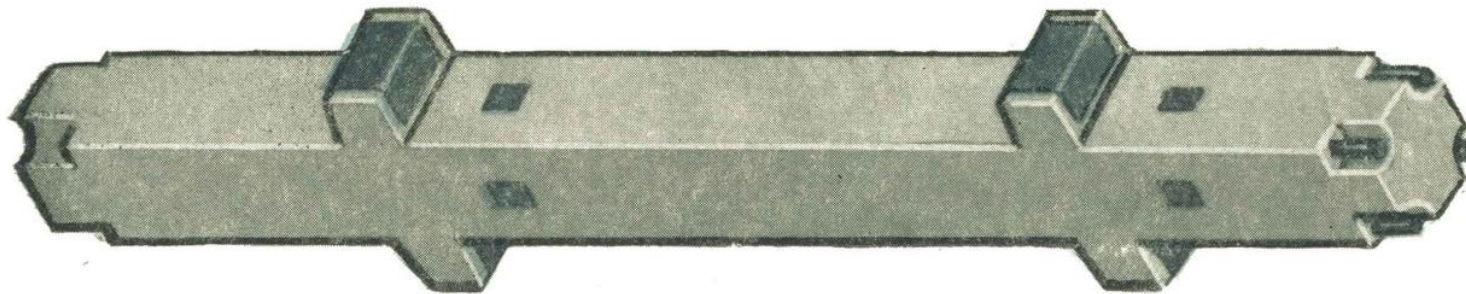
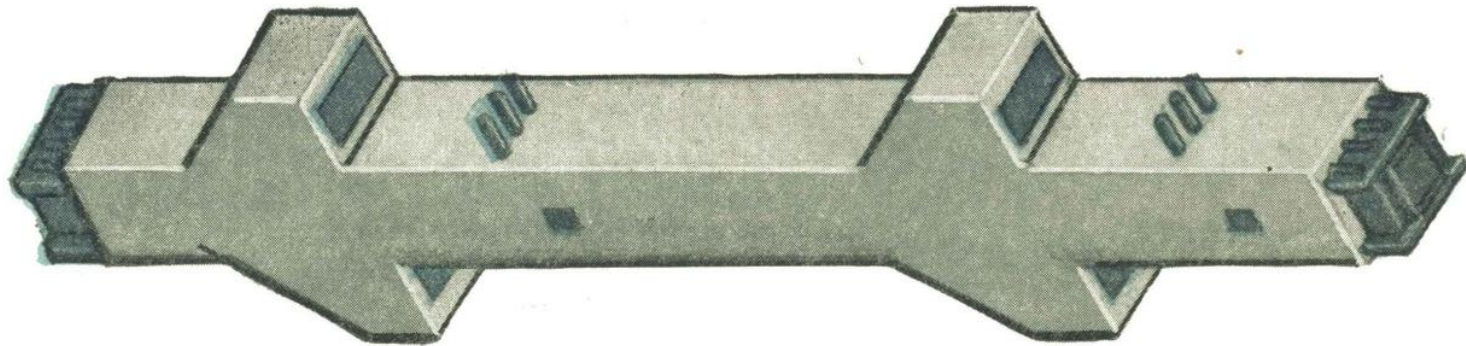
Изготовление колонн в проектом (вертикальном) положении с поэтапным наращиванием каркаса



**Изготовление колонн в проектном
(вертикальном) положении с поэтапным
наращиванием каркаса**



**Изготовление колонн в цехе в горизонтальном
положении с последующей их установкой в
проектное положение**



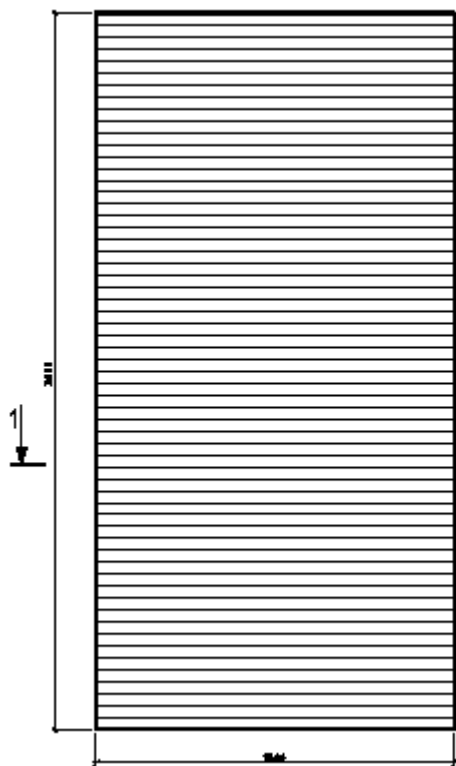
Изготовление в проектом (вертикальном) положении несъемной фибробетонной опалубки с дальнейшей установкой арматурного каркаса и укладкой бетонной смеси



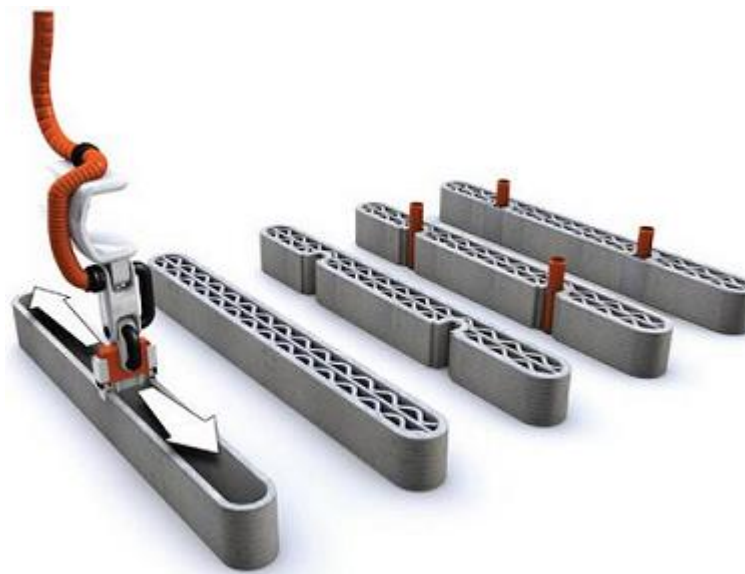
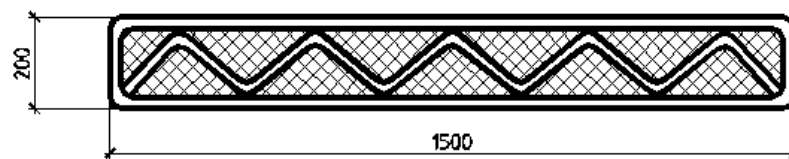
Изготовление сборных плит перекрытия на 3Д принтере

- **1** 3Д-печать в вертикальном положении.
- Армирование арматурными каркасами во внутренних полостях после возведения контурных и внутренних ребер жесткости с последующим бетонированием . Нижняя и верхняя полка армируется фиброй.
- **2** 3Д-печать в горизонтальном положении с овальными пустотами фибробетонной смесью. Армирование плоской сеткой в нижней полке, размещенной на фиксаторах, установленных на опорном листе.

Вариант сборной плиты перекрытия - печать на 3Д принтере в вертикальном положении

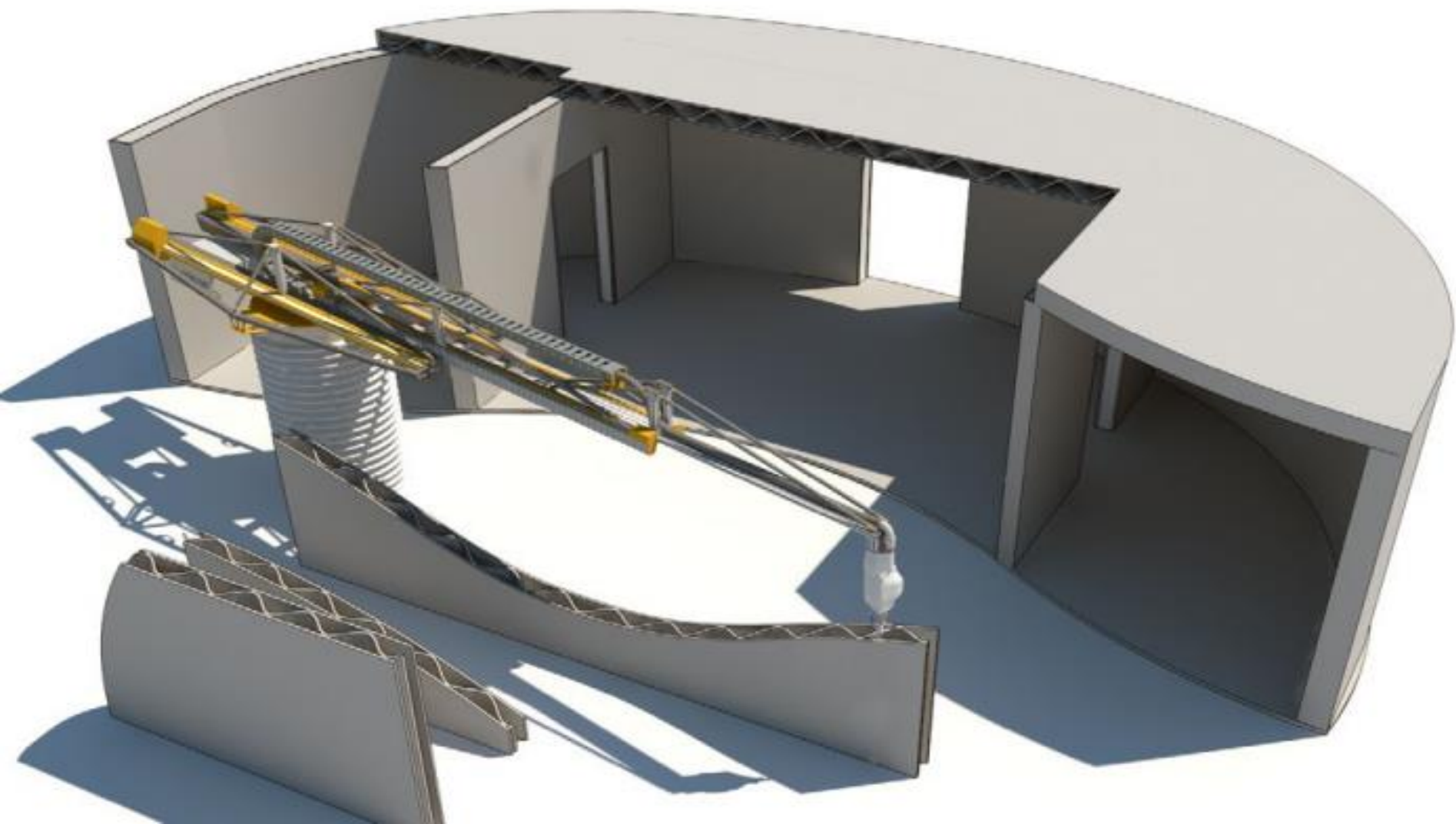


Разрез 1-1



Плиты перекрытия

Формируются в соответствии с формой горизонтального среза здания.

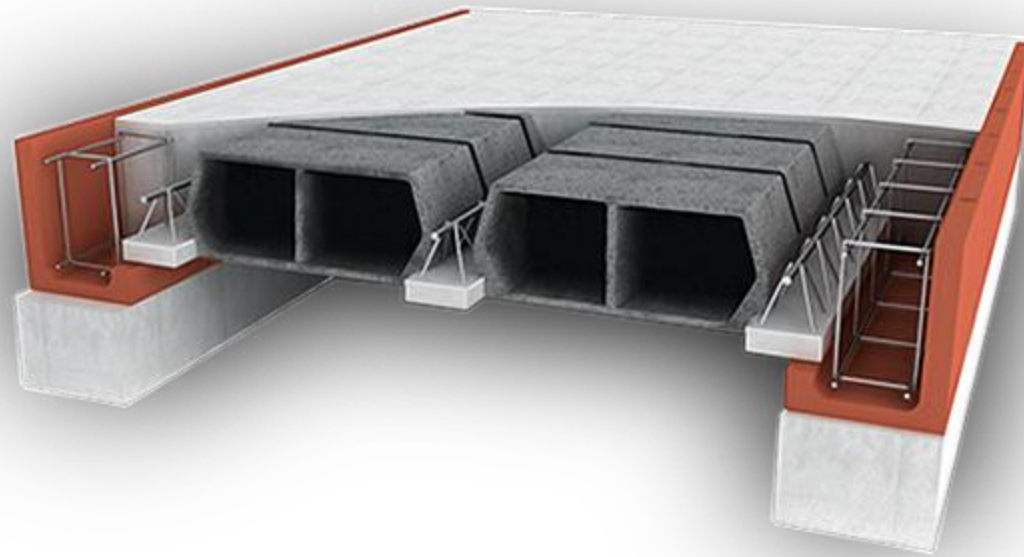


Возведение монолитных перекрытий с помощью 3Д принтера

- **С использованием инвентарной опалубки**
- **С использованием несъемной опалубки:**
 - **- профилированный лист;**
 - **- ребристая железобетонная;**
 - **- комбинированная фибробетонная**



Технология возведения сборно-монолитных перекрытий с помощью 3D принтера





Ж/б балки

Армирующая
металлическая
сетка

Пустотелые
блоки

Заливка
бетоном

СМП-250

