

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ СТЕН ЗДАНИЙ, ВОЗВОДИМЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Руднев И.В., канд.техн. наук, доцент, Соболев М.М., Молчанов И.В.
Оренбургский государственный университет

В настоящее время технологии послойного синтеза или аддитивные технологии (от английского Additive manufacturing) стали реальностью в строительной отрасли [1]. К преимуществам построения зданий с помощью 3D печати можно отнести: улучшенные свойства готовой продукции, большую экономию сырья, возможность изготовления конструкций со сложной геометрией, ускорение темпов строительства. Уже сейчас разработаны, в том числе и в Российской Федерации, 3D-принтеры, использующие строительные материалы на основе различных смесей для возведения как отдельных строительных конструкций, так и зданий в целом (рисунок 1).



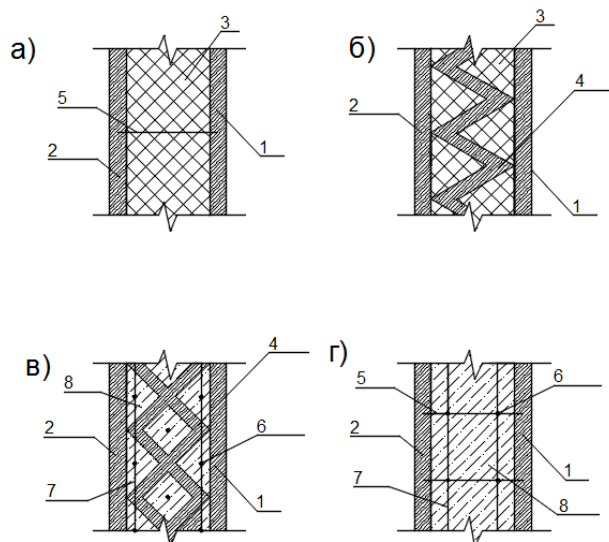
Рисунок 1 – Печать 3D-принтером компании «СПЕЦАВИА», г. Ярославль, здания площадью до 55 м².

В частности Российская компания «СПЕЦАВИА» [2], выпускающая порталные 3D-принтеры, предлагает следующие варианты исходного материала, такие как: каолиновая смесь, стеклофибробетон, цементная смесь М300 с минеральными добавками, мелкодисперсная цементная смесь, высокопрочная цементная смесь. При этом стоимость смесей для экструдера 3D-принтера значительно разнятся. Так стоимость 20 кг куля более прочных смесей, например, со стеклофибробетоном или высокопрочной цементной смеси, в 3-4 раза превышают стоимость цементной смеси М-300.

На наш взгляд одним из мероприятий, позволяющих снизить стоимость напечатанных зданий, является разработка конструктивных решений несущих элементов, в частности стен, с применением строительных смесей более дешевого ценового диапазона, например, марок М300-М400. Кроме этого при

строительстве зданий на большей территории России необходимо большое внимание уделить утеплению конструкций.

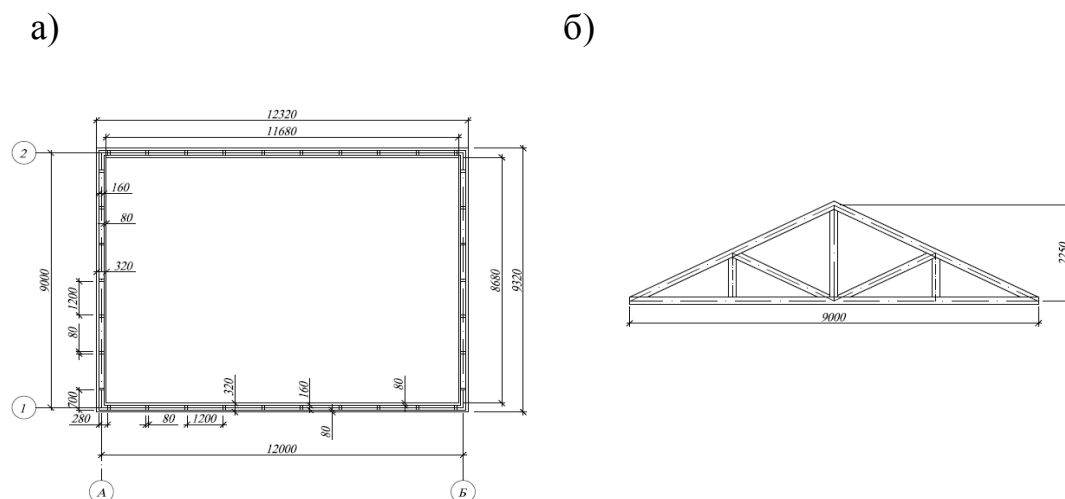
В зависимости от условий эксплуатации и действующей нагрузки предлагается несколько вариантов конструктивного решения стен, схематично представленных на рисунке 2.



1- внутренний слой из бетона; 2-внешний слой из бетона; 3-утеплитель; 4-диафрагмы из бетона; 5-поперечная арматура; 6-вертикальная арматура;7-продольная арматура; 8-средний слой из легкого бетона.

Рисунок 2 – Варианты конструктивных решений стен здания при 3D печати

а) с поперечным армированием б) с диагональными диафрагмами в) с усиленными диафрагмами г) стена с заполнителем из легкого бетона



а) план здания; б) геометрическая схема стропильной фермы

Рисунок 3 – Вариант здания для 3D-печати с конструктивным решением стен с поперечными диафрагмами.

На рисунке 3а приведен план одноэтажного здания с габаритными размерами в осях А-Б, 1-2 12,00х9,00 метров с поперечными диафрагмами между внутренней и наружной оболочками стен, напечатанными в зонах опирания стропильных конструкций. На рисунке 3б приведена геометрическая схема стропильных ферм геометрическая схема. Для предварительной оценки напряженно-деформированного состояния стен здания в программном комплексе АРМ СЕ создана пластинчато-стержневая модель здания, приложены расчетные снеговая и ветровая нагрузки, а также учтен собственный вес (рисунок 4).

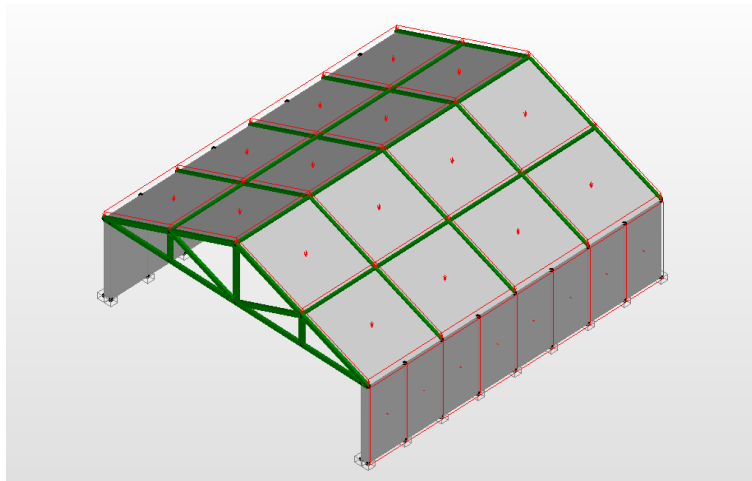


Рисунок 4 – Пластинчато-стержневая модель здания.

Результаты расчета показали, что конструктивное решение и материал стен (бетон класс В15), судя по уровню напряжений, в том числе в зоне опирания стропильных конструкций (рисунок 5), в целом способны воспринимать действующие нагрузки.

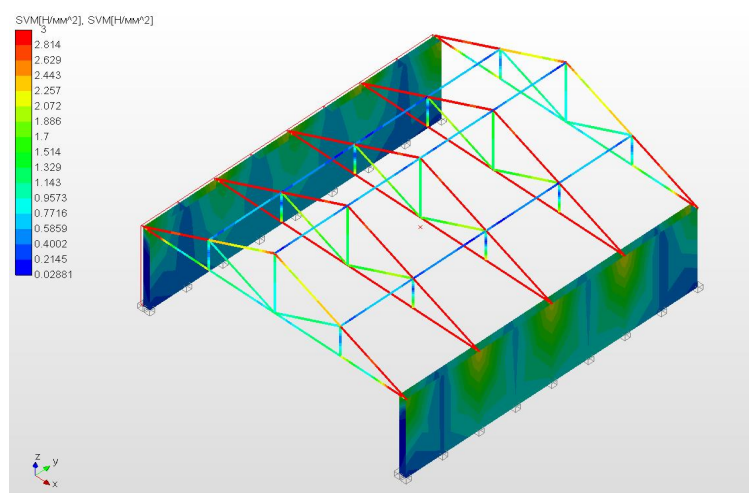


Рисунок 5 – Карта напряжений (кровельное покрытие условно не визуализировано).

Однако в принятой к расчету модели здания не учтены особенности применения аддитивных технологий, в частности:

- не учтено фактическое сцепление между слоями бетона, зависящее, в том числе, от временного промежутка печати между слоями;

- не учтены осадочные напряжения, возникающие в бетоне, появляющиеся в результате нанесения слоев и зависящие, в том числе от скорости печати и физико-механических характеристик бетонной смеси.

Влияние отмеченных параметров на напряженно-деформированное состояние стен в зданиях и сооружениях, построенных с применением 3D печати, требует дальнейших исследований, в первую очередь экспериментальных.

В связи с перспективностью направления [5], на кафедре строительных конструкций Оренбургского государственного университета планируется дальнейшее изучение мирового опыта в области применения аддитивных технологий в строительной сфере, проведение теоретических и экспериментальных исследований по изучению напряженно-деформированного состояния несущих элементов зданий и сооружений, изготовленных при помощи строительных 3D-принтеров.

Список литературы

1. Bos F. et al. Additive manufacturing of concrete in construction: potentials and challenges of 3D concrete printing. *Virtual and Physical Prototyping*. 2016. T.11. №.3. С.209-225.

2. Каталог 3D принтеров [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://specavia.pro/catalog/stroitelnye-3d-printery/>

3. Н.И. Ватин, Л.И. Чумадова, И.С. Гончаров, В.В. Зыкова, А.Н. Карпеня, А.А. Ким, Е.А. Финашенков. 3D-печать в строительстве - Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.

4. Зленко М.А., Попович А.А., Мутылина И.Н. Аддитивные технологии в машиностроении: Учебн. пособие. СПб.: СПбГУ, 2013. 221 с.

5. Руднев И.В., Жаданов В.И., Соболев М.М. Аддитивные технологии в строительстве. Проблемы и перспективы. [Электронный ресурс] / Руднев И.В., Жаданов В.И., Соболев М.М. // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с между-нар. участием), 1-3 февр. 2017 г., Оренбург / Оренбург. гос. ун-т. – Электрон. дан. – Оренбург, 2015. – С. 423–427.