

УДК 69.002.5

**РАЗНОВИДНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ****Н. В. РАЩИНСКИЙ***(Представлено: В. А. ХВАТЫНЕЦ)*

В статье представлены и рассмотрены различные виды строительных материалов, использующихся в инновационном строительстве зданий с применением 3D-принтеров. Разобраны их особенности, способы укладки, особые свойства и распространённость.

Аддитивные технологии – это инновационно-прогрессивный способ возведения зданий в малоэтажном строительстве способом послойного нанесения расходного материала на запроектированный след стен. Строительными 3д-принтерами уже активно пользуется большинство стран и крупных организаций, видя в этом дальнейшие перспективы во всех областях зодчества. Наряду с этим встают также серьёзные проблемы по региональному использованию аддитивных технологий. Выдвигается вопрос, по разработке и использованию новых строительных материалов, которые 3D-принтер сможет создавать полностью механизированным способом. Материалы должны обладать определёнными характеристиками по долговечности, жаро-, водо-, морозоустойчивости, теплопроводности, себестоимости, простоте возведения и практичности.

Наиболее часто используются следующие материалы: полистиролбетон, ABS-пластик, гипсовые композитные материалы, быстротвердеющий бетонный раствор, неавтоклавный пено- и газобетон и керамические материалы.

Печать одностадийным полистиролбетоном заключается в том, что в цементно-песчаную смесь, при её изготовлении добавляют специальные маленькие гранулы не вспененного полистирола той же плотности [1]. В процессе перемешивания бетона гранулы с полистиролом равномерно распределяются по всему объёму раствора. Далее раствор помещают на специальное устройство, которое проводит через него нормативный ток порядка 240-380 В. Под действием электрических импульсов раствор быстро нагревается до температуры 80°. Кроме того, при увеличении температуры гранулы полистирола раздуваются и увеличиваются в объёме внутри раствора, занимая всё свободное пространство. А под действием сдавливающих нагрузок стен сосуда происходит самоуплотнение полистиролбетона. При увеличении количества полистирола в бетоне можно добиться лучших теплоизоляционных характеристик материала, но потерять в прочности. То же самое работает и в обратную сторону. Были проведены неоднократные исследования, которые показали: что прочность одностадийного полистиролбетона, напечатанного 3д-принтером выше прочности бетона ручной кладки. Объясняется это тем, что нагрев полистиролбетона под действием электрических импульсов сохраняется и после его укладки непосредственно на стену, то есть он более продолжительное время сохраняет высокую температуру и в связи с этим может набирать прочностные характеристики дольше и интенсивнее.

ABS-пластик представляет собой заводскую искусственную смолу, которая имеет высокую ударостойкость, физическую, химическую и механическую выдержку, что позволяет использовать его в конструкциях, требовательных к износостойкости [2]. Кроме того, он в несколько раз прочнее обычного автоклавного бетона. Из-за несовместимых с материалом высоких температур изготовления, на конечных конструкциях зачастую могут образовываться замаски, плавучие линии и неровности, но эта проблема легко решается шлифовкой и восстановительными работами. Печататься данный материал может как способом послойного экструдирования материала, так и выборочным нанесением материала (рис. 1). Второй способ позволяет создавать оригинальные конструкции всевозможных конфигураций. Минусом данного материала является его низкая стойкость к прямому солнечному свету и высокая стоимость.

Производство материалов на основе тонкодисперсных гипсовых вяжущих позволяет многократно сэкономить на процессе производства и сильно не потерять в качестве материалов [3, 4]. Конструкции, созданные смесью из тонкодисперсного мелкого заполнителя и гипсовых вяжущих обладают гигиеничностью, жаропрочность, высокой звуко- и теплоизоляцией (рис. 2). Как правило, этот материал используется в аддитивных технологиях в качестве второго слоя (внутреннего) после завершения кладки основных несущих конструкций.

Быстротвердеющая бетонная смесь является стандартным материалом при возведении малоэтажных зданий при помощи 3д-принтера [5]. Укладывают бетон послойным экструдированием друг на друга. Перед этим в головке экструдера он нагревается до нужной температуры, перемешивается и смешивается

вается с пластифицирующими или другими модифицирующими добавками, а после полужидкой пастой выдавливается на поверхность предыдущего слоя. Добавление ускорителей твердения позволяет смеси набирать приемлемую прочность уже в первые несколько часов. В качестве модифицирующих добавок используют фибру. Также может вставляться арматура при повышенных характеристиках несущих конструкций. Бетонная смесь является наиболее эффективной, прочной, простой по технологии возведения и плюсом является то, что после его печати 3D-принтером не остаётся расходных материалов.

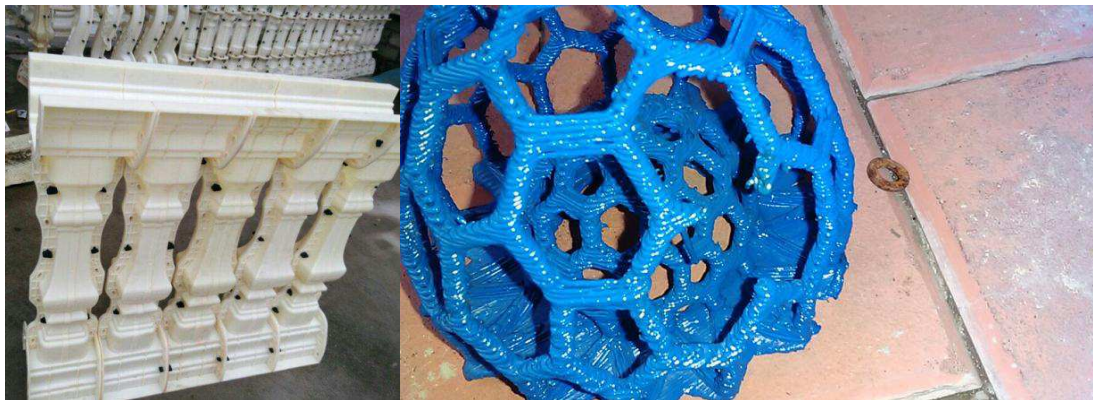


Рисунок 1. – Примеры конструкций напечатанных ABS-пластиком



Рисунок 2. – Образцы, созданные с использованием тонкодисперсных гипсовых вяжущих

Пенобетон используется преимущественно в качестве утеплителя [6, 7]. При выборе материалов опираются на такие показатели как: качество выполнения основной функции, экономичность и техничность. Пенобетон, как теплоизоляционный материал наиболее отвечает приведённым параметрам. Он является экологически чистым материалом, легко укладывается и формуется, прост в обработке и шлифовке, обладает звукопоглощением, влагостойкостью. Основной частью производства газобетона является смешивание основного вяжущего раствора и комплекса добавок в формующем устройстве, а после укладка на поверхность, где и будет происходить вспучивание.

Одной из разновидностью является монолитный пенобетон. Для возведения зданий данного типа чаще всего используются дельтовые 3D-принтеры, обладающие большим количеством рёбер жёсткости и высокой устойчивостью. Стены, возведённые из монолитного пенобетона дешевле и комфортнее даже деревянных. Данная конструкция обладает расширенным спектром формообразования, возможна вставка армирования прямо во время печати специальными машинами манипуляторами (рис. 3). Минусы использования пенобетона и газобетона: низкая скорость схватывания и медленный набор первоначальной прочности, но эта проблема решается введением ускорителей твердения.

Помимо стандартных несущих материалов быстрыми темпами развиваются и облицовочные керамические изделия [8]. Например, учёные из Корнельского университета изобрели специальные керамические кирпичики наподобие пазл, что позволяет собирать их в надёжные самоблокирующиеся конструкции. Керамические изделия обладают устойчивостью к температурам, но это создаёт ряд проблем при использовании их в 3D-принтерах: пористость, неоднородность структуры, появление трещин (рис. 4).

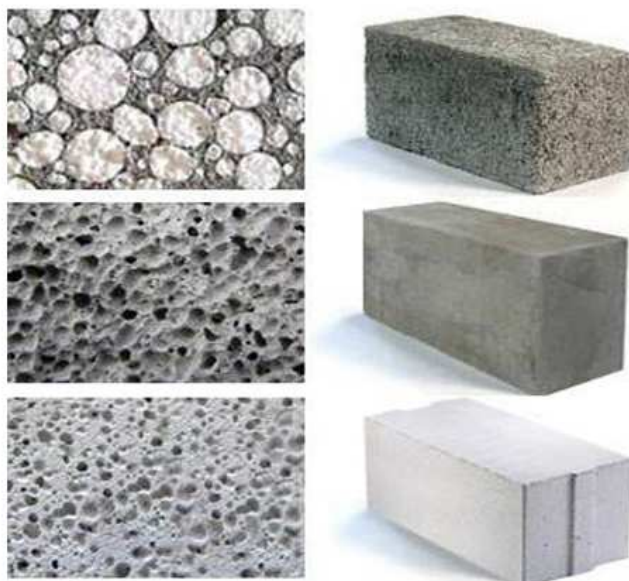


Рисунок 3. – Разновидности лёгких бетонов



Рисунок 4. – Примеры конструкций из керамических материалов

Керамические элементы обладают следующими преимуществами:

1. сокращение времени технологического процесса;
2. разнообразие материалов как по форме, так и по их сложности;
3. возможность быстрой коррекции формы.

Также проводятся многочисленные разработки печати межкомнатных перегородок соляными, гипсовыми и мелкоштучными материалами.

Развитие сферы 3D-печати мотивирует развиваться все строительные области, что благоприятно влияет на возрастающие экономические и технические параметры зданий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Молодин В.В. Технология 3D-печати одностадийным полистиролбетоном / В.В. Моодин, И.И. Гасенко, П.Л. Тимин // Наука и инновационные технологии. – 2020. – №. 14. – С. 278-287.
2. Шаранова А. В. Подбор композиций, пригодных для реализации аддитивных технологий в строительстве / А.В. Шаранова, М.А. Дмитриева // Современные строительные материалы и технологии. – 2019. – С. 51-72.
3. Далинчук В.С. Основные аспекты печати домов с помощью 3d принтера / В.С. Далинчук, Д.А. Власенко // Инновационное развитие. – 2016. – №. 2. – С. 6-13.
4. Гипсовые вяжущие вещества [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stanislav-lemeshev.narod.ru/primengips.html> – Дата доступа: 20.09.2021.
5. Глаголев Е.С. Композиты для 3-д аддитивного малоэтажного строительства / Е.С. Глаголев // Наукоемкие технологии и инновации. – 2019. – С. 95-99.

6. Лунева Д.А. Технология 3D-печати с использованием метода послойного экструдирования в строительстве / Д.А. Лунева, Е.О. Кожевникова, С.В. Калошина // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2017. – Т. 2. – С. 251-261.
7. Шеремет А.А. Эффективный пенобетон для 3d-аддитивных технологий в строительстве / А.А. Шеремет // Международная научно-техническая конференция молодых ученых. – 2020. – С. 1598-1602.
8. Лесовик В.С. Адаптация технологии неавтоклавногазобетона к строительной 3d печати / В.С. Лесовик, М.Ю. Елистраткин, Е.С. Глаголев, М.В. Абсиметов, С.В. Шаталова, Е.Н. Лесниченко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. ВГ Шухова. – 2017. – №. 8.
9. Кириллова Н.К. Применение аддитивных технологий в строительстве и при изготовлении керамических изделий / Н.К. Кириллова, А.Н. Алексеева, А.Д. Егорова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. ВГ Шухова. – 2020. – №. 2.