

## Новое в жилищном строительстве за рубежом Часть I

*О.Л. Фиговский, А.З. Штейнбок*

*Israel Association of Inventors, Haifa, Israel*

**Аннотация:** Развитие - необходимая составляющая процессов, происходящих вокруг нас, без которой становится невозможным повышение качества нашей жизни. В данной статье речь пойдет о инновациях в строительстве, но только тех, которые являются не просто нововведением, а скорее необходимой составляющей, позволяющей вывести процесс и экономику строительства на более высокий уровень, а, проще говоря, являются двигателем развития отрасли. Итак, рассмотрим несколько инноваций, которые, при использовании их в серийном производстве, смогут значительно упростить, ускорить и удешевить метод возведения зданий.

**Ключевые слова:** строительство, инновации, 3D печать, модульное строительство, инновационные кирпичи, бетон, пластик, гибридные конструкции, дерево, полые элементы, пластик, композитные шпалы, фундаменты, облицовка, алюминий, керамика, зеленое строительство, экоплавучие дома.

### Технология 3D печати

Для возведения малоэтажных домов довольно перспективной считается технология 3D печати. Технология, методика и организация отработаны в различных сферах, с использованием различных материалов, например, машиностроение, автомобилестроение, медицина, дизайн.

Так, строительство по такой технологии используется Китайской компанией ShanghaiWinsun. Они строят дома примерно 6,4 м высотой и шириной 9,75м за 24 часа (рис.1 и 2) [1-3].

Отметим, что такая технология позволяет использовать переработанный строительный материал и таким образом экономить 30-60% строительных материалов. В дополнение, значительно сокращается время строительства (до 70%).

На сегодня, главные недостатки: громоздкость и неудобство эксплуатации машин для 3D-печати зданий, проблема армирования, трудности в высотном

строительстве, технические проблемы на холмистой местности, сложности с печатью горизонтальных элементов (перекрытия и кровли), отделочные работы.



**Рис. 1: наружная стена в процессе 3D печати.**



**Рис. 2: Дом построенный компанией ShanghaiWinsun по технологии 3D печати.**

### **Модульное строительство.**

Модульные здания или сборные дома, довольно популярны в некоторых странах (см. рис. 3-5).

По этой технологии, секции или модули здания строятся вне строительной площадки, чаще на сборочных линиях. По прибытию на строительную площадку детали собираются с помощью крана.

Сборка модулей может занять от нескольких часов до нескольких дней.

Популярность такой технологии объясняется многочисленными преимуществами: экономичность, скорость строительства, минимум отходов, эффективна во время кризиса (актуально сегодня), возможности использования и комбинировать материалы.

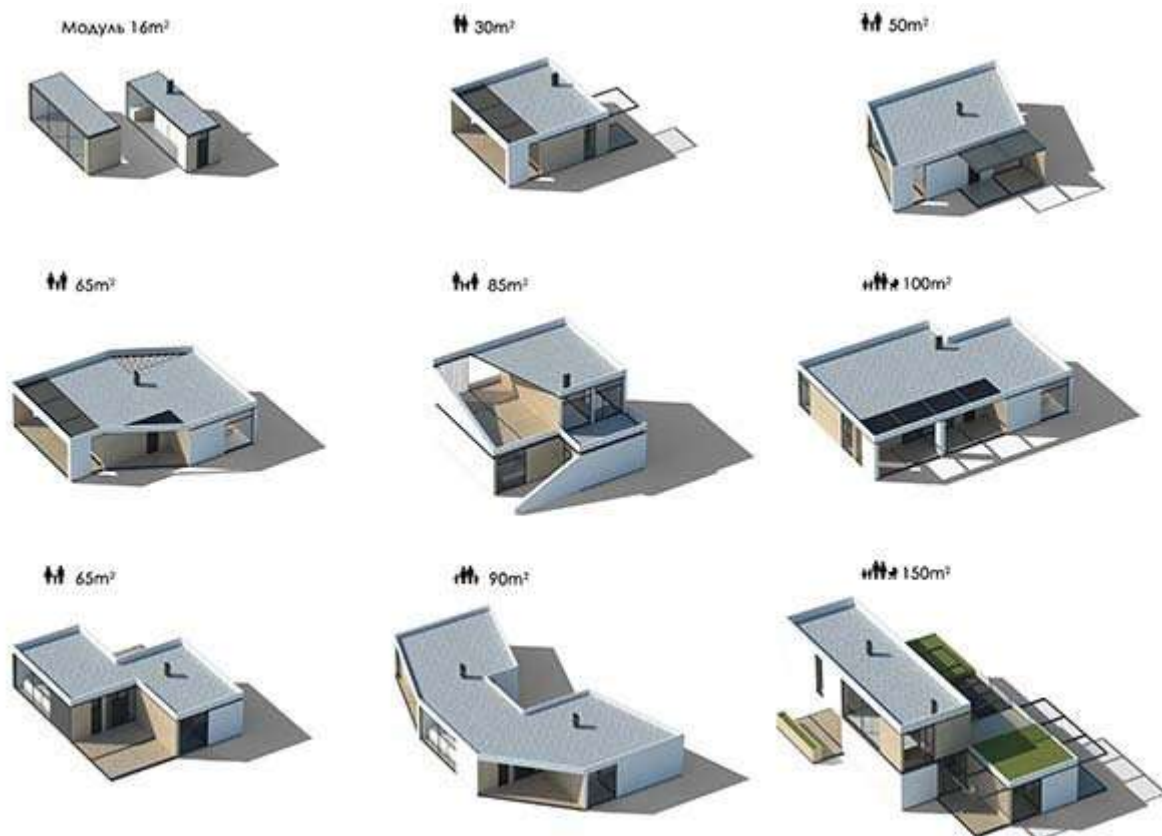
Отдельно отметим возможность строительства высоких зданий, торговых и промышленных объектов, меньше вреда экологии при строительстве.



**Рис. 3: Лёгкое строение из элементов, созданных из пластика.**



**Рис. 4: Дома выполненные из экологически чистых материалов, голландская компания BeingDevelopment [4].**



**Рис. 5: Дома, представила китайская корпорация «Чжода», с низкой себестоимостью - 15 тыс. руб. за 1 кв.м (без учета затрат на фундамент и инженерную инфраструктуру) [5].**

### **Инновационные материалы в строительстве**

Основные факторы возникновения инновационных материалов являются: увеличение скорости возведения здания, его прочность, улучшение тепло- и звуко-изоляционных свойств, экономичность, экологичность и т.д.

### **Инновационные кирпичи**

Интересная разработка израильской компании KiteBricks. Их запатентованная в США технология по производству строительных блоков SmartBrick подобна конструктору Lego (рис. 6). Полые блоки выполнены из высокопрочного бетона, форма блоков Lego позволяет легко соединять их между собой, воздушные полости служат как тепло- и звуко- изоляцией, могут быть

использованы для прокладки элементов инфраструктуры. Этот метод предлагает полностью отказаться от цементно-песчаного раствора, т.к. соединение их происходит через пазы и дополнительно скрепляются двухсторонней липкой лентой типа 3M VHB, отличающейся супер-стойкостью. Для дополнительной прочности, возможно произвести «армирование» и заливки бетона путем помещения арматуры в специальные каналы. Нет необходимости в финишной отделке поверхности стены из таких блоков.



**Рис. 6: Кирпичи, разработка израильской компании KiteBricks [6].**

Исследователи из Корнейского университета (Голландия) SabinDesignLab и JennySabinStudio предлагают напечатать керамические кирпичи высокого разрешения PolyBricks при помощи 3D принтера (рис. 7). Скрепление соседних деталей происходит через пазы конической формы, получившее название «ласточкин хвост». Кирпичи проходят несколько стадий обжига для уменьшения коробления и деформации.



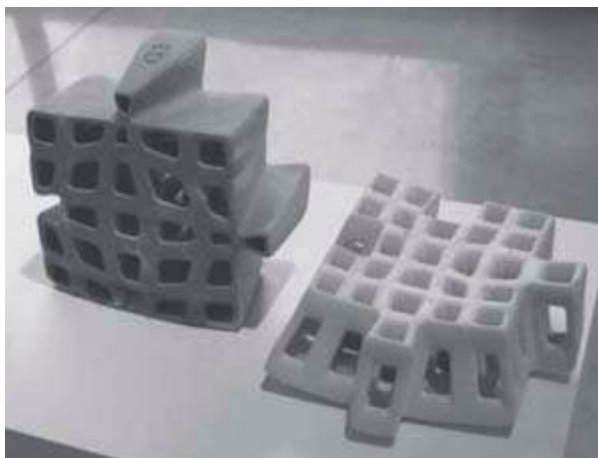


Рис. 7: Кирпичи, разработка Корнейского университета (Голландия) [7].

### **Бетоны**

В ХТТМ СО РАН предложили заменить основу в цементных связующих на силикатную [8]. Она повысит качества используемого материала: нагрев при более низкой температуре во время изготовления, более высокая прочность на сжатие, отсутствие вспучивания при разогреве.

Другая технология – революция в армировании бетона путем замены обычной арматуры на базальтопластиковую [8]. В цементную матрицу вводят базальтовую фибру с защитным покрытием. Такая арматура по сравнению с обычной более легкая, радиопрозрачная и устойчива к коррозии. Ударопрочные характеристики у такой арматуры возрастают в 4,5 раза, а долговечность в 5 раз. Она прекрасно подойдет для строительства объектов особого назначения.

Ученые из Института химического материаловедения и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук представила наноструктурированный материал Kemerit [9]. Он добавляется к бетону. Лишь 0,1 % в общей цементной массе такой добавки позволит увеличить прочность сооружений на 25%. Использовать ее можно будет как в жилищном строительстве, так и в строительстве дорог, мостов и даже водоканалов. А первые реализованные проекты с применением этой добавки можно будет увидеть через пару лет.

Голландские ученые Эрик Шлэнджен и Хенк Йонкерс разработали особый вид биобетона, который способен «самовосстанавливаться», решая проблему попадания влаги внутрь материала и его дальнейшего разрушения. Это достигается спорообразующими бактериями рода *Bacillus*. Но, разумеется, необходимо создать условия для жизнедеятельности этих бактерий: нельзя использовать химикаты и краски, не работает в экстремальном климате.

### **Материалы и метаматериалы**

Материалы, используемые в строительстве, также претерпели технологический прогресс.

Метаматериалы теперь доступны для использования. Эти синтетические материалы были разработаны для того, чтобы обладать определенным набором свойств из-за их молекулярного состава. Благодаря их универсальности инженеры могут разрабатывать более инновационные проекты, чем раньше.

Один из самых популярных метаматериалов – графен [10].

Графен в 200 раз прочнее стали, но невероятно гибкий и сверхлегкий. Это самый тонкий материал в мире, который в 1 миллион раз тоньше человеческого волоса. Он также является самым проводящим материалом в мире и первым в мире 2D-материалом.

Он может иметь множество свойств в разных условиях. Возможности использования графена в строительстве и других отраслях практически безграничны.

Самоохлаждающиеся кирпичи также были разработаны из комбинации глины и гидрогеля. Гидрогель впитывает воду, и когда вода выходит, он снижает температуру.

Светогенерирующий цемент - еще один пример технологии 2018 года. Создание цемента сделало впечатляющий шаг в сторону более энергоэффективных конструкций.

## **Термоблок . Система строительства доступного жилья**

Система строительства, в основу которой положен "термоблок "(ТБ), позволяет строительства доступного, долговечного жилья.

В едином технологическом процессе со скоростью 0,5-4 сек из песчаного бетона вибропрессованием изготавливается прочный, термозащитный блок размерами 390\*190\*188 мм с готовой отделкой, объёмной массой 150 кг на куб. м.

Преимущество системы ТБ для строительства: стены из ТБ превращают жилище в дом – термос, где включение кондиционера на ограниченное время три раза в сутки обеспечивает комфортную температуру в квартире в течение суток, стены и перегородки с меньшей их звукопроницаемость.

## **Пластиковые дороги**

Появление загрязнений пластиковыми отходами вызвали необходимость вторичного использования пластика. Например, в начале 2000-х годов правительство Индии начало строительство пластиковых дорог используя пластиковые отходы в качестве строительного материала [11]. В первом отчете отмечено, что после четырех лет эксплуатации улица Джамбулингам в Ченнаи - одна из первых пластмассовых дорог - не получила большого ущерба. На 2015 год, любой город Индии с населением не менее 500 000 человек, должен строить дороги с использованием пластиковых отходов в качестве основного материала, чтобы способствовать усилению контроля над загрязнением и экологической устойчивости индийских общин.

В западном мире существует очень мало пластиковых дорог, ведутся разработки. Одна из таких разработок включает преобразование пластиковых отходов в маленькие шарики, которые в сочетании с асфальтом или другими обычными дорожными компонентами создают прочную, проницаемую поверхность с пустотами, которые позволяют ливневой воде просачиваться через дорогу и более эффективно подпитывать грунтовые воды.



## **Гибридные конструкции в строительстве**

### **Каркасные здания**

Широкое распространение по всему миру получила технология строительства каркасных зданий. Каркас зданий строят из дерева, бетона, железа и в сочетании с возможными комбинациями материалов.

#### **Деревянные каркасы**

Широкое распространение получила технология многоэтажного строительства из дерева. Для продвижения этой технологии ведутся разработки новых технологий обработки древесины для улучшения качества материала. Так, например, в университете Мериленд разработали технологию композитной древесины, позволяющую увеличить прочность в 10 раз.

Используется также технология гибридного строительства, когда основные элементы каркаса делают из железобетона, а ограждающие конструкции и второстепенные балки из композитной древесины.

**Статистика:** В Европе доля деревянного индивидуального домостроения составляет 83% , в США более 90%, в Канаде 80% домов построены из дерева, а в Финляндии 99%. Новые технологии в строительстве деревянных домов позволяют строить теплые деревянные дома в среднем за 2-3 месяца от проекта до ключей.

### **Стены с использованием лёгких полых элементов**

Существует ряд методов возведения стен зданий. Ниже приведены некоторые из наиболее часто используемых:

- Возводится железобетонный каркас здания, затем возводятся стены путем укладки блоков на цементный раствор между элементами этого каркаса, после чего выполняются отделочные работы. Основным недостатком способа использования указанных блоков в качестве стеновых элементов является высокая трудоемкость и необходимость выполнения отделочных работ.

- Метод, лишенный вышеуказанного недостатка. В этом способе элементы стены представляют собой железобетонные панели навесной стены, имеющие теплоизоляционный слой. Стеновые панели размещаются между элементами каркаса здания и соединяются с ним. Недостатком этого метода является необходимость использования мощных кранов из-за значительного веса панелей навесных стен, а также высокой стоимости изготовления этих панелей. По этой причине этот метод недостаточно экономичен.

- Способ создания стеновых элементов в процессе возведения здания. В этом случае элементы стен заключают в бетон в металлических двусторонних подвижных опорах вместе с колоннами и другими конструкциями несущего каркаса здания. Одновременно с бетонированием или после него в этом элементе создается теплоизоляционный слой. Недостатком этого метода является необходимость использования большого количества металлических опалубок, что сказывается на экономичности возведения стен здания.

Существует метод возведения стен на основе лёгких элементов, который требует относительно небольших трудозатрат, не требует использования мощных кранов и металлических опалубок и поэтому является более экономичным. Элемент стены состоит из жестко-сочлененного пространственного каркаса в виде стены, плиты наружной облицовки и плиты внутренней. Эти плиты закреплены на противоположных сторонах вышеуказанной рамы. В этом случае каркас вместе с указанными плитами образует пространство, предназначенное для заполнения теплоизоляционным материалом и формирования в нем железобетонных элементов каркаса здания (колонн, балок и т.д.).

Способ возведения стен зданий из легких полых стеновых элементов включает следующие последовательные этапы:

- Установка жесткого арматурного каркаса колонн зданий. Клетка изготовлена из угловых профилей.
- Крепление основных монтажных приспособлений к вышеуказанному жесткому арматурному каркасу и к железобетонной плите пролета предыдущих этажей. Это обеспечивает устойчивость стены при строительных работах и точность установки стеновых элементов.
- Установка в возведенной стене легких полых элементов перемычки и установка дополнительных армирующих красных элементов в колоннах и стенах, необходимых согласно расчету.
- Заливка бетоном пустоты, образовавшейся после установки в проектное положение указанных выше элементов стены.
- Укладка бетона в железобетонную плиту перекрытия на всем возведенном этаже с одновременным заполнением бетоном части пустот в стене над уровнем окон.

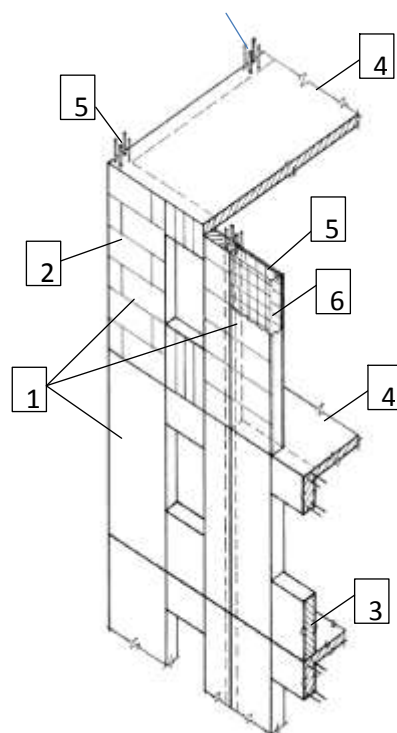
Суть метода поясняется некоторыми рисунками (рисунки 8,9).

Предлагаемый элемент 1 стены содержит жесткий пространственный каркас 7 прямоугольной формы, выполненный из угловых профилей и сварной арматурной сетки 4, обеспечивающих большую жесткость каркаса.

Облицовочные плиты 2 и 9 крепятся к каркасу 7 болтом и металлическими фиксирующими стержнями 10, которые вводятся в пазы. Плиты 2 и 9 вместе с рамой 8 образуют внутреннюю полость, которая, с помощью перегородок разделен на зоны 11, предназначенные для заливки бетоном 3 и теплоизоляционными материалами 6.

Сборку стеновых элементов можно осуществить в мастерских или на специализированных рабочих местах. Возведение стен здания с использованием описанных легких полых стеновых элементов осуществляется следующим образом.

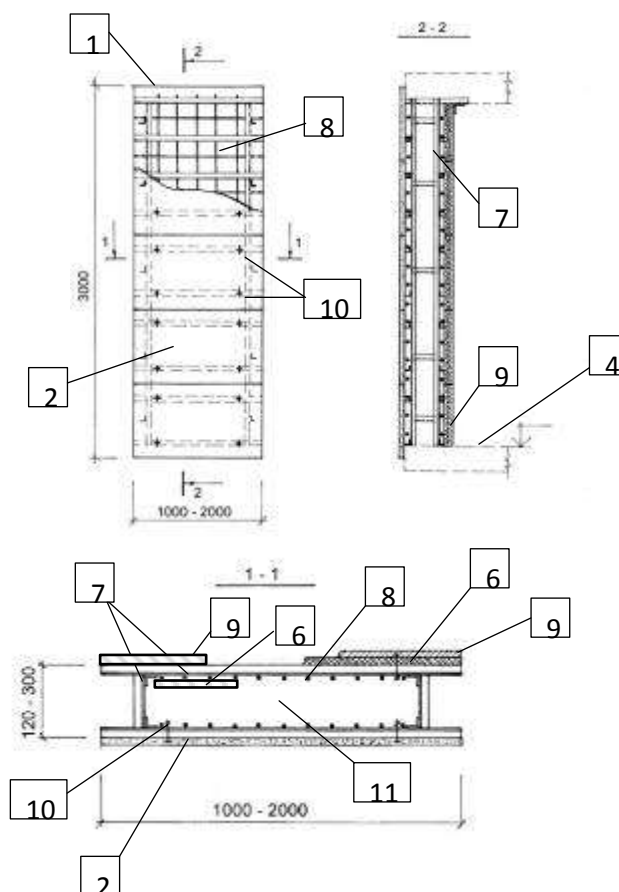
Любое из известных основных монтажных приспособлений, например телескопические стойки вместе с телескопическими штангами, размещают в заданных точках на железобетонном перекрытии 4 ранее возведенного этажа строящегося здания. На основе этих устройств в заданных точках по высоте этажа размещается жесткий арматурный каркас 5 из железобетонных колонн, представляющий собой элементы каркаса здания. После этого на базе той же техники устанавливаются стеновые элементы 1 с соблюдением проекта. Несущие железобетонные колонны 5 размещены в пустотах внутри стеновых элементов 1 между облицовочными плитами.



**Рис. 8: Разрез перегородки, с использованием лёгких полых элементов, общий вид.**

После завершения возведения стен возводится железобетонная плита перекрытия 4. Как только тяжелый бетон достигнет заданной прочности, возводится следующее железобетонное перекрытие.

Использование предлагаемого легкого пустотелого элемента стены и способа возведения стен здания позволяет по сравнению с известными методами снизить трудоемкость строительных работ и повысить эффективность возведения жилья.



**Рис. 9: Легкий полый стеновой элемент, разрез.**

### Гибрид дерева и несущей конструкции

Массивные деревянные конструкции нередко называют альтернативой железобетону в XXI веке. Однако вполне возможно, что комбинация этих материалов может принести гораздо больше пользы, чем их конкуренция. Ведь самые передовые идеи часто возникают именно на стыках технологий и отраслей.

Так называемые страны DACH (аббревиатура по буквам почтовых индексов: D - Германия, A - Австрия, CH - Швейцария) - лидеры мирового деревянного



строительства. За один десяток лет объемы применения древесины в строительстве общественных зданий, промышленных объектов и сооружений транспортной инфраструктуры возросли. Преимуществом этих конструкций перед массивными деревянными во многих случаях является низкая стоимость, а также улучшенные эксплуатационные характеристики зданий, возводимых из них (см. рис. 10 - 14)



**Рис. 10: Монтаж массивных деревянных панелей перекрытия на металлическую конструкцию при строительстве здания в Берлине [12].**

Преимущества гибридного строительства: повышается несущая способность без увеличения толщины деревянного элемента, расширяются возможности внутреннего дизайна и сокращается объем отделочных работ на объекте, экономичней и деревянного, и железобетонного, отвечающих таким же требованиям по несущей способности и шумоизоляции, а качество строительства выше.



**Рис.11: Мост, построенный фирмой Schaffitzel Holzindustrie в Нидерландах [12].**



**Рис. 12: Строение деревянно- бетонного элемента ERNE с минераловатным материалом для изоляции шума [12].**

Именно таким образом устроены перекрытия в знаменитом восьмиэтажном здании Е3 в Берлине. На массивные деревянные панели перекрытий, изготовленные по технологии бреттштапель, была прикреплена арматура, а затем залит бетон. Деревянная часть оставлена видимой в интерьере. Высокая несущая способность полученных перекрытий позволила использовать широкие свободные пролеты, благодаря чему в квартирах большие открытые пространства и гибкая планировка, индивидуальная на каждом этаже.



**Рис. 13: Монтаж фасадных панелей полной заводской готовности при возведении первого корпуса UBC Brock Commons [12].**



**Рис. 14. Монтаж деревянных панелей наружных стен на железобетонный каркас здания в Вене комплекс зданий D12 в новом Seestadt Aspern [12].**

Продолжение работы опубликовано под тем же названием в следующем выпуске журнала [«Инженерный вестник Дона» № 10, 2020 г.](#)



## Литература.

1. Овчинников Н. Китайская компания сделала дома на 3D-принтере. URL: [apparat.cc/news/3d-homes/](http://apparat.cc/news/3d-homes/).
  2. Gilman O. The villas created using 3D printers: £100,000 five-storey homes made using construction waste in China/ MAIL ONLINE/ URL: [dailymail.co.uk/news/article-2917025/The-villas-created-using-3D-printers-100-000-five-storey-homes-using-construction-waste-China.html?ito=social-twitter\\_mailonline](http://dailymail.co.uk/news/article-2917025/The-villas-created-using-3D-printers-100-000-five-storey-homes-using-construction-waste-China.html?ito=social-twitter_mailonline).
  3. Шанхайская компания WinSun напечатала пятиэтажный дом и особняк. URL: [3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/shanghai-company-winsun-has-printed-a-fivestorey-house-and-mansion](http://3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/shanghai-company-winsun-has-printed-a-fivestorey-house-and-mansion).
  4. Дома BEING (BEING Home) в Голландии от Powerhouse Company. URL: [magazindomov.ru/2011/04/28/modulnye-doma-v-gollandii](http://magazindomov.ru/2011/04/28/modulnye-doma-v-gollandii).
  5. Китайская корпорация «Чжода» начинает новую эру доступного экологичного жилья URL: [mirstroek.ru/articles/moreinfo/?id=9068](http://mirstroek.ru/articles/moreinfo/?id=9068).
  6. Создана новая строительная технология: «умные блоки». URL: [profidom.com.ua/novosti/novyje-tehnologii/27031-sozdana-novaya-stroitel'naya-tekhnologiya-umnye-bloki-video](http://profidom.com.ua/novosti/novyje-tehnologii/27031-sozdana-novaya-stroitel'naya-tekhnologiya-umnye-bloki-video).
  7. 3D-печатные керамические блоки PolyBricks заменят привычные кирпичи <http://3dwiki.ru/3d-pechatnye-keramicheskie-bloki-polybricks-zamenyat-privychnye-kirpichi/>.
  8. Учёные СО РАН разработали новые материалы для строительной индустрии. [ras.ru/news/shownews.aspx?id=98b55764-e753-4b8d-9e41-4b984e9610fb](http://ras.ru/news/shownews.aspx?id=98b55764-e753-4b8d-9e41-4b984e9610fb)
  9. Созонова М.А., Максимова А.В. Инновации строительного комплекса. ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ материалы X Международной научно-практической конференции. 2017. Издательство: Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова (Москва). С. 230-232.
  10. Граффен URL: [stroyfora.ru/p/post-187](http://stroyfora.ru/p/post-187).
-



11. В Индии более 100 тысяч километров дорог сделано из пластика. URL: [epochtimes.com.ua/ru/poslednie-novosti-mira/v-indii-bolee-100-tysyach-kilometrov-dorog-sdelano-iz-plastika-126911](http://epochtimes.com.ua/ru/poslednie-novosti-mira/v-indii-bolee-100-tysyach-kilometrov-dorog-sdelano-iz-plastika-126911).

12. Гибридные конструкции – новый тренд в зарубежном строительстве. URL: [lesprominform.ru/jarticles.html?id=4549](http://lesprominform.ru/jarticles.html?id=4549).

### References

1. Ovchinnikov N. Kitajskaya kompaniya sdelala doma na 3D-printere. [The Chinese company has made houses on a 3D printer]. URL: [apparat.cc/news/3d-homes/](http://apparat.cc/news/3d-homes/).
2. Gilman O. The villas created using 3D printers: £100,000 five-storey homes made using construction waste in China. URL: [dailymail.co.uk/news/article-2917025/The-villas-created-using-3D-printers-100-000-five-storey-homes-using-construction-wasteChina.html?ito=social-twitter\\_mailonline](http://dailymail.co.uk/news/article-2917025/The-villas-created-using-3D-printers-100-000-five-storey-homes-using-construction-wasteChina.html?ito=social-twitter_mailonline).
3. SHanhajskaya kompaniya WinSun napechatala pyatietazhnyj dom i osobnyak [Shanghai-based WinSun has printed a five-story house and mansion]. URL: [3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/shanghai-company-winsun-has-printed-a-fivestorey-house-and-mansion](http://3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/shanghai-company-winsun-has-printed-a-fivestorey-house-and-mansion).
4. Doma BEING (BEING Home) v Gollandii ot Powerhouse Company. [BEING Home in the Netherlands by Powerhouse Company]. URL: [magazindomov.ru/2011/04/28/modulnye-doma-v-gollandii](http://magazindomov.ru/2011/04/28/modulnye-doma-v-gollandii).
5. Kitajskaya korporaciya «CHzhoda» nachinaet novuyu eru dostupnogo ekologichnogo zhil'ya. [China's Zhoda Corporation begins a new era of affordable sustainable housing]. URL: [mirstroek.ru/articles/moreinfo/?id=9068](http://mirstroek.ru/articles/moreinfo/?id=9068).
6. Sozdana novaya stroitel'naya tekhnologiya: «umnye bloki». [A new building technology has been created: “smart blocks”]. URL: [profidom.com.ua/novosti/novyje-tehnologii/27031-sozdana-novaya-stroitel'naya-tekhnologiya-umnye-bloki-video](http://profidom.com.ua/novosti/novyje-tehnologii/27031-sozdana-novaya-stroitel'naya-tekhnologiya-umnye-bloki-video).
7. 3D-pechatnye keramicheskie bloki PolyBricks zamenyat privychnye kirpichi. [PolyBricks 3D printed ceramic blocks will replace conventional





bricks]. URL: [3dwiki.ru/3d-pechatnye-keramicheskie-bloki-polybricks-zamenyat-privychnye-kirpichi/](http://3dwiki.ru/3d-pechatnye-keramicheskie-bloki-polybricks-zamenyat-privychnye-kirpichi/).

8. Uchyonye SO RAN razrabotali novye materialy dlya stroitel'noj industrii. [Scientists of the SB RAN have developed new materials for the construction industry]. URL: [ras.ru/news/shownews.aspx?Id=98b55764-e753-4b8d-9e41-4b984e9610fb](http://ras.ru/news/shownews.aspx?Id=98b55764-e753-4b8d-9e41-4b984e9610fb).

9. Sozonova M.A., Maksimova A.V. Innovacii stroitel'nogo kompleksa. Innovacionnoe razvitie rossijskoj ekonomiki. Materialy X Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. 2017. Izdatel'stvo: Rossijskij ekonomicheskij universitet imeni G.V. Plekhanova (Moskva). pp. 230-232.

10. Grafen [Graphene]. URL: [stroyfora.ru/p/post-187](http://stroyfora.ru/p/post-187).

11. V Indii bolee 100 tysyach kilometrov dorog sdelano iz plastika. [In India, more than 100 thousand kilometers of roads are made of plastic]. URL: [epochtimes.com.ua/ru/poslednie-novosti-mira/v-indii-bolee-100-tysyach-kilometrov-dorog-sdelano-iz-plastika-126911](http://epochtimes.com.ua/ru/poslednie-novosti-mira/v-indii-bolee-100-tysyach-kilometrov-dorog-sdelano-iz-plastika-126911).

12. Gibridnye konstrukcii – novyj trend v zarubezhnom stroitel'stve. [Hybrid structures are a new trend in foreign construction]. URL: [lesprominform.ru/jarticles.html?id=4549](http://lesprominform.ru/jarticles.html?id=4549).