

# Новации в строительстве

## Академик Олег Фиговский

Тренды в строительстве на 2023 год ярко демонстрируют, что условия рынка постоянно меняются. Новые технологии и внешние кризисы накладывают на всю отрасль необходимость менять методику работы во всем. В настоящее время цифровизация является вторым по важности приоритетом для лидеров рынка после устойчивого развития. Инструменты автоматизации процессов и информационного моделирования зданий обеспечивают доступ к данным в режиме реального времени, высокое качество данных и позволяют пользователям получать доступ к данным в автономном режиме. Строительная отрасль находится в авангарде технологического прогресса, что находит отражение в таких тенденциях, как 3D-печать, блокчейн и искусственный интеллект. Автоматизация, BIG Data и ИИ способствовать технологическим изменениям в отрасли. Нас ждет также сдвиг в сторону большего распространения IoT и дронов, а также NFC-технологий — то, что может быть практически полезным для получения быстрой информации и аналитики: отслеживание местоположения/защиту от кражи, отслеживание топлива, стройматериалов и поведение операторов, а также оптимизацию и управление автопарком и инструментарием. Среди трендов в строительстве 2023 года, актуальных для всех рынков, нужно выделить технологию ИИ – востребованность искусственного интеллекта будет расти. Фактически, использование ИИ, по прогнозам, вырастет на 183% в течение следующих двух лет среди компаний по развитию бизнеса АСИ. Если инвестировать в технологии во время экономического спада кажется нелогичным, способность ИИ помочь компаниям оптимизировать свои процессы и устранить неэффективность может помочь рационализировать операции разумным и эффективным способом.

Технология 3D-печати зародилась еще в 80-х годах 20-го века, а вот строительная 3D-печать появилась гораздо позже. Первые строительные проекты с использованием этой технологии появились только в 2014 году. Речь идет, прежде всего, о так называемых малых архитектурных формах (скамейки, клумбы, заборы). О постройке домов еще и не мечтали. Но уже в 2015 году российский стартап Apis Cor произвел фурор - напечатал целый дом в Подмоскowie. С тех пор периодически появляются новости о новых 3D-печатных домах. Однако несмотря на то, что технология показала себя очень перспективной с точки зрения скорости возведения жилья и снижения стоимости строительства, никакого массового внедрения не последовало. В 2014 – 2016 гг. появились первые образцы строительных 3D-принтеров и прототипы напечатанных зданий. Проверялись концепции различных форм-факторов строительных 3D-принтеров и типов материалов печати. В 2017 – 2018 гг. в мире были осуществлены первые заметные инвестиции в ряд стартапов по строительной 3D-печати. Далее, к 2020 г. эти инвестиции «прокрутились» в виде достижения определенного уровня зрелости технологии - появились первые коммерческие продукты (3D-принтеры и дома).

Наконец, в 2020 – 2022 гг. стало понятно, что гипотезы эффективности строительной 3D-печати оправдываются (дешевле, быстрее, экологичнее), и в отрасль начались крупные вложения. Яркий пример: инвестиция GE (французское подразделение General Electric) в датский COBOD или достижение капитализации

в \$2 млрд американской компанией ICON. В 2022 – 2023 гг. в мире будет напечатано уже свыше 1000 зданий, происходит масштабирование от отдельных зданий/пилотных проектов до целых поселков и крупных внедрений в области инфраструктуры / ЖБИ. Кроме того, в ряде стран к настоящему моменту создана или активно создается нормативная база для внедрения аддитивных технологий в строительную отрасль. Таким образом, считаю, что указанный временной период - достаточно естественный цикл становления технологии, которую ждет экспоненциальный рост в ближайшее десятилетие. По данным отчета Research & Market, мировой рынок строительной 3D-печати в 2022 году оценивался в 354.3 млн долларов США, и, по прогнозам, достигнет 11068.1 млн долларов США к 2027 году, увеличившись на 99,04%.

Не углубляясь сильно в технологию, можно сказать, что строительные 3D-принтеры очень похожи на классические FDM/FFF принтеры, печатающие пластиком, только вместо пластика в качестве материала здесь выступает цементная смесь, которая подается напрямую в сопло и формирует объект путем послойного наложения. Принтеры также бывают порталными, на базе вылетной стрелы, с роборукой. Прорыв произошёл, когда летом 2021 года американская компания ICON, пытавшаяся внедрить 3D-печать в строительство разных вспомогательных объектов, подписала контракт с одним из крупнейших американских девелоперов – компанией Lennar, на строительство поселка на 100 домов в Техасе и тут же стала единорогом, получив 200 млн. долларов инвестиций от нескольких инвестиционных фондов. Одновременно с этим, датская компания COBOD, созданная крупнейшим в мире концерном по производству строительной опалубки PERRI, начала продавать свои порталные строительные 3D-принтеры, а также участвовать в строительных проектах по всему миру.

Пока говориться только о печати стен. Все остальное (фундамент, окна, двери, перекрытия и крыша) делаются традиционным способом. 3D-печатные стены возводятся как несъемная опалубка, что существенно экономит количество используемого цемента, а это, в свою очередь, снижает стоимость постройки и уменьшает экологический ущерб при производстве цемента. Кроме того, при этом способе возведения не производится никаких дополнительных отходов, прочность конструкции не страдает. Ее можно армировать, как это показано на фото слева, и сразу закладывать инженерные коммуникации, как показано на фото справа, что также влияет на конечную скорость возведения объекта. Общий вес конструкции при этом снижается, оставшиеся полости можно заполнять легким пенобетоном, утеплителем, соломой или любым другим доступным материалом. Такая облегченная конструкция может использовать более легкий фундамент. Сам способ возведения является более экономичным с точки зрения материала, а следовательно, и экологичным. Еще один стартап, – Mighty Buildings со штаб-квартирой в Калифорнии, изначально сделал ставку на полимер с добавлением минеральной крошки. И, хотя компания не строит дома целиком, а делает только стеновые панели, она получила множество наград за дизайн, а также оценку в 400 миллионов долларов в ходе привлечения нескольких инвестиционных раундов. Суммарная экономия на строительстве стен может достигать 30%, а общая стоимость дома может быть снижена на 10%. Это справедливо для спроектированных под обычное строительство домов. А если изначально проектировать с 3D-печатью, можно улучшить это соотношение за счет оптимизации прокладки коммуникаций, возможности сразу печатать внутренние

стены, закладки ниш для ванн, каминов, встроенных шкафов и кухни, как это было сделано в доме, построенным COBOD в Германии.

Рассмотрим последние строительные инновации за последние месяцы. Бетон самый распространенный строительный материал, но в последнее время стали появляться альтернативы, обладающие разными улучшенными характеристиками. Инженеры из США придумали еще одну разновидность бетона — легкий, многофункциональный продукт, который подходит для различных типов зданий и даже может вырабатывать собственный электрический заряд. При этом его нужно на 15% меньше для строительства сооружений с теми же прочностными характеристиками. Метаматериал, изготовленный специалистами из Питтсбургского университета, состоит из армированной полимерной решетки, которую покрывают проводящий электричество цементной смесью. Бетон, в котором замешан графитовый порошок, становится электродом, а механический пусковой механизм создает контактную электризацию между слоями. Энергии возникает не так много, чтобы подавать ее в энергосеть, но достаточно, чтобы с ее помощью отслеживать возникновение трещин в бетонных структурах. Сам метаматериал можно настраивать под различные строительные задачи, меняя его гибкость, форму и хрупкость. В ходе испытаний он выдерживал уменьшение объема на 15% без вреда для структурной целостности. Легкий, меняющий свои свойства метаматериал на основе бетона мог бы, по мнению изобретателей, найти применение в качестве амортизирующего материала для взлетно-посадочных полос аэропортов или структур, защищающих от сейсмических толчков, а также стать основой для автотрасс, по которым будут ездить и от которых будут заряжаться электронные устройства робомобилей.

Британские ученые представили новый рецепт изготовления бетона из марсианского или лунного реголита, картофельного крахмала и соли. Материал StarCrete оказался намного прочнее обычных марок бетона и может стать основой для строительства обитаемых баз на соседних небесных телах. Прежде чем открывать постоянные базы на других планетах, нужно решить, из чего их строить. Доставлять тонны материалов с Земли слишком сложно и дорого, поэтому ученые и инженеры разрабатывают методы, которые позволят использовать для этого местные ресурсы. Новую такую технологию недавно представила команда Аледа Робертса (Aled Roberts) из Манчестерского университета. Полученный ими материал StarCrete изготовлен из имитатора марсианского грунта, крахмала и небольшого добавления соли. Лабораторные испытания показали, что его прочность на сжатие достигает 72 мегапаскалей — примерно в два раза больше, чем у самых распространенных марок обычного бетона. При использовании не марсианского, а лунного реголита прочность превышает уже 90 мегапаскалей. Робертс и его коллеги занимаются проблемой «инопланетного» бетона не первый год. Некоторое время назад они продемонстрировали крайне необычный материал, в котором в качестве связующего используются плазма человеческой крови. Его прочность на сжатие достигает вполне приемлемого уровня в 40 мегапаскалей, но, конечно, требовать от космонавтов постоянно сдавать кровь ради строительства — не лучшая идея. Поэтому с тех пор ученые ищут более удобный вариант связующего для марсианского и лунного реголита.

Предполагается, что большую часть пищи для будущих колонистов будут выращивать на месте, и одним из самых перспективных продуктов считается картофель. Робертс и его соавторы показали, что содержащийся в картофеле крахмал может стать отличной заменой альбумину крови при производстве «инопланетного» бетона. По расчетам ученых, 25 килограммов высушенного

картофеля будет достаточно для получения примерно полутонны строительного материала. В пересчете на стандартные кирпичи это более чем 210 штук, а для строительства трехкомнатного дома требуется порядка 7,5 тысячи. Помимо наполнителя (лунного или марсианского реголита) и связующего (крахмала), рецепт StarCrete включает небольшую добавку хлорида магния, который заметно повышает прочность готового материала. Эта добавка присутствовала и в предыдущей работе команды Робертса, где они использовали плазму крови, а соль магния предлагали получать из слез. Теперь же ученые отмечают, что ее можно извлекать и непосредственно из местного грунта. Совершенствовать и коммерциализировать новую технологию будет стартап DeakinBio, основанный разработчиками из Манчестера. Они ожидают, что рецепт может найти применение не только в космосе. Адаптированный к земным условиям, он позволит получать более «зеленые» материалы для строительства и сократить выбросы углекислого газа, связанные с производством обычных цемента и бетона.

В США на магистральных трассах собираются внедрить изобретение, которое сэкономит миллионы долларов и значительно сократит заторы из-за строительных работ. Речь идет о датчике, который позволит бетону «говорить» — встроенный непосредственно в бетонную заливку, он отправляет инженерам точные данные о прочности окружающего его бетона и необходимости ремонта дорожного полотна. Широкое использование этой технологии снизит частоту и продолжительность ремонта бетонного покрытия, повысит устойчивость дорог к повреждениям, а также сократит углеродный след от ремонтных работ. Стартап WaveLogix, основанный в 2021 году, разработал систему измерения прочности бетона REBEL. Продукт выйдет на рынок в конце этого года. Изобретение станет альтернативой тестам, которые были отраслевым стандартом с начала 1900-х годов. Инженеры начали разрабатывать технологию в 2017 году, когда Министерство транспорта Индианы обратилось к ним за помощью в устранении преждевременного выхода из строя недавно отремонтированного бетонного покрытия. Причиной разрушения стало неверное определение сроков открытия движения по этому участку дороги.

Методы, которые используются в дорожном строительстве более века, требуют испытаний больших образцов бетона в лаборатории или на объекте. Используя эти данные, инженеры оценивают уровень прочности, которого достигнет конкретная бетонная смесь после того, как она залита и оставлена для застывания и приобретения необходимых эксплуатационных качеств. Эти испытания хорошо известны в отрасли, но расхождения между лабораторными и внешними условиями приводят к неточным оценкам прочности из-за различных составов цемента, температуры окружающей среды и других условий. Благодаря новой технологии инженерам больше не нужно полагаться на лабораторные образцы бетона, чтобы оценить, когда свежеслитый бетон достиг расчетной прочности. Датчик связывается с инженерами через приложение для смартфона тогда, когда дорожное покрытие становится достаточно прочным, чтобы выдерживать интенсивное движение. Чем прочнее будет дорожное покрытие и соблюдены сроки его застывания, тем реже потребуются его ремонт. Мгновенное получение информации об уровнях прочности бетона также позволяет вовремя открывать дороги для движения после заливки свежего бетона. Строители могут установить датчики, просто разместив их на заливаемом полотне дороги. Затем кабель датчика подключается к многоразовому портативному устройству, которое расположено на обочине и автоматически регистрирует с него данные. С помощью приложения рабочие получают информацию об изменениях прочности

бетона в режиме реального времени, что позволяет принимать решение об открытии дороги для движения максимально точно. WaveLogix также разрабатывает способ ограничения выбросов углерода за счет сокращения количества цемента, необходимого в бетонных смесях. На производство цемента приходится 8% мирового углеродного следа. WaveLogix использует искусственный интеллект для оптимизации состава бетонных смесей на основе данных, которые датчики будут собирать с автомагистралей по всей стране. По оценкам разработчиков, новый метод может сократить количество цемента, используемого в бетонных смесях, на 20–25% и одновременно сделать дорожное покрытие более прочным и менее дорогим.

В начале 2021 года наследный принц Саудовской Аравии Мохаммед бин Салман одобрил строительство гигантского «лежачего небоскреба», в котором будут жить до девяти миллионов человек. Здание-мегаполис, по заявлению принца, станет самым экологичным в мире. Работы по возведению «Зеркальной линии» длиной в 170 километров, полкилометра высотой и всего 200 метров в ширину продвигаются вовсю. В Саудовской Аравии рабочие и техника продолжают копать фундамент под город-здание, каждый день приближая проект к реальности. Арабский мир — как и весь Ближний Восток — не вчера начал поднимать престиж своих правителей самыми большими или самыми причудливыми стройками. Пирамида Хеопса, Висячие сады Семирамиды и даже Вавилонская башня (впрочем, всего 91 метр высотой) — список довольно внушительный. Классическое объяснение таким мегапроектам что в древности, что сейчас одинаково: они выражают силу правителя, впечатляют его современников и создают сильное культурное влияние, длящееся веками и тысячелетиями. Помимо этих привычных мотивов, у саудовского принца Мухаммеда бин Салмана есть новые, остро модные — углеродная нейтральность. Не секрет, что Саудовская Аравия имеет большие проблемы с энергоэффективностью. Но дело не только в том, что большой «углеродный след» — это немодно. Западный мир активно обсуждает, что товары из таких «углеродных» стран надо бы при ввозе облагать большим налогом. Заставить «не-углеродно-нейтральные» народы платить за несправедную жизнь. Но есть и еще одна: Королевство Саудовская Аравия тратит 85 тысяч киловатт-часов энергии всех видов на душу населения, что близко к мировому рекорду. Это в четыре раза выше среднемирового и на десятки процентов больше, чем в США и тем более России. Причем более 60% саудовского потребления — архидорогая сегодня нефть. Газ дает менее 30%, полного замещения им нефти нет и близко. От нефти в балансе хорошо бы избавиться, потому что, отправив ее на экспорт, можно заработать куда больше, чем получают саудовцы сейчас, сжигая ее на ТЭС. Вообще, нефтяные ТЭС в наши дни — привычка очень богатых людей, поскольку такая энергия крайне дорога. А благодаря непредсказуемым действиям ЕС теперь вдобавок неясно: есть ли смысл переходить на газ? Да, до 2020-х он давал электричество в разы дешевле. Но теперь вне России и США газ стоит столько, что выгода не так велика. Саудовский принц хочет заработать. Для этого его стране объективно надо переходить на какие-то энергетические решения, не опирающиеся на нефть и не зависящие от настолько непредсказуемого игрока, как западные правители. И тут у проекта «Неом» и входящего в него здания-города «Зеркальная линия», в общем-то, все хорошо.

Китайские ученые предложили добавлять в асфальт полимерные микрокапсулы с органическими солями. Постепенно выделяясь на поверхность трассы, они заставляют снег таять и препятствуют образованию льда в течение нескольких лет, безо всякой дополнительной противогололедной обработки. Лед

на зимней дороге опасен для всех участников движения. С ним постоянно борются, посыпая асфальт песком, гранитной крошкой или противогололедными реагентами. Такие смеси обычно состоят из веществ, которые плавят ледяную корку. Самый распространенный из них — хлорид кальция, который считается не только эффективным, но и не слишком токсичным для окружающей среды. Однако противогололедные реагенты приходится рассыпать каждую зиму и в больших количествах. Это обходится недешево и дорожным службам, и автомобилистам, поскольку такие вещества ускоряют коррозию деталей машин. Хлорсодержащие соли в итоге смываются с асфальта и загрязняют природу. Наконец, регулярное обледенение и таяние разрушает дорожное полотно. Сяомэн Чу (Xiaomeng Chu) и его коллеги из Хэбэйского университета науки и технологий предложили использовать вместо хлоридов соли на основе органической (уксусной) кислоты. Ацетат натрия они смешали с поверхностно-активным веществом, диоксидом кремния, бикарбонатом натрия и гранулированным шлаком — побочным продуктом металлургического производства. Частицы такого порошка поместили в раствор стирол-акрилата, получив полимерные микрокапсулы, содержащие все нужные компоненты. Такие микрокапсулы ученые использовали в качестве добавки к обычному асфальту. Полевые эксперименты подтвердили, что в результате постепенного разрушения полимера содержимое микрокапсул медленно выделяется на дорожное полотно, препятствуя образованию льда. Выпадающий на него снег таял моментально. Более того, благодаря присутствию ацетата температура замерзания воды на поверхности трассы снижалась до впечатляющих минус 21 градуса Цельсия. Дополнительные эксперименты в лабораторных условиях показали, что пятисантиметровый слой асфальта с добавлением микрокапсул способен выделять их и сохранять противогололедные свойства достаточно долго: до семи-восьми лет. Все это время дорога с новым покрытием не будет нуждаться в противогололедной обработке, оставаясь безопасной «сама по себе».

3D-печать представляет собой технологию создания объектов, которую обычно называют «аддитивным производством» и которая состоит из послойного соединения материала для получения объектов по данным трехмерных моделей или с привлечением другого источника компьютерных данных. В частности, последовательные слои материала образуются под управлением компьютера с помощью промышленного робота. Анализ патентных документов РФ по базе ФИПС с использованием ключевых слов «3D-печать», «3Д-печать», «трехмерная печать», «3D-принтер», «3Д-принтер», «аддитивная». Динамика по годам

представлена в табл.

**Таблица 1: Динамика выдачи охранных документов по АТ в РФ в 2017-2022 гг., ед.**

Вид документа	2017	2018	2019	2020	2021	2022	сумма
Патенты на изобретения АТ	23	31	75	68	61	76	334
Полезные модели АТ	10	15	21	25	17	22	110
Программы для ЭВМ АТ	5	8	14	11	21	16	75
Базы данных АТ	1	2	0	0	4	4	11
<b>Итого</b>	<b>39</b>	<b>56</b>	<b>110</b>	<b>104</b>	<b>103</b>	<b>118</b>	<b>530</b>

Из 530 документов подавляющее большинство составили патенты РФ на изобретения (63%). На втором месте — патенты на полезные модели (21%). Удивительно, но программ для ЭВМ для столь молодой отрасли довольно много, 75 ед. Баз данных по АТ ожидаемо мало (тут нужно подчеркнуть, что объясняется тем, что АТ сравнительно мало внедрены в гражданскую экономическую деятельность). Примерно 2/3 патентов и свидетельств принадлежит резидентам РФ, а остальные — иностранцам, на 99% из стран дальнего зарубежья, в основном из западных стран и Китая. Патентов РФ на изобретения выявлено 334. Резидентам РФ принадлежит 242 патента. Неудивительно, что много изобретений осуществлено в крупных инновационных структурах Росатома и Ростеха, в ведущих вузах страны, таких как МГУ, Станкин, МИФИ, МФТИ, Бауманка и СпбГУ. Среди патентообладателей нам встретились сравнительно новые фигуры, например: Автономная некоммерческая организация высшего образования «Университет Иннополис», Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Дагестанский Государственный Технический Университет, Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова и т.д. Среди частных предприятий стоит отметить: ООО «Научно-технический центр «Бакор», ЗАО «Инновационный центр «Бирюч», ООО «Ботлихский радиозавод», ООО «Новые Дисперсные Материалы», ООО «ПолиТаир», ООО «Роботех», ООО «Смарт-Принтинг», ООО «Ф2 Инновации», ООО «Хабаровск ЗД». Среди частных лиц: Белоусов Антон Владимирович, Кривенко Александр Сергеевич, Мирчев Владислав Юрьевич, Неткачев Александр Геннадьевич, Рулев Игорь Михайлович, Сычев Василий Алексеевич, Теплинский Георгий Георгиевич. Иностранцы представлены в основном знаменитыми компаниями, такими как Боинг, Ксерокс, Дженерал Электрик, Сафран, Мицубиси и Хитачи.

В строительстве 3D-печать осуществляется «вживую», на свежем воздухе, а не в закрытых боксах и герметичных установках. Приходится — из-за колебаний температуры, влажности, ветра и солнца — решать противоречивые задачи скорости печати и устойчивости отвердевающего материала. Основная физико-химическая проблема состоит в реологических свойствах строительного материала для 3D-печати. На практике к обычному цементному раствору добавляют 4 вида присадок: 1) модификаторы реологии рабочего раствора/теста, 2) ускорители схватывания бетона, 3) регуляторы водопотребности, 4)

противопенные добавки. 3D-печать конструкционных материалов представляет собой непрерывный процесс, который включает транспортировку свежеприготовленной бетонной смеси или строительного раствора к экструдированной головке и укладку конструкционного материала через выпускное отверстие (сопло) головки для формирования слоя бетона. При укладке бетона или строительного раствора укладывающая головка перемещается под управлением компьютерного устройства для создания слоя конструкционного материала в соответствии с лежащей в основе 3D-моделью. Чтобы сделать возможным плавное прохождение свежеприготовленной бетонной смеси или строительного раствора через каждый участок процесса транспортировки к укладывающей головке, необходимо обеспечение стабильных реологических свойств свежеприготовленного материала.

Однако конструкционный материал должен быть не только достаточно текучим, чтобы обеспечивать цели транспортировки и экструзии, но также и достаточно жестким для обеспечения необходимой механической стабильности трехмерной печатной структуры до схватывания гидравлического вяжущего. В частности, нижележащие слои конструкционного материала должны без разрушения выдерживать нагрузку, накладываемую верхними слоями. Высокую изобретательскую активность демонстрирует коллектив Рустема Ханифовича Мухаметрахимова в Казанском государственном архитектурно-строительном университете (около 20 патентов за пятилетний период на состав строительных смесей и способы строительной 3D-печати). Так патент №2777886 касается строительной смеси, которая включает портландцемент, кварцевый песок, суперпластификатор «Реламикс ПК» в виде сополимера на основе полиоксиэтиленовых производных ненасыщенных карбоновых кислот. Технический результат — повышение формоустойчивости и обеспечение отсутствия дефектов в виде разрывов напечатанных слоев, снижение усадочных деформаций и повышение предела прочности затвердевших композитов, напечатанных на 3D-принтере.

Около 10 патентов получила проф. Славчева Галина Станиславовна с соавторами из Воронежского государственного технического университета. В частности, изобретение №2729085 относится к строительным материалам, которые адаптированы к режимам строительной 3D-печати. Патент защищает двухфазную смесь. Интерес представляют изобретение №2739910 проф. Валентины Анатольевны Полуэктовой из Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. Оно относится к полимерцементной сухой строительной смеси для 3D-печати, включающей портландцемент, полимерное связующее, песок, фиброволокно и модификатор. В качестве полимерного связующего используют редиспергируемый полимерный порошок поливинилацетата или сополимеров поливинилацетата. Анализ патентов и опыт их практического использования дает основания сделать вывод, что активное внедрение в строительную практику технологий аддитивного строительного производства сулит снижение сроков и стоимости строительства, снижение металлоемкости монолитных конструкций, а также создает возможность оптимизации площадей жилых, общественных и производственных зданий за счет большей гибкости в выборе объемно-планировочных решений. Этот вид строительства формирует новую промышленную нишу производства передовых материалов для аддитивного строительного производства на основе высокомодифицированных строительных смесей гидратационного твердения.

Итальянская архитектурная студия Luca Curci Architects и канадский дизайнер Тим Фу предложили создать плавучий город, состоящий из



взаимосвязанных платформ, которые смогут вместить более 50 000 человек. Проект подразумевает создание экологического города с полностью электрическими транспортными системами и сокращением объема выбросов парниковых газов до почти нулевого уровня. Генеральный план включает в себя жилые дома, офисы, правительственные учреждения, медицинские учреждения и образовательные учреждения (от школ до университетов). Город будет разделен на различные районы, каждый из которых состоит из высотных и малоэтажных зданий, окруженных стеклянными солнечными панелями, чтобы обеспечить электричеством всю плавучую систему и сделать ее энергонезависимой. Архитекторы объединят сельское хозяйство с общественными пространствами, а фермерские хозяйства позволят сообществу обеспечивать себя продовольствием и стать самодостаточным

Исследователи из Чикагского университета разработали строительный материал, похожий на хамелеона: он меняет свой инфракрасный цвет и количество тепла, которое он поглощает или излучает, в зависимости от внешней температуры. В жаркие дни материал излучает до 92%, содержащегося в нем инфракрасного тепла, помогая охлаждать внутреннюю часть здания. В холодные дни, напротив, материал излучает всего 7% своего инфракрасного излучения, сохраняя тепло в здании. Секрет материала в специальном слое, который может принимать две различные формы: твердая медь, сохраняющая большую часть инфракрасного тепла, или водный раствор, излучающий инфракрасное излучение. Переключение между двумя формами обеспечивается с помощью небольшого разряда электричества. Такое воздействие вызывает химический сдвиг между состояниями, либо нанося медь в виде тонкой пленки, либо удаляя эту медь. Созданный материал не горит, а его цвет можно настраивать в зависимости от архитектурных задач. Водная фаза прозрачна, и за ней можно разместить почти любой цвет, не влияя на его способность поглощать инфракрасное излучение, объясняют авторы работы. Они также отмечают, что температура, при которой источник электричества активизируется и изменит свойства покрытия, может настраиваться пользователем. В своей работе инженеры описали прототип облицовки для здания: квадрат размером около 6 см в поперечнике. Для реальных приложений большое количество таких теплорегулирующих участков можно объединить в крупные листы, подобные черепице. Исследование показало, что способность материала переключаться между двумя состояниями оставалась эффективной даже после 1 800 циклов. По сути, мы нашли низкоэнергетический способ обращаться со зданием как с человеком. Вы добавляете слой, когда вам холодно, и снимаете слой, когда вам жарко. Такой умный материал позволяет нам поддерживать температуру в здании без огромных затрат энергии, — говорит По Чун Хсу, профессор Чикагского университета и руководитель исследования.

Инженеры Boston Dynamics обучили гуманоидного робота Atlas новым навыкам. Теперь он может помогать строителям на площадке. Компания Boston Dynamics развивает возможности своего гуманоидного робота Atlas, выполняет прикладные задачи, полезные на строительной площадке. В видео, опубликованном разработчиками, робот взаимодействует с окружающим пространством, чтобы доставить инструменты человеку, ожидающему на вершине строительных лесов. Чтобы решить эту, как может показаться, тривиальную задачу, Atlas берет, несет и подбрасывает сумку с инструментами, поднимается по лестнице, прыгает между уровнями лесов, отталкивает препятствия и выполняет сложное сальто. Для реальной работы Atlas должен постоянно изучать и оценивать обстановку, как это делают люди. Например, чтобы столкнуться

деревянный ящик с платформы, робот должен точно рассчитать силу, чтобы с одной стороны заставить ящик упасть, а с другой — самому не потерять равновесие. Аналогично, выполняя прыжок с разворотом на 180° с доской в руках, робот должен учитывать импульс доски, чтобы не упасть. Boston Dynamics, Atlas — не коммерческая, а испытательная платформа: на этом роботе компания исследует новые технологии и возможности. Хотя в перспективе роботы-гуманоиды все еще ограничен, считают инженеры. «Паркур и танцы были интересными примерами довольно экстремальных движений. Теперь мы пытаемся использовать этот опыт, чтобы выполнять полезные манипуляции. Для нас важно, чтобы робот мог выполнять различные задачи со скоростью сопоставимой с человеческой», — Бен Стивенс, руководитель проекта Atlas в Boston Dynamics.

Многослойное «стекло» с заполненными жидкостью капиллярами имитирует природные структуры кожи осьминогов. Это позволяет гибко контролировать его прозрачность, пропуская внутрь одни лучи, но задерживая другие, в зависимости от времени суток, сезона и погоды на улице. Люди придумали строить дома и здания, чтобы меньше зависеть от погоды и окружающей среды. Однако поддержание комфортных условий внутри требует непрерывных расходов на освещение, подогрев или охлаждение. По данным за 2021 год, на них приходится 30 процентов всей потребляемой в мире энергии, что создает около четверти всех выбросов парниковых газов. А продолжающееся глобальное потепление лишь увеличивает эти показатели. Основными каналами, через которые здания нагреваются в жару и охлаждаются на холоде, служат окна. Они пропускают лучи разных диапазонов волн, и вместе со светом тепло неизбежно проникает внутрь — или теряется впустую, уходя на улицу. Поэтому ученые и инженеры стараются создать более технологичные стекла, которые не мешали бы естественному освещению, но вместе с тем блокировали бы другие виды излучения. Например, они могут автоматически затемняться на ярком свету.

Однако такие решения недостаточно гибки, и в идеале окно должно гибко менять пропускную способность. Такое окно может становиться прозрачным лишь для определенных волн, подстраиваясь под условия, чтобы обеспечить и нужную освещенность, и минимальные потери энергии. Именно такое решение продемонстрировала недавно команда из канадского Университета Торонто, Бенджамин Хаттон (Benjamin Hatton) и его коллеги продемонстрировали прототип из прозрачного пластика, между слоями которого заключена сеть трубочек диаметром около миллиметра. Сквозь них прокачивается жидкость с пигментами, делающими «стекло» непрозрачным для определенного диапазона излучения. В «окне» используются несколько таких слоев, в каждом из которых — свой пигментный раствор с собственными характеристиками. Контролируя течение жидкости в них, можно менять пропускные способности всей системы. По словам ученых, такое решение позаимствовано у природы. Точнее говоря, у кожи осьминогов, знаменитых своей способностью менять окраску. Это достигается за счет многослойной структуры, содержащей заполненные пигментом клетки-хроматофоры. Их «настройка» позволяет менять характеристики поглощения и отражения излучения, гибко меняя вид и окраску животного. Исходя из характеристик, полученных по результатам испытания прототипа, авторы подсчитали потенциальный экономический эффект от использования таких «окон». По этим оценкам, даже однослойная система, контролирующая прохождение волн ближнего ИК-диапазона, позволит снизить расходы на отопление и охлаждение на 25 процентов. А если к ней добавить слой,

отвечающий за излучение видимого диапазона, то экономия может достичь уже 50 процентов.

Швейцарские инженеры создали квадрокоптер Aithon с интегрированным перфоратором. Мультикоптер сверлит отверстия в бетоне, используя роторы для передачи усилия на перфоратор. Работы на высоте сопряжены с риском травм даже при использовании страховочных систем, поэтому инженеры постоянно ищут способы минимизировать присутствие человека. Дроны уже показали, что неплохо справляются с инспекцией высотных конструкций и малярными работами, а теперь инженеры из Швейцарской высшей технической школы Цюриха создали мультикоптер, способный сверлить отверстия в бетоне. Проект под названием Aithon представляет собой квадрокоптер на самодельной раме с поворотными узлами и ременным приводом, которая оснащена присосками и аккумуляторным перфоратором. При работе на объекте дрон подлетает к бетонной стене, прикрепляется к ней с помощью вакуумных присосок, после чего с помощью двух роторов поворачивает основную часть рамы параллельно стене. Далее рама выступает в качестве направляющих для перемещения аккумуляторного перфоратора Hilti TE 2-A22 по рабочей зоне размером 60 x 60 сантиметров. После выбора точки сверления роторы раскручиваются для создания прижимной силы в 100 Ньютонов и квадрокоптер сверлит отверстие, смещаясь в сторону стены по направляющим, которые соединяют опорную платформу с присосками с рамой квадрокоптера.

---

Руководство Саудовской Аравии согласовало план строительства порта Охагон (Охагон) и логистического центра, который станет «крупнейшей в мире плавающей конструкцией» в рамках архитектурного проекта Neom, в который входит и знаменитый горизонтальный небоскреб «Зеркальная линия». Охагон станет портовым городом на Красном море, предназначенным для использования всех преимуществ активного судоходства в Суэцком канале.

Калифорнийская компания Zomes, специализирующаяся на строительстве домов из прочных материалов и создании экстравагантных экстерьеров, представила новый проект, который можно считать экологической и экономической альтернативой традиционным домам, поскольку он построен из экологически чистых материалов и стоит (в переводе на рубли) не больше 2,5 миллионов. Дом, построенный из очень прочных и легких материалов (на основе перлита и магния), имеет размеры 5,8 метра в ширину и 4,2 метра в высоту. Его можно возвести в рекордно короткие сроки (не более трех дней), а также он легко демонтируется и перевозится в другое место. Специалисты компании Zomes уверяют, что дом сможет прослужить 500 лет. Zome изготовлен из материалов, которые делают его устойчивым к огню, воде, снегу и всевозможным вредителям.

Эксперты из Университета Южной Австралии испытывают новое решение, позволяющее остановить износ бетонных трубопроводов. Самовосстанавливающийся бетон в форме микрокапсул, наполненных осадком водоподготовки (обработки воды на очистных сооружениях), может ремонтировать трубы без участия человека. Исследователи разработают микрокапсулы с оболочкой, чувствительной к изменению уровня pH, и сердцевиной из «целебного» вещества, содержащей шлам квасцов — побочный продукт очистных сооружений — и порошок гидроксида кальция. Комбинация обладает высокой устойчивостью к микробной коррозии. Крошечные гранулы добавляются в бетон на последнем этапе смешивания, чтобы защитить его от поломки. Когда значение pH изменяется по мере повышения уровня кислоты, микрокапсулы высвобождают содержимое, которое восстанавливает последствия коррозии и другие

микротрещины. Коррозионная кислота от окисляющих серу бактерий в сточных водах, наряду с чрезмерными нагрузками, внутренним давлением и колебаниями температуры, приводит к растрескиванию труб и сокращению их срока службы, объясняют ученые. По оценке исследователей, после постепенной замены 117 000 км канализационных труб по всей Австралии на конструкции с бетоном и композитными микрокапсулами страна сможет экономить около \$1,4 млрд ежегодно на обслуживании и ремонте труб. Кроме того, использование в составе капсул шлама позволит сократить отходы от водоочистных сооружений, которые при утилизации на свалке приводят к выбросу примерно 29,4 т углекислого газа ежегодно.

Инженеры разработали материал, который можно запрограммировать на контроль теплопередачи. Он может сэкономить до 40% энергии, используемой на охлаждение домов. Исследователи из Института программируемых материалов общества Фраунгофера разработали программируемую теплоизоляцию для домов, которая может заменить кондиционеры. Пористая пена герметизирует помещение в жаркие дни и обеспечивает циркуляцию воздуха ночью. Разработанный материал представляет собой пенопластовую конструкцию с необычными свойствами. Принцип его работы заключается в том, что, когда светит солнце и очень жарко, пенопластовые элементы расширяются, тем самым герметично закрывая вентиляционные прорези между стеной здания и облицовкой. В результате внутри помещений сохраняется прохладная температура. Ночью пена, наоборот, сжимается и открывает вентиляционные отверстия, позволяя свежему воздуху циркулировать за облицовкой и эффективно охлаждать дом. В процессе производства ученые могут настраивать, как пена меняет форму и при какой температуре. Кроме того, в отличие от классических пенопласты с памятью формы новый материал может менять форму многократно, раз за разом открывая и закрывая поры. Исследователи отмечают, что эта разработка подойдет не только для жилых домов. Комбинируя различные элементы можно управлять температурным режимом на производстве. Для этого достаточно использовать аналогичную пену для изоляции, управляемые температурные трубы, которые рассеивают тепло при превышении температуры выше заданной, и программируемый материал, который способен накапливать тепло, когда слишком жарко, и отдавать его, когда температура опускается ниже заданной. Исследователи отмечают, что у новых материалов большой потенциал. Только при использовании в обычных жилых домах теплоизоляция поможет сэкономить до 40% энергии, используемой для охлаждения домов. Если объединить ее с элементами, которые будут накапливать и возвращать тепло, это также поможет в будущем отказаться от части отопления, полагают они.

Группа исследователей из Японии представила прозрачные солнечные панели, которые можно использовать вместо окон. По словам авторов статьи, они нашли способ создания почти невидимых солнечных панелей — они пропускают свет и получают энергию с помощью него. Ученые объяснили, что угроза изменения климата продолжает расти, поэтому поиск лучших способов интеграции чистой энергии является приоритетом для многих стран. В связи с угрозой повышения уровня океанов, возможность ограничить выбросы парниковых газов является жизненно важной для обеспечения процветания Земли в будущем. Прозрачные солнечные панели позволят легче и эффективнее встраивать их в дома и здания. Этот проект основан на использовании взаимодействия между ультратонкими материалами с помощью проводящего материала — оксид индия-олова (ITO). Эта смесь бесцветная и прозрачная, поэтому ее можно использовать для прозрачных солнечных батарей. Новая система работает за счет покрытия материала, тщательно подобранными тонкими

металлами и последующего размещения изолирующего слоя между ITO и парами дисульфида вольфрама. Такая установка позволила исследователям контролировать контактный барьер между материалами. Кроме того, конструкция, которую придумали исследователи, позволяет более эффективно преобразовывать энергию, чем существующие солнечные элементы на основе ITO. Исследователи также рассказали о том, как эту конструкцию можно использовать в больших масштабах для создания более эффективных и прозрачных солнечных батарей.

Мне захотелось рассказать об инновациях в строительстве, дабы подчеркнуть, что и в такой традиционной и консервативной отрасли можно создавать как новые материалы, так новые технологии.

---

Разработчики отмечают, что такая схема позволяет использовать не только перфоратор, но и другие электроинструменты на высоте. О планах серийного производства устройства ничего не сообщается

---

.

