

## ИННОВАЦИОННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ

Анкудович М.В., Василевич В.В.

*Научный руководитель* – Миндюк Е.Г.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Строительство – одна из сфер человеческой жизнедеятельности, где новые технологии и материалы особенно быстро находят свое применение. Строительные материалы и технологии становятся удобнее, проще и экологичнее. Целью данной работы является изучение инновационных на сегодняшний день строительных материалов и технологий, некоторые из которых также могут применяться в строительстве Беларуси.

*Примеры инновационных материалов. Прозрачная теплоизоляция.* В доме в г.Фрайбурге наружные стены дома теплые, а внутренние – прохладные. Это происходит без капли нефти, газа или электрического тока. Одной из действенных формул этого дома является TWD (transparente Waermedaemmung), или прозрачная теплоизоляция (далее – ПТИ) (Рис. 1).

Понятие ПТИ включает в себя обширную группу светопрозрачных материалов, например, акриловую пену, капиллярное стекло, сотовый поликарбонат. Кроме прозрачности, общими свойствами этих материалов являются: пористая или трубчатая структура – они примерно на 95% состоят из воздуха, благодаря чему обладают великолепной теплоизоляцией. Слой такого материала толщиной 20 мм в 3 раза лучше сохраняет тепло, чем толстая кирпичная стена толщиной 510 мм традиционного дома.

Наилучшими свойствами обладают материалы, называемые аэрогелями, в частности, силикагель – материал на основе кремниевой кислоты. Размер микропор в силикагеле намного меньше длины волны видимого света, и вследствие малого рассеивания образцы толщиной 12мм на 10% прозрачнее, чем двухслойное остекление. Исходя из технологии производства и ради избегания загрязнений ПТИ заключают между двумя стеклами в рамах из различных материалов, то есть в стеклопакет. Принцип использования ПТИ – прозрачная теплоизоляция размещается перед массивной стеной из бетона или иного тяжелого материала, наружная сторона которой окрашивается в черный цвет и играет роль накопителя тепловой энергии. Солнечное излучение проникает сквозь ПТИ и на черной поверхности стены преобразуется в тепловую энергию. Стена, в свою очередь, постепенно отдает тепло внутрь здания. Таким образом, стены дома больше берут тепла от солнца, чем отдают его наружу.

Одним из примеров объектов, на которых была проверена ПТИ, стала Паул–Робертсон – школа в Лейпциге. Проведенные измерения показали, что после реконструкции школы с ее утеплением, прозрачной теплоизоляцией расходы на отопление снизились от 225кВтчас/м<sup>2</sup> до 58кВтчас/м<sup>2</sup>, что означает уменьшение потерь энергии на 70% (Рис. 2) [1].



*Светоуправляющие оптические элементы.*

Ученые из Института Света и Строительной техники (ILB) в Кельне разработали систему, которая способна успешно решить проблему неравномерности освещения, которая в значительной мере может быть устранена с помощью светоуправляющих оптических элементов. Эти элементы представляют собой изогнутые тонкие полоски из акрилового или гидрокарбонатного стекла, которые располагаются внутри стеклопакетов в верхней части окна. Эти элементы перенаправляют рассеянный солнечный свет в глубину помещения и на потолок. В подвесном потолке монтируются отражательные элементы, которые имеют специальную рассеивающую структуру. Верхняя светоуправляющая часть окна никогда не затеняется солнцезащитными устройствами, в то время как нижние части окон оборудуются затенением, которым, при необходимости, можно воспользоваться (Рис. 3).



Используя на практике светоуправляющие голограммы было установлено, что качество и продолжительность естественного освещения

стали значительно лучше, помещения глубиной более 7 м не требовали дополнительно искусственного освещения. Ведутся разработки, когда светопроводящие голограммы будут автоматически дополняться искусственным светом при уменьшении естественной освещенности в помещениях [1].

*Эластичный самовосстанавливающийся бетон.* Ученые из Университета Мичигана Виктор Ли и Инцзы Ян задались целью создать бетон, способный самостоятельно «залечивать» трещины, образовавшиеся, например, в результате землетрясения.

Изделия, выполненные из новой бетонной смеси при испытании на растяжение были покрыты на 5% сетью трещин. Новый бетон не только скрепил их, но и восстановил свою первоначальную форму. Обычный бетон при таких испытаниях просто разломился бы на куски. Восстановить свою форму и качества инновационному бетону помогает вода. Взаимодействуя с ним в течение нескольких дней, она вступает в реакцию с минеральными добавками и другими соединениями, содержащимися в бетоне, а также с углекислым газом из атмосферы – и шрамы на бетонной плите зарубцовываются карбонатом кальция. При этом восстановившаяся таким образом плита практически ничего не потеряет в прочности (Рис. 4).

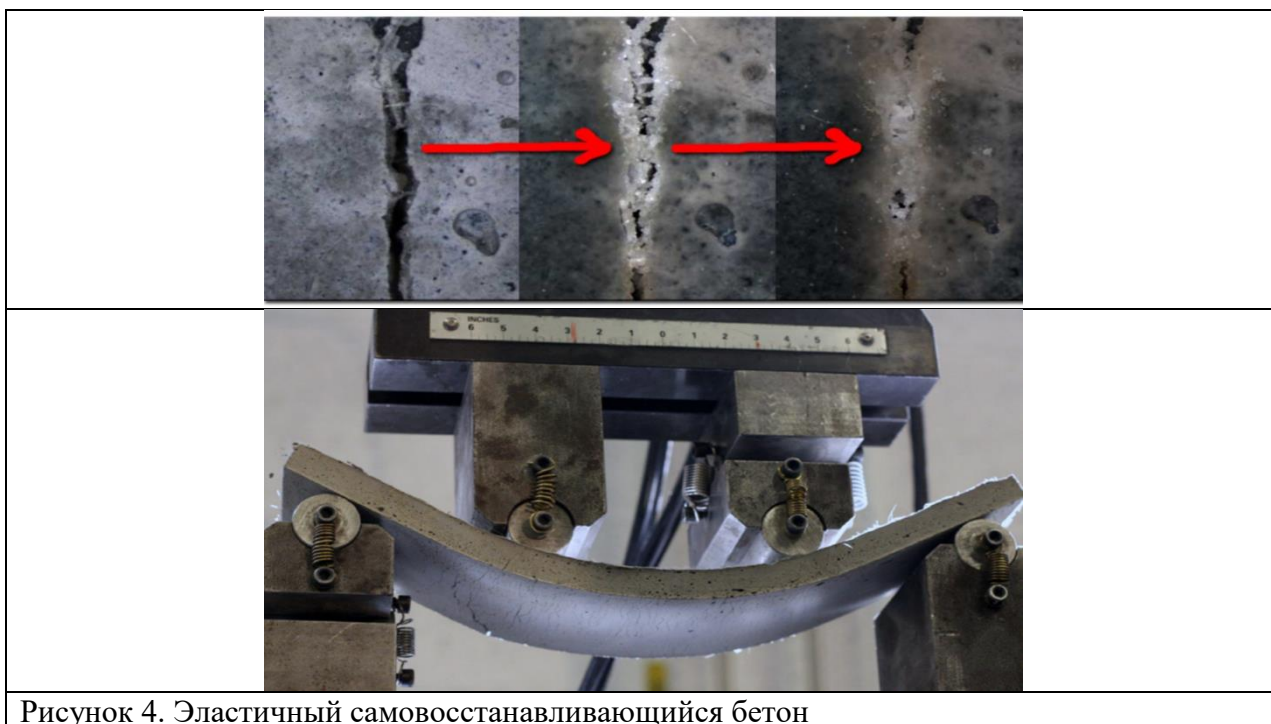


Рисунок 4. Эластичный самовосстанавливающийся бетон

Для того, чтобы увеличить долговечность бетона, ученые из британского университета Бата работают над созданием самовосстанавливающейся бетонной смеси, которая может быть использована для герметизации трещин в железобетонных конструкциях. Главным отличием нового материала является наличие в смеси специальных микрокапсул, в которых содержатся сульфатредуцирующие бактерии. При проникновении влаги через трещины и попадании на бактерии, они

начинают активно размножаться, производя известняк, который способствует «заращению» трещин (Рис. 5).

Кроме того, по мере восстановления и затвердевания бетон может раздавить и сами микрокапсулы, содержащие бактерии, – эту проблему также предстоит решить ученым. Также Кевин Пейн из департамента архитектуры и гражданского строительства университета Бата предлагает заложить в микрокапсулы наряду с бактериями питательные вещества и лактат кальция.

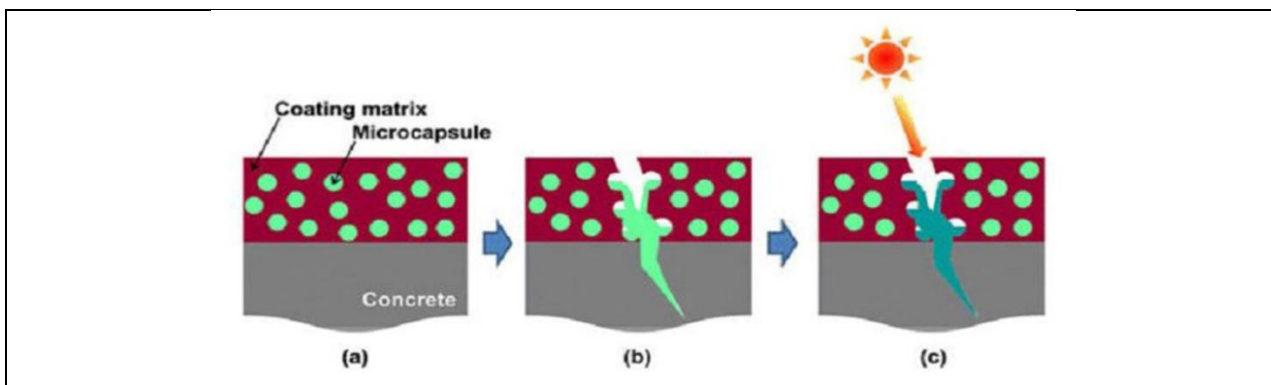


Рисунок 5. Пример работы самовосстанавливающейся бетонной смеси США

«Умный» бетон». Чтобы снизить риск наводнений в городах, английская компания Tarmac разработала бетон Tormix Permeable. Его главная отличительная характеристика – высокая способность пропускать воду. Новая технология производства строительного материала подразумевает использование вместо песка кусочков гранитного щебня, через которые вода будет просачиваться, а затем поглощаться почвой. Кроме снижения риска затопления использование проницаемого бетона позволит поддерживать сухость и безопасность улиц.

К недостаткам Tormix относится относительно высокая цена по сравнению с обычным бетоном и возможность использования только в местах с не слишком холодным климатом, поскольку низкие температуры будут вызывать расширение бетона и, соответственно, разрушение покрытия (Рис. 6) [5].

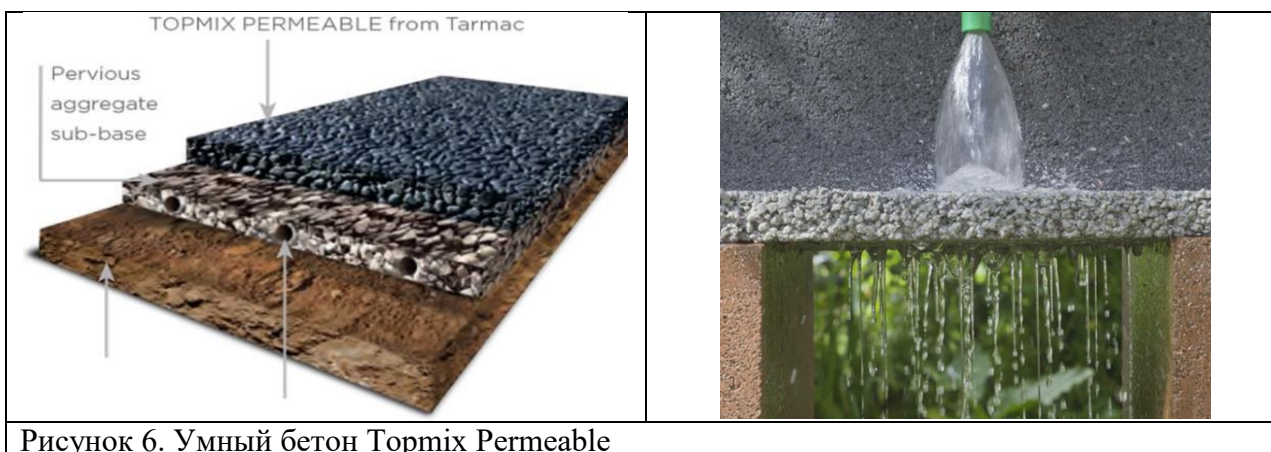


Рисунок 6. Умный бетон Tormix Permeable



*Нидерланды: Строительные блоки из морской соли.* Архитектор из Голландии Эрик Джоберс сумел разработать экологичную технологию производства блоков на основе морской воды (Рис. 7).



Рисунок 7. Строительные блоки из морской соли



Рисунок 8. Древесноволокнистые плиты CAFboard (Compressed Agricultural Fiber Board)

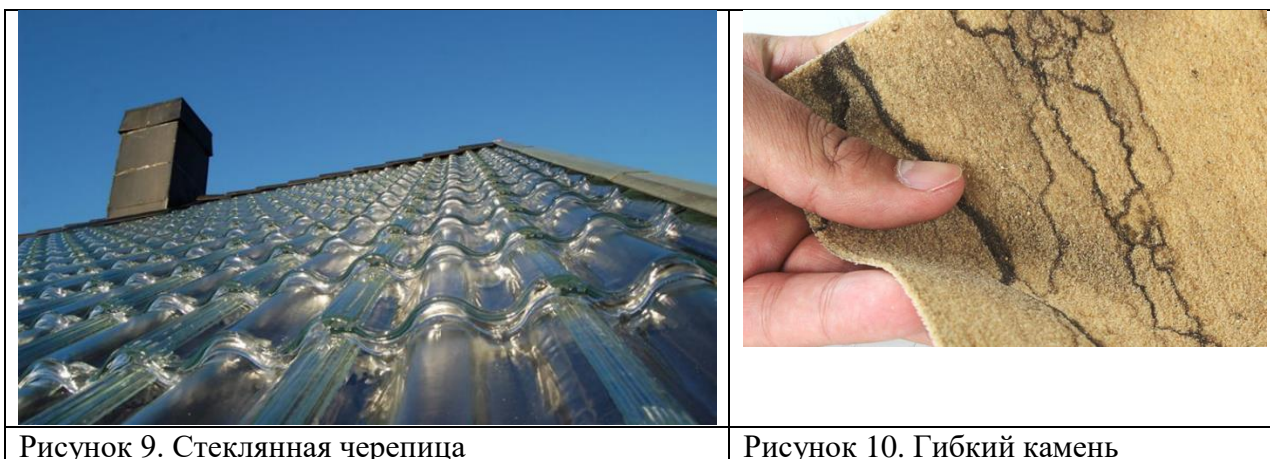
С использованием солнечной энергии соль извлекается из океана и затем смешивается с крахмалом, который получают из морских водорослей. На выходе получают блоки, которые имеют высокую прочность при сжатии. Построенные из таких блоков здания покрывают материалом, основанным на эпоксидной смоле, после чего никакая влажность уже не способна их повредить. Блоки из соли вполне подходят и для создания гибких арочных конструкций. Для засушливых стран, подчеркивает Эрик Джоберс, такая строительная технология является оптимальной.

*Древесноволокнистые плиты.* Американская компания-производитель строительных материалов Stramit USA представила на рынок новый продукт — древесноволокнистые плиты CAFboard (Compressed Agricultural Fiber Board), изготовленные из соломы пшеницы, оставшейся после сбора урожая (Рис. 8).

Компания Stramit USA создала термореактивные плиты CAFboard, которые более долговечны, чем древесина или древесно-композитные плиты и пена. Новый материал отличается нетоксичностью, прочностью, высокой устойчивостью к плесени и поражению вредителями. Отличные звукопоглощающие и изолирующие свойства обеспечиваются особой структурой плиты — микроскопические пустоты хорошо поглощают и рассеивают звук и тепло. Кроме того, прессование пшеничной соломы происходит при очень высоких температурах и давлении, при этом удаляется практически весь воздух, который мог бы поддерживать горение, поэтому плита CAFboard обладает высокой огнестойкостью.

*Стеклянная черепица.* Компания SolTech Energy из Швеции разработала уникальный строительный материал для кровли зданий — черепицу из стекла. Она оснащена встроенными фотоэлементами, которые накапливают энергию солнечных лучей и позволяют использовать ее для

различных потребностей (подогрева воды, отопления, работы электросетей) (Рис. 9).



Такая черепица изготавливается из каленого ударопрочного стекла, поэтому не уступает по прочности традиционным керамическим аналогам. Форма и размер отдельных стеклянных элементов соответствует параметрам керамической черепицы, поэтому их можно использовать для частичного покрытия крыши. При этом максимальная эффективность от ее использования достигается на крышах, обращенных к южной стороне.

*Гибкий камень.* Одна из новых отделочных технологий, которая относится к разновидности обоев и имитирует структуру и цвет разных видов камня (песчаника, сланца, клинкерного кирпича и др.) (Рис. 10). Он производится на основе песчаника и экологически чистого полимера, за счет которого новый материал является гибким, прочным, легким и удобным в применении. Эти свойства позволяют использовать его для отделки не только ровных поверхностей, но и для объектов сложных форм (каминов, колонн и др.).

Гибкий камень имеет толщину 1,5-3 мм и накладывается полосами на стены, предварительно покрытые клеевым составом, после чего затираются все стыки. Он стоек к истиранию и выгоранию.

Целью создания новых инновационных материалов или модернизация старых технологий является потребность человека в более дешёвом, экологичном и надёжном способе строительства. Совершенствование самых традиционных материалов приводит к тому, что они приобретают новые свойства и способны брать на себя дополнительные функции. Работа над изобретением новых технологий и инновационных материалов необходима для большей прочности и надёжности строящихся зданий и сооружений.

#### *Литература*

1. Альфаплан [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.alfaplan.ru/articles/vt/124/>
2. Бизнесрост [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.businessrost.ru/estate/top-innovatsionnykh-stroitelnykh-tekhnologiy/>
3. Директвест [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://directinvest.com.ua/ru/2018/12/11/v-yaponii-sozdali-doma-paryashhie-v-vozduxe/>

4. Национальный бизнес - National business – НБ.медиа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nb.media/life/realty/11911/>
5. Теплоизоляция сооружений - Эко теплоизо [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecoteploiso.ru/raznoe-2/prozrachnyj-uteplitel-prozrachnaya-teploizolyaciya-alternativa-tradicionnym-uteplitelyam.html>