

3 Клеевой монтаж – декор приклеивают к стене, используя фиксирующие растворы. Преимущество этого способа – высокая скорость монтажа, недостаток – длительная подготовка основы, кроме того, мокрый монтаж подходит для относительно легких деталей.

4 Комбинированный монтаж – предполагает совместное использование открытого, скрытого и клеевого способа фиксации. Обычно применяют клеевой и скрытый способы, выгоды которых нивелируют возможные недостатки.

Архитектурные элементы фасада здания применялись еще с давних времен. Благодаря уникальному сочетанию форм и стилей, архитекторам удавалось создавать здания, которые несли в себе культурную ценность, отражали настроение эпохи и сохранялись в памяти людей.

Список литературы

1 Пономарев, А. Архитектурное конструирование / А. Пономарев. – URL: <https://scinetwork.ru/disk/file/23310/> (дата обращения: 10.11.2025).

2 Тишков, В. А. Архитектура / В. А. Тишков, М. Н. Рыскулова. – URL: <https://bibl.nngasu.ru/electronicresources/uch-metod/architecture/4842.pdf?ysclid=mixb05mxv1449514765/> (дата обращения: 11.11.2025).

3 Фасадный декор для наружной отделки // Stavros. – URL: **Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки.** (дата обращения: 10.11.2025).

4 Архитектурный фасад // ЭлитФасад. – URL: <https://elitfasad.ru/?ysclid=mivwbod9c5330838580/> (дата обращения: 11.11.2025).

5 Сизов, В. Н. Монтаж строительных конструкций / В. Н. Сизов. – URL: https://books.totalarch.com/installation_of_building_structures_1969?ysclid=mixbpg4zue823593307/ (дата обращения: 11.11.2025).

УДК 691.323

ЛИТРАКОН

К. И. ХУДЕНКО

*Научный руководитель – А. А. Васильев (канд. техн. наук, доцент)
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Литракон (LiTraCon) – композитный материал, состоящий из двух основных компонентов: мелкозернистого бетона и оптоволоконных нитей. Их сочетание обеспечивает свойства, позволяющие бетону пропускать свет.

Основа светопропускающего бетона LiTraCon формируется на основе высококачественного портландцемента с добавлением мелкодисперсных заполнителей. В качестве цемента используются марки не ниже ЦЕМ 0 32,5 (прочность достаточна для несущих и декоративных элементов; хорошо работает с мелкодисперсными заполнителями, что важно для однородности светопропускающего бетона; дешевле и доступнее, чем более высокие марки, но при этом обеспечивает нужные характеристики). Заполнителями служат кварцевый песок, микрокальцит, мраморная крошка и другие минераль-

ные фракции, не содержащие крупных частиц. В состав также входят химические добавки. Ускорители твердения применяются при необходимости сокращения времени производства; пигменты используются для декоративного окрашивания материала [1].

Ключевым элементом, обеспечивающим светопроницаемость LiTraCon, являются оптические волокна. Они изготавливаются из стекла или акрила (PMMA), обладающих высокой способностью к светопередаче. Диаметр волокон составляет от 2 до 4 мм (данный диапазон не закреплён строительными нормами или ГОСТом, он выбран на основе экспериментальных исследований и практики применения LiTraCon), а их объёмная доля – до 5 % от общего объёма бетонной смеси (это обусловлено балансом между светопроницаемостью и прочностью бетона).

Для светопропускаемости важна прозрачность и ориентация волокон, а не их механическая прочность. Волокна располагаются строго параллельно, проходя сквозь весь блок от одной поверхности до другой. В зависимости от их роли литракон подразделяется на декоративный и армирующий.

Литракон обладает такими основными свойствами, как прозрачность, прочность, эстетика и дизайн, экологичность.

Основные модификации светопроводящего бетона:

- LiTraCon Solar Integration (светопроводящий бетон с солнечной интеграцией): панели комбинируют с солнечными элементами или системами пассивного освещения. Днём панели пропускают естественный свет, а ночью могут работать совместно с LED-подсветкой, питаемой от солнечных батарей;

- LiTraCon с низкоэнергозатратным оптоволокном: использование полимерных волокон вместо стеклянных снижает энергозатраты на производство. Такие волокна легче и дешевле, при этом сохраняют светопередачу.

Базовый состав LiTraCon (PMMA-волокно, $\phi = 4 \%$) приведен в таблице 1. Общий вид образца – на рисунке 1.

Таблица 1 – Базовый состав LiTraCon (PMMA-волокно, $\phi = 4 \%$)

Компонент	Плотность, кг/м ³	Масса, кг	Объём, л	Назначение
Цемент ПЦ М400	3100	380	122,6	Связующее
Кварцевый песок	1600	700	437,5	Мелкий заполнитель
Микрокальцит / мраморная крошка	1500	350	233,3	Мелкодисперсный заполнитель
Вода	1000	171	171,0	Гидратация
Суперпластификатор	1050	3,8	3,6	Текучесть, снижение W/C
Оптоволокно PMMA	1190	47,6	40,0	Светопроницаемость
Итого	–	1653,4	1007,9	Номинально 1 м ³



Рисунок 1 – Общий вид образца литракона

Инновации в дизайне: панели pXL (Pixel Panels – пиксельные панели нового поколения) – обладают регулярным распределением светопроводящих точек, благодаря чему можно создавать орнаменты, цветные изображения и даже трёхмерные объекты. Эта технология подходит для производства уличной мебели и декоративного оформления зданий, расширяя возможности архитектурного и городского дизайна [1].

Как и любой иной строительный материал, литракон имеет свои преимущества и недостатки. Преимущества: эстетика и инновационность, прочность бетона, естественное освещение, экономия на отделке (в отличие от обычного бетона, рассматриваемый не требует дополнительных декоративных покрытий (штукатурки, покраски, фасадных панелей)), уникальность проектов (здания выделяются на фоне стандартных построек, что повышает их ценность и привлекательность). Недостатки: высокая стоимость – производство литракона значительно дороже обычного бетона из-за использования оптоволокон и сложной технологии; сложность изготовления – процесс требует точного контроля и специальных условий, что ограничивает массовое применение; теплоизоляция – светопроницаемость снижает теплоизоляционные свойства по сравнению с традиционными стенами; малая распространенность – из-за высокой цены и технологических ограничений литракон редко встречается в массовом строительстве.

Светопропускающий бетон сохраняет все основные механические характеристики традиционного бетона – высокую прочность на сжатие, устойчивость к внешним воздействиям, долговечность и огнестойкость.

Прочность можно выразить через изменённую формулу смесей (это соотношение компонентов (цемент, заполнитель, вода и добавки), которое обеспечивает нужную прочность, пластичность и долговечность раствора или бетона):

$$G_L = G_C(1 - \varphi) + G_f \varphi \eta, \quad (1)$$

где G_L – прочность литракона, МПа; G_C – прочность исходного бетона, МПа; ϕ – объёмная доля оптоволокна в композите, д. ед.; G_f – прочность оптоволокна, МПа; η – коэффициент эффективности передачи нагрузки, учитывающий сцепление оптоволокна с цементным камнем, д. ед.

Зависимость прочности литракона от процента оптоволокна приведена на рисунке 1.

Одним из ключевых этапов в производстве светопропускающего бетона является процесс формирования и точного позиционирования оптоволоконных нитей внутри бетонной массы. От того, насколько качественно выполнен этот этап, зависит способность материала пропускать свет, а также его визуальные и конструкционные характеристики.

Для отливки блоков применяются специально сконструированные формы, оснащённые направляющими и фиксирующими элементами. Эти компоненты обеспечивают строго параллельное расположение волокон, предотвращая их смещение или деформацию во время заливки. Формы изготавливаются из материалов, устойчивых к вибрации и химически инертных по отношению к бетонной смеси и оптоволокну: сталь с антикоррозийным покрытием, алюминиевые сплавы, композитные материалы (стеклопластик, углепластик), древесина с защитной пропиткой (реже используется). Высокая геометрическая точность форм критически важна для равномерной структуры и сохранения оптических свойств готового изделия.

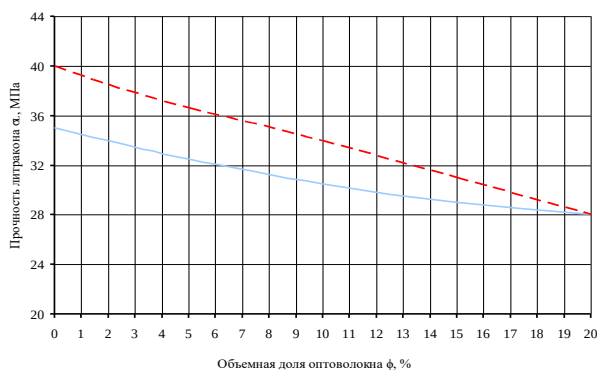


Рисунок 1 – Зависимость прочности литракона от процентного содержания оптоволокна

Несмотря на специфический внешний вид, блоки прозрачного бетона имеют все базовые свойства обычного бетона (таблица 2).

Таблица 2 – Сравнение основных характеристик литракона и обычного тяжелого бетона

Материал	Прочность на сжатие	Прочность на растяжение	Водонепроницаемость	Морозостойкость	Водопоглощение
Литракон	20–35 МПа	>2 МПа	W4–W8	75 и более циклов	Не более 6 %
Бетон	15–60 МПа	2–5 МПа	W2–W20	50–300 циклов	3–9 %

При низкой концентрации оптоволокна (до 5 %) литракон сохраняет прочность, сопоставимую с обычным бетоном, однако при превышении этого уровня материал начинает терять устойчивость и долговечность.

Из-за отсутствия в теле композита крупного заполнителя возрастает риск деформаций и сдвигов, поэтому стеклянное волокно, представляя собой своего рода аналог фибры, выполняет дополнительную функцию внутреннего армирования: представим колонну из LiTraCon, нагруженную с нагрузкой, приложенной со смещением. В обычном бетоне без крупного заполнителя возникает риск локальных трещин и сдвигов из-за неравномерного распределения напряжений. В LiTraCon оптоволокна, проходящие сквозь весь блок, работают как связующие элементы, препятствующие раскрытию трещин. При внецентренном сжатии они воспринимают часть растягивающих напряжений, снижая риск хрупкого разрушения. Вследствие чего видно, что оптоволокно выполняет роль внутренних стержней, которые стабилизируют материал при сложных напряжённых состояниях. Однако нельзя утверждать, что оптоволокно обладает высокой прочностью на сжатие – его армирующий эффект ограничен.

Применение литракона в Республике Беларусь является актуальным. Он может применяться в качестве материала для облицовки фасадов современных зданий, где его способность пропускать свет сквозь бетон создаст эффектные визуальные решения и подчеркнёт архитектурную концепцию; применяться в интерьере для изготовления перегородок, барных стоек, столешниц, лестничных маршей, декоративных панелей и светильника (днём данные элементы будут выглядеть как монолитные каменные структуры, а при включении освещения – мягко светиться изнутри). Особенно эффективным будет использование литракона в общественных пространствах – гостиницах, ресторанах, галереях, офисах и культурных учреждениях. Светопроницаемые элементы станут не просто функциональными деталями, а полноценными арт-объектами [3].

Рассматриваемый строительный материал можно использовать для создания элементов малой архитектуры в городской среде – скамеек, фонтанов, тротуарных плит, ограждений, декоративных колонн и навесов. Благодаря своей светопроницаемости, материал позволяет интегрировать скрытые источники освещения, что обеспечит как декоративный эффект, так и дополнительную

безопасность в тёмное время суток. Светящиеся конструкции могут быть использованы в качестве визуальных ориентиров, повышающих комфортность восприятия городской среды и усиливающих её эстетическую привлекательность. Такие решения будут особенно актуальны для благоустройства парков, скверов, пешеходных зон и общественных пространств.

Список литературы

1 Прозрачный бетон литракон – история создания, характеристики, технология. – URL: Stroyteh-Ural.ru (дата обращения: 25.06.2025).

2 Litracon Bt. Litracon. – URL: <https://www.litracon.hu/litracon> (дата обращения: 25.06.2025).

3 Прозрачный бетон (литракон) – инновация в строительстве. – URL: gdebe-ton.ru. (дата обращения: 25.06.2025).

УДК 691.32

САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИЙСЯ БЕТОН

М. В. ЧЕТЧАЕВ

Научный руководитель – А. С. Чугунова (ассистент)

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Бетон – один из наиболее широко используемых строительных материалов благодаря своей высокой прочности и доступности. В его состав входят вяжущее (цемент), крупный и мелкий заполнитель (щебень или гравий и песок) и затворитель (вода). В процессе твердения и эксплуатации под воздействием нагрузок и внешних факторов в бетоне могут образовываться трещины. Через них внутрь конструкции проникает влага, что приводит к коррозии арматуры, а также вымыванию компонентов цементного камня. Образовавшаяся ржавчина расширяется, побуждая новые разрушения, а вымывание, в свою очередь, разрушает бетон, понижая его прочность и долговечность, из этого следует увеличение размеров трещин, и происходит расслоение [1]. Безусловно, это указывает на актуальность вопроса с возможностью восстановления бетона в процессе эксплуатации. Одним из решений этой проблемы является самовосстанавливающийся бетон.

Самовосстанавливающийся бетон – это инновационная разработка, способная самостоятельно заделывать трещины, что делает его перспективным материалом для строительства будущего. Концепция была предложена микробиологом Хенком Йонкерсом из Делфтского технического университета, который находится в Нидерландах. Метод основан на внедрении капсул с бактериями и питательной средой (лактатом кальция) в бетон. При появлении трещин структура капсул нарушается, куда проникает вода, активируя