

ной системой проездов, т. е. отсутствие навигации. Отдельной проблемой городских территорий является неорганизованная парковка транспорта различной принадлежности во дворах [11].

Следует обратить внимание на назревшую проблему проведения реконструкции домов со снижением этажности, увеличением площади квартир и организацией террас для жителей первых этажей, расселению и сносу аварийных домов или домов со значительным количеством пустующих квартир [12].

Необходимо четкое функциональное зонирование открытых пространств с помощью элементов благоустройства и компактного размещения плоскостных парковок (рис. 11).

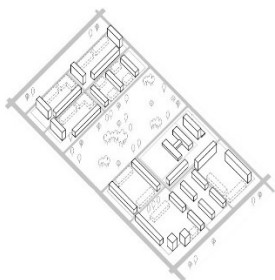


Рис. 11. Компактное размещение плоскостных парковок

Астрахань относится к уникальным территориям с любой точки зрения. К сожалению, наблюдаемое освоение территорий происходит с нарушением любого из существующих сценариев развития, этот процесс носит скорее стихийный характер.

Будем ли мы жить в городе, внешним обликом которого гордятся поколения астраханцев, либо опять будем сетовать на недоработку власти и специалистов?

Необходимо вернуться к системе социологических опросов и учета мнения проживающих в тех или иных районах города, в части направления развития территорий, учитывать благоприятные условия проживания населения, обеспеченного экологическим благополучием городской среды.

Авторы благодарят коллектив архитектурно-проектного бюро ID за возможность использования материалов по перспективной застройке микрорайона по ул. Бакинской (рис. 6–7), а также архитектора Жильцову С.Е. за совместную работу по созданию эскизного проекта застройки квартала по ул. Куйбышева и Чехова (рис. 3–5).

Список литературы

1. <https://samara.bezformata.com/listnews/kompleksnaya-zastrojka-po-novomu-obraztcu/78414284/>
2. Дом.рф. Стандарт развития застроенных территорий – книга 2; Редакция от 10 декабря 2018 г;
3. Strelka Mag/ [Электронный ресурс]. - Режим доступа. - URL: <https://strelkamag.com> (дата обращения 19.04.19);
4. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01–89. СП 42.13330.2016. Утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30.12.2016 №1034.);
5. Каганова И.О. Реконструкция жилой застройки в культурно-исторических центрах городов: опыт и проблемы // Гуманитарные научные исследования. 2014. № 12. Ч. 2 [Электронный ресурс]. URL: <http://human.snauka.ru>
6. Градостроительный кодекс Российской Федерации. Федеральный закон от 29.12.2004 №190-ФЗ (ред. от 23.04.2018).
7. Федеральный закон от 03.07.2016 №373-ФЗ (ред.02.08.2019). <https://rulings.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-03.07.2016-N-373-FZ/>
8. <https://spbu.ru/sites/default/files/exp01-115-2449.pdf>
9. Микроурбанизм. Город в деталях / Сборник статей; под отв. редакцией О.Бердниковой, О Запорожец; 2-е издание. – М.; Новое литературное обозрение, 2018.-352 с.; ил. (Серия STUDIA URBANIKА)
10. Kozhevnikova Y., Rekhina A. «Reconstruction of facades as a system for preventing renouncements during operation of balcony constructions», polish journal of science № 24, 2020
11. Рехина А., Бикмамбетова А., Новая жизнь старых районов, Материалы конференции «Потенциал интеллектуально одаренной молодежи – развитию науки и образования», по итогам VIII Международного научного форума молодых ученых, инноваторов, АГАСУ, 2019
12. Селютин Л.Г. Методологические основы формирования и развития системы управления процессом преобразования жилого фонда крупного города //Общество. Среда. Развитие (Terra Humana). 2009. № 2. С. 212-218.

© Н. С. Долотказина, Ю. Г. Кожевникова

Ссылка для цитирования:

Н. С. Долотказина, Ю. Г. Кожевникова. Особенности реновации городских территорий с учетом существующих ограничений // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2020. № 2 (32). С. 36–40.

УДК 691

ЭКОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А. Г. Зима

Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Рассмотрено релевантное в современном мире понятие экологичности строительных материалов, а именно конструктивных, приведена его характеристика. Сформулировано понятие конструкционного материала, описаны его характерные черты, свойства. Сформулированы и описаны основные факторы и признаки материалов, влияющие на его экологичность и детерминирующие ее. Обозначена многоплановость экологической стороны материала, объединяющей процесс его производства и эксплуатации. Представлены экологические требования к конструкционным материалам, показатели их оцен-

ки. Рассмотрены основные примеры данных материалов и их характеристика. Описано влияние выбора конструкционного материала на здоровье человека. Обозначены тенденции развития материалов данного типа, применения новых технологий производства, позволяющих уменьшить их негативное влияние на окружающую среду, способствовать ее сохранению.

Ключевые слова: экологичность строительных конструкционных материалов, оценка экологичности, экологически чистые материалы, влияние на человека и окружающую среду.

ENVIRONMENTAL FRIENDLINESS OF STRUCTURAL BUILDING MATERIALS

A. G. Zima

St. Petersburg University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia

The article considers the concept of environmental friendliness of building materials, namely structural materials, which is relevant in the modern world. The concept of structural material is formulated, its characteristic features and properties are described. The main factors and characteristics of materials that affect and determine its environmental friendliness are formulated and described. The multi-dimensional nature of the environmental side of the material, which combines the process of its production and operation, is denoted. Environmental requirements for structural materials and their evaluation indicators are presented. The main examples of these materials and their characteristics are considered. The influence of the choice of structural material on human health is described. Trends in the development of materials of this type, the use of new production technologies that reduce their negative impact on the environment and contribute to its preservation are denoted.

Keywords: environmental friendliness of building construction materials, environmental assessment, environmentally friendly materials, impact on humans and the environment.

Объект исследования – конструкционные строительные материалы.

Предметом исследования будет выявление и описание основных характеристик экологичности материалов, воспринимающих и передающих нагрузки в строительных конструкциях.

Актуальность темы исследования обусловлена ситуацией массовой жилищной застройки, строительства общественных зданий и сооружений, когда безопасность людей играет первостепенное значение, использование «безопасного внутреннего скелета здания» тщательно контролируется и изучается. И материаловедческое описание, а главное знание грамотного выбора наиболее безвредного материала внутреннего остова становится целью строителей, архитекторов и инженеров.

Исследуемая тематика звучит в научных конференциях, выставках, форумах, таких как «Все-российская студенческая научная конференция «Студент и аграрная наука» на базе Башкирского государственного аграрного университета, «Актуальные проблемы современного строительства» Санкт-Петербургского архитектурно-строительного университета, «Строительные материалы, конструкции и сооружения XXI века» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I, Российский архитектурно-строительный форум, международная выставка MosBuild, Futurebuild, HAUS Dresden и т.д. Исследование экологичности и безопасности строительных материалов весьма актуально и находит свое отражение в работах как ученых, так и аспирантов, студентов. Данная сфера исследования определяется в работах таких авторов, как Е.Г. Величко, Э.С. Цховребов, Б.В. Гусев Б.В., В.М. Дементьев, И.И. Миротворцев, Ю.Д. Губернский, Н.В. Калинина, Е.Г. Растянников, В.П. Князева, В.П. Дмитренко, А.Е. Сорокин, С.Н. Булычев, С.И. Горбачев и многих других.

Целью проведенного исследования является составление «модели» экологичного конструкционного материала.

Задачами исследования являются:

- 1) дифференцирование понятия конструкционного материала;
- 2) описание и охарактеризование его свойств;
- 3) описание основных факторов и признаков материалов, влияющих на его экологичность (производство и эксплуатация);
- 4) описание основных экологических требований к конструкционным материалам, показатели их оценки и влияние на здоровье человека;
- 5) рассмотрение ключевых примеров данных материалов;
- 6) обозначение тенденций развития материалов данного типа.

Практическая значимость – расширение существующей тематики и проблематики, что, конечно, понимается в дальнейшей корреляции с другими исследования в данной области как теоретическими, так и практическими.

Метод исследования

Методика исследования научной статьи основана на синтезе и анализе библиографических материаловедческих, архитектурных источников, использовании исторического, архитектурно-строительного опыта по рассмотрению экологичности материалов, описательно-сравнительном эмпирическом методе, классификации и систематизации системы экологической оценки материала, рассмотрении современных тенденций и требований.

Объективность исследования будет интегрироваться с рассмотрением поставленной проблематики при учете зависимости «свойство материала – качество среды». Изучение вопроса в данном ключе с научной точки зрения доказывает возможность и необходимость отказа от экологически опасных и некачественных для здоровья человека и состояния среды материалов.

Важно дефинировать понятие «конструкционный строительный материал».

Конструкционные материалы – материалы, из которых изготавливают детали строительных конструкций, воспринимающих и переда-

ющих нагрузки, подвергающихся воздействию окружающей среды.

Свойства конструкционных материалов:

- физические, по химическому составу материалу конструкции (плотность материала, электропроводность, теплопроводность);
- механические, которые проявляются при испытаниях материалов (твердость, пластичность, гибкость, хрупкость – составляют конструкционную прочность материала);
- технологические, которые взаимосвязаны с процессом обработки материалов (усадочные явления, жидкотекучесть, свариваемость, обрабатываемость и т. д.);
- эксплуатационные, проявляющиеся во время эксплуатации деталей конструкций (коррозионная, радиационная стойкость, износостойкость, жаростойкость, усталостная прочность и т. д.) [1].

Полноценное функционирование строительных конструкций, а именно ее материалов косвенно и напрямую зависит от «экологичности», экологических показателей. Экологичность конструкционных материалов собирательное явление, состоит из следующих компонентов:

1. Учет «средового фактора». Выбор материала напрямую зависит от эксплуатационных средовых условий, в том числе климатических (влажностные, температурные, давления), химических, эдафических, рельефа, биотических, антропогенных. Свойство материала сопротивляться данным видам воздействий на протяжении его жизненного цикла называется долговечностью (с наименьшей «средовой нагрузкой») [2].

2. Учет основных конструкционных свойств материала. Знания о конструкционных материалах

(каменные (армокаменные), бетонные (железобетонные, металлические, цементные (хризотилцементные), деревянные, стеклянные конструкции и т. д.), обладающих набором описанных выше свойств и характеристик, в процессе конвергенции последовательно структурировались, формировался перечень требований к качеству материала, система стандартов. Согласно ГОСТу 4.200-78 «Система показателей качества продукции (СПКП)» номенклатура показателей качества представлена группой из четырех основных критериев: эксплуатационно-технический уровень, стабильность показателей качества, экономическая эффективность, конкурентоспособность на внешнем рынке. Педалирующим оценочным критерием конструкционного материала является эксплуатационно-технический, а именно показатели назначения, надежности (жесткость, прочность, состав, структура, огнестойкость, морозостойкость, теплоизоляция и т. д.), детерминирующие устойчивость конструкции к «средовому» экологическому фактору. Важно отметить, что одновременно с этим данные показатели материала являются важными при интегративной оценке их экологичности, что отражено мерой сбережения и сохранения используемых ресурсов, благоприятным воздействием на человека. Так показатель прочности, состав, коррозионная стойкость и огнестойкость напрямую связан с материалоемкостью; тепло- и звукоизоляционные показатели – с эргономикой среды; морозостойкость, влагостойкость – с уменьшением отрицательного воздействия среды и т. д.

Влияние конструкционных свойств (критериев качества) пено- и газобетона на их экологические характеристики отражено в таблице 1.

Таблица 1

Технический уровень и экологическая характеристика конструкционного пено- и газобетона [3]

Номер и наименование критерия	Ячеистые бетоны		Характеристика влияния на экологичность, наиболее безопасный материал по данной характеристике
	Газобетон	Пенобетон	
1. Показатель конструктивности (состав, структура)	<p>Имеют тождественный состав (автоклавный способ), однако разный способ производства:</p> <ul style="list-style-type: none"> • связующее (портландцемент), $\omega \approx 15-50\%$ • заполнитель (кварцевый песок), $\omega \approx 31-42\%$ • высокодисперсная алюминиевая пудра (газообразователь), $\omega \approx 0,1-1\%$ • клееканифольный, смолосапониновый пенообразователь, продукты переработки нефти. <p>(Для равномерного распределения и наилучшего смачивания в раствор рекомендуется вводить ПАВ в виде стеарата, алкилбензолсульфоната, наftenата натрия, стирального порошка и т.д. Для увеличения эффективности алюминиевого порошка добавляют известь.</p> <ul style="list-style-type: none"> • каустическая сода, $\omega \approx 0,05-0,45\%$ • вода 	<p>Закрытопористая структура с порами, неравномерно распределенными по всему объему ($D = 2-5$ мм)</p>	<p>Экологичны по составу: имеют минеральный и органический состав (учитывается, что в результате хим. реакции металлический алюминий полностью переходит в гидроалюмосиликаты), не выделяют вредных или токсичных веществ. Газобетон не гниет и не подвержен воздействию, насекомых, но из-за открытой структуры пор условно гигроскопичен, что опасно при избыточном увлажнении конструкции в виду возможности частичной потери ее несущей способности. Пенобетон устойчив и к воздействию воды, что также повышает сопротивляемость «средовым» факторам</p>

Продолжение таблицы 1

Номер и наименование критерия	Ячеистые бетоны		Характеристика влияния на экологичность, наиболее безопасный материал по данной характеристике
	Газобетон	Пенобетон	
2. Прочность конструкционного материала при $\rho = 1000 - 1200 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ рассмотрен предел прочности на сжатие	7,5-20 МПа Конструкционным считается от $\rho = 700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ при $R_{сж} = 2,4$ МПа	7,5-15 МПа Конструкционным считается от $\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ при $\rho = 700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ – конструкционно-теплоизоляционный $R_{сж} = 2$ МПа	Характерна прочностная изотропия газобетона, наиболее высокие прочностные характеристики, определение материала конструкционным с наименьшим значением плотности ρ в сравнении с пенобетоном уменьшает возможность разрушения, а следовательно, изменения окружающей среды
3. Влагостойкость (водопоглощение по массе)	Из-за системы закрытых пор пенобетон наиболее влагостойкий (имеет наименьшее водопоглощение $\approx 14\%$), но современный газобетон, несмотря на «впитывание» водяных поров, «отдает» влагу окружающей среде		В сравнении с другими материалами имеют высокий уровень влагостойкости, что продлевает жизненный цикл материала, его конструктивные характеристики, сохраняя дольше экосреду
4. Морозостойкость (максимальное значение)	100 циклов	75 циклов	Несмотря на закрытопористую структуру газобетон выдерживает больше циклов замораживания и оттаивания, что повышает его долговечность (экологичность), до 70 лет
5. Огнестойкость	НГ		Практически не горят. Экологичность тождественна
6. Теплопроводность (коэффициент теплопроводности λ) для конструкционного материала	$0,2-0,28 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^{\circ}\text{К}}$	$0,27-0,36 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^{\circ}\text{К}}$	Оба материала в сравнении с другими конструкционными материалами имеют меньшее значение коэффициента теплопроводности λ , что позволяет для достижения $R_o^{\text{норм}}$ сократить вес конструкции, материалоемкость, трудоемкость
7. Звукоизоляция (индекс изоляции воздушного шума) для марки D1000, $\delta=30$ см	≈ 57 дБ		Имеют сходные звукоизоляционные характеристики, удовлетворяя требованиям норм по созданию акустически благоприятного для человека пространства
8. Усадка при высыхании	$0,50 \frac{\text{мм}}{\text{м}}$	$1-3 \frac{\text{мм}}{\text{м}}$	Наименьшее изменение геометрических размеров материала – у газобетона, в сравнении с пенобетоном характеризуется наибольшей трещиностойкостью, сохраняемостью

Вывод (1 и 2 пункт): исследование положительных и отрицательных конструктивных свойств двух основных видов ячеистых бетонов в совокупности критериев формирует систему экологических характеристик материала. Поэтому «экологическое качество» материала, совместно с основными свойствами, а также визуальными особенностями является предметом для изучения, материаловедческого структурирования для дальнейшего практического использования. Однако показатели конструктивного качества материала не каузируют полноценное представление об экологичности.

3. Эргономические показатели. Еще одним компонентом, расширяющим экологическую оценку конструкционного материала, стал комплекс эргономических показателей качества, отражающих взаимодействие «человек-среда».

Санитарно-токсикологический анализ и эколого-гигиеническая экспертиза – важнейшие составляющие данного вида экологического критерия. Данные исследования проводятся с целью определения степени токсичности материала, выявления выделяемых ими токсичных веществ (их кумулятивных и миграционных свойств), для создания безопасной среды для проживания человека [2].

Токсичность материалов описывается среднесуточными значениями предельно допустимой концентрации веществ (ПДК) – концентрации примесей в атмосфере, не оказывающей вредного воздействия ни на человека, ни на окружающую среду как при периодическом, так и постоянном действии [4]. В соответствии с ГОСТом 12.1.007–76 «Система стандартов безопасности труда

(ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» выделяют четыре класса опасности вещества (по степени воздействия на организм человека):

- 1-й – вещества чрезвычайно опасные;
- 2-й – вещества высокоопасные;
- 3-й – вещества умеренно опасные;
- 4-й – вещества малоопасные.

Таким образом, концентрация вещества в воздухе не должна превышать ПДК.

Конструкционные материалы с включением различных добавок, улучшающих их конструкционные, эксплуатационные и другие свойства, подлежат контролю, в виду возможности миграции токсичных веществ в окружающую среду. Среди таких веществ, отрицательно воздействующих на здоровье человека, наблюдаются метаналь и его гомологи, фенол, бензол и его гомологи, стирол, диметилкетон, аммиак, этилацетат, аэрозоли свинца, кобальта, ртути, меди, хрома и т. д. [4].

Возможные токсичные выделения веществ, присутствующих в добавках конструкционных материалов, описаны и представлены в таблице 2 (в соответствии с МУ 2.1.674–97).

Таблица 2

Конструкционные материалы с различными добавками и выделяющиеся из них токсичные вещества

Наименование конструкционных материалов	Наименование добавок	Токсичные вещества
1. Конструкции из древесины (КДК, LVL, CLT-панели и т. д.)	Органические смолы и клеи (фенолоформальдегидная, карбамидо-формальдегидная, полиуретановый клей)	Толуилنديзоцианат, метаналь, фенол, аммиак, диметилкетон, этилацетат и т. д.
2. Керамические материалы (кирпич разных видов, легкий керамзитобетон)	Гальванический шлам, железистые осадки очистных сооружений, пластификаторы и др.	Сера, фтор, железо, свинец, хром, никель, кадмий, кобальт и т. д.
3. Различные виды бетонов	Гальванический шлам, отходы различных производств, фосфогипс, пластификаторы	Фтор, мышьяк, сера, железо, медь, кобальт, кадмий, марганец, ртуть и т. д.

Данные виды конструкций (и другие, не описанные выше) в виду присутствия в их составе промышленных отходов, многообразных химических веществ, потенциально негативно воздействующих на окружающую среду, а также конструкции, потенциально не содержащие такого рода добавок (металлические, строительные конструкции), подлежат обязательной санитарно-гигиенической экспертизе, необходим грамотный подбор отделочных материалов.

4. Биостойкость конструкционного материала.

При нарушении режима эксплуатации зданий, нормативных требований микроклимата помещений создается эвентуальность появления биоповреждений конструкции, что является экологической нестабильностью материала.

Явления биокоррозии строительных материалов детерминированы жизнедеятельностью различных биодеконструкторов, среди которых выделяют различные микроорганизмы, лишайники, водоросли и т.д., снижающие эксплуатационно-технические характеристики строительных конструкций, а именно прочностные, теплоизоляционные, морозостойкость, влагостойкость и др., являющиеся причиной инфекционных заболеваний, заболеваний дыхательной, покровной системы человека.

Преобладающее количество строительных материалов подвержены биопоражениям: древесина, бетоны, металлы и т. д. Важно понимать, что жизнедеятельность микроорганизмов может происходить на поверхностях любых материалов, но не все из них являются питательной средой (стеклянные конструкции, арболит, газопенобетон).

Деконструкторами древесины считаются плесневые, деревоокрашивающие и дереворазрушающие грибы, насекомые и др., бетона – тионовые, сульфидогенные, нитрифицирующие, углеводородоксилирующие бактерии, грибы и др., металла – железобактерии, сульфидогенные и тионовые бактерии и др. [5].

Методы защиты строительных конструкций от разрушающего воздействия микроорганизмов можно подразделить на три группы:

1) профилактически-эксплуатационные (поддержание нормативных показателей микроклимата помещения (в соответствии с ГОСТом 30494-2011), а именно температурного, влажностного, скорости движения воздуха, локальной асимметрии результирующей температуры: так оптимальным значением относительной влажности воздуха в помещении считается 45 %; дезинфекция и гидрофобизация поверхностей материалов; использование бактериальных фильтров, УФ-излучения) [6];

2) конструктивные (обеспечение той формы поверхности, при которой минимизируется риск переувлажнения конструкции, негативного воздействия окружающей среды, конструкция изолируется от отрицательного «обменного» действия другого вида (древесина – бетон);

3) строительнотехнологические (использование герметизационных и гидроизоляционных материалов (инъекционных для несущих конструкций); использование биоцидных соединений (наиболее эффективный) [6].

Биоцидные соединения по классу химических соединений подразделяют на:

- 1) неорганические;

- 2) органические;
- 3) комплексные соединения [7].

Биоцидные соединения по направленности действия подразделяют на:

- 1) бактерициды – от бактерий;
- 2) фунгициды – от грибов [7].

Отсутствие отрицательного воздействия на человека и среду является главным качеством биоцидов при формировании биостойкого материала в виду важности сохранения его экологической характеристики.

Широкое применение нашли такие биоциды, как борсодержащие фунгициды (растворы тетрабората и октабората натрия, бората цинка, борной кислоты), карбаматы (3-йод-2-пропинил-бутилкарбамат), изотиазолины (5-хлор-2-метил-4-изотиазол-3-он), четвертичные аммониевые соли, триазолы, сульфамиды, органические соединения меди и др. [8]. Современные тенденции развития биоцидных соединений в виду появления различных резистентных форм бактерий и грибов связаны с разработкой многокомпонентных, химически сложных составов с различными добавками, среди которых хорошо себя зарекомендовали гексахлорэтан, полифосфонаты, оловосодержащие соединения, соединения серебра, латекс АБП-40, катионные поверхностно-активные вещества (катамин АБ, катапин-бактерицид), а также, учитывая фактор потенциального отрицательного воздействия химических веществ на человека, с разработкой антифунгальных препаратов (явление антагонизма микробов) [8].

5. Дополнительные экологические характеристики.

Проанализированные ранее свойства конструкционного материала уже сформировали необходимую часть его системы экологического качества, но для полноценной оценки экологической эффективности материала (ЭЭМ) необходимо учесть его влияние на организм человека и окружающую среду в обычных и чрезвычайных условиях [2].

Прежде всего следует знать, какое действие окажет материал на этапе эксплуатации конструкции, одном из самых значимых на всем «жизненном цикле материала». Безусловно, основополагающим гигиеническим критерием ЭЭМ является его радиационная безопасность.

5.1. Радиационная безопасность.

Исследование показателя радиационной активности материала является обязательным при строительстве, в соответствии с СанПиНом 2.6.1.2523–09 устанавливаются допустимые уровни воздействия ионизирующего излучения на человека.

Основными источниками ионизирующего излучения являются естественный радиационный фон, включающий космическое и земное излучение, которое в свою очередь можно разделить на

внешнее (земная кора, строительные материалы) и внутреннее (пища, вода, искусственные радионуклиды (в результате антропогенной деятельности)) [4].

В современном мире человек проводит преобладающую часть своего времени в помещении, то преобладающее влияние на радиационный фон оказывают содержание естественных радионуклидов (ЕРН) в строительных материалах, изделиях и конструкциях [4].

Ключевые ЕРН встречающиеся в строительных материалах: радий $^{226}_{88}Ra$, торий $^{232}_{90}Th$, калий $^{40}_{19}K$ (согласно ГОСТ 30108–94).

В связи с неравномерностью распределения естественных радионуклидов в строительных материалах вводятся следующие физические величины: удельная активность радионуклида ($[A] = \frac{Bк}{кг}$ – отношение активности радионуклида в радиоактивном источнике к массе образца) и эффективная удельная активность ЕРН ($[A_{эфф.}] = \frac{Bк}{кг}$ – суммарная удельная активность естественных радионуклидов в материале, рассчитываемая с учетом их биологического воздействия на организм человека), складывается из удельной активности радия A_{Ra} , тория A_{Th} и калия A_K с определенными коэффициентами (ГОСТ 30108–94).

$A_{эфф.} = A_{Ra} + 1,3 \cdot A_{Th} + 0,09 \cdot A_K$ (в соответствии с СанПиНом 2.6.1.2523–09. Нормы радиационной безопасности. НРБ-99/2009).

Согласно гигиеническим нормам для выполнения всех видов строительства из данного материала (конструкционного) I класса $A_{эфф.}$ не должно превышать значения $370 \frac{Bк}{кг}$ (НРБ-99/2009).

Сравнительная характеристика конструкционных материалов по $A_{эфф.}$ представлена в таблице 3.

Таблица 3
Значение эффективной удельной активности ЕРН в основных конструкционных строительных материалах [4]

Название конструкционного строительного материала	Страна, регион РФ	Удельная активность $A, \frac{Bк}{кг}$			Эффективная удельная активность ЕРН $A_{эфф.}$
		$^{40}_{19}K$	$^{226}_{88}Ra$	$^{232}_{90}Th$	
1. Керамзитобетон В7,5	Брянская область	496,8	39,8	31	124,8
2. Бетон тяжелый В30	Брянская область	603,1	38,6	43,1	148,9
3. Арболит В3,5	Брянская область	102,5	29,5	12,5	54,5
4. Газобетон В5	Брянская область	158,5	21,1	5,1	42,0
5. Шлакобетон В22,5	Брянская область	155,5	21,9	8,8	47,3
6. Золобетон В12,5	Брянская область	153,7	58,9	48,2	135,4
7. Кирпич силикатный	Брянская область	69,9	21,7	1,4	29,8
8. Кирпич керамический	Брянская область	42,8	10,9	59,5	92,1
9. Кирпич шамотный	Брянская область	88,7	120,2	156,5	331,6

Радиационно безопасные стеклянные, деревянные и металлические конструкции описаны не были в связи с отсутствием в их составе добавок, весомо искажающих их первоначальный состав.

Строительные материалы имеют свойство понижать внешнее ионизирующее излучение, но дифференцированный каждый по отдельности материал определяется различной способностью ослабления γ -излучения. Так массивное каменное здание имеет коэффициент ослабления доз радиации – 50, кирпичный одноэтажный дом – 10, деревянный одноэтажный дом – 4. Также определено значение слоя половинного ослабления γ -излучения: для дерева он составляет 30 см, кирпича – 14 см, бетона – 11 см, железа – 3 см [2].

При проектировании здания также важно подумать о выборе конструкций подвала с высокоплотными, газонепроницаемыми материалами (бетоны, железобетон) в связи с проникновением через них опасного газа радона, преимущественно содержащегося в грунтах и продуктах своего распада негативно влияющий на организм человека [2].

5.2. Пожарная безопасность.

По статистике в России ежегодно происходит около 160 тыс. пожаров, в результате которого погибает около 11 тыс. человек, что является собой актуальную и очень острую экологическую проблему, проблему защиты и профилактики, выбора стойких к воздействию строительных конструктивных и отделочных материалов [9].

Способность к горению – горючестью в определенной мере характеризуется любой материал. Пожароопасность строительных материалов определяется их свойствами, способствующими возникновению и поддержанию опасных факторов пожара и его развития, вызывающими различные травмы, заболевания и даже летальный исход (согласно СНиП 21-01-97). По федеральному закону от 22.07.2008 №123-ФЗ к опасным факторам пожаров относят открытый огонь, повышенную температуру среды, снижение концентрации кислорода, падающие части строительных конструкций, воздействие токсичных продуктов горения.

В соответствии с федеральным законом от №123-ФЗ основные характеристики пожароопасности строительные материалы – это токсичность, горючесть, воспламеняемость, распространение пламени, дымообразующая способность.

В соответствии с ГОСТом 30244-94 строительные материалы классифицируют на горючие (Г) и негорючие (НГ). Горючие материалы в свою очередь включают на четыре группы: Г1, Г2, Г3, Г4, определяемые в результате испытаний.

Конструктивными негорючими материалами являются бетоны, газобетоны, пенобетоны,

кирпичи, камни, каменные плиты и панели, конструкции из неорганического стекла, металлические конструкции из сплавов стали, меди и алюминия, конструкционным горючим материалом является древесина. Огнезащита древесины обеспечивается многокомпонентными химическими композициями, среди которых азот- и фосфорсодержащие антипирены (составы на основе пентанатриевого трифосфата, фосфорной кислоты и карбамида, фосфорорганические соединения на основе органических фосфатов, аммониевых солей, фосфорамидатов, аминов) [10].

Другим характеристикам пожароопасности подлежат классификации только горючие материалы, а в данном случае только древесина.

Легковоспламеняемость древесины (В3), условно, является ее отрицательной стороной. Древесина воспламеняется при величине критической поверхностной плотности теплового потока (КППТП) $12,5-20 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}$ в зависимости от степени ее обработки. Обработка такими огнезащитными составами, как Пирилакс, ОЗК-45 Д, Огракс ПД-1, СГК-1, Асфор-экстра понижают воспламеняемость материала за счет увеличения значения КППТП и время до воспламенения [11].

Важной характеристикой также является дымообразующая способность древесины, влияющая на безопасность человека и слаженность его работы при тушении пожара. Изучение коэффициента дымообразования D_m проводилось испытанием необработанной древесины при тлении ($Q = 20 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}$) и покрытой химическими соединениями (ω в-ва в растворе = 20 %), в результате чего коэффициент дымообразования необработанной древесины составил $D_m \approx 1000 \frac{\text{м}^2}{\text{кг}}$, а при обработке диэтилофосфитом $D_m \approx 200 \frac{\text{м}^2}{\text{кг}}$, также свою эффективность показали ПФА-1, диметилфосфит (уменьшение в среднем в два раза до группы D_2 по дымообразующей способности) [12]. Эфиры фосфористой кислоты также по результатам испытаний значительно уменьшают распространение пламени по элементам деревянных конструкций (индекс распространения пламени I_{RP} до 26 раз) [12]. Важно понимать, что описанные составы имеют ряд предписаний по хранению и использованию в виду их токсичности, поэтому по показателям экологической безопасности рекомендовано применение универсальных азотфосфорсодержащих антипиренов (серии «ОСА»). Важно отметить, что древесина относится к группе высокоопасных по токсичности продуктов горения материалов (Т3), что регулируется использованием различных комплексных лакокрасочных материалов, способных значительно уменьшить показатель токсичности продуктов горения ($H_{Cl 50}$ до $100 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$) [13].

Деревянные стены, покрытые с двух сторон штукатурным раствором, $\delta = 20$ см имеют предел огнестойкости 1 час [14].

5.3. Эстетичность конструкционного материала

Эстетичность материала – важный элемент экологической характеристики, ведь оценивание действия материала ведется не на физиологическом, а на психологическом уровне, что крайне важно в исследовании влияния на человека. Эстетичность (гармоничность), сочетаемость фактуры, формы, текстуры, цвета материала создает необходимый психологический комфорт, благотворно воздействуя на настроение, эмоциональный фон человека.

Фактура (характер строения поверхности) конструкционных материалов, как правило, рельефная, подчеркивает массивность, монументальность конструкции, ее природность, текстура – естественность, преобладающие ахроматические цвета или слабонасыщенные – надежность, форма нацелена на создание комфортной (функциональной) пространственной среды. Например, куполообразная конструкции из массивных КДК (с натуральной текстурой) для плавательных развлекательных комплексов совместно с стоечно-ригельной системой остекления создают наполненное светом масштабное, экологически безопасное пространство, гармонично вписываются в «природность» водной среды, окружение.

6. Энергозатраты при производстве.

Говоря об экологичности материала, несомненно нужно проанализировать не только, в какой мере материал воздействует на среду, но и в каком объеме средовые ресурсы были затрачены на его производство. При рассмотрении данного вопроса примем ресурсные затраты, эквивалентными энергозатратам на всю производственную систему (энергетический анализ). Сравнивая прямые и косвенные энергозатраты данным методом, можно оценить рациональность использования материала, совместно с другими экологическими качествами, оценить степень экологической безопасности.

Исследования производства древесины (бруса для жилого строительства) показали, что суммарные энергозатраты составили от 1,5 до $3,5 \frac{\Gamma_{Дж}}{т}$ (многое зависит от сушки, степени обработки) [15]. Производство каменных конструкционных материалов еще более энергоэффективное, затраты не превышают $2 \frac{\Gamma_{Дж}}{т}$, а на изготовление кирпича необходимо $2,3 \frac{\Gamma_{Дж}}{т}$ [15]. При высокой производительности различных видов бетонов требуется энергии в пределах $3,5 \frac{\Gamma_{Дж}}{т}$ (в монолитной конструкции в пределах $3 \frac{\Gamma_{Дж}}{т}$), а производство стеклянных конструкций более энергозатратное, расходуя до $10 \frac{\Gamma_{Дж}}{т}$ [15]. Металлургическая промышленность (про-

изводство стали и железа) главным образом потребляет $26 \frac{\Gamma_{Дж}}{т}$, что превосходит описанные выше материалы, алюминий изготавливается даже с большим энергопотреблением, чем сталь (в несколько раз) [15].

7. Основные тенденции новых экологических свойств конструкционных материалов.

1) минимальные энерго- и ресурсозатраты при производстве и строительстве (описанный критерий анализировался выше, но при экологизации строительства релевантно продолжают снижаться нормативы выбросов в атмосферу на всем жизненном цикле материала, включая работы на строительной площадке, утилизацию). Возможность переработки и повторного использования (рециклинг) становится фактором для поступательной филциации технологий создания материалов, уменьшения экологического вреда, причиняемого строительными отходами, ресурсо- и экономического сбережения;

2) самовосстановление своей структуры и свойств – создание «самозалечивающегося», способного к регенерации конструкционного материала – это перспективное и очень важное направление, ведь зачастую именно биопоражения, структурные нарушения способствуют снижению прочностных характеристик конструкции, среди перспективных материалов: самовосстанавливающийся бетон, металлы-композиты с укреплением нитями СПФ (никелид титана).

Выводы

Дифференцировав основные аспекты экологичности конструкционного материала, можно выделить наиболее экологически безопасные:

1. Древесина, безусловно, экологически чистый природный материал. Данный материал обладает рядом достоинств: экологичностью, отличной прочностью, малой средней плотностью, технологичностью и лёгкостью в обработке, долговечностью, малой теплопроводностью, эстетичностью, простой утилизации, использует возобновляемые природные ресурсы, но и некоторыми недостатками: анизотропией строения, неустойчивостью к воздействию солнечной радиации (без обработки), насекомых, гигроскопичностью, подверженностью гниению, горючестью, изменением размеров при увлажнении и высыхании, пороками, зависимостью от «средовых» условий. Современными деревянными конструктивными системами являются CLT-панели, SIP-панели, МНМ-панели, LVL-, PSL-, LSL-, OSB-брус, КДК и т. д.

2. Стеновой конструкционный материал – кирпич (силикатный, керамический). Имеет отличные характеристики экологичности (изготовлен из натурального сырья), хорошие звукоизоляционные, прочностные характеристики, малое значение эффективной удельной активности ЕРН, оптимальную морозостойкость, био-

стойкость, но показывает и отрицательные свойства, среди которых высокая плотность, вследствие чего утяжеляется конструкция, повышается материалоемкость строительства (природные ресурсы), трудоемкий процесс строительства, имеет довольно высокую теплопроводность. Материал преобразуется, появляются новые виды: влагонепроницаемый, универсальный кирпич, биокирпич и т. д.

3. Бетоны – распространенный конструкционный материал, включающий большое разнообразие видов, наиболее экологичными из них являются легкие бетоны (ячеистые, арболит). Ячеистые бетоны (газобетон, пенобетон) характеризуются отличными теплоизоляционными свойствами в виду малой плотности и теплопроводности (сравнима с теплоизоляционными материалами), экологичностью, хорошей морозостойкостью, влагостойкостью, паропроницаемостью, прочностью, негорючестью, стойкостью к воздействию микроорганизмов, насекомых, высокой пористостью, малым значением эффективной удельной активностью ЕРН, но данному материалу обязательно требуется облицовка, ему присуща хрупкость, частичная зависимость свойств от условий строительства и эксплуатации. Арболит обладает вышеуказанными свойствами ячеистых бетонов, но имеет лучшие показатели: более низкую теплопроводность (сравнимую с минеральной ватой), хорошие прочностные показатели на изгиб, повышенную трещиностойкость.

4. Стекланные конструкции в современной архитектуре приобрели огромную популярность, они имеют множество достоинств: эстетичность, визуальный комфорт, создаваемый окружающей средой через светопрозрачные конструкции, изотропность, долговечность, высокую морозостойкость, отличные прочностные характеристики (важна определенная обработка поверхности), малую теплопроводность (зависимость от камерности), высокую твердость и плотность (данное свойство может быть отнесено к отрицательным в виду значительной массы стеклнной конструкции), негорючесть, биостойкость, экологичность, радиационную безопасность, но важно сказать о недостатках, среди которых вес конструкции, хрупкость,

необходимость особых эксплуатационных мероприятий, при нарушении которых может быть нанесен вред здоровью человека.

5. Металлические конструкционные материалы на сегодняшний день являются наиболее востребованными при возведении несущих конструкций. Это, безусловно, объяснено целым спектром характеристик металлов (конструкции из различных металлов приобретают локальные отличительные свойства, рассмотрению подлежат характеристики стали), среди которых великолепная прочность, непроницаемость для жидкостей и газов, защита от ионизирующего излучения, долговечность, сохраняемость, высокая индустриальность, скорость монтажа, экологичность, изотропность структуры, малая относительная легкость конструкции, применение при сложных условиях эксплуатации. Существуют и недостатки: подверженность коррозии (важность антикоррозионного покрытия), низкая огнестойкость (необходима огнезащитная обработка).

6. Каменные конструкции – хорошо известный традиционный строительный материал. В настоящее время каменные материалы преобладают используются как облицовочные и отделочные материалы, наполнители бетонов, но также несущие конструкции для фундаментов выполняются из него. Среди достоинств каменных материалов выделяют самые высокие показатели прочности, устойчивость к механическим повреждениям, экологичность на всем жизненном цикле, биостойкость, высокая морозостойкость, влагостойкость, огнестойкость, долговечность, внешний вид. Большой вес конструкции, сложность строительства, а также наличие радиационного фона у некоторых каменных пород – недостатки данного вида материала.

Важность экологического материаловедческого анализа – в индуктивности дифференцированных критериев групп конструкционных материалов с их последующим синтезом, оказывающих прямое и косвенное воздействие на окружающую среду (как комплекс и фактор), физическое и психологическое здоровье человека, для классификации и корреляции экологических характеристик материала в единую систему, описывающую его экологичность.

Список литературы

1. Шарипов И.З. *Материаловедение. Часть II: Учебное пособие / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. Уфа, 2008. 94 с.*
2. Князева В.П. *Экологические аспекты выбора материалов в архитектурном проектировании // М.: «Архитектура-С», 2006. 296 с.*
3. Горшков А.С., Пестряков И.И., Корниенко С.В., Ватин Н.И., Ольшевский В.Я. *Фактические теплотехнические характеристики ячеистых бетонов автоклавного твердения // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2018. №5 (68). С. 75-104.*
4. *Экологическая безопасность строительных материалов и изделий: учеб. пособие / Е. В. Гулимова, Т. А. Младова, Н. В. Муллер. 2-е изд., доп. Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2014. 108 с.*
5. Пехташева Е. Л., Неверов А. Н., Заиков Г. Е., Шевцова С. А., Темникова Н. Е. *Способы защиты материалов от биоповреждений // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 8. С. 167-172.*
6. *Биоповреждение строительных материалов: Учебное пособие / В.Ф. Строганов, Е.В. Сагадеев. Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2018. 61 с.*

7. Методы исследования и оценки биоповреждений, вызываемых микроорганизмами: Учебно-методическое пособие / Н.С. Карамова, Г.В. Надеева, Т.В. Багаева. Казанский федеральный университет, 2014. 36 с.
8. Мазаник Н.В. Современные биозащитные средства для древесины // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. 2011. №2 (140). С. 181-184.
9. Тимофеева С. С., Хамидуллина Е.А., Гармышев В.В. Снижение рисков и ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций. Обеспечение безопасности при ЧС. Анализ, оценка, прогноз гибели и травмирования людей при пожарах в Российской Федерации // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2018. №2. С. 1-8.
10. Трушкин Д.В., Корольченко О.Н., Бельцова Т.Г. Горючесть древесины, обработанной огнезащитными составами // Пожаровзрывобезопасность. 2008. Т. 17. № 1. С. 29-33.
11. Бельцова Т.Г., Корольченко О.Н. Показатели воспламеняемости огнезащитной древесины // Пожаровзрывобезопасность. 2008. Т. 17. № 4. С. 31-33.
12. Покровская Е.Н., Портнов Ф.А. Огнебиозащитный состав для древесины с эффективными дымогасящими компонентами // Вестник МГСУ. 2015. № 10. С. 106-114.
13. Альменбаев М.М., Асеева Р.М., Серков Б.Б., Сивенков А.Б. Влияние лакокрасочных материалов на дымообразующую способность и токсичность продуктов горения древесины // Пожаровзрывобезопасность. 2014. № 3. С. 23-29.
14. Виноградов Д.В. Пожарная безопасность высотных зданий и подземных автостоянок: Учебн. пос. М.: МГСУ, 2010. 32 с.
15. Создание современного мира: материалы и дематериализация / Вацлав Смил. Москва: ООО «ПрофЛингва», 2017. 296 с.

© А. Г. Зима

Ссылка для цитирования:

А. Г. Зима. Экологичность конструкционных строительных материалов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2020. № 2 (32). С.40–49

УДК 539.3

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ДОКРИТИЧЕСКОГО И ЗАКРИТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ОБОЛОЧЕК ПРИ ШАРНИРНО-ПОДВИЖНОМ ЗАКРЕПЛЕНИИ КОНТУРА

Д. Р. Алаева, А. А. Семенов, В. В. Карпов

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Санкт-Петербург, Россия*

В работе предложена методика исследования устойчивости пологой оболочки двоякой кривизны, закрепленной по контуру шарнирно-подвижно. Математическая модель представлена в виде системы уравнений в смешанной форме, расчетный алгоритм основан на методе Бубнова – Галеркина и методе продолжения решения по параметру. Программная реализация осуществлена в среде математических вычислений MATLAB. Показана сходимости метода Бубнова – Галеркина при увеличении числа искомых параметров. Для каждого варианта расчета приводятся кривые зависимости прогиба от нагрузки в центральной точке и четверти конструкции, показаны поля прогибов и интенсивности напряжений в докритический и закритический моменты (до и после потери устойчивости). Приводится верификация методики расчета посредством сравнения с результатами, полученными другими авторами.

Ключевые слова: полая оболочка двоякой кривизны, устойчивость, шарнирно-подвижное закрепление, уравнения в смешанной форме, математическая модель, метод Бубнова-Галеркина.

METHOD OF INVESTIGATION OF SUBCRITICAL AND TRANSCRITICAL DEFORMATION OF SHELLS AT HINGE-MOVABLE FIXING OF THE CONTOUR

D. R. Alaeva, A. A. Semenov, V. V. Karpov

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia

In this work, the technique for analysis of buckling of doubly-curved shell structures, fixed along a contour pivotally-movable, are proposed. The mathematical model is presented in the form of a system of equations in mixed form, the calculation algorithm is based on the Bubnov-Galerkin method and the method of continuing the solution by the parameter. The software implementation is implemented in the mathematical computing environment MATLAB. The convergence of the Bubnov-Galerkin method with an increase in the number of variables is shown. For each calculation, the curves of the dependence of the deflection on the load at the central point and a quarter of the structure are shown, the fields of deflections and stress intensities at subcritical and supercritical moments (before and after buckling) are shown. The verification of the calculation method by comparing with the results obtained by other authors are given.

Keywords: doubly-curved shells, buckling, pivotally-movable fixation, equations in mixed form, mathematical model, Bubnov-Galerkin method.

Введение

Оболочки, обладающие разнообразием форм и достаточно высокой жесткостью, находят большое применение в различных областях техники, в том числе в строительстве для покрытия большепролетных строительных сооружений (цирки, рынки, складские сооружения и т. д.) [1]. Примерами использования оболочек для создания сложных архитектурных форм являются, например, оперный театр в Сиднее, междуна-

родный аэропорт им. Джона Кеннеди в США, оперный театр в Пекине и др.

При проектировании покрытий сооружений оболочками необходимо производить исследование их устойчивости и вычисление предельно допустимой нагрузки, чтобы избежать разрушения конструкции. Обширные исследования в данной области можно найти в монографиях Э.И. Григолюка [2], П.Е. Товстика [3], В.Л. Якушева [4], В.В. Карпова [1] и др.