

# СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 330, 691-4

DOI: 10.17673/Vestnik.2017.02.8

Ю.В. ЛИТВИНОВА

## ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ И ПУТИ СОЗДАНИЯ НОВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### DEVELOPMENT TRENDS AND CREATION OF NEW BUILDING MATERIALS

Показаны тенденции, закономерности и возможные пути развития строительных материалов, изделий и конструкций, выявленные на основе анализа патентного фонда и научно-технической литературы по данной тематике. Анализ литературных источников показывает, что развитие строительных материалов, изделий и конструкций, а также технологий их изготовления подчиняется некоторым закономерностям, которые можно познать и использовать для совершенствования строительных материалов, изделий и конструкций из них. При этом следует учитывать, что строительные материалы от их готовности до укладки в конструкцию претерпевают ряд морфологических изменений – от жидкого, псевдожидкого, текучего состояния до твердого. Конечный продукт должен отвечать требованиям прочности, долговечности, стойкости к факторам разрушения. Выявлены наиболее рациональные пути их совершенствования. Зная эти пути, можно прогнозировать каждый следующий шаг в развитии конкретных строительных материалов, изделий и конструкций.

**Ключевые слова:** система, структура, адаптация, подвижные связи, динамичность, композиты, гибкие связи, наноматериалы

Одна из современных тенденций развития промышленности строительных материалов – это создание новых строительных материалов, обеспечивающих строительство быстровозводимых трансформируемых и долговечных зданий и сооружений [1–4]. Известно, что архитектуру называют застывшей в камне музыкой. Но рано или поздно эта «музыка» должна «завучать». Для решения данной задачи необходимо знать закономерности развития и совершенствования строительных материалов за все время их использования нашей цивилизацией.

Как известно, строительные материалы разделяют на две группы:

- природные (естественные): лесные, каменные плотные и рыхлые горные породы, битумы и др.;
- искусственные: вяжущие вещества, искусственные камни; бетоны; растворы; металлические, керамические плитки; синтетические краски, лаки, тепло- и гидроизоляционные материалы и др.

*Trends, regularities and eventual development ways of construction materials, items and structures revealed on the base of patents fond and recent researches analysis are shown in the article. Scientific literature sources analysis proves that construction materials and structures development and their production technologies are obeyed some regularities which can be studied and used for construction materials and structures perfecting. It should also be taken into account that materials from production to use in construction undergo significant changes – from liquid, pseudoliquid and fluid state to hard state. Final product should meet requirements of strength, durability, damage tolerance. The most advantageous ways of constructional materials perfecting are revealed. Based on the research results every next step in especial materials and structures development can be predicted.*

**Keywords:** system, structure, adjustment, flexible links, liveliness, composites, nanomaterials

По общему определению, строительные материалы – это продукция природного происхождения или изготовленная в условиях промышленного производства. Продукция природного происхождения предназначена для изготовления в условиях промышленного производства строительных изделий и строительных конструкций, а также для изготовления в процессе строительства, реконструкции, капитального ремонта зданий и сооружений, строительных конструкций этих зданий и сооружений, выполнения защитных и отделочных покрытий зданий и сооружений. Следовательно, чтобы их можно было использовать для решения широкого круга задач в народном хозяйстве, они должны иметь широкий спектр свойств. В условиях современного производства продукция промышленности строительных материалов проходит три стадии своего преобразования: из строительных материалов изготавливаются строительные изделия, а из них и строительных материалов изготавливаются строительные конструкции, являющиеся, в свою очередь, частью зданий или сооружений, выполняющих

определенные несущие, ограждающие или эстетические функции. На каждой стадии проявляются свои особенности и закономерности.

Разработка и производство новых строительных материалов играют большую роль в совершенствовании строительных технологий, повышении качества различных конструктивных элементов производственных и жилых зданий и затрагивают все сферы строительства без исключения, что требует создания новых материалов с улучшенными характеристиками.

Новейшие технологии в строительстве делают возможным повышение теплосберегающих свойств домов, их долговечность, комфортабельность и т.д. Вместе с этим снижаются эксплуатационные расходы и себестоимость жилья.

Можно выделить следующие известные **принципы совершенствования строительных материалов**:

1. Новые материалы должны превосходить по качеству и физико-техническим характеристикам аналогичные традиционные материалы.
2. Рентабельность производства.
3. Уменьшение производственных площадей при увеличении вариативности видов готовой продукции путем использования существующих технологических линий.
4. Надежность и простота разрабатываемых технологий.
5. Использование недорогих компонентов и активных экологически чистых химических добавок.
6. Сокращение времени на производство материалов без снижения их качества.
7. Уменьшение количества отходов и их утилизация.

В состав строительных материалов входят сухие строительные смеси, отделочные материалы и непосредственно строительные материалы. Как правило, работы по совершенствованию материалов заключаются в улучшении таких свойств, как низкая теплопроводность, устойчивость к химическому, механическому воздействию, долговечность, прочность, устойчивость к коррозии, водо- и влагостойкость.

На всех стадиях исторического развития цивилизации строительные материалы использовались в строительстве – от штучных элементов значительных размеров до мелкодисперсных в виде песка или порошка, а также в жидком состоянии различной консистенции.

Как было отмечено выше, строительные материалы при их использовании могут находиться в различном агрегатном состоянии – от твердых материалов до жидких.

Анализ литературных источников показывает, что развитие самих строительных материалов, изделий и конструкций, а также технологий их изготовления подчиняется некоторым закономерностям, которые можно познать и использовать для сознательного

совершенствования строительных материалов, изделий и конструкций из них. При этом следует учитывать, что строительные материалы от их готовности до укладки в конструкцию претерпевают ряд морфологических изменений – от жидкого, псевдо-жидкого, текучего состояния и до твердого. Конечный продукт всегда должен отвечать требованиям прочности, долговечности, стойкости к факторам разрушения и т.д. В пределах между различными состояниями в соответствии с требованиями, предъявляемыми к готовой конструкции, материал должен отвечать различным технологическим требованиям. Эти требования и определяют соответствующие технологии.

Строительный материал, изделие или конструкцию можно условно называть **системой**, тогда то, из чего состоит данный компонент, будет называться **подсистемой**, а тот объект, в который входит данная система, – **надсистемой**.

Прослеживается несколько линий развития строительных материалов, начиная от их природных аналогов, до материалов, подвергшихся обработке в различных технологических процессах, например, дроблению, обжигу, разделению на различные фракции и т.п. Причем эти линии развития со временем «переплетаются», образуя огромное количество сочетаний возможных комбинаций соединения исходных компонентов в материал с новым качеством [5-7].

Например:

- линия 1: необработанные или обработанные каменные материалы – раздробленные каменные материалы или природные крупные фракции камни (гравий, щебень) – песок – искусственные пылеватые частицы (цемент или измельченный известняк);
- линия 2: эластичные материалы – вязкие материалы (битумы) – жидкие или псевдожидкие материалы – растворы – жидкости, при соединении с другими веществами способные выделять газ, – наноматериалы;
- линия 3: газообразные вещества или системы с элементами из газа – наноматериалы.

Используя эти линии развития, есть вероятность получить большое количество сочетаний возможных новых искусственных материалов, из которых могут быть сформированы соответствующие изделия для будущих строительных конструкций.

Следует также отметить, что каждая из линий развития разветвляется на дополнительные. При этом каждая линия подчиняется следующей закономерности: сначала используется только однородная система (например, камни определенной формы), затем, для повышения эффективности системы, ее объединяют с подобной ей, далее объединяются несколько систем и т.д., т.е.: **моно**-система (один элемент) – **би**-система (два элемента) – **поли**-система (много элементов, связанных между собой последовательно или параллельно) – сложная система (**композит**). В свою очередь, каждая из систем объединяется с системой, которая

имеет несколько иные характеристики, и это отличие увеличивается, т.е. увеличивается степень неоднородности комплексной системы, вплоть до объединения систем с противоположными функциями (бетон и арматура). Параллельно идет процесс замены полученных комплексных систем системой, которая обладает свойствами одной и второй системы, входящей в

комплексную [8]. И так до тех пор, пока не будет создана новая моно-система с заданными свойствами, т.е. новый материал. А далее процесс повторяется уже на новом уровне. Все это делается с целью найти новые полезные функции, которые могут быть использованы в строительстве: высокая прочность, низкая теплопроводность, экологичность, влагостойкость и т.п. (рис. 1).

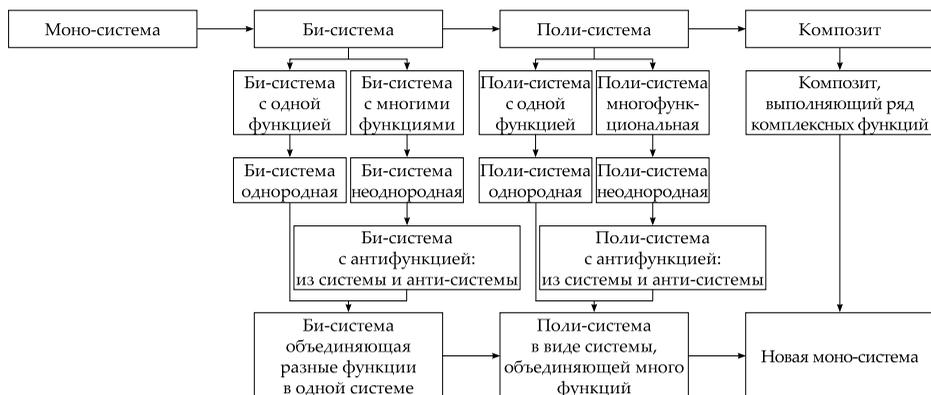


Рис. 1. Схема развития строительных материалов, изделий и конструкций

Рассмотрим развитие преимущественно штучных материалов, к которым относятся кирпич, кирпичные блоки, блоки из различных материалов, панели и т.д.

Для штучных материалов характерна линия развития: моно-система – би-система – поли-система – композит (сложная система) – система, обладающая несколькими функциями (свернутая система) – моно-система. При этом каждое направление может быть представлено цепочкой. Например, **цельный блок** (так условно обозначим базовый элемент) – блок с выступающими или впадающими **полостями** (расположенными симметрично или асимметрично) – блок **со сквозными отверстиями** (различного очертания в ряд, два ряда и более) – блок с **множеством** крупных замкнутых полостей – блок из мелкопористого материала с **замкнутыми порами**. Или на примере кирпича: **полнотелый кирпич** – **кирпич с полостями** – **кирпич с отверстиями** – **кирпич пористый** – **кирпич и мелкопористый материал с замкнутыми порами**.

Строительные материалы, изделия и конструкции развиваются, проходя несколько этапов развития.

В современных условиях можно уверенно выделить четыре этапа развития строительных материалов, изделий из них и конструкций: поиск состава, поиск структуры, поиск положения в пространстве и адаптации (динамизации) к конкретным условиям их применения.

Поиск **состава** материала начинается с первичных требований, которые к нему предъявляются: например, нужен камень правильной формы, чтобы из него можно было сложить устойчивую конструкцию.

На этой стадии вначале ведется поиск случайного сочетания компонентов материалов, дающего свойства, устраивающие человека, например, вяжущих (неорганического или органического происхождения) и соответствующих заполнителей. С появлением науки о строительных материалах и с развитием химии этот поиск становится целенаправленным. Поиск соответствующих ингредиентов позволяет получить широкий спектр композитов – от растворов до различного назначения бетонов и материалов с особыми свойствами.

Поиск **структуры** материала позволяет получить материалы с заданными свойствами как по прочностным характеристикам, так и по технологическим свойствам (реология, удобоукладываемость и т.п.). Особенно это относится к композитным и штучным материалам.

Поиск **выгодного положения в пространстве** состоит в определении наивыгоднейшего положения, от которого будут зависеть прочностные, тепловые и другие физико-механические свойства материала, изделия, а тем более конструкции. Например, в дорожной одежде расположение мелкой фракции щебня в асфальтовом покрытии позволяет повысить коэффициент сцепления шины с асфальтовым покрытием.

Очень важным этапом в развитии строительных материалов, изделий и конструкций является этап их адаптации к соответствующим условиям. Один и тот же материал не может быть использован в разных условиях, поэтому, например, в бетон в зимних условиях вводят противоморозные добавки. Адаптации подлежат не только материал, из которого конструкция изготовлена, но и сама конструкция, ее структура. При

этом конструкция подвергается воздействию динамических нагрузок или необходимости менять свою форму в зависимости от воздействующих на нее различных внешних или внутренних факторов, а также требований, предъявляемых к ней со стороны человека [1]. На рис. 2 приведена схема, в соответствии с которой происходит адаптация рассматриваемой системы к тем или иным условиям через механизм динамизации: жесткие связи заменяются на подвижные (шарнирные, телескопические, скользящие, гибкие и т.д.) [1–3]. При этом можно наблюдать две линии развития системы: дробление системы на части и объединение их посредством подвижных связей; объединение разных систем в надсистему посредством подвижных связей.

Условно строительные материалы, изделия и конструкции можно отнести к трем уровням: микроуровню, мезоуровню и макроуровню. Границы между ними условны.

На микроуровне используются свойства измельченного материала в разных сочетаниях и с применением соответствующих полей и активных веществ – интенсивного механического помола (размельчения), ультразвука, использования поверхностно-активных веществ, гидродинамической кавитации или комбинации приведенных методов. В последнее время идет активное применение достижений нанометрических технологий при изготовлении бетонов, керамики и других строительных материалов [9–11]. Например, сочетание



Рис.2. Рациональные направления развития материалов, изделий и конструкций

различных гиперпластификаторов, диоксида кремния и дисперсии многослойных углеродных нанотрубок на структуру и свойства цементных бетонов. Комбинирование приведенных выше добавок в их оптимальных концентрациях приводит к повышению прочности на 7-е сутки на 72–95 %, на 28-е сутки на 40–85 % [12]. Использование композиционного вяжущего на основе наноструктурированной суспензии, где в качестве модифицирующей добавки использован портландцемент, обеспечивает прирост прочности более чем в восемь раз, что обусловлено, с одной стороны, уплотнением системы, а с другой – формированием кристаллических новообразований в результате гидратационных процессов в системе. При этом происходит существенное сокращение сроков сушки вяжущего (до 40 %) [13].

На мезоуровне – это различные сочетания элементов из жидкости (раствора), вязких или пластических, эластичных веществ, газа и твердых веществ с целью создания новых материалов.

На макроуровне используют изделия и элементы конструкции из гибких, эластичных, твердых

материалов, связанных между собой жесткими или подвижными связями.

Развитие каждой линии приводит к созданию новых строительных материалов, изделий и конструкций (см. рис. 2).

В настоящее время развитие строительных конструкций подходит к этапу **адаптации**, они становятся изменяемыми – трансформируемыми в соответствии с потребностями человека [1,2]. Например, применение композитных гибких связей в крупнопанельном домостроении [14].

С развитием радиоэлектроники и освоением космоса, а в будущем и ближайших планет, в перспективе строительные конструкции должны эволюционировать, и это неизбежно произойдет. А пока необходимо активно осваивать этап адаптации.

В наше время трансформируемые конструкции, обладающие динамизмом приспособляемости к внешним и внутренним условиям, позволяют менять ткань градостроительной структуры города в соответствии с требованиями времени и созданием

новых материалов и конструкций, что значительно видоизменит город и делает его подобным живому организму, который живет в ритме населяющих его людей. Это касается особенно таких сооружений, как производственные здания, учебные заведения, спортивные сооружения, жилые здания, транспортные сооружения и т.д. Те элементы конструкции, которые устаревают, могут быть заменены на новые, более адаптированные к изменяющимся условиям и организму города [14, 15].

**Вывод.** Трансформируемые динамические конструкции позволят приобретать без введения новых конструктивных элементов различные формы, что расширит диапазон их функционального использования и будет способствовать поискам новых эстетических свойств архитектурных форм.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лебедев Ю.С. Архитектурная бионика. М.: Стройиздат, 1990. 269 с.
2. Лебедев Ю.С., Самохина Т.М. Трансформируемые конструкции в современной архитектуре. М.: ЦНТИ, 1983. 38 с.
3. Лебедев Ю.С., Рабинович В.И., Полежаев Е.Д. Архитектурная бионика. М.: Стройиздат, 1990. 268 с.
4. Применение мобильных конструкций в спортивных сооружениях // Молодежный научный форум: Технические и математические науки: электр. сб. ст. по материалам XX студ. международной заочной науч.-практ. конф. М.: МЦНО, 2015. № 1(20) [Электронный ресурс]. [https://nauchforum.ru/archive/MNF\\_social/1\(20\).pdf](https://nauchforum.ru/archive/MNF_social/1(20).pdf). (дата обращения: 14.03.2017).
5. Чумаченко Н.Г., Коренькова С.Ф., Хлыстов А.И. Перспективы развития нанотехнологии в производстве строительных материалов на основе шламовых отходов // Промышленное и гражданское строительство. 2010. №8. С. 20–22.
6. Чумаченко Н.Г. Роль шлифовального шлама в нейтрализации карбонатных включений в керамических шихтах // Научное обозрение. 2014. №5. С. 101–104.
7. Сидоренко Ю.В., Коренькова С.Ф., Гурьянов А.М. Концепция управления качеством строительных материалов применением нанотехнологического сырья // Научное обозрение. 2014. №6. С. 61–63.
8. Артамонов А.С., Ткачев П.А. Способ получения строительных материалов, изделий и конструкций // Патент Российской Федерации № 2331514 по кл. В 27 №3/02. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.findpatent.ru/patent/233/2331514.html> (дата обращения: 15.03.2017).
9. Хела Р., Боднарлова Л., Яролим Т., Лабай М. Возможность диспергирования углеродных нанотрубок с помощью ультразвука // Строительные материалы. 2017. № 2. С. 4–9.
10. Коренькова С.Ф., Сидоренко Ю.В. О повышении долговечности наполненных цементных композиций // Научное обозрение. 2014. №3. С. 89–91.
11. Коренькова С.Ф., Сидоренко Ю.В. Нанонаполненные пенобетоны // Научное обозрение. 2014. №4. С. 106–107.
12. Эльрефан А.Э.М.М., Пудов И.А., Яковлев Г.И., Сеньков С.А., Бурьянов А.Ф. Комбинирование добавок различного генезиса для повышения эффективности модификации цементных бетонов // Строительные материалы. 2017. № 2. С. 26–30.
13. Строчкова В.В., Нецвет Д.Д., Нелюбова В.В., Серенков И.В. Свойства композиционного вяжущего на основе наноструктурированной суспензии // Строительные материалы. 2017. №1. С. 50–54.
14. Ковригин А.Г., Маслов А.В. Композитные гибкие связи в крупнопанельном домостроении // Строительные материалы. 2016. № 3. С. 25–30.
15. Логинов С.С., Иванова А.П. Трансформируемая архитектура // Новые идеи нового века. 2015. Т. 2. С. 127–129.

Об авторе:

#### ЛИТВИНОВА Юлия Владимировна

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры проектирования зданий, городского строительства и хозяйства Северо-Кавказский филиал Белгородского государственного технического университета им. В.Г. Шухова 357204, Россия, г. Минеральные Воды, ул. Железноводская, 24, тел. (928) 348-78-49  
E-mail: yvlitvinova911@mail.ru

#### LITVINOVA Yulia V.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Building Design, Urban Construction and Municipal Engineering Chair Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov  
University Branch in North-Caucasian Region  
357204, Russia, Mineral'nyye Vody, Zheleznovodskaya str., 24, tel. (928) 348-78-49  
E-mail: yvlitvinova911@mail.ru

Для цитирования: Литвинова Ю.В. Тенденции развития и пути создания новых строительных материалов // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №2. С. 48–52. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.02.8.

For citation: Litvinova Yu.V. Development trends and creation of new building materials // Urban Construction and Architecture. 2017. V.7, 2. Pp. 48-52. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.02.8.