

DOI: 10.12737/article\_5af5a727274397.04099320

*Елистраткин М.Ю., канд. техн. наук, доц.,  
Лесовик В.С., член-корреспондент РААСН, д-р техн. наук, проф.,  
Алфимова Н.И., канд. техн. наук, доц.,  
Глаголев Е.С., канд. техн. наук, доц.*

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

## О РАЗВИТИИ ТЕХНОЛОГИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЕЧАТИ

[elistratkin.my@bstu.ru](mailto:elistratkin.my@bstu.ru)

*Фактически только зарождающиеся строительные аддитивные технологии, обладающие огромным потенциалом, остро нуждаются в научной поддержке, которая будет способствовать его раскрытию, позволит избежать лишних ошибок и найти короткий путь к широкомасштабному применению, которое, вероятно, совершит революцию в сфере ресурсосбережения и строительства. Разработка технологий строительной печати требует квалифицированного трансдисциплинарного подхода, поэтому большой интерес представляет видение этого вопроса со стороны специалистов по строительной физике, сопротивлению материалов и конструированию, системам управления технологическими процессами, экологии и безопасности, маркетингу и многих других. Стержнем же, объединяющим элементы в единое целое, в данном случае является именно строительное материаловедение. В статье предложена разумная, на взгляд авторов, этапность внедрения строительной печати, обозначен ряд проблем, на решении которых следует сосредоточить внимание, предложены возможные пути решения некоторых из них и перспективные области применения аддитивных строительных технологий.*

**Ключевые слова:** *строительная печать, трансдисциплинарные исследования, составы для аддитивного производства, формирование свойств композитов, композиционные вяжущие, печать в неблагоприятных условиях.*

Суть большинства современных технологий является трансдисциплинарной и весьма сложной для понимания неспециалистами. В лучшем случае, большинству из нас она доступна только на самых поверхностных уровнях. Этим обусловлено определённое снижение индивидуальной ценности специалиста и многократное повышение значения эффективной команды в различных областях науки, техники и управления.

С другой стороны, повышение возможностей современных технологий обусловило их дружелюбность к пользователю на прикладном уровне. Современная техника обладает достаточно развитыми системами самодиагностики и защиты, адаптации к условиям применения, многоуровневыми системами автоматизации рутинных действий, а в некоторых случаях и элементами искусственного интеллекта, что делает возможной её эксплуатацию малоподготовленными людьми. Но и эта медаль, естественно имеет обратную сторону – падение общего уровня компетентности пользователей, снижение ценности технического образования при повышении его доступности. Ярким примером некомпетентности могут служить открытые тематические Интернет-форумы, посвящённые вопросам производства строительных материалов и проведения строительных работ.

В этом смысле, фактически только формирующееся направление строительной печати минеральными составами находится в очень уязвимом положении. Благодаря относительной, по современным меркам, простоте оборудования, футуристичности и лёгкости получения первого результата за освоение строительной печати первыми взялись энтузиасты-бизнесмены. Приняв за основу метод контурной печати за счёт экструдирования пластичных смесей на основе портландцемента или гипса был освоен мелкосерийный выпуск малых архитектурных форм, достигнуты определённые результаты по печати полноразмерных домов и отдельных конструкций, налажен выпуск и продажа оборудования. Масштабы зарубежных производителей ещё больше.

Информация о полученных результатах носит поверхностный, маркетинговый характер, что можно объяснить, с одной стороны, нежеланием раскрывать секреты, а с другой, той самой низкой компетентностью разработчиков, не уделяющих внимание ряду принципиальных вопросов.

С нашей точки зрения, разработка технологий строительной печати требует квалифицированного трансдисциплинарного подхода [1, 2], поэтому большой интерес представляет видение этого вопроса со стороны специалистов по строительной физике, сопротивлению материалов и

конструированию, системам управления технологическими процессами, экологии и безопасности, маркетингу и многих других. Стержнем же, объединяющим элементы в единое целое, в данном случае является именно строительное материаловедение. Такой подход позволит сэкономить время и деньги на отработку тупиковых направлений методом проб и ошибок, достичь более высоких результатов.

Прежде всего, возникает вопрос о рациональных областях применения строительной печати. По аналогии с традиционным железобетоном, на наш взгляд целесообразно разделить её на две ветви: заводского применения и осуществляемая на стройплощадке. Не смотря на общность базовых принципов, для каждой из ветвей будет характерно своё технологическое оформление и экономические особенности.

Основной проблемой при внедрении аддитивных технологий в заводское производство является вопрос армирования изделий, особенно в случае необходимости обеспечения предварительного напряжения. С этой точки зрения, а также ввиду повышенных затрат на получение пластичных экструдированных смесей, традиционные эффективные технологии и жёсткие смеси находятся в более выгодном положении. Преодоление указанных трудностей может быть достигнуто путём разработки иных технологий послойного формования (не за счёт экструдирования), позволяющих получать материалы и конструкции по структуре и свойствам близкие к традиционным, в частности насыщенные крупным заполнителем.

Как показывает практика, реализация аддитивных технологий в заводских условиях сейчас может быть ориентирована на выпуск малых архитектурных форм и декоративных изделий сложной конфигурации, малонагруженных полых объёмных изделий. Конкурентоспособность продукции будет обеспечиваться за счёт исключения необходимости применения форм, универсальности оборудования, сокращения численности рабочих. Поскольку традиционное армирование каркасами и сетками плохо сочетается с идеологией аддитивного производства, предпочтение следует отдать дисперсной арматуре (фибробетон) и неметаллическим тканым сеткам (текстиль-бетон) [3–6]. Серьёзным вопросом остаётся обеспечение долговечности изделий из высокопластичных смесей, который сейчас преимущественно решается за счёт повышенного расхода вяжущего.

По нашему мнению, на настоящий момент, за исключением отдельных нишевых решений, ещё не сложились веские причины форсировать разработку технологий заводского аддитивного

производства, при этом ведение поиска решений на перспективу остаётся целесообразным.

Появление аддитивных технологий на стройплощадке сейчас, пожалуй, является самым ожидаемым и вероятным. Степень замены ими традиционных технологий будет поэтапно возрастать:

1. Возведение отдельных ограждающих конструкций и перегородок, заполнение проёмов несущего каркаса.

2. Возведение «коробки» малоэтажных жилых домов и схожих объектов.

3. Возведение конструктивных элементов и ограждающих конструкций многоэтажных объектов.

На наш взгляд, в данный момент целесообразна концентрация внимания на решении задач первого этапа, интерес которым прослеживается и в ряде зарубежных публикаций [7–10]. Залогом успешности их решения, и отправным пунктом всех дальнейших разработок, станет разработка теоретических основ создания композитов для строительной печати, формирование нормативной базы, накопление опыта проектирования и эксплуатации подобных объектов.

Узким местом нынешнего взгляда на развитие строительных аддитивных технологий является фокусировка внимания на методе контурной печати путём экструдирования пластичных смесей. Решение, приемлемое для изготовления декоративных изделий сложной конфигурации, часто не эффективно при возведении больших объёмов стеновых конструкций. Причинами этого являются затруднения в обеспечении требуемых теплофизических показателей без применения теплоизоляционных материалов; сложность армирования; низкая эффективность использования оборудования, вынужденного на каждый слой погонного метра стены совершать до 10 м пробега, прорисовывая её внутреннюю структуру; высокий расход дорогостоящей пластичной смеси сложной реологии – способной сохранять форму после экструдирования.

Серьёзное изменение ситуации может быть достигнуто за счёт разработки альтернативных технологий послойного формования, позволяющих получать полнотелые конструкции из поризованных материалов по свойствам не уступающие традиционно применяемым. Необходима адаптация технологий получения ячеистых бетонов и лёгких бетонов на пористых заполнителях, под особенности строительной печати, возможность чего подтверждена предварительными исследованиями [11]. Это же станет и залогом обеспечения экономической целесообразности строительной печати и, наряду с совершенствованием

оборудования, позволит перейти ко второму этапу её экспансии на стройплощадки.

Наступление третьего этапа возможно не ранее решения вопросов с полноценным армированием конструкций, что перекликается с освоением их аддитивного заводского производства; окончательного формирования нормативной базы по материалам и проектированию; подтверждения безопасности и надёжности.

В рамках первого этапа внедрения строительных аддитивных технологий и наиболее освоенной контурной печати путём экструдирования, наиболее важным является вопрос расходных материалов – формовочных смесей.

Отправной точкой в решении этого вопроса является формирование перечня требований к свойствам формовочных смесей и конечных композитов, а также поиск рациональных путей их обеспечения.

Наиболее важными являются реологические свойства формовочных композиций, которые должны обладать:

- выраженными тиксотропными свойствами – для снижения вязкости при прохождении через экструдер под действием вибрации или перемешивания;

- малым временем восстановления структуры после перемешивания – для быстрой фиксации формы уложенного слоя;

- повышенным пределом текучести – для восприятия нагрузок от последующих слоёв.

Смеси должны обеспечивать сохранность своих свойств в течение 20–40 мин в случае применения капсульной системы загрузки строительного принтера. Подача смеси, с подобной реологией, в формующую головку из стационарно установленного смесителя-бетононасоса по трубопроводу, на наш взгляд, может оказаться затруднительной [12, 13], что необходимо учитывать при конструировании подобных систем.

Идеальным, для способа экструдирования, можно считать схватывание смеси через 3–5 минут после выхода из формующей головки, в этом случае возможно практически непрерывное наращивание числа слоёв конструкции, без риска деформации нижерасположенных. Достижение таких показателей возможно за счёт смешивания сухой быстросхватывающейся смеси с водой непосредственно в формующем устройстве, с последующим немедленным экструдированием. По данной схеме возможно и затворение нормально схватывающихся смесей раствором сильного ускорителя. Узким местом указанного способа является сложность поддержания постоянства состава и однородности смеси, особенно в условиях её налипания на внутренние поверхности смесителя; малая длительность перемешивания,

не всегда достаточная для активации добавок модификаторов; сложность осуществления необходимых технологических пауз в процессе печати из-за трудности удаления быстросхватывающейся формовочной массы из экструдера.

Другим путём, хорошо показавшим себя в предварительных экспериментах [14], является подмешивание в нагнетателе экструдера к обычной смеси высокоэффективных добавок ускорителей. В этом случае в экструдер изначально попадает только однородная пластичная масса, которая достаточно легко смешивается небольшим дополнительным количеством жидкой добавки. При необходимости организации паузы в процессе печати (например, для дозаправки расходного бункера) подача подмешиваемого раствора может быть прекращена, а активированная смесь выдавлена их формующего устройства «чистой».

После укладки в конструкцию, материал оказывается в условиях достаточно быстрого обезвоживания, что является не столь опасным для гипсовых систем и крайне негативным для цементных. Последним очень важен быстрый набор прочности в ранний период, пока конструкция содержит достаточное количество влаги, и в них должен быть заложен механизм для продолжения твердения в сухих условиях [15, 16]. При разработке составов смесей большое внимание должно быть уделено снижению усадочных деформаций, во избежание растрескивания слоёв и нарушения зоны контакта между ними.

Крайне интересным со всех точек зрения является вопрос выбора сырьевых компонентов смесей для печати, поскольку именно в него упирается их экономическая и техническая перспективность.

В качестве заполнителя в настоящий момент практически безальтернативно используется кварцевый песок. Это обусловлено его доступностью и низкой стоимостью. При этом можно предположить, что регулируя его количество, крупность и зерновой состав, можно ощутимо влиять на эффективность получаемых формовочных смесей. В тоже время большой интерес представляет применение пористых заполнителей, что позволит понизить плотность смеси и уменьшить нагрузку на свежеложенные нижерасположенные слои, улучшить теплофизические показатели. Пористые заполнители с высоким водопоглощением, насыщаясь водой в процессе приготовления смесей, формируют запас влаги необходимый в условиях быстрого обезвоживания твердеющей конструкции. С другой стороны, большие возможности получения материалов пониженной плотности, низкой гигроскопичностью, высокой прочностью и морозостойкостью

открывает применение различных видов микросфер, например, алюмосиликатных, имеющих высокие физико-механические показатели и околонулевое водопоглощение [17].

Поскольку составы для строительной печати, по сути, являются бетонам, то обоснованное увеличение степени насыщения заполнителем и повышение его крупности также будет способствовать повышению их эффективности.

Базовые вяжущие – гипс и портландцемент, не смотря на их востребованность на данном этапе, по своим свойствам не вполне отвечают особенностям строительной печати. Это вызывает необходимость значительного корректирования показателей получаемых составов введением повышенных дозировок дорогостоящих добавок. С данной точки зрения гораздо больший интерес, на наш взгляд, представляют композиционные вяжущие на их основе [18–20].

Свойства композиционных вяжущих в первую очередь формируются за счёт подбора комбинации активного компонента и минеральных добавок, а также режимов их получения. При этом следует ориентироваться на новую сырьевую базу из горных пород с высокой внутренней энергией [21, 22]. Это позволяет создать минеральную систему, свойства которой (например, реологические) максимально приближены к необходимым для решения поставленной задачи. За счёт химических модификаторов производится в основном «тонкая настройка» системы, что обуславливает их пониженный расход. Такой подход особенно оправдан для получения композитов, используемых в больших объёмах [23], к которым относятся смеси для строительной печати.

При разработке композиционных вяжущих, как основы смесей для печати путём экструдирования, следует уделять особое внимание: реологическим характеристикам для обеспечения должной формуемости; скорости схватывания и набора прочности в ранний период, в том числе в условиях быстрого обезвоживания, для обеспечения качества и непрерывности строительного процесса; интенсивности развития усадочных процессов; морозостойкости (в соответствующих случаях); экономичности.

Итоговые прочностные показатели, сами по себе, не являются первостепенными, поскольку требования к ним, в значительной мере, обусловлены условиями эксплуатации и конструктивными особенностями послойно создаваемых структур и могут варьироваться в широких пределах. Часто встречаемый в разных источниках информации акцент на прочность, вероятно, вызван своеобразной подменой понятий ввиду наличия связи между марочной прочностью и ря-

дом других показателей. Известно, что бетон более высокой марки, при прочих равных условиях, продемонстрирует лучшие абсолютные значения этого показателя во всех возрастах, будет иметь повышенную морозостойкость и т.п. Однако, подобный экстенсивный подход к формированию хороших показателей свойств в ранний период твердения не экономичен и чреват проблемами в дальнейшем, например, повышенной усадкой.

Наряду с созданием композиций и оборудования для печати в нормальных условиях, уже на данном этапе следует задуматься над расширением температурного диапазона проведения работ в область отрицательных температур. Так, разработка составов для строительной печати при температурах до  $-10...15^{\circ}\text{C}$  позволит существенно расширить географию аддитивного строительства за счёт охвата северных регионов, и значительно увеличит продолжительность строительного сезона в центральных. И пусть сейчас это ещё не имеет большого практического значения, но в скором будущем может стать серьёзным сдерживающим фактором в продвижении аддитивных строительных технологий.

С технической точки зрения строительная печать имеет высокий потенциал зимнего применения, поскольку, как уже упоминалось ранее, открывает возможность введения практически любых дозировок сильных ускорителей и разогрева смеси в формирующем устройстве до высоких температур непосредственно перед укладкой слоя материала. В традиционных технологиях бетонирования это является затруднительным ввиду комплекса возникающих негативных побочных явлений. Формирующее устройство строительного 3D принтера может быть оснащено средствами для кратковременного ухода за последними уложенными слоями, например, системой индукционного, инфракрасного или воздушного подогрева, которые могут повышать температуру нескольких предыдущих уложенных слоёв при каждом новом проходе, замедляя процесс их охлаждения под воздействием окружающей среды. В сочетании с быстрым набором ранней прочности, специально разработанных для этой цели композиционных вяжущих, это может обезопасить возводимую конструкцию от повреждения при замерзании. При строительстве в жарких условиях формирующее устройство может быть оснащено распылителем воды или специального состава, обеспечивающего уход за уложенным слоем и повышение его сцепления со следующим (адгезива).

Одной из перспектив развития аддитивных технологий является создание автономных строительных комплексов, способных разворачи-

ваться и осуществлять возведение заранее определённого типа строительного объекта без непосредственного участия человека. Подобные системы могут существенно облегчить освоение труднодоступных районов, обеспечивая подготовку минимально необходимой инфраструктуры к моменту прихода человека, и незаменимы при колонизации объектов Солнечной системы, таких как Луна и Марс. Особенностью подобных систем должно стать наличие эффективного автономного источника энергии; ориентированность на максимальное использование местных материалов участка строительства омоноличиваемых или активируемых специальными составами (грунтобетоны); способность к формированию ячеистых структур для снижения материалоемкости и формирования теплозащитных показателей; оснащённость техническими средствами для создания плёночных непроницаемых слоёв в возводимых конструкциях. Проведение предварительных исследований по разработке подобных материалов сейчас, позволит создать задел и сократить время на создание действующих образцов установок, когда в этом возникнет непосредственная необходимость.

Крайне важной проблемой, тормозящей широкомасштабное изучение вопроса на нынешнем этапе, является отсутствие доступного лабораторного оборудования для проведения исследований в области аддитивных строительных технологий, а также обоснованных и принимаемых большинством исследователей методик оценки специальных свойств разрабатываемых составов. Данная проблема усугубляется и отсутствием признанных научным сообществом теоретических основ разработки подобных композитов, единых спецификаций и потенциальным конструктивным разнообразием устройств для осуществления строительной печати. Это формирует замкнутый круг, выход из которого возможен последовательно через разработку теории получения эффективных композитов для аддитивных технологий, что сопряжено с созданием методик оценки и нормирования их специальных свойств, разработкой лабораторного испытательного оборудования, и, как итог, промышленных строительных систем, позволяющих полностью использовать заложенный в материалы потенциал.

Таким образом, фактически только зарождающиеся строительные аддитивные технологии, обладающие огромным потенциалом, остро нуждаются в научной поддержке, которая будет способствовать его раскрытию, позволит избежать лишних ошибок и найти короткий путь к широкомасштабному применению, которое, воз-

можно, совершит революцию в сфере ресурсосбережения и строительства. При этом, на недолгий момент, строительная печать будет являться, наверное, единственным научным направлением, где реальную пользу может принести любой исследователь вне зависимости от своего ранга, при условии опоры на фундаментальные основы строительных и смежных наук.

*Источник финансирования. Программа развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баженов Ю.М. Пути развития строительного материаловедения: новые бетоны // Технологии бетонов. 2012. №3-4 (68-69). С. 39–42.
2. Лесовик В.С. Строительные материалы. Настоящее и будущее // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. № 1 (100). С. 9–16.
3. Nadiv R., Peled A., Mechtcherine V., Hempel S., Nicke D., Schroefl C. (2018) Improved Bonding of Carbon Fiber Reinforced Cement Composites by Mineral Particle Coating. In: Mechtcherine V., Slowik V., Kabele P. (eds) Strain-Hardening Cement-Based Composites. SHCC 2017. RILEM Bookseries, Vol 15. Springer, Dordrecht.
4. Biranchi Panda, Suvash Chandra Paul, Ming Jen Tan Anisotropic mechanical performance of 3D printed fiber reinforced sustainable construction material // Materials Letters. 2017. Vol. 209. Pp.146–149.
5. Christ S. et al. Fiber reinforcement during 3D printing // Materials Letters. 2015. Vol. 139. Pp.165–168.
6. Лесовик В.С., Попов Д.Ю., Глаголев Е.С. Текстиль-бетон – эффективный армированный композит будущего // Строительные материалы. 2017. № 3. С. 81–84.
7. Yi Wei Daniel Tay, Biranchi Panda, Suvash Chandra Paul, NisarAhamed Noor Mohamed, Ming Jen Tan&Kah Fai Leong. 3D printing trends in building and construction industry: a review // Virtual and Physical Prototyping. 2017. Vol. 12. Issue 3. Pp. 261–276.
8. Nerella V.N. et al. Studying printability of fresh concrete for formwork free Concrete on-site 3D Printing technology (CONPrint3D) // Rheologische Messungen an Baustoffen 2016: Tagungsband zum 25. Workshop und Kolloquium, 2. und 3. März an der OTH Regensburg. tredition, 2016.
9. Савицкий Н.В., Шатов С.В., Ожищенко О.А. 3D-печать строительных объектов // Вестник Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры. 2016, № 3 (216). С. 18–26.

10. Compton B.G., Lewis J.A. 3D printing of lightweight cellular composites // *Advanced materials*. 2014. Vol. 26. №. 34. Pp. 5930–5935.

11. Лесовик В.С., Елистраткин М.Ю., Глаголев Е.С., Абсиметов М.В., Шаталова С.В., Лесниченко Е.Н. Адаптация технологии неавтоклавного газобетона к строительной 3d печати // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2017. № 8. С. 6–11.

12. Egor Secrieru, Shirin .Fataei, Christof Schröfl, Viktor Mechtcherine. Study on concrete pumpability combining different laboratory tools and linkage to rheology // *Construction and Building Materials*. 2017. Vol. 144. Pp. 451–461.

13. Рахимбаев Ш.М., Шахова Л.Д., Твердохлебов Д.В. Реологические свойства пеноцементных систем с добавкой анионного пенообразователя // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2003. № 4. С. 6.

14. Лесовик В.С., Елистраткин М.Ю., Глаголев Е.С., Шаталова С.В., Стариков М.С. Формирование свойств композиций для строительной печати // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2017. 10. С. 6–14.

15. Чернышева Н.В., Агеева М.С., Эльян Исса Жамал Исса, Дребезгова М.Ю. Влияние минеральных добавок различного генезиса на микроструктуру гипсоцементного камня // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2013. № 4. С. 12–18.

16. Подгорнов Н.И., Аппарович Т.В., Коротеев Д.Д. Критическая относительно влагопотерь прочность бетона или критическая прочность прекращения ухода за бетоном // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2009. № 10. С. 12–18.

17. Сапелин А.Н., Елистраткин М.Ю. Лёгкие бетоны нового поколения // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2014. № 4. С. 79–83.

18. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Елистраткин М.Ю., Лашина И.В., Масанин О.О. Объективные предпосылки перехода к композиционным вяжущим // В сборнике: *Наукоёмкие технологии и инновации. Сборник докладов Международной научно-практической конференции*. 2016. С. 110–116.

19. Дребезгова М.Ю., Евсюкова А.С., Чернышева Н.В., Потапов В.В. К вопросу управления процессами структурообразования композиционных гипсовых вяжущих // В сборнике: *Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства. Международная научно-практическая конференция, посвященная 70-летию заслуженного деятеля науки РФ, члена-корреспондента РААСН, доктора технических наук, профессора Валерия Станиславовича Лесовика*. 2016. С. 263–268.

20. Минаков С.В., Елистраткин М.Ю. К вопросу выбора компонентов композиционных вяжущих // В сборнике: *Современные строительные материалы, технологии и конструкции Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО "ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова"*. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова» (ФГБОУ ВПО «ГГНТУ»), г. Грозный. 2015. С. 365–370.

21. Сулейманова Л.А., Лесовик В.С., Глаголев Е.С. Высокая реакционная активность наноразмерной фазы кремнезема композиционного вяжущего // В сборнике: *Современные строительные материалы, технологии и конструкции. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова»*. Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова. 2015. С. 87–93.

22. Чернышева Н.В., Лесовик В.С., Володченко А.А., Глаголев Е.С., Дребезгова М.Ю. Композиционные материалы с использованием энергосберегающего техногенного сырья для 3d аддитивных технологий // В сборнике: *НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ сборник докладов международной научно-практической конференции*. 2016. С. 452–456.

23. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Куприна А.А., Елистраткин М.Ю., Володченко А.Н. Эффективные кладочные растворы для автоклавных стеновых материалов // *Строительные материалы*. 2016. № 12. С. 22–25.

#### *Информация об авторах*

**Елистраткин Михаил Юрьевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

E-mail: elistratkin.my@bstu.ru; mr.elistratkin@yandex.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Лесовик Валерий Станиславович**, член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой строительного материаловедения, изделий и конструкций.

E-mail: lesovik.vs@bstu.ru; naukavs@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Алфимова Наталия Ивановна**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

E-mail: alfimova.ni@bstu.ru; alfimovan@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Глаголев Евгений Сергеевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в январе 2018 г.

© Елистраткин М.Ю., Лесовик В.С., Алфимова Н.И., Глаголев Е.С., 2018

**M.Yu. Elistratkin, V.S. Lesovik, N.I. Alfimova, E.S. Glagolev**

### ABOUT DEVELOPING OF THE BUILDING PRESS TECHNOLOGIES

*In fact, only emerging building additive technologies with huge potential are in dire need of scientific support that will help to uncover it, avoid unnecessary errors and find a short way to large-scale application, which is likely to revolutionize the sphere of resource saving and construction. The development of construction printing technologies requires a qualified transdisciplinary approach, so the vision of this issue from specialists in building physics, materials resistance and design, process control systems, ecology and safety, marketing and many others are of great interest. The building material science in this case is the core uniting the elements into a single unity. The article suggests a reasonable stage, in the author's opinion, of the implementation of the construction print, identified a number of problems on which attention is focused; possible solutions to some of them and promising areas of application of additive building technologies are suggested.*

**Keywords:** construction print, transdisciplinary research, compositions for additive production, formation of composites properties, composite binders, printing under unfavorable conditions.

### REFERENSEC

1. Bazhenov Yu.M. Ways of development of building materials science: new concrete. Technologies of concrete, 2012, no. 3–4 (68–69), pp. 39–42.

2. Lesovik V.S. Construction Materials. The present and the future. Vestnik MGSU, 2017, vol. 12, no. 1 (100), pp. 9–16.

3. Nativ R., Peled A., Mechtcherine V., Hempel S., Nicke D., Schroefl C. (2018) Improved Bonding of Carbon Fiber Reinforced Cement Composites by Mineral Particle Coating. In: Mechtcherine V., Slowik V., Kabele P. (eds) Strain-Hardening Cement-Based Composites. SHCC 2017. RILEM Bookseries, vol 15. Springer, Dordrecht

4. Biranchi Panda, Suvash Chandra Paul, Ming Jen Tan Anisotropic mechanical performance of 3D printed fiber reinforced sustainable construction material. Materials Letters, 2017, vol. 209, pp. 146–149.

5. Christ S. et al. Fiber reinforcement during 3D printing. Materials Letters, 2015, vol. 139, pp. 165–168.

6. Lesovik V.S., Popov D.Yu., Glagolev E.S. Textile-concrete - an effective reinforced composite

of the future. Stroitel'nyematerialyi, 2017, no. 3, pp. 81–84.

7. Yi Wei Daniel Tay, Biranchi Panda, Suvash Chandra Paul, NisarAhamed Noor Mohamed, Ming Jen Tan&Kah Fai Leong. 3D printing trends in building and construction industry: a review. Virtual and Physical Prototyping, 2017, vol. 12, issue 3. pp. 261–276.

8. Nerella V.N. et al. Studying printability of fresh concrete for formwork free Concrete on-site 3D Printing technology (CONPrint3D). Rheologische Messungen an Baustoffen 2016: Tagungsband zum 25. Workshop und Kolloquium, 2. und 3. Märzander OTHRegensburg. tredition, 2016.

9. Savitsky N.V., Shatov S.V., Ozhischenko O.A. 3D-printing of construction objects. Bulletin of Pridneprovskaya State Academy of Construction and Architecture, 2016, no. 3 (216), pp. 18–26.

10. Compton B.G., Lewis J.A. 3D printing of lightweight cellular composites. Advanced materials, 2014, vol. 26, no. 34, pp. 5930–5935.

11. Lesovik V.S., Elistratkin M.Yu., Glagolev E.S., Absimetov M.V., Shatalova S.V., Lesnichko E.N. Adaptation of the technology of non-auto-key

aerated concrete to the construction 3d printing. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2017, no. 8, pp. 6–11.

12. Egor Secrieru, Shirin Fataei, Christof Schröfl, Viktor Mechtcherine. Study on concrete pumpability combining different laboratory tools and linkage to rheology. Construction and Building Materials, 2017, vol. 144, pp. 451–461.

13. Rakhimbayev Sh.M., Shakhova L.D., Tverdokhlebov D.V. Rheological properties of foam-cement systems with the addition of an anionic foaming agent. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2003, no. 4, pp. 6.

14. Lesovik V.S., Elistratkin M.Yu., Glagolev E.S., Shatalova S.V., Starikov M.S. Formation of the properties of compositions for construction printing. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2017, no. 10, pp. 6–14.

15. Chernysheva N.V., Ageeva M.S., Elian Issa ZhamalIssa, Drebezgova M.Yu. Influence of mineral additives of various genesis on the microstructure of gypsum cement stone. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2013, no. 4, pp. 12–18.

16. Podgornov N.I., Apparovich T.V., Doktoreev D.D. The strength of concrete, critical for moisture loss, or the critical strength of cessation of care for concrete, Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Building, 2009, no. 10, pp. 12–18.

17. Sapelin A.N., Elistratkin M.Yu. Lightweight concretes of a new generation. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2014, no. 4, pp. 79–83.

18. Zagorodnyuk L.Kh., Lesovik V.S., Glagolev E.S., Elistratkin M.Yu., Lashina I.V., Masanin O.O. Objective prerequisites for a transition to compositional astringent. In the collection: High technology and innovation. Collection of reports of the International Scientific and Practical Conference, 2016, pp. 110–116.

19. Drebezgova M.Yu., Evsyukova A.S., Chernysheva N.V., Potapov V.V. To the problem of controlling the processes of structure formation of composite gypsum binders. In the collection: Intellectual

building composites for green building. International scientific and practical conference dedicated to the 70th anniversary of Honored Science Dean of the Russian Federation, Corresponding Member of RA-ASN, Doctor of Technical Sciences, Professor Valery Stanislavovich Lesovik, 2016, pp. 263–268.

20. Minakov S.V., Elistratkin M.Yu. On the choice of components of composite astringents. In the collection: Modern building materials, technology and design Materials of the International Scientific and Practical Conference, dedicated to the 95th anniversary of the FGBOU HPE "GGNTU named after MD Millionshchikov." The Federal State Budget Educational Institution of Higher Professional Education "Grozny State Oil Technical University named after Academician M.D. Millionschikov "(FSBBOU HPE" GGNTU ")", Grozny, 2015, pp. 365–370.

21. Suleymanova L.A., Lesovik V.S., Glagolev E.G. High reactivity of the nanosized silica phase of the composite binder. In the collection: Modern building materials, technologies and designs. Materials of the International Scientific and Practical Conference, dedicated to the 95th anniversary of the FGBOU HPE "GSTU im. acad. M.D. Millionaire." Grozny State Petroleum Technical University named after Academician M.D. Millionaire, 2015, pp. 87–93.

22. Chernysheva N.V., Lesovik V.S., Volodchenko A.A., Glagolev E.S., Drebezgova M.Yu. Composite materials with the use of energy-saving technogenic raw materials for 3d additive technologies. In the collection: SCIENTIFIC TECHNOLOGIES AND INNOVATIONS, a collection of reports of the international scientific and practical conference, 2016, pp. 452–456.

23. Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.Kh., Kuprina A.A., Elistratkin M.Yu., Volodchenko A.N. Effective masonry solutions for autoclave wall materials. Stroitel'nyiematerialyi, 2016, no. 12, pp. 22–25.

#### *Information about the authors*

**Mikhail Y. Elistratkin**, PhD, Assistant professor.

E-mail: elistratkin.my@bstu.ru; mr.elistratkin@yandex.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.  
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

**Valeriy S. Lesovik**, PhD, Professor.

E-mail: lesovik.vs@bstu.ru; naukavs@mail.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.  
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

**Nataliya I. Alfimova**, PhD, Assistant professor.

E-mail: alfimova.ni@bstu.ru; alfimovan@mail.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.  
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

**Evgeniy S. Glagolev**, PhD, Assistant professor.  
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.  
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

---

*Received in January 2018*