

DOI: 10.12737/23011

Лесовик В.С., д-р техн. наук, проф.,  
Загороднюк Л.Х., д-р техн. наук, проф.,  
Чернышева Н.В., д-р техн. наук, проф.,  
Глаголев Е.С., канд. техн. наук, доц.,  
Кучерова А.С., аспирант,  
Дребезгова М.Ю., аспирант,  
Канева Е.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕХМЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ФАКТОРЫ СДЕРЖИВАЮЩИЕ ИХ

LHZ47@mail.ru

В статье приведены сведения о современных трехмерных технологиях и основных факторах, сдерживающих их развитие. В последние десятилетия появились новые революционные подходы для строительства, в частности трехмерные технологии печати строительных объектов, позволяющие отказаться от традиционной опалубки, что значительно сокращает расходы и позволяет создавать разнообразные архитектурные формы зданий и сооружений. Для развития строительных технологий нового поколения необходимо создание новых эффективных материалов с требуемыми регулируемыми свойствами: быстрыми сроками схватывания, высокими показателями прочности, однородности и прочности сцепления между различными слоями. Применение технологии аддитивного производства для возведения зданий и сооружений позволит существенно сократить затраты за счет снижения расходов материалов и повышения производительности, откроет новые творческие подходы для создания разнообразного архитектурного облика наших городов.

**Ключевые слова:** трехмерные технологии, аддитивное производство, 3D печать, технологические свойства, укладываемые смеси, экструзия.

**Введение.** Строительство – отрасль жизнедеятельности, появившаяся, одновременно с самим человеком. Этапы развития технологий строительства растянулись в истории человечества на тысячелетия. Начиная от первого шалаша, состоящего из листьев и деревянных палок и заканчивая капитальным строительством с использованием современных технологий и композиционных материалов, человечество решало проблему создания безопасности и комфортности проживания. Технологии аддитивного строительства – визитная карта XXI века. Аддитивные технологии имеют огромный потенциал в деле снижения энергетических затрат на создание самых разнообразных видов продукции. Несмотря на многие положительные особенности 3D-печати, внедрение данных технологий в России ещё не достигло значительного уровня.

**Основная часть.** Строительство представляет собой отдельную самостоятельную область экономики, которая предназначена для ввода в действие новых, а также расширения, реконструкцию и техническое переоснащение действующих объектов жилищного и промышленного назначения. Определяющая роль отрасли заключается в создании условий для динамичного развития строительного комплекса страны. Как отрасль материального производства строительство имеет ряд особенностей, отличающих его от других отраслей. Особенности отрасли

объясняются характером его конечной продукции, своеобразными условиями труда, специфичной применяемых технологий, организации производства, управления и материально-технического обеспечения строительства. К общим, присущим всей отрасли, независимо от сооружаемых объектов и их назначения, особенностям следует отнести (рис. 1).

В строительной отрасли отмечается низкая производительность, дефицит квалифицированных специалистов, ограниченность архитектурных возможностей, медленные темпы строительства, высокая себестоимость и недостаточная экологическая безопасность.

В настоящее время появились новые революционные подходы для строительства, в частности, трехмерные технологии печати строительных объектов, позволяющие отказаться от традиционной опалубки, что сокращает расходы до 45 % [1], и создавать разнообразные архитектурные формы зданий, сооружений.

Появление технологии 3D печати или аддитивного производства (от англ. *additivemanufacturing*) не было внезапным и принято считать, что основы были заложены далеко в прошлом. Сущность аддитивного производства – в сложении, в таком способе создания детали сложной формы, когда материал наносится последовательно, как правило, слой за слоем, поэтому расходуется его столько,

сколько необходимо для создания требуемых форм. Процессом управляет компьютер, в чьей памяти заложена трехмерная модель будущей детали, нарезанная на тонкие слои-сечения. Устройство, подающее материал движется по траекториям, заданным компьютером, слой за слоем, конструируя будущее изделие. Предпо-

лагается, что готовая деталь не нуждается в традиционной механической обработке. Аддитивное производство – это еще один способ изготовления деталей и предметов из разных материалов наряду с литьем, прокатом, штамповкой и резкой.



Рис.1. Особенности строительной отрасли

Ничто не возникает на пустом месте, во всех направлениях науки и техники имеются предшественники. И хотя на протяжении последних 20 лет аддитивные технологии рассматриваются как нечто новое, их история насчитывает 150 лет, уходя корнями в такие области, как картография и фотоскульптура. Именно в этих областях деятельности впервые придумали разделить исходную модель на слои или фрагменты, а затем с их помощью воссоздать цельный объемный объект.

В 1984 году Чарльз Халл запатентовал технологию и основал компанию 3D Systems, которая в 1986 году начала промышленное использование стереолитографии.

После изобретения принципа и его первого успешного практического использования события всегда развиваются по нарастающей. В 1985 году появляется технология ламинирования LOM (Laminated Object Manufacturing), в 1986 году – технология послойного наплавления FDM (Fused Deposition Modeling). Уже в 1990-х аддитивные технологии с использованием нагрева лазерным и электронным лучом для получения металлических объектов стали частью мирового производственного ландшафта.

Поначалу технологии создания трехмерных объектов называли «быстрым прототипированием». В 1995 году студенты Массачусетского технологического института предложили термин «3D-Printing». Из этого названия следует, что 3D-печать лишь часть большой группы технологий, используемых в аддитивном производстве.

Уровень развития приближенный к настоящему был заложен сравнительно недавно, в 80-90 года прошлого столетия, причём в зарубежных странах. Уже сейчас наблюдается заметный прогресс перехода от индивидуального процесса 3D печати предметов к производству в больших масштабах на предприятиях развитых стран [2–8].

Заслуживают внимания работы, проводимые в Дрезденском техническом университете по созданию технологии трехмерной печати для монолитного бетонного строительства [1].

В настоящее время в России начали развивать современные технологии 3D печати. Вопрос о её внедрении в нашей стране является весьма актуальным и целесообразным. Следует отметить следующие преимущества аддитивного промышленного производства (рис. 2).

Доля России на мировом рынке промышленного применения АМ-технологии в 2014 г. составила всего 1,4 % [3]. Большинство специалистов в области инновационных технологий отмечают, слабое развитие АМ-технологии в России. Отдельные ведущие отечественные предприятия авиационной, автомобильной промышленности, энергетики и предприятия Росатома и многие другие уже имеют опыт практического использования 3D печати в различных отраслях промышленности, однако широкого распространения эти технологии пока не полу-

чили. Можно сказать, однако, что наблюдается большой интерес со стороны различных организаций и предприятий. Так, работы по освоению аддитивных технологий активно развиваются Минпромторгом России, Минобрнауки России, Роскосмосом, Государственной корпорацией «Ростех», Госкорпорацией «Росатом», ОАО «Объединенная авиастроительная корпорация», ОАО «Объединенная двигателестроительная корпорация», научными организациями ФАНО России [2].

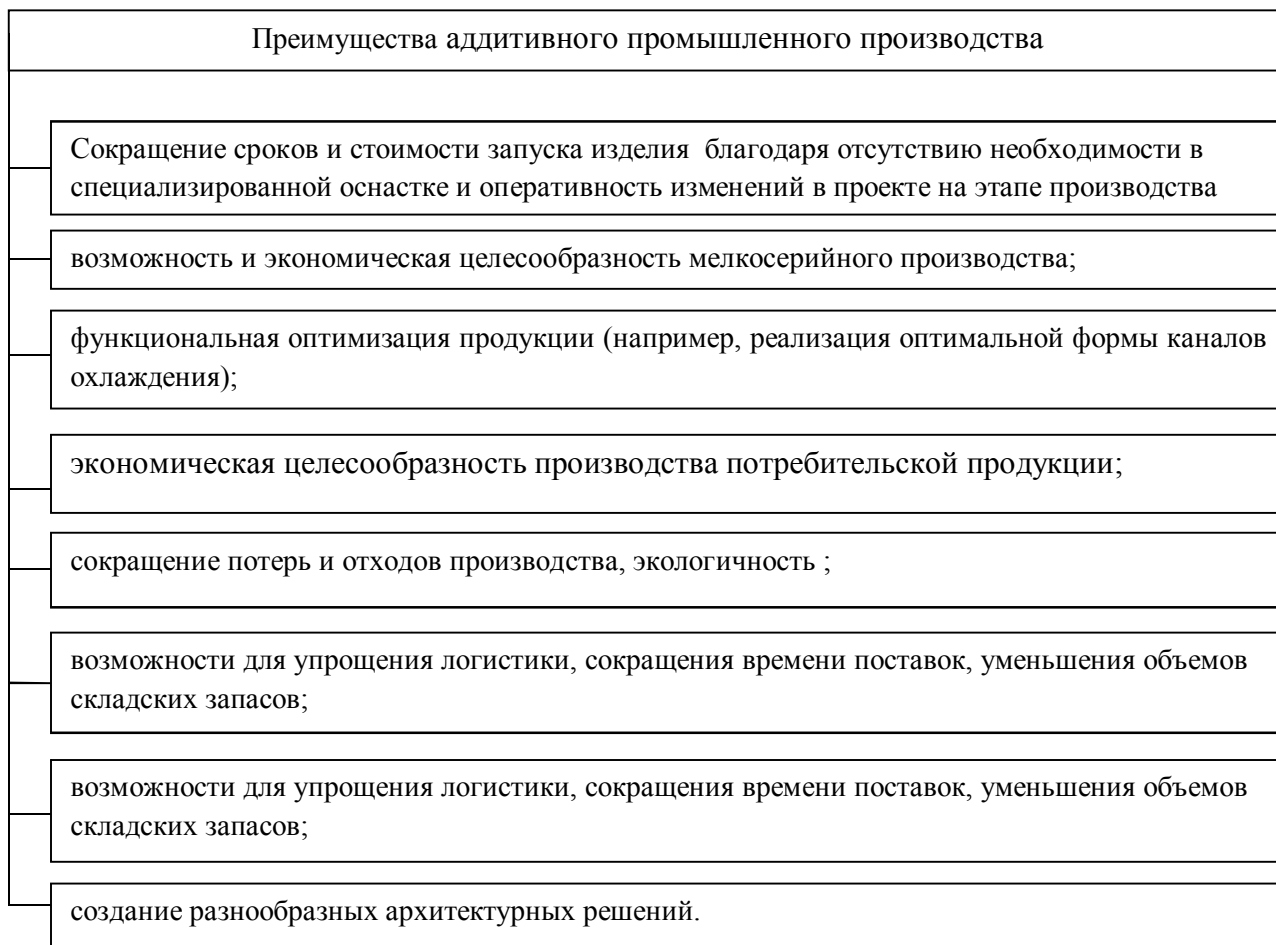


Рис. 2. Преимущества аддитивного промышленного производства

Новый малоформатный 3D принтер запущен в серийное производство в Ярославле [9]. Особенность принтера в том, что он смонтирован на базе штатного прицепа (штатная грузоподъемность прицепа – 750 кг) к легковому автомобилю, что позволяет оперативно доставить его к месту печати, быстро установить и подготовить к работе. Загрузку и разгрузку принтера легко может сделать один человек при помощи лебёдки, входящей в комплектацию прицепа. Малоформатный принтер S-2020 предназначен для печати бетоном малых форм и

элементов беседок, всевозможных ландшафтных построек непосредственно на месте.

В настоящий момент главными направлениями развития аддитивных технологий в России являются:

- создание исходных материалов и оборудования для их производства;
- разработка комплексных технологий аддитивного производства изделий;
- формирование сети центров коллективного пользования, в том числе для проведения испытаний, сертификации и стандартизации материалов и изделий аддитивного производства.

Наряду с прикладными задачами, в развитии аддитивного производства заметное место должны занять следующие направления фундаментальных и поисковых научных исследований (рис. 3).

Одной из проблем в российской промышленности является то, что в силу известных ограничений лучшие образцы зарубежного оборудования не всегда доступны, а те, что предлагаются к приобретению, в ряде случаев отличаются недостаточной производительностью и не имеют потребных характеристик. Так, шведская установка Arcam A2 является одним из лучших решений в классе аддитивных технологий для аэрокосмической продукции, однако размеры изготовленных деталей ограничены в силу её

конструкции. Другой проблемой промышленного российского производства при внедрении технологии AD является недостаточная обеспеченность ресурсами соответствующего качества. В частности, как отмечалось на конференции во Всероссийском научно-исследовательском институте авиационных материалов (ВИАМ) существует необходимость в разработке технологий производства порошков требуемых размеров и состава, их последующей сертификации. Сегодня решение этой проблемы находится в начальной стадии. Кроме того, отмечается необходимость учитывать и проблемы хранения порошков, например при их транспортировке, в результате которой может возникать их деформация: комкование [2].



Рис. 3. Основные направления фундаментальных и поисковых научных исследований

Технология трехмерной печати предусматривает тесную совместную работу машины и материала. В связи с этим необходимо иметь оборудование, отвечающее высоким стандартам по способности перекачивать и подавать бетонную смесь с определенной скоростью выгрузки и геометрической точностью, что обеспечивается мощной роботизированной системой для автоматического перемещения форсунки печатающей головки. Для обеспечения надлежащего качества перекачки формуемая смесь должна обладать требуемой текучестью, относительно низкой пластической вязкостью и низким пределом текучести. При этом для обеспечения стабильного процесса послойной печати смесь должна быть менее текучая с более высоким пределом текучести и пластической вязкостью. При данной технологии особую роль отводят «скорости печати», которая должна быть оптимальной, позволяющей ранее напечатанным

слоям набрать начальную прочность и достаточно быстрой для того, чтобы обеспечить надлежащее сцепление между отдельными слоями. Второй важной составной частью технологии является создание материала с требуемыми технологическими показателями: изменение реологических свойств формируемых смесей во времени и в требуемых параметрах для перекачки, подачи и укладки бетонной смеси в изделие с учетом скорости выгрузки и геометрических размеров печатающей головки; обеспечение процессов твердения формируемых смесей в требуемом времени.

Для создания стабильного технологического процесса необходимо разработать композиционное вяжущее и подобрать заполнители обеспечивающие необходимые технологические, физико-механические и эксплуатационные свойства затвердевшему композиту. Разработанные укладываемые смеси должны обладать

требуемыми технологическими и физико-механическими свойствами (рис.4).

Строительный 3D-принтер в своей работе использует технологию экструдирования (трехмерная экструзия), при которой каждый новый

слой строительного материала выдавливается из принтера поверх предыдущего слоя по заданной программой контуру, выращивая стены здания практически любой формы из специальных видов бетонных смесей (рис. 5).

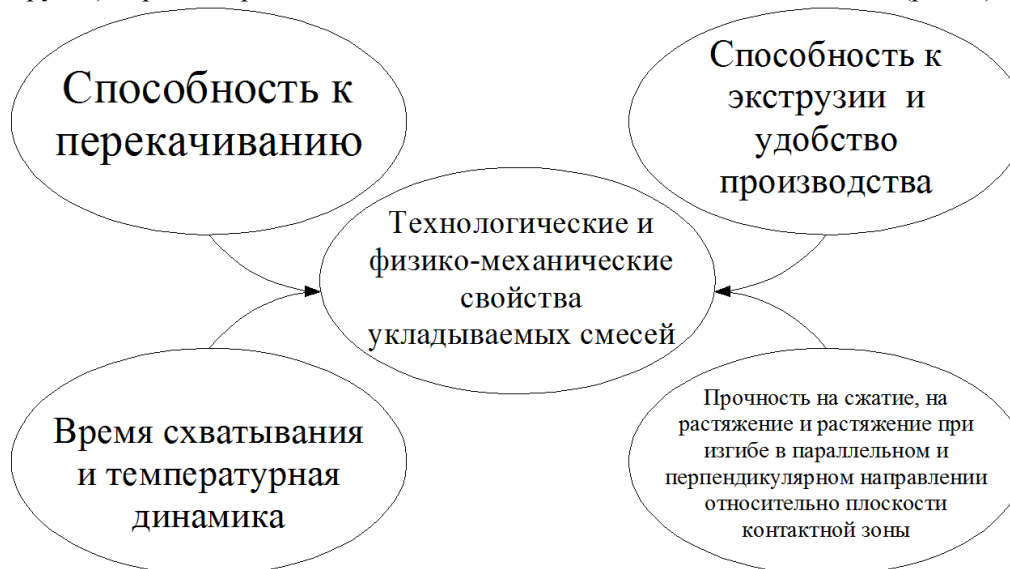


Рис. 4. Технологические и физико-механические свойства укладываемых смесей

Поверхность, на которой создается объемное изделие, имеет размеры, задаваемые величиной хода «сопла» 3D-принтера. Толщина слоя, наносимого за один прием, должна быть около 5-8 см. При больших толщинах возможно оплывание слоев. Нанесение последующих слоев бетонной смеси зависит от скорости ее твердения, определяемой температурой воздуха, видом вяжущего, наличием добавок (ускорителей и пластификаторов). То есть, состав бетонов нужно проектировать таким образом, чтобы он

быстро схватывался и не растекался, иначе верхний слой будет разрушать нижний.

Для развития строительных технологий необходимо создание новых эффективных материалов с требуемыми регулируемыми свойствами: быстрыми сроками схватывания, высокими показателями прочности, однородности и прочности сцепления между различными слоями [10–21]. Недостаточная прочность сцепления слоев ведет к низкой структурной устойчивости боковых слоев.



Рис. 5. Возведение стены путем экструдирования из рабочего «сопла» бетонной смеси на ранее выложенный слой

Работы по созданию технологии и оборудования для 3D – аддитивных технологий продолжают во многих странах мира, но ввиду не-

значительного количества исследований и данных к настоящему времени нет единых сформулированных научных подходов к созданию

эффективных композитов для таких технологий. Мало сведений о разработанных составах материалов, удовлетворяющих всем требованиям для их применения в 3D-технологиях. Нет научного обоснования эффективности использования необходимых, доступных, в том числе и новых, природно-сбалансированных сырьевых ресурсов с учетом их генезиса и устойчивости системы «человек – материал – среда обитания».

В настоящее время в БГТУ им. В.Г. Шухова в рамках реализации Программы стратегического развития на 2012–2016 годы активно занимаются разработкой инновационных материалов и композитов для 3D-аддитивных технологий. Особый интерес представляют эффективные композиты нового поколения на основе многокомпонентных систем с микро-, ультра- и нанодисперсными наполнителями в сочетании их с другими добавками.

Для этих целей предлагается быстротвердеющий реакционно-порошковый бетон, армированный стальной или полимерной микрофиброй, особенностью которого является отсутствие крупного заполнителя без потери в соотношении вяжущая/твердая составляющие, а также высокие эксплуатационные характеристики (бетон класса В60 и более). Песчаные бетоны на реакционно-порошковой связке имеют высокий коэффициент конструктивного качества, что дает возможность создавать конструкции с меньшим объемом по сравнению с обычными конструкциями, соответственно с меньшим весом и сниженным расходом материалов [22].

Для быстрого возведения доступного жилья с помощью 3D-технологий могут быть использованы более дешевые мелкозернистый и песчаный виды бетонов, модифицированные органическими добавками, минеральным волокном. В качестве арматуры может быть применена инновационная технология тканых объемно-сетчатых каркасов.

Разработан целый спектр строительных композитов на основе быстротвердеющих водостойких композиционных гипсовых вяжущих (КГВ), модифицированных различными видами минеральных добавок разных генетических типов [23–29].

С целью получения не расслаивающихся бетонных смесей на КГВ для применения при изготовлении густоармированных или тонкостенных строительных изделий и конструкций в технологии послойного синтеза, применяли комплексные химические добавки, включающие замедлители сроков схватывания, супер- и гиперпластификаты, способные обеспечить возможность регулирования и управления структу-

рообразованием в пластичном состоянии и в процессе формирования структурной прочности композитов (увеличить скорость твердения КГВ от 2 до 4 раз): С-3+ЦФ (цитратный фильтрат); СБ-3+ЦФ; лимонная кислота + MELMENTF10; Полипласт СП-1+ЦФ, Полипласт СП-1 + лимонная кислота; UniplastP211 + UniplastSP95, лимонная кислота + SikaPlast 2135.

Высокодисперсные наполнители с удельной поверхностью не менее 500...600 м<sup>2</sup>/кг, получаемые тонким измельчением техногенного сырья (отходов мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов, отсева дробления кварцито-песчаника, бетонного лома и др.) сырьевых материалов природного происхождения (кварцевого песка, опоки, перлита, туфа, мела и др.) способствуют эффективному управлению процессами внутреннего структурообразования композитов, обеспечивая высокое качество изделий на их основе.

Процесс формирования единой гипсоцементной матрицы активизировали за счет зародышеобразователя, в качестве которого выступали тонкомолотые отходы бетонного лома.

Разработаны составы КГВ с микродисперсными минеральными добавками из техногенного сырья, с армирующими волокнами и комплексными химическими добавками повышенной водостойкости и долговечности классов по прочности на сжатие В5–В30, средней плотностью D1000–2100 кг/м<sup>3</sup>, морозостойкостью F20–F50, K<sub>p</sub>=0,65–0,78.

Положительные свойства гипсовых композиционных материалов (невысокая стоимость, экологическая чистота, быстрый набор прочности, хорошие тепло- и звукоизолирующие свойства, отсутствие усадочных деформаций, хорошая термоизоляционная и звукопоглощающая способность, огнестойкость, положительное влияние на здоровье людей путем создания в помещениях благоприятного микроклимата и др.) позволяют сохранять и повышать эксплуатационные качества зданий и комфорт их внутренней среды.

Таким образом, разработка составов строительных композитов, в том числе и порошковых, а также организация их производства для аддитивных технологий позволит:

- обеспечить строительную отрасль промышленности изделиями сложной формы, с высокими эксплуатационными характеристиками;
- исключить технологическую зависимость от зарубежных компаний - поставщиков изделий для отечественного производства;
- снизить себестоимость изготовления изделий сложной формы за счет отказа от дорогостоящих операций механической обработки;

- повысить конкурентоспособность высокотехнологичных изделий на международном и отечественном рынках;

- многократно сократит сроки строительства и др.

У гипсовых композиционных материалов большое будущее. Темпы прироста их производства и применения будут значительно больше, чем у всех остальных строительных материалов и позволит не только улучшить экологическую обстановку, снизить энергоемкость строительной индустрии, но и создать комфортные условия для существования человека.

**Выводы.** Аддитивные технологии имеют огромный потенциал в деле снижения энергетических затрат на создание самых разнообразных архитектурных форм и видов продукции, сокращения сроков и стоимости строительства, снижения отходов, упрощения логистики. Несмотря на многие положительные особенности 3D-печати, внедрение данной технологии в России ещё не достигло значительного уровня. Это объясняется наличием понятных проблем, как при создании российских разработок, так и физическими особенностями самой технологии производства. Существует потребность в создании моделей отечественных устройств 3D-печати, в разработке методов контроля и общей системе национальных стандартов. Для развития трехмерных строительных технологий необходимо создание композиционных материалов для обеспечения технологических параметров производственных процессов и физико-механических и эксплуатационных свойств готового продукта. Применение технологии аддитивного производства для возведения зданий и сооружений позволит существенно сократить затраты за счет снижения расходов материалов и повышения производительности, откроет новые творческие подходы для архитектурного облика наших городов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=7285>
2. <http://www.hij.ru>
3. Что такое 3D печать / 3DIndustry, 2013 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.3dindustry.ru/faq/>
4. Зленко М.А., Нагайцев М.В., Довбыш В.М. Аддитивные технологии в машиностроении: пособие для инженеров. М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» 2015. 220 с.
5. Федеральный справочник. Оборонно-промышленный комплекс России. Выпуск 11 [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://federalbook.ru/files/OPK/Soderjanie/OPK-11/III/Mihaylov.pdf>
6. Публичный аналитический доклад по развитию новых технологий, октябрь 2014 / ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://reestr.extech.ru/docs/analytic/reports/new%20technologies.pdf>
7. <http://3dtoday.ru/blogs/specavia/building-3d-printers-spetsavia/>
8. <http://specavia.pro/>
9. CPI – Международное бетонное производство - №4/ 2016 [https://www.cpi-worldwide.com/ru/journals/artikel/46818/ru\\_04\\_2016\\_36\\_41](https://www.cpi-worldwide.com/ru/journals/artikel/46818/ru_04_2016_36_41)
10. Zagorodnuk L.H., Lesovik V.S., Shkarin A.V., Belikov D.A., Kuprina A.A. Creating Effective Insulation Solutions, Taking into Account the Law of Affinity Structures in Construction Materials // World Applied Sciences Journal. 2013. №24 (11). С. 1496–1502.
11. Лесовик В.С. Техногенный метасоматоз в строительном материаловедении // Международный сборник научных трудов Строительные материалы-4С. Новосибирск. 2015. С. 26–30
12. Lesovik V.S. Geonics. Subject and objectives. Belgorod: BSTU, 2012. 100 с.
13. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Шамшуров А.В., Беликов Д.А. Композиционные вяжущие на основе органо-минерального модификатора для сухих ремонтных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 25–31.
14. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Беликов Д.А. К проблеме проектирования сухих ремонтных смесей с учетом сродства структур // Вестник Центрального регионального отделения РААСН, Выпуск 18. Москва. 2014. С. 112–119.
15. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Гайнутдинов Р. Специфика твердения строительных растворов на основе сухих смесей // Вестник Центрального регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. Белгород: РААСН, БГТУ им. В.Г. Шухова, 2014. С. 93–98.
16. Lesovik V.S., Zagorodnuk L.H., Tolmacheva M.M., Smolikov A.A., Shekina A.Y., Shakarina M.H.I. Structure-formation of contact layers of composite materials // Life Science Journal. 2014. №11 (12s). С. 948–953.
17. Kuprina A.A., Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.H., Elistratkin M.Y. Anisotropy of Materials Properties of Natural and Man-Triggered Origin // Research Journal of Applied Sciences. 2014. №9. С. 816–819.
18. Lesovik V.S., Chulkova I.L., Zagordnyuk L.Kh., Volodchenko A.A., Popov D.Y. The Role of



the Law of Affinity Structures in the Construction Material Science by Performance of the Restoration Works // Research Journal of Applied Sciences. 2014. № 9. С. 1100–1105.

19. Ильинская Г.Г., Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Коломацкий А.С. Сухие смеси для отделочных работ на композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №4. С. 15–19.

20. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Ильинская Г.Г., Беликов Д.А. Сухие строительные смеси для ремонтных работ на композиционных вяжущих. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. 145с.

21. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Шамшуров А.В., Беликов Д.А. Композиционное вяжущее на основе комплексного органоминерального модификатора для сухих ремонтных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №5. С. 4–9

22. Толстой А.Д. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Ковалева И.А. Порошковые бетоны с применением техногенного сырья // Вестник МГСУ. 2015. №11. С. 101–109.

23. Лесовик В.С., Чернышева Н.В., Клименко В.Г. Процессы структурообразования гипсо-содержащих композитов с учетом генезиса сырья // Известия вузов. Строительство. 2012. №4. С. 3–11.

24. Чернышева Н.В. Использование техногенного сырья для повышения водостойкости

композиционного гипсового вяжущего // Строительные материалы. 2014. № 7. С. 53–56.

25. Лесовик В.С.. Интеллектуальные строительные композиты для 3D-аддитивных технологий // В сборнике: Эффективные строительные композиты. Научно-практическая конференция к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, доктора технических наук Баженова Юрия Михайловича. БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2015. С. 356–362.

26. Tschernyschowa N.W., Lessowik W.S., Fischer H.B., Drebesgowa M.J. Gipshaltige kompositbindemittel – zukunftsdes ökologischen bauen // в сборнике: 19-te internationale Baustofftagung Ibaustil 2015. 2015. с. 699-706.

27. Murtazaiev S.A.Y., Saidumov M.S., Lesovik V. S., Chernysheva N.V., Bataiev D.K.S. Fine-grained cellular concrete creep analysis technique with consideration for carbonation // Modern applied science. 2015. Т. 9. № 4. С. 233–245.

28. Чернышева Н.В., Дребезгов Д.А. Свойства и применение быстротвердеющих композитов на основе гипсовых вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 5. С. 125–133.

29. Чернышева Н.В., Лесовик В.С., Дребезгова М.Ю. Водостойкие гипсовые композиционные материалы с применением техногенного сырья. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 321 с.

**Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Chernysheva N.I., Glagolev E.S., Kucherov A.S., Drebezova M.Y., Kaneva E.V.**

### **MODERN THREE-DIMENSIONAL TECHNOLOGY AND FACTORS LIMITING THEIR**

*The article presents information on the modern three-dimensional technologies and the main factors constraining their development. In recent decades there has been revolutionary new approaches to construction, in particular three-dimensional printing technology construction features, allowing you to abandon the traditional formwork, which significantly reduces costs and allows to create various architectural forms of buildings and structures. For the development of construction of next generation technologies requires the development of new materials with desired controlled properties: quick setting time, high strength, uniformity and strength of adhesion between the various layers. The use of additive manufacturing technologies for the construction of buildings and structures will significantly reduce costs by reducing costs of materials and improve performance, discover new creative approaches to create a variety of architectural shape of our cities.*

**Key words:** *three-dimensional technology, additive manufacturing, 3D printing, technological-cal properties of the stacked composites, extrusion.*

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

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

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

**Загороднюк Лилия Хасановна**, доктор технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

E-mail: LHZ47@mail.ru



**Чернышева Наталья Васильевна**, доктор технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

E-mail: chernysheva56@rambler.ru

**Глаголев Евгений Сергеевич**, кандидат технических наук

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

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

**Кучерова Анна Сергеевна**, аспирантка кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

**Дребезгова Мария Юрьевна**, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

E-mail: mdrebezgova@mail.ru

**Канева Елена Вячеславовна**, аспирантка кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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