

УДК 691.53

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАК НАПРАВЛЕНИЕ К ОСВО- ЕНИЮ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Журавлёва А.Э. аспирант гр. АТТС-43, IV курс
Научный руководитель: Лесовик В.С., д.т.н., профессор
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г.Шухова
г. Белгород

Строительные аддитивные технологии большинством исследователей признаются крайне перспективным направлением быстрого возведения строительных объектов, широкое внедрение которого в повседневную практику повлечёт пересмотр всей парадигмы современного строительства, с выходом на новый уровень развития данной отрасли.[1]

Из большого количества способов аддитивного создания объектов, для целей строительства, на данный момент и ближайшую перспективу, наибольшее распространение получил способ экструдирования подвижных формовочных масс. При этом описываются две схемы организации данного процесса: с приготовлением формовочной массы во внешнем смесителе с последующей подачей в печатающую головку; с подачей сухой смеси в формующую головку, где производится её затворение.

Основной проблемой сдерживающей развитие строительной 3D печати является отсутствие специальных формовочных составов полностью отвечающих специфике данной технологии. Исследования, посвящённые данной теме, на настоящий момент, не многочисленны и носят, преимущественно, поисковый характер. [2]

Требуемые свойства формовочных смесей для строительной печати и бетонов на их основе формируются как из стандартных (прочность, плотность, морозостойкость и др.), так и специфических, таких как особые реологические свойства (пригодность к экструдированию, при одновременной способности сохранять форму после укладки в конструкцию), контролируемое время схватывания, быстрый набор прочности.

На основе проведённого анализа, публикаций, регулированию реологических характеристик смесей исследователями уделяется недостаточное внимание, сводимое к введению суперпластификатора. Для регулирования схватывания смеси предлагается использовать различные добавки ускорители (хлористый кальций, жидкое стекло и др.)

Разработка экспериментальной лабораторной установки позволит обрабатывать различные составы используя разные вяжущие, так же и формовать из этих составов многослойные конструкции. Это позволит не только наблюдать за тем как смесь поведёт себя с течением времени, но и то, как она вы-

держивает нарастающее давление (расплавляется или остаётся в прежней форме). [3]

Использование подобной установки, помимо всего прочего, позволит привлечь молодое поколение студентов, и не только, так как в наши дни это всем интересно. А наблюдение вживую за всеми процессами работы вызывает не малое любопытство даже у далёкого от строительства человека.

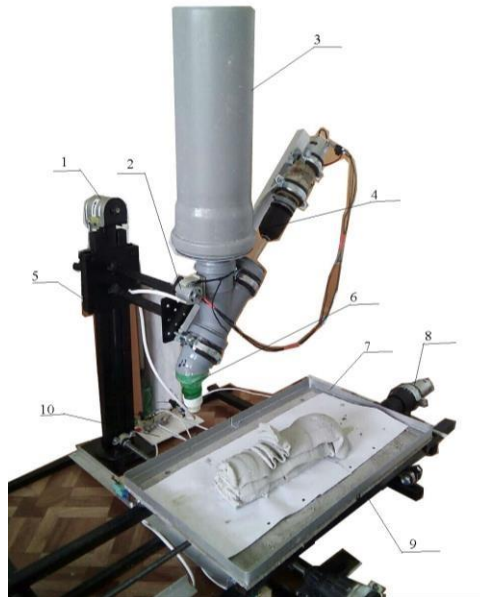


Рис. 1. Экспериментальная лабораторная установка: 1 - привод передвижения вверх и вниз; 2 - наружный порталный вибратор ; 3 - бункер смеси; 4 - миксер; 5 - шасси вертикального передвижения; 6- формующая насадка; 7-передвижная платформа для формования; 8-привод передвижения платформы в горизонтальной плоскости; 9-шасси вертикально-го передвижения; 10-система управления

Технические характеристики установки:

- Габариты - 87×75×60 см
- Вес – 7,5 кг
- Потребляемая мощность – 70 Вт
- Высота подъёма формующего устройства – 40 см

Исходными данными для разработки стала необходимость создания разработка шасси малогабаритного лабораторного строительного 3D принтера для проведения испытаний новых типов формующих устройств; создание штатного комплекта навесного оборудования (формующих устройств) для осуществления изучения свойств и сравнительного анализа формовочных составов; создание систем ручного и автоматизированного управления, предусматривающих адаптацию к применению испытываемых формующих устройств новых типов; разработка методических рекомендаций. На рисунке 1 показана схема данной установки.

Управляется вручную. Передвигать платформу можно двумя переключателями, которые передвигают её под прямым углом влево, вправо, вперёд,

назад и по диагоналям.



Рис. 2. Результат печати с формующей насадкой с отверстием в 7 мм

Печать смесью производится за счёт подачи её из бункера в миксер, который, в свою очередь, выдавливает смесь. Регулировать скорость подачи раствора можно регулятором скорости, который находится на пульте управления. Вместе с включённым миксером включается и вибратор, который вибрированием разжижает смесь поступающую через портал из бункера в миксер, тем самым не позволяя ей схватиться. [4]

На рельсах передвижения платформы присутствуют ограничители передвижения платформы, которые можно передвинуть на разные расстояния, что позволит по достижению платформы определённого положения не поехать дальше.

Установка удобна в обращении. По завершении пользования ею легко разбирается и моется. [5]

Всякая работа начинается с проб и ошибок. Эта работа не исключение. До получения результата изображённого на рисунке 1, было произведено пять неудачных попыток. Смеси или были слишком подвижные или слишком жёсткие, с растекающимся под тяжестью второго слоя первым или вообще не выходящим из сопля из-за малой подвижности. Позже получилась трёхуровневая стена, но она осела из-за неравномерности нанесённых слоев.

Спустя определённое время был получен хороший результат и продолжив эксперимент в правильном направлении был достигнут результат изображённый на рисунке 2.

В итоге, добавив некоторые коррективы, получился улучшенный состав позволяющий производить печать не одной стены, а всех четырёх и причём довольно высокую благодаря многослойности, рисунках 3-4. [6]



Рис. 3. Напечатанный из улучшенного состава домик (с окнами)



Рис. 4. Результат печати и удаления из схватившегося образца оконных вставок. Готовый домик

Можно так же добавить, что к самой печатающей установке принтера можно применять различные усовершенствования. Такими могут стать: многообразные насадки формующей головки, многоосевое передвижение головки и платформы, компьютерное управление, более точные параметры высот на которые поднимается установка. [7]

3D технологии дело перспективное, нужны смеси для печати, как разрабатывать и на чём испытывать не ясно. Решением данного вопроса может стать проектирование различных составов смеси и параллельно проведение их испытаний на послойной печати из данной установки. Этот путь, позволит не только наблюдать за поведением смесей, корректировкой их составов, но и создавать различного вида образцы. [8]

Перед началом испытанием лабораторной установкой смеси, мы ставим задачи: добиться правильной формы изделия; равномерной толщины слоёв; умеренная текучесть и производство равномерной подачи смеси; применение подходящей формующей насадки; добиться пастообразной консистенции смеси. [9]

В процессе формирования состава и порядка простых действий анализа начальных ошибок стал состав :

- 1) 20% (масс) КВ, (композиционного вяжущего);
- 2) 50% (масс) Песка, (фракции песка 2,5-1,25);
- 3) 10% (масс) модифицирующая добавка (для регулирования реологи-

ческих характеристик)

- 4) 3,5 мл Мурапласта;
- 5) 20% Воды.

Приготовив данный состав в чаше, мы загружаем его в бункер. Используется плоское отверстие формующей насадки. Включив миксер, смесь начала выходить из отверстия и в этот момент мы начинаем передвигать платформу формования горизонтально вправо, что позволяет напечатать равномерный слой. Было сделано ещё четыре таких слоя выше текущего. В результате было выяснено из этого образца что смесь обладает излишней подвижностью, которая объясняется её растеканию с каждым слоем. Выход смеси 120 грамм в 42 секунды.

Во втором составе были произведены корректировки:

- 1) 20% (масс) КВ;
- 2) 60% (масс) Песка, (фракции песка 2,5-1,25);
- 3) 12% (масс) модифицирующая добавка;
- 4) 3,5 мл Мурапласта;
- 5) 15% Воды.

Выход смеси: 332 грамма в 20 секунд.

Проведя аналогичные приготовления, процесс загрузки и печати, выявили ещё одно решение проблемы печати и положительные качества приготовленного состава. Использовалась хоботко-образная насадка. Смесь получилась подвижной, держащей форму, но всё же недостаточно хорошей. Из-за образования, в портале между бункером миксером, уплотнённой среды, смесь приходится штыковать, т.к. вибратор не справляется.

Проведя ещё несколько испытаний с этим составом, были устранены некоторые неполадки в установке и появились планы третьего состава:

- 1) 10% (масс) КВ;
- 2) 65% (масс) Песка, (фракции песка 2,5-1,25);
- 3) 10% (масс) модифицирующая добавка;
- 4) 3,5 мл Мурапласта;
- 5) 16% Воды.

Выход смеси: 201 грамм в 15 секунд.

Насадка использовалась та же. Смесь вышла хорошей, пастообразной консистенции. Держит форму, не расслаивается. Для лучшего качества печати с этой смесью необходимо, чтобы сопло насадки было прямо на выдавленной смеси и при выдавливании её с помощью передвижения проглаживало поверхность. Это позволяет создать устойчивую поверхность для следующих слоёв.

В итоге, эта финальная смесь является удовлетворяющей поставленной нами задаче.

В ходе выполнения работы прослеживается закономерность, что для работы с лабораторной установкой стоит работать со смесями пастообразной консистенции и избегать получение составов с более или менее подвижной текучестью. А что касается установки, то её слабыми местами являются виб-

ратор, плоскости передвижения и ручное управление. [10]

Таким образом данная работа показывает, что в условиях лабораторий можно не прибегать к большим объемам строительной смеси, чтобы напечатать образец. В учебном и коммерческом направлениях будет очень полезна, и в условиях современных темпов развития может послужить хорошей опорой в строительной отрасли.

Список литературы

1. Литвинцева Е. Битва за 3D: приживутся ли в России «напечатанные» дома // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2016. Т. 9-10. С. 48-49.
2. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении. Белгород, 2016. 286 с.
3. Ивасюта А.В., Иванов Н.А. Перспективы использования технологии 3d-печати при строительстве зданий и сооружений // Научное обозрение. 2016. № 9. С. 52-55.
4. Рощин В.А., Гнездилов С.Г. Применение объемной печати в строительстве // Механизация строительства. 2016. Т. 77. № 4. С. 16- 21.
5. Лунева Д.А., Кожевникова Е.О., Калошина С.В. Применение 3d-печати в строительстве и перспективы ее развития // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2017. Т. 8. № 1. С. 90-101.
6. Пермяков М.Б., Пермяков А.Ф., Давыдова А.М. Аддитивные технологии в строительстве // European Research. 2017. № 1 (24). С. 14- 15.
7. Лесовик В.С., Чернышева Н.В., Глаголев Е.С., Дребезгова М.Ю., Ермолаева А.Э. 3D-аддитивные технологии в сфере строительства // 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. 157-167.
8. Герасимов М.Д., Горшков П.С., Бражник Ю.В., Грудина В.А. Разработка предложений по использованию вариаций насадок (сопел) для строительного 3d принтера // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 5. С. 89-97.
9. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Реологические свойства газобетонной смеси на основе нетрадиционного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г.Шухова. 2012. №3. С. 45-48.
10. Алфимова Н.И., Лесовик В.С., Савин А.В., Шадский Е.Е. Перспективы применения композиционных вяжущих при производстве железобетонных изделий // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. №5 (88). С. 95-99.