

УДК 691.32

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ БЕТОННАЯ СМЕСЬ ДЛЯ АДДИТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА



SPECIALIZED CONCRETE MIX FOR ADDITIVE CONSTRUCTION TECHNOLOGY

Самандасюк Г.В.

ассистент преподавателя,
Кубанский государственный технологический университет.
Gleb6730@gmail.com

Кашин Н.С.

студент,
Кубанский государственный технологический университет.
Nikita.kashin2017@yandex.ru

Пахучая Д.С.

студентка,
Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. В строительстве, как и во многих других сферах, технологии продолжают развиваться, никогда не останавливаются на достигнутом. Сегодня строительство активно применяет новейшие разработки, в результате которых человеческое вмешательство в процессы становится минимальным. Особенно интересной областью для изучения является использование оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ), таким примером является строительный 3D-принтер, который в последнее десятилетие набирает популярность. Благодаря аддитивным технологиям, теперь можно строить дома без использования опалубки и без значительного участия рабочей силы на строительной площадке.

Ключевые слова: строительство, 3D-печать, аддитивные технологии, строительные материалы, мелкозернистый бетон, ресурсосберегающая технология, малоэтажное строительство.

Samandasyuk G.V.

Teaching Assistant,
Kuban State Technological University.
Gleb6730@gmail.com

Kashin N.S.

Student,
Kuban State Technological University.
Nikita.kashin2017@yandex.ru

Pakhuchaya D.S.

Student,
Kuban State Technological University

Annotation. In construction, as in many other areas, technology continues to evolve, never stopping there. Today, construction is actively using the latest developments, as a result of which human intervention in the processes becomes minimal. A particularly interesting area to study is the use of numerical control (CNC) equipment, such an example is the construction 3D printer, which has been gaining popularity in the last decade. Thanks to additive technologies, it is now possible to build houses without using formwork and without significant labor participation on the construction site.

Keywords: construction, 3D printing, additive technologies, building materials, fine-grained concrete, resource-saving technology, low-rise construction.

Введение. Аддитивные технологии являются частью четвертой промышленной революции (Индустрия 4.0), представляющей новый подход к производству. Он основан на широком использовании информационных технологий в промышленности, автоматизации бизнес-процессов и распространении искусственного интеллекта. Внедрение аддитивных технологий в строительство и производство строительных материалов и конструкций, таких как 3D-печать, позволяет ускорить процесс возведения индивидуального жилья без потери его качества и эксплуатационных характеристик, а также увеличить архитектурное разнообразие. Благодаря сокращению времени, затрачиваемого на ряд строительных операций, снижению материалоемкости и ручного труда, сроки строительства значительно сокращаются. Существующий зарубежный и отечественный опыт подтверждает перспективность направления: так компания ООО «Ясени» начали строительство туристической базы в станице Должанской применяя аддитивные технологии.

Основная часть. С учётом проведённых исследований установлено, что мелкозернистый бетон для строительных 3D принтеров должен соответствовать дополнительным требованиям по реологии. Бетонная смесь должна обладать таким параметром, как формоустойчивость.

Повысить формоустойчивость без риска образования холодного шва в конструкции можно за счет увеличения тиксотропных свойств смеси. С этой целью предполагается использовать подготовленную рисовую лузгу, являющуюся отходом рисо-переработки и возобновляемым источником сырья. Результатом исследования является внедрение оптимально подобранного состава бетонной смеси, которая будет отвечать требованиям ГОСТа. В ходе исследования пришлось решить такие задачи как:

- Определить наиболее эффективные фракции рисовой лузги с точки зрения повышения тиксотропии;
- Совершенствовать предложенный метод определения формоустойчивости смеси и сопоставление результатов с известными методами определения пластической прочности;
- Исследование предложенного параметра «самонесущей способности», как комплексной характеристики, включающей в себя не только пластическую прочность, но и среднюю плотность смеси;
- Установить основные физико-механические показатели бетонов с высокой формоустойчивостью.

На наш взгляд, формоустойчивость как одно из проявлений тиксотропии смесей в технологии бетонов и растворов может быть повышена различными рецептурными методами:

- Введение микроволокна (фибра) в состав;
- Применение водорастворимых полимеров (эфиров целлюлозы) определенной вязкости;
- Увеличение площади контактов минеральных составляющих посредством повышения их удельной поверхности за счет измельчения.

В технологии 3D-печати, когда каждый нижележащий слой экструдированной мелкозернистой бетонной смеси должен выдерживать вес вышележащего без деформации, способность быстро восстанавливать внутренние связи в свежееизготовленной смеси является принципиально важным свойством.

Методика исследования. Методика исследований заключается в рациональном подборе состава раствора с использованием рисовой лузги, который будет удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к строительству с использованием 3D принтера.

Для определения необходимой фракции лузги для раствора, необходимо провести следующие исследования:

- определения оптимального водоцементного отношения;
- погружения конуса, с целью исследования подвижности бетонной смеси;
- фиксации плотности раствора;
- определения пластической прочности, используя метод конического пластометра;
- исследование раствора на формоустойчивость
- погружения бетонной смеси в металлоформы для дальнейшего твердения;
- определения прочности на изгиб и сжатие в возрасте 7 и 28 суток.

Согласно ГОСТ Р 59097-2020 и ГОСТ Р 59096-2020

Номенклатура характеристик материалов для АСП должна в полной мере отражать их основные свойства. Перечень необходимых характеристик определяют на основе анализа условий эксплуатации строительных объектов и конструкций, изготавливаемых из конкретных материалов для АСП.

В технологии строительства с использованием 3D принтера, необходимым условием является то, что слой бетонной смеси после его нанесения, должен быть формоустойчив, а также иметь способность выдерживать на себе последующие слои.

Первый этап лабораторных исследований включает: исследование влияния дробленой лузги на свойства мелкозернистого бетона, изучение и анализ реологических свойств бетонной смеси. Данный этап включает подбор нужной фракции рисовой лузги, подбор и измерение подвижности смеси при помощи конуса СТРОЙЦНИЛа, исследование динамики набора пластической прочности при помощи конического пла-

стометра, проведение испытаний на модернизированном приборе Вика, цель которого определить такой показатель как формоустойчивость.

Заключение. В выполненной научно-исследовательской работе Определена наиболее эффективная фракция рисовой лузги с точки зрения повышения тиксотропии, а именно фракция 1,25–2,5. Был совершенствован предложенный метод определения формоустойчивости смеси, а именно: разработана установка Вика-М, при помощи которой появилась возможность измерить такой параметр как формоустойчивость, сопоставляя полученные результаты с известными методами определения пластической прочности. Исследован параметр «самонесущая способность». Установлены основные физико-механические показатели бетонов с высокой формоустойчивостью. Осуществлен анализ литературных и патентных источников на предмет изучения состояния вопроса в области аддитивных технологий (3D-печати) в строительстве. В результате анализа установлена актуальность данной технологии для строительной отрасли. Вместе с тем, выявлен существенный пробел в части создания проверенных, научно-обоснованных составов для бетонирования таким способом. Разработан состав мелкозернистой бетонной смеси на основе рисовой лузги, отвечающей специфическим для данной технологии требованиям. Изучены свойства предложенного состава, показаны основные закономерности влияния вещественного состава на свойства полученного композита.

Литература

1. Удодов С.А. 3D-печать в строительстве: новое направление в технологии бетона и сухих строительных смесей / С.А. Удодов, Ф.А. Белов, А.Е. Золотухина.
2. Самандасюк Г.В. Аддитивные технологии в строительстве / Г.В. Самандасюк, И.А. Слесарев, М.С. Кожен.
3. Удодов С.А. Сборно-аддитивные технологии с применением местного сырья и 3D-принтера / С.А. Удодов, Г.В. Самандасюк, М.А. Малеев.
4. Шатило В.С. Реализация технологии аддитивной печати строительных конструкций / В.С. Шатило М.С. Чепчуров // Образование. Наука. Производство: материалы X Международного молодежного форума с международным участием, Белгород, 01–15 октября 2018 года. – Белгород : Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова, 2018. – С. 1735–1745.
5. Мухаметрахимов Р.Х. Технология и контроль качества строительной 3D-печати / Р.Х. Мухаметрахимов, Л.В. Зиганшина // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2022. – № 1(59). – С. 64–79.

References

1. Udodov S.A. On 3D printing in construction: a new direction in the technology of concrete and dry building mixes / S.A. Udodov, F.A. Belov, A.E. Zolotukhina.
2. Samandasyuk G.V., Slesarev I.A., Kozen M.S. Additive technologies in construction.
3. Udodov S.A. Sorption additive technologies using remote scanning and 3D printer / S.A. Udodov, G.V. Samandasyuk, M.A. Maleev.
4. Shatilo V.S. Implementation of technology of additive printing of building structures / V.S. Shatilo, M.S. Chepchurov // Education. Science. Production: materials of the X International Youth Forum with International participation, Belgorod, October 01–15, 2018. – Belgorod : Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 2018. – P. 1735–1745.
5. Mukhametrakhimov R.H. Technology and quality control of construction 3D printing / R.H. Mukhametrakhimov, L.V. Ziganshina // Proceedings of the Kazan State University of Architecture and Civil Engineering. – 2022. – № 1(59). – P. 64–79.