

В. А. Хватынец,
магистр технических наук, аспирант,
Л. М. Парфёнова,
кандидат технических наук, доцент,
Полоцкий государственный университет

**ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА БЕТОННОЙ СМЕСИ ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ
THE EFFECT OF PLASTICIZING ADDITIVES ON THE TECHNOLOGICAL
PROPERTIES OF CONCRETE MIX FOR 3D-PRINTING**

Аннотация: В статье рассматривается возможность применения пластифицирующих добавок для улучшения технологических свойств бетонной смеси для 3D-печати. Рассмотрены основные критерии применения суперпластификаторов и взаимосвязь с минеральными добавками. Описывается возможное влияние суперпластификаторов на характеристики бетонной смеси, относящихся к основным при 3D-печати.

Abstract: The article discusses the possibility of using plasticizing additives to improve the technological properties of concrete mix for 3D-printing. The main criteria for the use of superplasticizers and the relationship with mineral additives are considered. The possible influence of superplasticizers on the characteristics of the concrete mixture related to the main ones in 3D-printing is described.

Ключевые слова: пластификатор, бетонная смесь, 3D-печать, строительный 3D-принтер, технологические свойства.

Key words: plasticizer, concrete mix, 3D-printing, construction 3D-printer, technological properties.

Использование новых разновидностей 3D-принтеров и технологических решений, позволяет увеличивать перечень возможных изготавливаемых конструкций [1–3]. Для ещё большего внедрения технологии в строительную отрасль, и повсеместного использования, следует разработать новые и усовершенствовать имеющиеся материалы для печати.

При разработке состава бетонной смеси для строительного 3D-принтера, особое внимание следует уделять контролю технологических свойств [4]. Именно технологические свойства, на начальном этапе разработки нового состава, позволяют оценить его дальнейшую пригодность для использования. Бетонная смесь должна быть одновременно достаточно подвижной, для возможности прокачки через трубы из резервуара к печатающей головке принтера, и одновременно жёсткой, для сохранения формы при нанесении последующих слоёв.

Данное сочетание свойств невозможно реализовать без добавления суперпластификаторов в состав бетонной смеси. При увеличении количества воды, увеличивается и подвижность, однако теряется жёсткость и в дальнейшем уменьшаются прочностные характеристики бетона. Наличие суперпластификатора в составе, позволяет увеличивать подвижность без изменения жёсткости и снижения прочностных характеристик бетона.

Основной эффект действия суперпластификаторов наблюдается не более 2–3 часов [5]. После первоначального замедления процесса гидратации наступает ускоренное твердение бетона. Таким образом, введением пластификаторов можно регулировать не только реологические характеристики, но и сокращать время окончания схватывания, что в свою очередь

также важно для бетонной смеси, применяемой в строительном 3D-принтере. Так же, добавление суперпластификатора ускоряет набор ранней прочности, что требуется для возможности нанесения последующих слоёв на уже существующие.

Помимо сокращения время окончания схватывания, известен факт влияния суперпластификаторов на время начала схватывания. Таким образом, добавление суперпластификаторов увеличивает время начала схватывания [6]. Уменьшение влияния добавки на процессы гидратации возможно при включении в состав минеральных модификаторов, таких как зола, микрокремнезём и метакаолин.

Установлено, что наибольшей эффективностью обладает 30% раствор суперпластификатора [7]. В эксперименте исследовались 25%, 30% и 35% растворы суперпластификатора и их влияние на характеристики бетонной смеси. Так, максимальная кинетика набора прочности зафиксирована у 30% раствора, как и лучший показатель водоредуцирующей способности.

В статье рассматривается влияние суперпластификатора Sikaplast 2135 на реологические свойства гипсоцементных паст [8]. Установлено, что добавление суперпластификатора до 0,1% от массы вяжущего, незначительно снижает предел текучести и пластическую вязкость, при одновременном сохранении свойств нелинейного вязко-пластичного тела. При необходимости явного увеличения вязкопластичных свойств, следует увеличить количество добавки до 0,3–0,5%, что приводит к снижению текучести почти до нуля.

Оптимальная дозировка суперпластификатора не приводит к уменьшению прочностных характеристик бетона, что связано с дефлокулирующим действием добавки, сопровождающееся снижением водопотребности.

Применение суперпластификаторов на основе лигносульфонатов так же возможно, за счёт схожести свойств с поликарбоксилатными эфирами [9]. Оценивало влияние различного процентного содержания пластифицирующих добавок, и исследования показали лучший результат при содержании 0,3–0,7%.

При добавлении суперпластификаторов в состав бетонной смеси для строительного 3D-принтера, следует исследовать влияние не только на подвижность и прочность бетона, но и на модуль упругости [10]. Так, исследования влияния пластифицирующих добавок на модуль упругости показали, что изменения для цемента, выпускаемого одним и тем же заводом – стабильны. Отдельно следует исследовать влияние добавки с каждым применяемым цементом, так как модуль упругости может как увеличиться, так и уменьшиться. Суперпластификаторы на основе эфиров поликарбоксилатов изменяют относительную величину модуля упругости в пределах 10%.

На основании полученных данных, следует что добавление суперпластификаторов в состав бетонной смеси для строительного 3D-принтера является обязательным, что приводит к улучшению технологических и прочностных свойств. При этом, особое внимание следует уделять процентному содержанию суперпластификатора и взаимодействию с минеральными добавками. Отдельно требуется изучения взаимодействия основного химического вещества добавки с определённым видом цемента, что так же может иметь различные результаты.

Таким образом, при правильной дозировке и верному подбору не только суперпластификатора, но и минеральных добавок, возможно значительное улучшение свойств бетонной смеси для 3D-печати.

Литература:

- 1. Хватынец, В. А. Современный уровень развития строительных 3D-принтеров / В. А. Хватынец, Л. М. Парфёнова // Архитектурно-строительный комплекс: проблемы, перспективы, инновации. – Новополюк, 28–29 нояб. 2019. – Электронный сб. ст. II междунар. науч. конф. – С. 327–331.*
- 2. Хватынец, В. А. 3D-принтеры используемые в строительной отрасли / В. А. Хватынец, Н. В. Ращинский // Научная платформа: дискуссия и полемика. – Кемерово, 13 сент. 2021. – Сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. – С. 23–25.*

3. Хватынец, В. А. Современные 3D-принтеры и их возможности / В. А. Хватынец, Н. В. Ращинский // Научная платформа: дискуссия и полемика. – Кемерово, 13 сентября 2021. – Сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. – С. 25–28.
4. Хватынец В. А. Современные подходы в определении технологических свойств бетонной смеси для 3D-печати / В. А. Хватынец, Л. М. Парфёнова // Архитектурно-строительный комплекс: проблемы, перспективы, инновации. – Новополоцк, 29–30 апр. 2021. – Электронный сб. ст. – С. 216–219.
5. Ганиев А. Г. Исследование влияния суперпластификатора на свойства бетона / А. Г. Ганиев // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2019. – №. 12–1. – С. 41–43.
6. Несветаев Г. В. Контракция портландцемента в присутствии суперпластификаторов и минеральных модификаторов / Г. В. Несветаев, Г. С. Кардумян, В. Ф. Та, Л. А. Хомич, А. М. Блягоз // Новые технологии. – 2012. – №. 4. – С. 125–128.
7. Сорокина Н. С. Влияние суперпластификаторов на свойства бетонной смеси / Н. С. Сорокина, А. Н. Пахомов, Р. Ю. Банин // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2014. – №. 6-1.
8. Дребезгова М. Ю. Влияние суперпластификатора sikaplast 2135 на реологические свойства гипсоцементных паст / М. Ю. Дребезгова, Н. В. Чернышева, А. С. Евсюкова, Д. Н. Кладиева // Фундаментальные основы строительного материаловедения. – 2017. – С. 211–217.
9. Корчунов И. В. Влияние эффективных водоредуцирующих добавок на свойства цемента / И. В. Корчунов, А. О. Торшин, С. Е. Курдюмова, Е. А. Дмитриева, Е. Н. Потапова // Сухие строительные смеси. – 2017. – №. 2. – С. 31–35.
10. Несветаев Г. В. О влиянии суперпластификаторов и минеральных добавок на величину начального модуля упругости цементного камня и бетона / Г. В. Несветаев, Г. С. Кардумян, В. Ф. Та, Л. А. Хомич, А. М. Блягоз // Новые технологии. – 2012. – №. 4. – С. 118–121.