

УДК 666.9.035

Майорова Н. С.

Старший преподаватель

*Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ухтинский государственный
технический университет»*

Россия, г. Ухта

ПОДБОР МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ САМОУПЛОТНЯЮЩИХСЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ 3D – ПЕЧАТИ

Аннотация: В современном мире активно внедряются аддитивные технологии при строительстве объектов различного назначения. Использование 3D- принтеров даёт возможность изготавливать объекты строительства как целиком, так и отдельные конструкции. Для печать требуются бетонные смеси с определёнными реологическими свойствами, которых достигают путем введения пластифицирующих добавок.

Ключевые слова: самоуплотняющиеся бетонные смеси, пластификатор, тонкие фракции песка, водопоглощение.

Majorova N. S.

Senior Lecturer

*Federal State Budgetary
Educational Institution of Higher
Education Ukhta State Technical
University*

Russia, Ukhta

SELECTION OF MATERIALS FOR SELF-COMPACTING CONCRETE MIXTURES USED FOR 3D - PRINTING

Abstract: In the modern world, additive technologies are actively being introduced in the construction of various objects. The use of 3D printers makes it possible to manufacture construction objects both in their entirety and individual structures. Printing requires concrete mixtures with certain rheological properties, which are achieved by introducing plasticizing additives.

Keywords: self-compacting concrete mixtures, plasticizer, fine sand fractions, water absorption

В настоящее время во многих отраслях используются аддитивные технологии, в том числе и строительстве. Наибольшее распространение в строительстве такие технологии получили в США, Китае и Нидерландах [1].

Очень важную роль для дальнейшего развития технологии, играет подбор состава бетонной смеси для 3D – принтера. Бетонная смесь должна обладать высокой подвижностью и одновременно быть жесткой, чтобы могла прокачиваться через трубы к печатающей головке и сохраняла форму при нанесении последующих слоёв. Для смесей с такими характеристиками необходимы не только качественные вяжущие и заполнители, но и гиперпластификаторы, микрокремнезем или дегидротированные каолины высокой дисперсности, каменная мука или плотные реакционно-активные золы ТЭЦ.

На основе имеющихся материалов подбирались составы с высокой прочностью и высокими реологическими свойствами. Подбор компонентов для самоуплотняющейся бетонной смеси потребовал оптимизации гранулометрического состава. В качестве уплотнителя структуры был взят кварцевый песок $M_k=1,2$, из которого отделили тонкие фракции песка диаметром менее 0,16 мм.

Исследование тонких фракций показало их отличие от более крупных фракций песка этого же месторождения. Фракции песка менее 0,16 мм имеют более низкую водопотребность, чем фракции песка диаметром более 0,16 мм.

Исследования выявили возможность тонкодисперсной добавки выполнять роль не только уплотнителя структуры, но и способствовать водоредуцированию смеси, что является необходимой особенностью пластичных смесей с высокой прочностью. Так, водоудерживающая способность рядового песка составила 18,3 %, фракции менее 0,315 мм – 19,6%, фракции менее 0,16 мм– 16,5%.

Водоредуцирующий индекс тонкой фракции рассчитан по методике профессора Калашникова, и составил 0,91 [2]. При расчёте по водотвердому отношению, водоредуцирующий эффект смеси при отношении, «цемент: тонкие фракции» (по модулю) при одинаковом распыле конуса составил 0,88%, с пуццолановым цементом, отличающимся повышенной водопотребностью равной 33 %.

Распыл конуса на фракционированном песке с расчётом пустотности, при В/Т=0,2 составил 220 мм, что более необходимых 200 мм. Основные показатели получившихся результатов, представленные в таблице 1

Таблица 1 – Характеристика растворной смеси и прочность образцов

Состав	I	II	III	IV
Цемент, %	37	15,5	50	30
Песок, % (фр. 0,63 –1,25мм)	35	41,3	-	-
Песок, % (фр. 0,315 мм)	18,5	29,3	40	56
Тонкие фракции, %	9,25	13,8	10	14
В/Т	0,15	0,14	0,2	0,2
В/Ц	0,4	0,9	0,4	0,66

Распływ конуса, мм	122	230	140	220
ρ_m , г/см ³	2,1	2,26	1,95	1,95
$R_{изг}$, кг/см ²	41	32	-	40,7
$R_{сж}$, кг/см ²	305	81	205	144

Из таблицы 1 видно, при замене части цемента (составы II и IV) тонкодисперсными частицами, увеличивается водоцементное отношение, хотя отношение воды к сумме твердых частиц остается таким же, увеличивается распływ конуса – 230 и 220 мм. Использование мелкого песка распływ несколько снизило.

Можно предположить, что фракции 0,315 и менее до 0,16 мм в песке являются наиболее нежелательными, характеризующимися водоудерживающей способностью, а они являются преобладающими в составе песка: фракция 0,315 мм – 27 %, фракция менее 0,315 до 0,16 мм еще больше – 41 %; тем самым снижая прочность образцов.

Прочность составов соответствует содержанию вяжущего: повышение расхода цемента ведёт к росту прочности. Лучший результат получился, когда к цементу добавили тонкие фракции песка, мало удерживающие воду.

Проводилось исследование образцов, после их твердения в нормальных условиях, и после – водонасыщения и 7 циклов замораживания – оттаивания. Наиболее эффективна добавка тонких фракций песка при большем количестве цемента.

При содержании в составе 15 % цемента, введение тонких фракций 10% было малоэффективным, но лучше, чем при введении тонких фракций в количестве 30 %. Лучший результат дал состав: цемента 30% и тонких фракций 10 %. При большой разнице В/Ц, В/Т все составы показали близкие результаты. Наибольшая плотность и прочность получается при увеличении цемента и 10% тонких фракций кварцевого песка. Добавка тонких фракций песка до 50% от массы цемента разрыхляет структуру

цементного камня и увеличивает капиллярную систему, что вызывает рост водопоглощения.

Водопоглощение образцов с разным содержанием цемента и тонких фракций почти одинаково, что свидетельствует о заполнении капиллярного пространства и уплотнении его отсевами кварцевого песка.

Когда расчетные смеси содержат тяжелый и плотный тонкодисперсный порошок, можно добиться большой текучести смеси, что необходимо для самоуплотняющихся составов.

Список использованных источников:

1. Калашников В.И. Виды реологических матриц в бетонной смеси. Стратегия повышения прочности бетона и экономии его в конструкциях // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века –2007, №5.

2. 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. – Новополюцк, 29–30 апр. 2021. – Электронный сб. ст. – С. 216–219.