

ВЯЖУЩИЕ ДЛЯ 3D-СТРОИТЕЛЬСТВА НА ОСНОВЕ ЦЕМЕНТА, ЖИДКОГО СТЕКЛА И ПЛАСТИФИКАТОРОВ

О. В. Лобанова, Г. В. Гришин, А. А. Чечев

Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

Исследована зависимость прочности при сжатии и времени схватывания портландцемента с добавлением жидкого стекла, пластификаторов С-3 и Глениум 115 в различных пропорциях. Даны рекомендации по составу вяжущего для 3D строительства.

Ключевые слова: вяжущие для 3D строительства, суперпластификаторы, гиперпластификаторы, начало схватывания, сокращение срока схватывания.

Введение

Технологии 3D-печати в последнее время революционно захватывают строительный рынок, так как позволяют без ущерба для эксплуатационных качеств конечной продукции автоматизировать самый трудоемкий этап строительства — возведение несущих и ограждающих конструкций, и в потенциале прокладку инженерных сетей, отделочные работы.

Технология заключается в экструзии слой за слоем специального бетона по заложенному программой контуру.

Преимущества технологии 3D-печати:

- скорость строительства (срок строительства можно сократить на 50-70 процентов);
- экономия себестоимости (до 50 процентов);
- энергосбережение;
- эффективное использование строительных материалов, в том числе вторичных строительных ресурсов;
- разнообразие объемно-планировочных и архитектурных решений.

Вяжущие составы, применяемые в 3D-печати должны обладать необходимыми свойствами, чтобы обеспечить достаточную прочность, теплопроводность, морозостойкость конструкций. Тем не менее, основным свойством вяжущего должно являться быстрое твердение цементного камня, чего можно добиться за счет введения различных добавок

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось на различных составах на основе портландцемента ПЦ400 Д20.

Характеристики цемента:

Начало схватывания – 80 мин.;

Конец схватывания – 255 мин.;

Прочность при сжатии кубиков 2х2 см – 21,5 МПа.

Нами была поставлена цель получения состава со сроком начала схватывания менее 30 минут и прочностью не менее прочности портландцемента (ПЦ).

В настоящей работе мы исследовали, как содержание различных добавок влияет на прочность при сжатии и сроки схватывания.

Были рассмотрены следующие составы:

- 1) ПЦ с добавлением суперпластификатора С-3 в пропорции 0,5%; 0,7%; 1%.
- 2) ПЦ с добавлением гиперпластификатора Глениум 115 в пропорции 0,5%; 0,7%; 1%.
- 3) ПЦ с добавлением жидкого стекла в пропорции 1%; 1,5%, 2%.

Прочность на сжатие определяли на кубиках размером 2х2 см на 1, 3, 7 и 14 сутки. Определение теста нормальной густоты, сроков схватывания, равномерности изменения объема цемента осуществляли по ГОСТ 310.2-76 «Цементы. Методы определения тонкости помола».

Результаты и их обсуждение

В результате эксперимента было установлено, что с добавлением суперпластификатора С-3 увеличивались сроки схватывания, по сравнению с обычным ПЦ. По графику (рисунок 1) мы можно наблюдать, что, чем выше содержание С-3, тем дольше твердеет цементный камень. В то же время по графику зависимости прочности при сжатии от содержания добавки С-3 и времени твердения (рисунок 2) мы можем наблюдать, что прочность увеличивается при увеличении содержания пластификатора С-3.

Таким образом, добавка С-3 увеличивает сроки схватывания и увеличивает прочность при сжатии.

ВЯЖУЩИЕ ДЛЯ 3D-СТРОИТЕЛЬСТВА НА ОСНОВЕ ЦЕМЕНТА, ЖИДКОГО СТЕКЛА И ПЛАСТИФИКАТОРОВ

При добавлении гиперпластификатора Глениум 115 наблюдаем сокращение сроков начала схватывания (рисунок 3). Чем больше добавки Глениум 115 (от 0,5 до 1%), тем меньше сроки начала схватывания, при содержании добавки 1% начало схватывания составляет 55 минут, конец схватывания 95 минут. Время конца схватывания сокращается только в случае введения добавки в размере 1%. В остальных случаях конец наступает позднее, чем в контрольном образце без применения Глениум 115.

Из графика зависимости прочности при сжатии от содержания добавки Глениум 115 и времени твердения (рисунок 4) можем наблюдать, что прочность на сжатие возрастает, с увеличением количества добавки Глениум 115 и превышает прочность образцов из ПЦ.

Добавка Глениум 115 сокращает сроки начала схватывания, сокращает сроки конца схватывания при применении в размере более 1% и увеличивает прочность на сжатие.

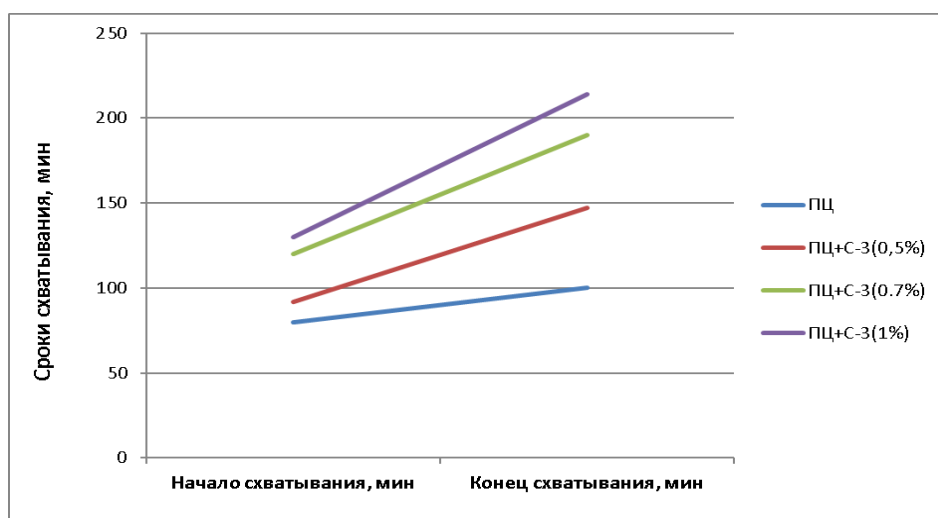


Рисунок 1 – График зависимости сроков схватывания ПЦ от наличия и пропорции суперпластификатора С-3

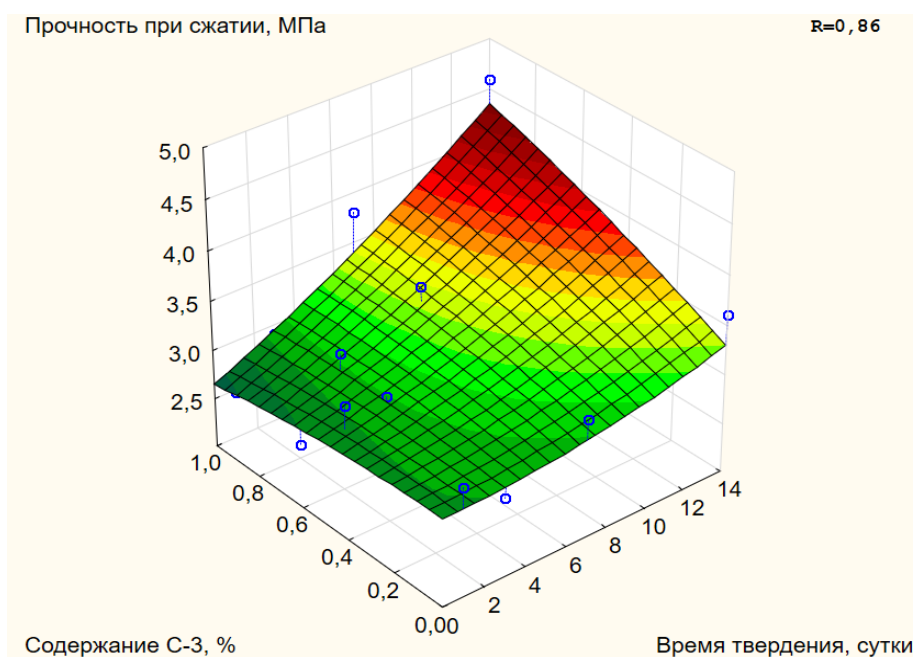


Рисунок 2 – Зависимость прочности при сжатии от содержания добавки С-3 и времени твердения

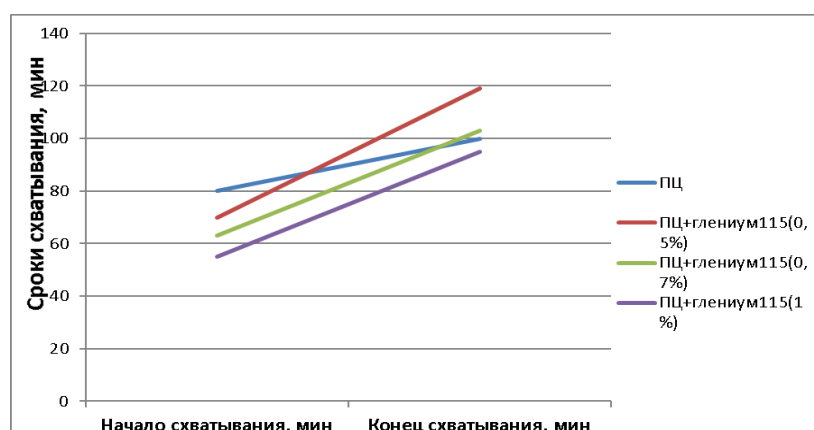


Рисунок 3 – График зависимости сроков схватывания ПЦ от наличия и пропорции гиперпластификатора Глениум 115

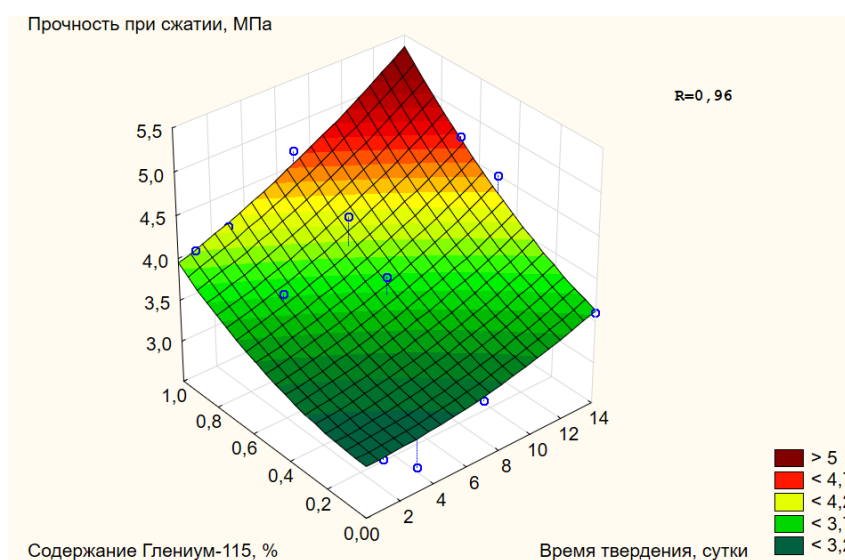


Рисунок 4 – Зависимость прочности при сжатии от содержания добавки Глениум 115 времени твердения

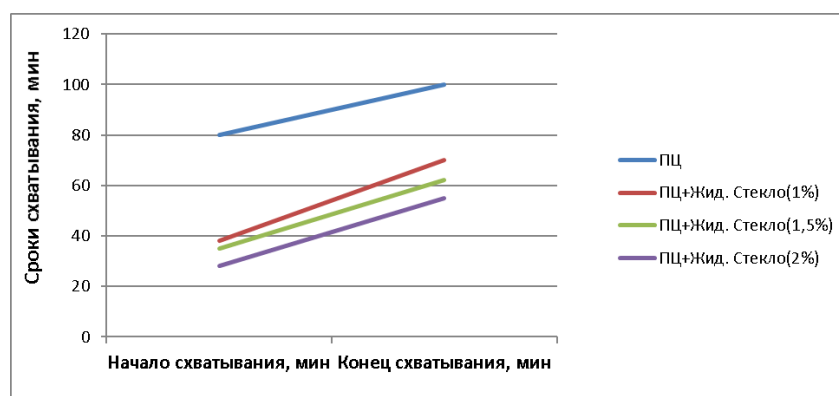


Рисунок 5 – График зависимости сроков схватывания ПЦ от наличия и пропорции жидкого стекла

ВЯЖУЩИЕ ДЛЯ 3D-СТРОИТЕЛЬСТВА НА ОСНОВЕ ЦЕМЕНТА, ЖИДКОГО СТЕКЛА И ПЛАСТИФИКАТОРОВ

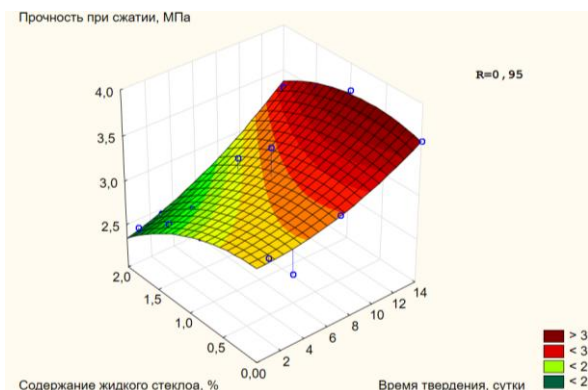


Рисунок 6 – Зависимость прочности при сжатии от содержания добавки жидкое стекло и времени твердения

При применении добавки жидкое стекло сроки схватывания (начало и конец схватывания) существенно сокращаются (рисунок 5).

При испытании образца с содержанием жидкого стекла в размере 2% начало схватывания наступает через 28 минут, конец схватывания через 55 минут. Однако из графика зависимости прочности при сжатии от содержания добавки жидкое стекло и времени твердения (рисунок 6) видно, что прочность цементного камня уменьшается с увеличением количества добавки. На 14 сутки по прочности самым оптимальным составом является состав, с содержанием жидкого стекла 1%.

Таким образом, жидкое стекло существенно сокращает сроки схватывания, но при этом снижается прочность при сжатии

При сравнении всех добавок по показателям прочности на сжатие (рисунок 7) Гленниум 115 превосходит прочие.

Так как для производства 3D-композиции важны также сроки схватывания, по данному показателю лучше всего подходит добавка в виде жидкого стекла.

Содержание добавки жидкое стекло будет зависеть от площади строительной площадки: чем больше объект, тем меньше содержание жидкого стекла (тем больше сроки схватывания), так как большее содержание жидкого стекла отрицательно влияет на прочность цементного камня.

Средний процент содержания жидкого стекла в цементном камне предположительно

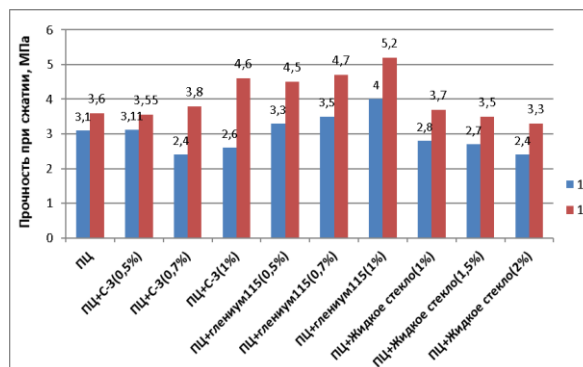


Рисунок 7 – Прочность при сжатии на 1 и 14 сутки исследуемых образцов

должен составлять около 3-7%. При этом необходимо контролировать прочность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Developing Concrete Polymer Building Components for 3D Printing // ACADIA 11: Integration through Computation [Proceedings of the 31st Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA)] [ISBN 978-1-6136-4595-6] Banff (Alberta) 13-16 October, 2011. – P. 152-157
2. Properties of high calcium fly ash geopolymer pastes with Portland cement as an additive // International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials. – 2013. – № 2. – P. 214-220.
3. Несветайло, В. М. Отечественный гиперпластификатор для бетона // Технология бетонов. – 2014. – № 9 – С. 9-11
4. Шварева, Г. Н. Отечественные суперпластификаторы поликарбоксилатного типа для цементных композиций [Текст] / Г. Н. Шварева, А. Е. Сухотин // Бетон и железобетон. – 2013. – № 1 – С. 9-12.

Лобанова О.В. – аспирант ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: lobanovaolechk@mail.ru.

Гришин Г.В. – студент ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: grishin_23@mail.ru.

Чечев А.А. – студент ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова.