

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАТАЦИИ ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО

**И.Ю. Некрасова**

Некрасова И.Ю., 2024

***Аннотация.** В статье приведена часть данных, на основании которых предполагается выстроить модель гидратации гипсового вяжущего. Гидратация – это сложная химическая реакция взаимодействия минерального вяжущего вещества и жидкой фазы с последующим формированием искусственного камня. Данное явление до сих пор не имеет полноценного представления всех протекающих процессов. Водогипсовое отношение рассмотрено как один из факторов, влияющих на этот процесс.*

***Ключевые слова:** гипс, моделирование, гипсовый камень, сроки схватывания.*

Минеральные вяжущие вещества в порошкообразном виде при соединении их с водой в итоге становятся затвердевшей композицией с определенными свойствами. От момента набора сырьевых материалов до окончательного этапа проходит несколько стадий, имеющих влияние на характеристики получаемого продукта. Все процессы можно представить следующим образом: сырьевые материалы – тепловая обработка – процессы гидратации – искусственный камень.

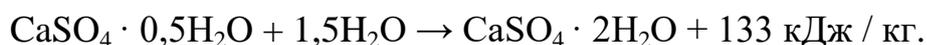
В предложенной выше последовательности важна каждая стадия, однако наибольшее влияние на производимое изделие и на управляемость реакций формирования его структуры оказывает процесс затворения вяжущего водой [1].

Изначально получить минеральные вяжущие вещества с необходимым минералогическим составом технологически сложно. Одним из широко распространенных способов по управлению свойствами вяжущих является введение добавок различного вида. В данном случае большее число компонентов усложняет регулировку процессов гидратации вяжущего и получение необходимых свойств [1].

В связи с перечисленными моментами для более полного представления способов управления характеристиками материала его изучение необходимо вести с начальных этапов формирования искусственного камня.

Для получения наибольшего эффекта следует найти оптимальное соотношение различных физико-механических свойств композита (например, прочности и плотности или прочности и долговечности) для уменьшения макропористости и повышения трещиностойкости [2]. Часто решение этого вопроса затрудняется сложностью подбора необходимых свойств материала [3].

В частности, реакция образования гипсового камня представляет собой уравнение перехода полугидрата в двугидрат сульфата кальция [4, 5]:



В ходе формирования структуры гипсового камня гидратация может идти двумя путями: через растворение, то есть образование насыщенного раствора с выкристаллизацией двугидрата, и топохимически, в результате проникновения молекул воды в поверхностные слои, коллоидации и последующей кристаллизации [5].

На гидратацию влияет скорость растворения полугидрата сульфата кальция, которая подчиняется законам диффузии и описывается уравнением (рис. 1) [5]:

$$\frac{dm}{dt} = S \cdot D \frac{C_1 - C}{\delta},$$

где  $\frac{dm}{dt}$  – количество вещества, растворяющегося за единицу времени в единице объема;

S – удельная поверхность растворимого тела;

D – коэффициент диффузии;

$C_1$  – концентрация насыщенного раствора;

C – фактическая концентрация в настоящий момент времени;

$\delta$  – толщина диффузионного слоя.

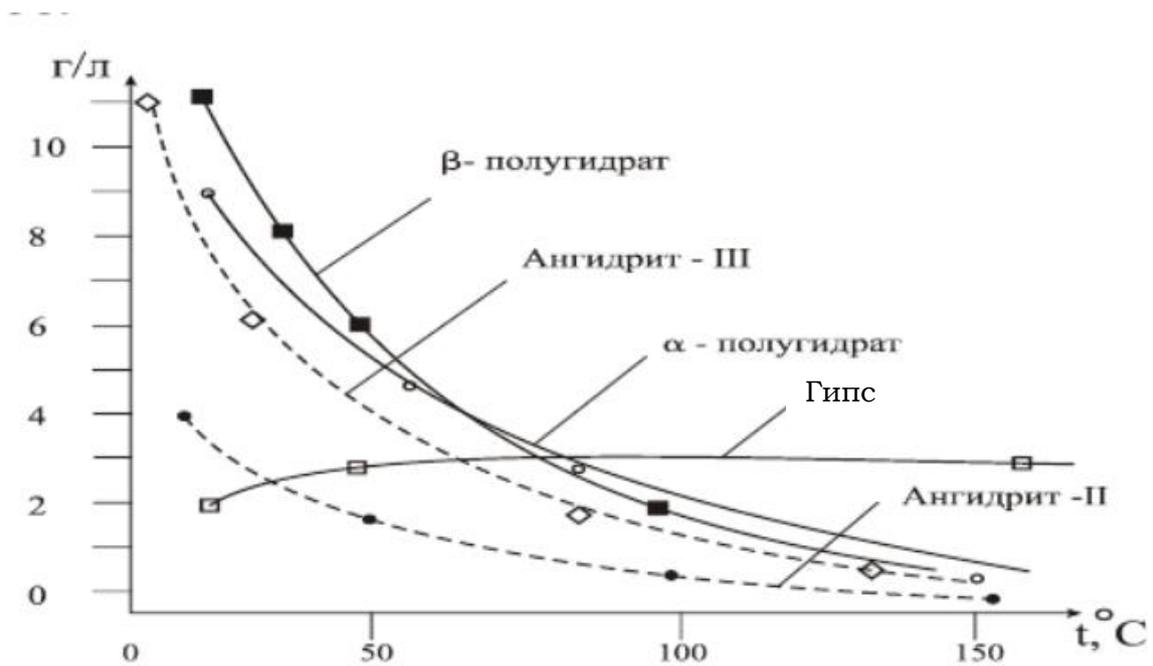


Рис. 1. Растворимость различных фаз сульфатов кальция в зависимости от температуры [5]

В работе [5] высказано предположение о том, что формирование структуры гипсового камня основано на срастании кристаллов в сплошной каркас. В связи с этим твердение включает в себя два этапа: сначала возникает каркас, а затем происходит его обрастание или заполнение свободного пространства.

Пластичный раствор гипса в воде представляет собой типичную тиксотропную систему [6]. С изменением условий срастания внедрением различных добавок в систему можно влиять на форму, размеры и структуру кристаллов с целью получения изделия с необходимыми характеристиками [5]. Скорость зарождения кристаллов зависит от поверхностной энергии. Чем меньше поверхностная энергия на границе кристалла с раствором, тем устойчивее система. Величину энергии можно изменять путем адсорбции поверхностно-активных веществ [5].

Целью работы является изучение зависимости твердения гипсового теста от времени по толщине слоя.

Для исследования рассматриваемых характеристик опыты проводились согласно методике определения сроков схватывания гипсового теста. В качестве жидкой фазы использовалась вода.

На рис. 2 представлена зависимость толщины затвердевания гипсового теста от прошедшего времени с момента затворения водой.

Согласно графику, зависимость носит линейный характер до отметки «11 мин 30 с». Затем происходит плавное нарастание скорости твердения и в дальнейшем резкий скачок по толщине твердеющего слоя гипсового теста. В этот момент зависимость становится параболического типа.

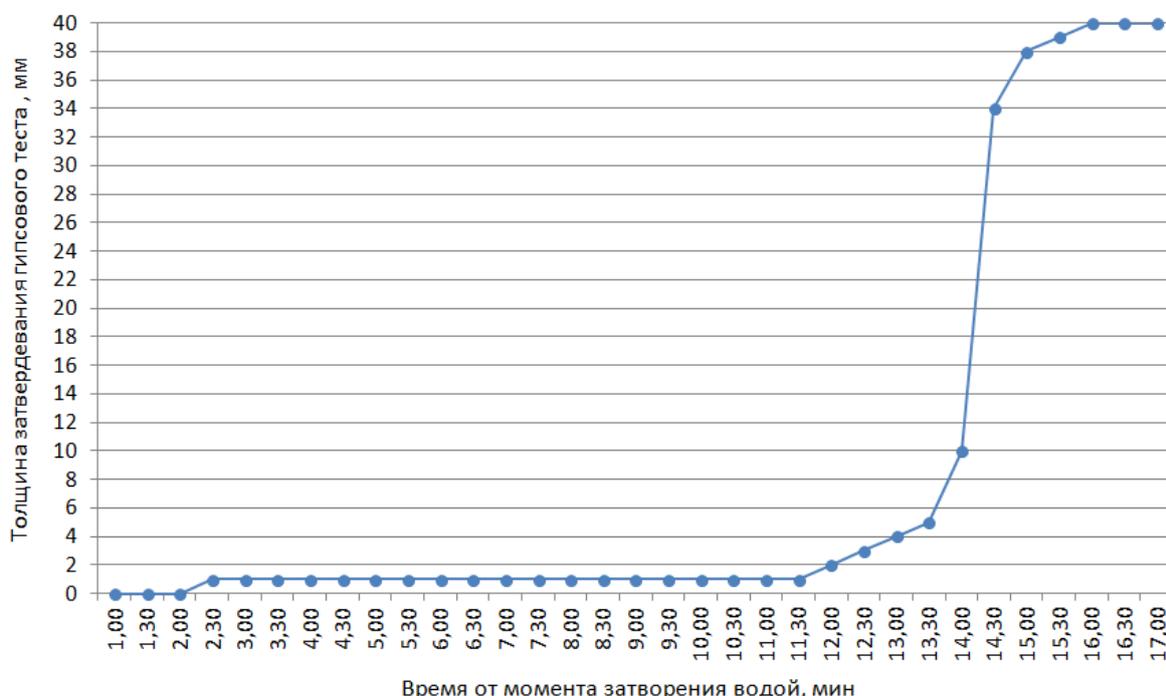


Рис. 2. Зависимость толщины затвердевания гипсового теста от времени (рисунок автора)

Подводя итог, можно отметить, что гидратация – один из важных моментов получения искусственного камня. В большей степени именно на этом этапе существует возможность управления твердением гипсовой системы путем введения различных добавок или варьированием количества воды затворения. На структуру гипсового камня и получаемую прочность влияют стадии:

- растворения исходного вещества и образования пересыщенного раствора;

- кристаллизации двугидрата сульфата кальция в активных центрах;

- роста кристаллов и упрочнения структуры.

Данная тема требует дальнейшего изучения для понимания полной картины процессов и получения большего количества характеристик.

### Библиографический список

1. Деревянко В.Н., Кондратьева Н.В., Гришко А.Н. Гидратация гипсовых систем // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. 2018. № 3. С. 42–53.
2. Попов Д.Ю., Лесовик В.С., Мещерин В.С. Химическая усадка цементного камня на ранней стадии твердения // Вестник Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова. 2016. № 8. С. 6–12.
3. Харитонов А.М. Принципы прогнозирования свойств цементных композиционных материалов на основе структурно-имитационного моделирования // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2009. № 1. С. 141–152.
4. Коровяков В.Ф. Перспективы производства и применения в строительстве водостойких гипсовых вяжущих и изделий // Строительные материалы. 2008. № 3. С. 65–67.
5. Наномодификация структуры гипсовых вяжущих / В.Н. Деревянко, А.Г. Чумак, В.А. Тельянов, Н.В. Кондратьева // Вісник ПДАБА. № 6. 2012. С. 31–36.
6. Кирсанов Е.А., Тимошин Ю.Н. Неньютоновское течение структурированных систем. IV. Полная реологическая кривая течения // Жидкие кристаллы и их практическое использование. 2013. № 2 (44). С. 52–61.
7. Гаркави М.С., Некрасова С.А., Трошкина Е.А. Кинетика формирования контактов в наномодифицированных гипсовых материалах // Строительные материалы. 2013. № 2. С. 38–40.

### MODELING THE HYDRATION OF GYPSUM BINDER

I.Y. Nekrasova

*Abstract.* The article presents some of the data on the basis of which it is proposed to build a model of gypsum binder hydration. Hydration is a complex chemical reaction of interaction between a mineral binder and a liquid phase with subsequent formation of artificial stone. This phenomenon still does not have a full understanding of all the processes taking place. The water-gypsum ratio is considered as one of the factors influencing this process.

**Keywords:** *gypsum, modeling, gypsum stone, setting time.*

Об авторе:

НЕКРАСОВА Ирина Юрьевна – аспирант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: ir.ne-13@yandex.ru

About the author:

NEKRASOVA Irina Yuryevna – Postgraduate Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: ir.ne-13@yandex.ru

УДК 658.567.1

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУЛЬФАТОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Г.В. Новиченков, С.О. Токарев**

© Новиченков Г.В., Токарев С.О., 2024

***Аннотация.** Статья посвящена актуальной теме – получению строительных материалов на основе отходов промышленности. Для стеновых материалов были использованы сульфатосодержащие отходы и отходы лесопереработки. Представлены результаты исследования совместного влияния давления прессования и водотвердого отношения на прочностные характеристики стеновых материалов.*

***Ключевые слова:** отходы промышленности, сульфат кальция, прессование, прочность.*

Охрана окружающей среды, включающая вопросы защиты от загрязнений воздушного и водного бассейнов планеты, рациональное использование естественных природных ресурсов, переработка промышленных отходов, относится к числу актуальных проблем.

Ежегодно в России образуется порядка 20 млн т сульфатосодержащих отходов, залежи которых занимают большие площади,