

ХАРЬКОВСКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ ГОРОДСКОГО
ХОЗЯЙСТВА

На правах рукописи

БАРАНОВА АННА АНДРЕЕВНА

УДК 666.913

**ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОПРОЧНОГО ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО В
ТУРБУЛЕНТНОМ ПОТОКЕ ПРИ ПОВЫШЕННОМ ДАВЛЕНИИ**

Специальность 05.23.05 – строительные материалы и изделия

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор
Кондращенко Елена Владимировна

ХАРЬКОВ – 2010

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
РАЗДЕЛ 1	
АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ И ПРОЦЕССОВ ДЕГИДРАТАЦИИ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ.....	12
1.1 Анализ современных способов получения гипсовых вяжущих.....	17
1.1.1. Анализ существующих способов получения строительного гипса β-формы.....	21
1.1.2. Анализ современных способов получения высокопрочного α-полуводного гипса.....	27
1.2. Пути совершенствования технологии получения α-формы полуводного сульфата кальция.....	30
1.3. Анализ процессов дегидратации в системе $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$	33
РАЗДЕЛ 2	
МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИСЛЕДОВАНИЙ.....	37
2.1. Характеристики примененных материалов и оборудования	37
2.2. Методы физико-механических и физико-химических исследований... ..	37
2.3. Методы решения задач тепломассообмена и статистической обработки экспериментальных данных.....	45
РАЗДЕЛ 3	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ГИПСОВОГО СЫРЬЯ ПО ДВУХСТАДИЙНОЙ ТЕХНОЛОГИИ.....	50
3.1. Теоретическое обоснование энергосберегающей двухстадийной технологии получения α-формы полуводного гипса.....	50
3.2. Обоснование фракционного состава частиц сырьевого гипса.....	53

3.3. Разработка двухстадийной технологии обжига тонкодисперсного гипсового камня для получения полуводного гипса α -формы.....	57
3.4. Изучение фазового состава обожженного гипса.....	59
3.5. Моделирование процесса прогрева частицы сырьевого гипса в конусообразном реакторе.....	62
3.6. Моделирование процесса транспортирования частиц гипса турбулентным потоком теплоносителя в обжиговом реакторе и в камере смешения	64
3.7. Моделирование процесса тепловой обработки частиц гипса в камере томления.....	76
3.8. Разработка конструкционных элементов камеры томления для реализации модели приближенной к идеальному вытеснению.....	79
3.9. Разработка математической модели теплоизоляции камеры томления.....	81
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 3.....	85
РАЗДЕЛ 4	
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛУВОДНОГО ГИПСА α -ФОРМЫ ПО ДВУХСТАДИЙНОЙ ТЕХНОЛОГИИ.....	86
4.1. Разработка экспериментального оборудования и подготовка сырья для получения полуводного гипса α -формы.....	86
4.2. Исследование влияния фракционного состава гипсового сырья и технологических параметров процесса обжига на характеристики готового продукта.....	87
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 4.....	103
РАЗДЕЛ 5	

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСЛЕДОВАНИЯ.....	105
5.1. Создание опытно-промышленной установки для производства полуводного гипса α -формы по двухстадийной технологии.....	105
5.2. Определение физико-механических свойств обожженного гипса.....	111
5.3. Исследование модификационного состава гипса.....	112
5.4. Физико-химические исследования полугидрата сульфата кальция, полученного по двухстадийной технологии.....	117
5.5. Расчет экономии затрат на производство гипса по разработанному способу.....	122
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 5.....	124
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ.....	125
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	127
СПИСОК ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	146

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Современное строительство нуждается в эффективных и дешевых строительных материалах. Технологии их изготовления не должны быть энергоемкими, а сырье должно быть доступным. Не менее актуально производство экологических и пожаробезопасных строительных материалов.

Всем этим требованиям отвечают гипсовые вяжущие материалы. Это обусловлено широкой распространенностью природного гипсового сырья и гипсосодержащих отходов, простотой и экологичностью производства гипсовых вяжущих и материалов на их основе. Кроме того гипс не токсичен, при его переработке не выделяется CO_2 , а получаемые из него вяжущие, в отличие от цемента и извести, не являются аллергенами. Также они практически не содержат инертных радиоактивных газов (радон ^{222}Rn и торон ^{220}Tn) и нуклидов (радий ^{226}Ra , торий ^{232}Th , калий ^{40}Ka) природного происхождения, присутствие которых отрицательно сказывается на здоровье людей. Гипс по кислотной и пародиффузной сопротивляемости близок к человеческой коже. При затвердевании он регулирует влажность в помещении, создавая в нем благоприятный микроклимат. Изделия из гипса «дышат», как дерево, при этом не гниют, так как не являются средой, в которой могут развиваться биологические бактериальные процессы.

Наиболее перспективным видом гипсовых вяжущих является так называемый высокопрочный гипс α -формы, структура которого обеспечивает ему более высокую прочность и плотность. Традиционно α -гипс получают в герметичных аппаратах, работающих под давлением или в аппаратах для дегидратации двуводрата сульфата кальция в растворах солей. Процесс получения α -формы сульфата кальция проходит при температуре 120 – 150 °С и давлении примерно 0,13 МПа, что необходимо для выделения воды из кристаллической решетки двухводного гипса в жидкокапельном

состоянии без резкого перехода в пар. При этом структура полуводного гипса остается прочной и плотной. Главным недостатком этих способов является значительный расход топлива и электроэнергии при низкой производительности обжигового оборудования, что вызвано термообработкой крупного щебня гипсового камня (до 80 мм). Чтобы сделать производство α -гипса более эффективным необходимо модернизировать технологию его получения.

Дальнейшее развитие технологии производства гипсовых вяжущих должно быть основано в первую очередь на интенсификации тепловых процессов и совершенствовании теплотехнического оборудования, работающего на новых научно обоснованных режимах обжига. Поэтому, разработка способа производства высокопрочного гипсового вяжущего, который обеспечит получение высококачественного продукта обжига при высокой производительности оборудования и низких расходах энергии является актуальной задачей.

Связь работы с научными программами, планами, темами.

Диссертационная работа выполнялась на кафедре технологии строительного производства и строительных материалов Харьковской национальной академии городского хозяйства в рамках госбюджетной научно-исследовательской тематики «Совершенствование технологии бетона и железобетона» согласно Закона Украины от 11.06.2001 г. №2623-III «Про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки» направление №6 «Новітні технології та ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості та агропромисловому комплексі».

В рамках договора о научно-техническом содружестве от 23 апреля 2007 г. между Харьковской национальной академией городского хозяйства и Украинской инженерно - педагогической академией были выполнены работы по научно-технической разработке современного способа обжига гипса.

Цель и задачи исследования. Целью диссертационной работы является получение α -формы гипсового вяжущего высокой прочности и однородности путем скоростного обжига гипсового сырья в турбулентном потоке теплоносителя при повышенном давлении, исследование процессов структурообразования и строительно-технических свойств.

Для реализации поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- установить зависимости между температурными полями и химическим составом гипса в процессе его термообработки в конусообразном реакторе обжига в турбулентном потоке теплоносителя;
- исследовать влияние температуры и давления на структуру обжигаемого материала в конусообразном реакторе;
- разработать технологические приемы для обеспечения однородности химического состава обожженного материала;
- разработать математические модели тепломассопереноса при нагреве частиц гипса и стабилизации их химического состава;
- разработать способ производства α -гипса с оптимальными условиями термообработки;
- обосновать параметры технологического оборудования для производства гипса;
- определить модификационный состав гипса, полученного по разработанному способу;
- выполнить практическую апробацию разработанного способа производства высокопрочного гипсового вяжущего и определить технико-экономическую эффективность его производства.

Объект исследований – процесс дегидратации при получении α -формы гипсового вяжущего повышенной прочности и однородности.

Предмет исследований – высокопрочный гипс, полученный в турбулентном потоке теплоносителя при повышенном давлении.

Методы исследования. Физико-механические свойства гипса определялись стандартными методами. Фазовый состав продуктов дегидратации и гидратации сульфатов кальция оценивали с помощью физико-химических методов исследования: дифференциально-термического, термогравиметрического, рентгенофазового анализов, методами электронной микроскопии и инфракрасной спектроскопии.

Дифференциальные уравнения использовались для решения задач термообработки и перераспределения температуры в частицах обожженного материала. Методы планирования эксперимента и статистические методы применялись для обработки экспериментальных данных.

Научная новизна полученных результатов:

- впервые получена α -форма гипсового вяжущего высокой прочности и однородности по двухстадийной технологии путем тепловой обработки мелкодисперсного гипсового камня в турбулентном потоке газообразного теплоносителя на первом этапе и выравнивания поля температуры и химического состава частиц гипса в камере томления на втором этапе;

- впервые исследовано изменение модификационного состава гипса в конусообразном реакторе при повышенном давлении с образованием многофазной структуры материала, которая в дальнейшем обеспечивает получение α -формы гипсового вяжущего, и установлены рациональные размеры обжигаемых частиц гипсового сырья, время пребывания и температура их тепловой обработки;

- последующее развитие получили научные основы обеспечения однородности продукта обжига путем применения камеры томления на втором этапе, и разработаны математические модели выравнивания поля температуры и модификационного состава обожженного гипса;

- впервые предложены условия получения однородной структуры α -формы гипсового вяжущего путем гидратации растворимого ангидрита и

дегидратации остаточного двухводного гипса в камере томления за счет перераспределения температуры в частицах обожженного материала.

Практическое значение полученных результатов. На базе результатов теоретических и экспериментальных исследований разработана высокопроизводительная установка для производства гипса высокой прочности и однородности. Результаты диссертационной работы были внедрены в УИПА, где была смонтирована опытно-промышленная установка для обжига гипса в соответствии с договором. Получено высокопрочное гипсовое вяжущее α -формы, опытная партия которого прошла независимые сертификационные испытания в испытательной лаборатории натуральных обследований Харьковского государственного технического университета строительства и архитектуры (аттестат аккредитации №UA 6.002.T613) с получением всех технологических свойств, которые отвечают ДСТУ Б В. 2.7-82-99 «Вяжущие гипсовые. Технические условия».

По договору о научно – техническом сотрудничестве от 28.09.2009 г. между ХНАГХ и ООО «Декор» Россия ведутся работы по внедрению разработанной технологии в производство (ПРИЛОЖЕНИЕ А). Результаты работы использованы в учебном процессе студентов ХНАГХ.

Личный вклад соискателя состоит в проведении экспериментальных исследований, обработке полученных результатов, внедрении результатов работы в производство, формулировке основных положений и выводов.

Основные результаты получены соискателем самостоятельно:

- разработан способ получения α -формы гипсового вяжущего, в котором реализуется изменение модификационного состава гипса на первой и второй стадиях его тепловой обработки;

- получены зависимости изменения температуры и соответственно химического состава гипса в реакторе обжига и камере томления;

- обоснованы параметры конусообразного реактора для реализации первого этапа термообработки гипса в турбулентном двухфазном потоке;
- разработаны теоретические основы создания реактора для второго этапа термообработки гипса (камеры томления) для обеспечения однородности химического состава α -формы гипсового вяжущего;
- разработаны математические модели движения частиц гипса в отдельных элементах оборудования для термообработки с целью получения α -формы гипсового вяжущего.

Апробация результатов диссертации. Основные положения диссертационной работы изложены и обговорены непосредственно соискателем на научно-технических конференциях разного уровня (2006 – 2009 гг.): XXXIII научно-технической конференции преподавателей, аспирантов и сотрудников Харьковской национальной академии городского хозяйства «Строительство, архитектура, экология» (Харьков, 2006); III международной научно-практической конференции «Актуальні проблеми сучасних наук: теорія і практика – 2006» (Днепропетровск, 2006); Всероссийской научно-практической конференции «Строительное материаловедение – теория и практика» (Москва, 2006); II международной научно-технической интернет - конференции «Будівництво, реконструкція та відновлення будівель міського господарства» (Харьков, 2007); 46-ом международном семинаре по моделированию и оптимизации композитов «Моделирование в компьютерном материаловедении - МОК 46» (Одесса, 2007); международной научно-технической конференции «Створення й експлуатація нових машин та обладнання для виробництва будівельних матеріалів і конструкцій» (Полтава, 2008); X международной научно-технической конференции Ассоциации специалистов промышленной гидравлики і пневматики «Промислова гідравліка і пневматика» (Львов, 2009) (ПРИЛОЖЕНИЕ Б); Всеукраинском научно-практическом

семинаре «Розроблення та впровадження у будівельне виробництво нових машин та обладнання для приготування та транспортування по трубопроводах будівельних розчинів» (Полтава, 2009).

Публикации. Основные положения диссертационной работы раскрыты в 6 научных статьях, опубликованных в изданиях, которые входят в перечень ВАК Украины и 3 тезисах докладов на научно-технических конференциях, получен 1 патент Украины.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти разделов, выводов, 11 приложений и содержит 159 страниц текста, основного текста – 117 страниц, 58 рисунков, 14 таблиц, библиографический список из 150 наименований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика / Г.Н. Абрамович. - М.: Наука, 1976. - 888 с.
2. Абрамович Г. Н. Теория турбулентных струй / Г.Н. Абрамович. - М.: Наука, 1984. - 717 с.
3. Абрамович Г.Н. Турбулентная струя с тяжелыми примесями / Г.Н. Абрамович, В.И. Бажанов, Т.А. Гиршович // Изв. АН СССР. Серия механика жидкости и газа. - 1972. - №6. - С. 41-50.
4. Абрамович Г.Н. Турбулентные струи, несущие твердые или капельно-жидкие примеси / Г.Н. Абрамович, Т.А. Гиршович // Парожидкостные потоки. - 1977. - С. 155-176.
5. Адлер Д. Расчет трехмерного течения круглой струи в поперечном потоке / Д. Адлер, А. Барон // Ракетная техника и космонавтика. - 1979. - Т. 17, №2. - С. 124-133.
6. Аксельруд Г.А. Массообмен в системе твердое тело – жидкость / Г.А. Аксельруд. – Львов: Издательство Львовского университета, 1970. – 188 с.
7. Алешко П.И. Механика жидкости и газа / П.И. Алешко. - Харків: Вища школа, 1977. - 320с.
8. Аппельтауэр Е. Обработка гипсового камня и получение из него различных полуводных модификаций / Е. Аппельтауэр // Zement-Kalk-Gips. - 1958. - №6.- S. 264-272.
9. Альтшуль А.Д. Гидравлика и аэродинамика / А.Д. Альтшуль, П.Г. Киселёв. - М.: Стройиздат, 1975. - 323 с.
10. Бай Ши-у. Теория струй / Бай Ши-у. - М.: Физматгиз, 1960. - 326 с.
11. Балдин В.П. Производство гипсовых вяжущих веществ / В.П. Балдин. – М.: Стройиздат, 1988.–167 с.

12. Балдин В.П. Совершенствование производства гипсовых вяжущих материалов / В.П. Балдин , А.Е. Грушевский, С.А. Погорелов. – М: ВНИИЭСМ, 1989. - Сер. 8, вып. 2. - 96 с.
13. **Баранова А.А.** Математическая модель теплопотерь камерой томления установки для обжига гипса в турбулентном потоке // *Материалы 46 международного семинара по моделированию и оптимизации композитов - МОК'46: Моделирование в компьютерном материаловедении.* – Одесса: Астропринт, 2007. – С. 31 – 33.
14. **Баранова А.А.** Движение частиц обжигаемого гипса по горизонтальному участку камеры смешивания при реализации двухстадийной технологии тепловой обработки гипса. / А.А. Баранова // *Всеукраинский научно-технический журнал «Промислова гідраліка і пневматика».* – Вінниця: ВДАУ, 2009. – № 4 (26). – С. 13 – 15.
15. Башенов Ю.М. Технология сухих строительных смесей / Ю.М. Башенов, В.Ф. Коровяков, Г.А. Денисов. - М.: Издательство АСВ, 2003. – 96 с.
16. Белянкин Д.С. Гипс и продукты его обезвоживания / Д.С. Белянкин, Л.П. Берг. – М.: Стройиздат, 1949. – 124 с.
17. Берд Р. Явления переноса / Р. Берд, В. Стьюарт, Е. Лайтфут. – М.: Химия, 1974. – 688 с.
18. Беркута А.В. Проблеми та шляхи розвитку житлового будівництва / А.В. Беркута // *Будівництво України.* - 2002.- № 3.- С. 2-6.
19. Бессонов И.В. Экологические аспекты применения гипсовых строительных материалов / И.В. Бессонов, О.В. Ялунина // *Строительные материалы.*-2004. - № 4. - С. 11-13.
20. Патент № 2023699 России .Способ изготовления гипсового вяжущего / Е.А. Бобков, А.В. Ромашков, Б.А. Шверцер; - опубл. 30.11.1994.
21. Боженков П.И. Высокопрочный гипс / П.И. Боженков – М: Стройиздат, 1945.- 100 с.

22. Болотских Н.С. Низкотемпературный обжиг гипса во взвешенном состоянии / Н.С. Болотских, В.И. Бабушкин // Науковий вісник будівництва. - Харків: ХДТУБА, ХОТБАБУ, 2001. – Вип. 13. – С. 209 – 213.
23. Патент № 49134 Украины. Установка для производства гипса / Н.С. Болотских, В.И. Бабушкин, В.И. Винниченко, Е.В. Кондращенко, А.А. Мамедов; – заявл. 28.03.2000, опубл.16.09.2002. Бюл. № 9.
24. Брэдшоу П. Турбулентность / П. Брэдшоу. - М.: Машиностроение, 1980. - 343 с.
25. Будников П.П. Гипс, его исследование и применение / П.П. Будников. – М.-Л.: Стройиздат, 1943. – 374 с.
26. Будников П.П. К вопросу водостойкости гипсовых строительных изделий и ее повышение / П. П.Будников, М. А.Матвеев, К. М.Ткаченко // Доклады Академии Нав-кУССР. - 1951. - №2. - С 121 – 129.
27. Будников П.П. Реакции в смесях твердых веществ / П.П. Будников, А.М. Гинстлинг. – М.: Издательство литературы по строительству, 1971. – 488 с.
28. Будников П.П. Ангидритовый цемент / П.П. Будников, С.П. Зорин - М.: Промстройиздат, 1954. - 92 с.
29. Будников П.П. Химия и технология строительных материалов и керамики / П.П. Будников. - М.: Издательство литературы по строительству, 1965. - 607 с.
30. Бурьянов А. Ф. Гипс, его исследование и применение - от П.П. Будникова до наших дней / А. Ф. Бурьянов // Строительные материалы. - 2005. - № 9. - С. 40 - 43.
31. Бутт Ю.М. Технология вяжущих веществ / Ю.М. Бутт. – М.: Стройиздат, 1965. – 619 с.
32. Бутт Ю.М. Химическая технология вяжущих веществ / Ю.М. Бутт, М.М. Сычев, В.В. Тимашев. – М.:Стройиздат, 1980. – 472 с.
33. Ван Везер Д.Р. Фосфор и его соединения / Д. Р. Ван Везер. - М.: Издательство иностранной литературы, 1962. – 687 с.

34. Ведь Е.И. Варка гипса с солями / Е.И. Ведь, Я.Г. Белик, Л.Г. Коротецкая // Будівельні матеріали і конструкції. - 1966. - № 6.- С. 32-35.
35. Ведь Е.И. Исследование влияния неорганических солей в процессе дегидратации двухводного гипса на структуру и свойства полугидрата / Е.И. Ведь, Я.Г. Белик, Л.Г. Коротецкая // Вестник ХПИ. - 1966.- № 13/61. - С. 89-90.
36. Винчелл А.Н. Оптическая минералогия / А.Н. Винчелл - М.: Издательство ИЛ, 1953. - 561 с.
37. Влезько В.П. Реф. Инф. Промышленность автоклавных материалов и местных вяжущих / В. П. Влезько, И. А. Галета - . М: ВНИИЭСМ, 1977. - № 7. -С.25-26.
38. Волженский А.В. Вяжущие вещества / А.В. Волженский. – М.: Стройиздат, 1986. – 368 с.
39. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества (Технология и свойства) / А.В. Волженский, Ю.С. Буров, В.С. Колокольников. – М.: Стройиздат, 1973. - 479 с.
40. Волженский А.В. Гипсовые вяжущие и изделия (технология, свойства, применение) / А.В. Волженский, А.В. Ферронская. – М.: Стройиздат, 1974. -326 с.
41. Воробьев Х. С. Гипсовые вяжущие изделия (зарубежный опыт) / Х.С. Воробьев. – М.: Стройиздат, 1983. - 200 с.
42. Воробьев Х.С. Состояние и перспективы развития производства и применения в строительстве гипсовых материалов, изделий и конструкций / Х.С. Воробьев // Строительные материалы. - 1980. - № 2. - С. 6.
43. Второв Б.Б. Влияние активизаторов твердения на свойства ангидритовых вяжущих / Б.Б. Второв, Х.-Б. Фишер // Материалы Второго международного научно-технического семинара: Нетрадиционные технологии в строительстве. – Томск: ТАСУ, 2001. – С. 371 – 376.
44. Второв Б.Б. Оптимизация состава ангидритовых вяжущих / Б.Б. Второв, Х.-Б. Фишер // Материалы Международной научно-технической

конференции: Композиционные строительные материалы. Теория и практика. – Пенза: ПГАСА, 2000. – Февраль. Ч. 1. – С. 55 – 57.

45. Гиршович Т.А. Двухфазные турбулентные струи / Т.А. Гиршович // Турбулентные течения. - М.: Наука, 1977. - С. 36-47.

46. Гиршович Т.А. Экспериментальное исследование турбулентной струи, несущей тяжелые примеси / Т.А. Гиршович, А.И. Картушинский, М.К. Лаатс, В.А. Леонов, А.С. Мульги // Изв. АН СССР МЖГ. - 1981. - №5. - С. 26 - 32.

47. Гиршович Т.А. Исследование влияния концентрации и крупности примеси на характеристики турбулентной газовой струи с твердыми частицами / Т.А. Гиршович, А.И. Картушинский, М.К. Лаатс, В.А. Леонов, А.С. Мульги // Исследование рабочего процесса в элементах двигателей и энергетических устройств с двухфазным рабочим телом. - М.: Труды МАИ, 1980. - № 506. - С. 3 - 8.

48. Гордашевский П.Ф. Температура и кинетика дегидратации гипса / П.Ф. Гордашевский // Строительные материалы. - 1977. - № 6. - С. 30 – 32.

49. Гордашевский П.Ф. Производство гипсовых вяжущих из гипсосодержащих отходов / П.Ф. Гордашевский, А.В. Долгарев. - М: Стройиздат, 1983. - 360 с.

50. Горшков В.С. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ / В.С. Горшков, В.В. Тимашев, В.Г. Савельев. - М.: Высшая школа, 1981. - 334 с.

51. Гранковский И.Г. Кинетика структурообразования в водных дисперсиях полуводного гипса / И.Г. Гранковский, Н.Н. Круглицкий, Т.А. Пасечник // Физико-химическая механика и лиофильность дисперсных систем. - Киев: Наукова думка, 1971. - № 3. – С. 17 – 22.

52. Григорьева И.С. Физические величины / Под ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с. – (Справочник).

53. Гудков Ю.В. Повышение эффективности производства и применение гипсовых материалов и изделий / Ю.В. Гудков – М.: ВНИИСтром, 1987.- 163 с.
54. Гудков Ю.В. Гипсовые материалы и изделия / Ю.В. Гудков. – М.: ВНИИСтром, 1989. - 212.с.
55. Дворкін Л.Й. Основи бетонознавства / Л.Й. Дворкін, О.Л. Дворкін. - Київ: Основа, 2007. - 616 с.
56. Зелизна С.Т. Гипсы и ангидриты – потенциальный источник серы и ее производных / С.Т. Зелизна, Д.И. Фильц // Галогенные формации Украины и связанные с ними полезные ископаемые. – Київ: Наукова думка, 1971. – С. 206 – 207.
57. Зубарев К. А. Справочник по производству гипса и гипсовых изделий / под. ред. Зубарева К. А. – М.: Стройиздат, 1963. - 464 с.
58. Иваницкий В.В. Физико-химические и технологические основы производства высокопрочных гипсовых вяжущих из природного сырья / В.В. Иваницкий. - Рига: ЛатНИИСтроительства, 1984. – 162 с.
59. Иваницкий В.В. Фосфогипс и его использование / [В.В.Иваницкий, П.В. Классен, А.А. Новиков и др.]. - М.: Химия, 1990. - 224 с.
60. Иванов В.П. Термический анализ минералов и горных пород / В.П. Иванов, Б.К. Касатов, Т.Н. Красавина, Е.Л. Розина. - Л.: Наука, 1974. - 399 с.
61. Идельчик И.Е. Аэродинамика технологических аппаратов: (Подвод, отвод и распределение потока по сечению аппаратов) / И.Е. Идельчик. - М.: Машиностроение, 1983. - 325 с.
62. Капранов В.В. Твердение вяжущих веществ и изделий на их основе / В.В. Капранов. - Челябинск: Южно-Уральское книжное изд-во, 1976. - 189 с.
63. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А.Г. Касаткин. – М.: Химия, 1971 г. – 784 с.

64. Клименко В.Г. Влияние природы гипсового сырья на активность продуктов его термообработки / В.Г. Клименко, А.Н. Володченко // Изв. вузов. Химия и химическая технология. - 1999. - Т.42. Вып. 3. - с. 53-56.
65. Кокшарев В.Н. Тепловые установки / В.Н. Кокшарев, А.А. Кучеренко. – Київ: Вища школа, 1990. – 336 с.
66. Кондращенко Е.В. Гипсовые строительные материалы повышенной прочности и водостойкости (физико-химические и энергетические основы). – автореф. на соискание уч. ст. д.т.н., Харьков. – 2004. – УГАЖТ. – 40 с.
67. Кондращенко Е.В., Баранова А.А. Движение частиц в обжиговом реакторе и в камере томления при реализации двухстадийной технологии тепловой обработки гипса. Полтава 2009: ПолтНТУ, 2009 – Вып. 34 – С. 10 – 13.
68. Кондращенко Е.В. Исследование перераспределения температуры внутри частиц обожженного гипса в камере томления / Е.В. Кондращенко, А.Н. Баранов, **А.А. Баранова** // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ, 2008. – Вып. 13. – С. 24 – 30.
69. Кондращенко Е.В. Особенности движения обожженного материала в камере томления при реализации двухстадийной технологии тепловой обработки гипса / Е.В. Кондращенко, А.Н. Баранов, **А.А. Баранова** // Галузеве машинобудування, будівництво. Збірник наукових праць. – Полтава: ПолтНТУ, 2009 – Вып. 23., том 2. – С. 3 – 8.
70. Кондращенко Е.В. Перспектива снижения энергозатрат на производство гипсовых вяжущих / Е.В. Кондращенко, **А.А.Баранова** // Программа и тезисы докладов XXXIII-й научно-технической конференции преподавателей, аспирантов и сотрудников Харьковской национальной академии городского хозяйства «Строительство, архитектура, экология». – Харьков: ХНАГХ, 2006. – Ч. 1. – С.73 - 74.
71. Кондращенко Е.В. Перспективы энергосбережения при производстве гипсовых вяжущих / Е.В. Кондращенко, **А.А.Баранова** // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2006. – Вып. 36. – С. 60 – 65.

72. Кондращенко Е.В. Роль активных центров и поверхностных зарядов в формировании структуры гипсового камня / Е. В. Кондращенко // Сучасні проблеми бетону та його технологій. Збірник наукових праць. - 2002. - № 56. - С. 114 - 119.
73. Патент № 31289 України, МПК(2006) С04В 11/00. Спосіб випалу гіпсу у завислому стані при підвищеному тиску / О.В. Кондращенко, В.І. Бабушкін, **А.А. Баранова**, А.М. Баранов; – № а 200600952, заявлено 02.02.2006, опубліковано 10.04.2008. Бюл. № 7.
74. Кондращенко Е.В. Теоретические основы тепловой обработки гипсового вяжущего / Е.В. Кондращенко, А.Н. Баранов, **А.А. Баранова** // Коммунальное хозяйство городов. – Киев: Техника, 2007. – Вып.76. – С. 132 – 138.
75. Кондращенко Е.В. Теоретические основы термической обработки гипса / Е.В. Кондращенко, А.Н. Баранов, **А.А. Баранова** // Строительное материаловедение – теория и практика. Сборник трудов. – М.: СИП РИА, 2006. – С. 82 – 85.
76. Кондращенко Е. В. Термодинамика реакций дегидратации двугидрата сульфата кальция / Е. В. Кондращенко // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДУБА ХОТБ АБУ, 2002. – Вип. 17. – С. 93 – 96.
77. Кондращенко Е.В. Энергетика фазовых превращений сульфатов кальция в системе $\text{CaSO}_4\text{-H}_2\text{O}$ / Е. В. Кондращенко // Науковий вісник будівництва. - Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ. - 2002. – Вип. 18. - С. 378 - 384.
78. Кондращенко Е.В. Математическая модель обжига гипса в турбулентном потоке газообразного теплоносителя / Е.В.Кондращенко, А.Н. Баранов, В.И. Бабушкин // ОАО «УкрНИИИогнеупоров им. А.С. Бережного». Сборник научных трудов. – Харьков: Каравелла, 2002. - № 102. – С. 110 – 115.
79. Кондращенко Е.В. Экологические аспекты и перспективы снижения энергозатрат при производстве гипсовых вяжущих / Е.В. Кондращенко, **А.А.Баранова** // Матеріали ІІІ міжнародної науково-практичної конференції

«Актуальні проблеми сучасних наук: теорія та практика – 2006» – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2006. – С.71 - 73.

80. Конструкції будинків і споруд. Улаштування покриттів із застосуванням сухих будівельних сумішей: ДБН В.2.6-22-2001. - [Чинний від 2002-01-01]. - Київ: Державний комітет будівництва, архітектури і житлової політики України.

81. Коровяков В. Ф. Гипсовые сухие смеси / В. Ф. Коровяков // Сухие строительные смеси. - 2008. - № 4. - С. 30 - 32.

82. Костов И. Минералогия / И. Костов. - М.: Мир, 1971. - 584 с.

83. Кремнев О.А. Тепломассообменные процессы в производстве гипсовых и гипсобетонных строительных материалов / О.А. Кремнев, И.М. Пиевский. - Киев: Наукова думка, 1989. – 186 с.

84. Кузнецова Г. О проблемах качества ССС / Г. Кузнецова // Строительство и реконструкция. - 2003. - № 3. - С. 23.

85. Куницын Л.А. Гипс / Л.А. Куницын. – М.: Недра, 1975. – 63 с.

86. Лесовик В.С. Гипсовые вяжущие материалы и изделия / В.С. Лесовик, С.А. Погорелов, В.В. Строкова. – Белгород: БелГТАСМ, 2000. – 224 с.

87. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа / Л.Г. Лойцянский. - М.: Дрофа, 2003. - 840 с.

88. . Лыков А.В. Тепломассообмен / А.В. Лыков. – М.: Энергия, 1971. – 560 с.

89. Лыков А.В. Теория теплопроводности / А.В. Лыков. – М.: Государственное издательство технической литературы, 1952. – 392 с.

90. Ляшкевич И.М. О возможности формирования кристаллизационных структур на основе двугидрата сульфата кальция. / И.М. Ляшкевич, Г.С. Раптунович, А.Ф.Полак // Известия ВУЗов. - 1985. - №12. - С. 55 - 59.

91. Мак И.Л. Производство гипса и гипсовых изделий / И.Л.Мак, В.Б. Ратинов, С.Г. Силенок. – М.: Госстройиздат, 1961. - 197 с.

92. Мамонов В.А. Физико-химические исследования термической диссоциации сульфатов кальция: Дис. канд. хим. наук.- М., 1984. - 190 с.

93. Материалы II Всероссийского семинара с международным участием «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий». – М: ЛМ-ПРИНТ, 2004. – 240 с.
94. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 120-летию со дня рождения П.П. Будникова «Гипс, его исследование и применение», 25 - 27 октября 2005 г. - М.: ВНИИСТРОМ. - 242 с.
95. Морозов В.П. Твердофазовый процесс гидратации бассанита / [В.П. Морозов, Э.А. Королев, А.И. Бахтин, М.Г. Алтыкис и др.]. // Современные проблемы строительного материаловедения. Сборник трудов. - Самара, 1995. - Ч. 1. - С. 10 - 12.
96. Мчедлов-Петросян О.П. Химия неорганических строительных материалов / О.П. Мчедлов-Петросян - М.: Стройиздат, 1988. - 303 с.
97. Налимов В.В. Теория эксперимента / В.В. Налимов. - М.: Наука, 1971. - 368 с.
98. Пащенко А.А. Вяжущие материалы / А.А. Пащенко, В.П. Сербин. – Київ: Вища школа, 1978. – 191 с.
99. Пащенко О.О. В'яжучі матеріали / О.О. Пащенко, В.П. Сербін, О.О. Старчевська. - Київ: Вища школа, 1995. - 416 с.
100. Перегудов В.В. Тепловые процессы и установки в технологии строительных материалов и изделий / В.В. Перегудов. – М.: Высшая школа, 1973. – 160 с.
101. Передерий И.А. Высокопрочный гипс (ГП) / И.А. Передерий. - Куйбышев: Куйбышевский ИСИ, 1960. - 195с.
102. Передерий И.А. Применение высокопрочного гипса в строительстве / И.А. Передерий. - Куйбышев: Куйбышевский ИСИ, 1963. - 80 с.
103. Передерий И.А. Проблемы коренного улучшения производства строительного гипса / И.А. Передерий. - Куйбышев: Куйбышевский ИСИ, 1956.- 70 с.

104. Печуро С.С. Производство гипсовых и гипсобетонных изделий и конструкций / С.С. Печуро. - М.: Высшая школа, 1971. - 223 с.
105. Полак А.Ф. Твердение мономинеральных вяжущих веществ / А.Ф. Полак. – М.: Стройиздат, 1966. - 208 с.
106. Патент № 14791 України, МПК7 С04В11/02.Спосіб одержання високоміцного водостійкого гіпсу / Й.Б. Пулін, - заявл. 12.10.95, опубл. 30.06.97. Бюл. № 3.
107. Ратинов В.Б. Гипс. Изготовление и применение гипсовых строительных материалов / Ратинов В.Б.; пер. с нем. В.Ф. Гончарова, В.В. Иваницкого, В.Б. Ратинова. – М.: Стройиздат, 1981. - 222 с.
108. Ратинов Б.В. Добавки в бетон / Б. В. Ратинов, Т. И. Розенберг. – М.: Стройиздат, 1989. - 186 с.
109. Ратинов В.Б. Химия в строительстве / В.Б. Ратинов, Ф.М. Иванов. - М.: Стройиздат, 1977. - 220 с.
110. Рахимов Р.З. О механизме структурных преобразований гипса при термической обработке / Р.З. Рахимов, Г.Г. Булка, В.П. Морозов, А.И. Бахтин // Известия вузов. Строительство. - 1994. - № 12. - С. 59 - 64.
111. Рогинский Г.А. Дозирование сыпучих материалов / Г.А. Рогинский. – М.: Химия, 1978. – 172 с.
112. Рунова Р.Ф. Использование промышленных отходов в производстве сухих строительных смесей: возможности и проблемы / Р. Ф. Рунова // Современные технологии сухих строительных смесей. - 2004. - С. 72 - 79.
113. Самбрус Е. В. Такого здесь намешано / Е. В. Самбрус // Строительство и реконструкция. - 2003. - № 3. - С. 18.
114. Саницький М.А. Вплив модифікаторів на морфологію кристалів та властивості гіпсових в'язучих / М.А. Саницький, Х.Б. Фішер, Р.А. Солтисік. // Хімія, технологія речовин та їх застосування. Вісник ДУ «Львівська політехніка». - 2000. - № 414. - С 61 - 64.
115. Саницький М.А. Вплив хімічних додатків на гідратацію і твердіння будівельного гіпсу / М.А. Саницький, Р.А. Солтисік // Хімія, технологія

речовин та їх застосування. Вісник ДУ «Львівська політехніка». - 1997. - № 332. - С. 240 - 242.

116. Саницький М.А. Пластифіковані багатокomпонентні гіпсові в'язучі з регульованими термінами тужавлення / М.А. Саницький, Х.-Б. Фішер, Р.А. Солтисік, Н.М. Скляр // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2000. - № 10. - С. 175 - 180.

117. Северинова Г.В. Сухие гипсовые отделочные смеси в строительстве / Г.В. Северинова, Ю.Е. Громов // Строительные материалы. - 2000. - № 5. - С. 6 - 7.

118. Семеновский Ю.В. Гипс и ангидрит / Ю.В. Семеновский, А.В. Шишкин. – М.: ЛМ-ПРИНТ, 2003. – 127 с.

119. Скрамтаев Б.Г. Высокопрочный гипс по методу самозапаривания / Б.Г. Скрамтаев, Г.Г. Булычев. - М.: Стройиздат, 1945. – 85 с.

120. Стеканов Д.И. Получение гипсовых облицовочных плит методом прессования / Стеканов Д.И. // Сборник трудов. - М.: ВНИИСтром, 1982. - Вып. 48 (76). - С. 55 - 60.

121. Сулименко Л. М. Технология минеральных вяжущих материалов и изделий на их основе / Л. М. Сулименко – М.: Высшая школа, 1976. - 277 с.

122. Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні технічні умови: ДСТУ-П Б В.2.7-126:2006. - [Чинний від 2006-27-04]. - К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України.

123. Терехов В.А. Состояние и перспективы развития гипсовой промышленности / В.А. Терехов // Материалы семинара «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий». - М.:ЛМ-ПРИНТ, 2002. - С. 11 - 21.

124. Урбан В. Пневматический транспорт / В. Урбан. - М.: Машиностроение, 1967. - 319 с.

125. Ферронская А.В. Гипс в современном строительстве / А.В. Ферронская // Строительные материалы. - 1995. - № 2. - С. 16 - 19.

126. Ферронская А.В. Гипс: эколого-экономические аспекты его применения в строительстве / А. В. Ферронская // Строительные материалы. - 1999. - № 4. - С. 13 - 15.
127. Ферронская А.В. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение) / Ферронская А.В. – М.: Издательство АСВ, 2004. - 485 с. - (Справочник).
128. Ферронская А.В. Долговечность гипсовых материалов, изделий и конструкций / Ферронская А.В. – М.: Стройиздат, 1984. - 253 с.
129. Ферронская А.В. Развитие теории и практики в области гипсовых вяжущих веществ / А.В. Ферронская // Строительные материалы. - 2000. - № 2. - С. 26 - 29.
130. Ферронская А.В. Гипсовые вяжущие в ресурсосберегающих системах малоэтажного строительства / А.В.Ферронская, В.Ф. Коровяков // Сухие строительные смеси. - 2008. - № 3. - С. 56 - 57.
131. Фишер Х.-Б. Тенденции производства и применения вяжущих и строительных материалов на основе сульфата кальция / Х.-Б. Фишер // Современные технологии сухих строительных смесей. - 2009. - С. 54 - 59.
132. Хигерович М.И. Физико-химические и физические методы исследований строительных материалов / М.И. Хигерович, А.П. Меркин. - М.: Высшая школа, 1968. - 324 с.
133. Хикс Ч.Р. Основные принципы планирования эксперимента / Ч.Р. Хикс. - М.: Мир, 1967. - 408 с.
134. Ходаков Г.С. Тонкое измельчение строительных материалов / Г.С. Ходаков. – М.: Издательство литературы по строительству, 1972. – 240 с.
135. Ходаков Г.С. Физика измельчения / Г.С. Ходаков. – М.: Наука, 1972. – 307 с.
136. Ходаков Г.С. Седиментационный анализ высокодисперсных систем / Г.С. Ходаков, Ю.П. Юдкин. – М.: Химия, 1981. – 192 с.

137. Патент № 20055 України, МПК6 С04В28/14.Спосіб одержання гіпсового в'язучого та установка для його здійснення / Р.О. Чернишова, А.А. Долінський, - заявл. 28.02.95, опубл. 25.12.97. Бюл. № 6.
138. Чистов Ю.Д. Роль и значение прогрессивных технологий в стройиндустрии при решении задач национальной программы жилищного строительства/ Ю. Д. Чистов // Сухие строительные смеси. - 2008. - № 2. - С. 71 - 73.
139. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя / Г. Шлихтинг. - М.: Наука, 1974. - 376 с.
140. Шрайбер А.А. Термическая обработка полидисперсных систем в двухфазном потоке / А.А. Шрайбер, В.Д. Гленченко. – Киев: Наукова думка, 1976. – 155 с.
141. Юсфин Ю.С. Экологически чистое производство: содержание и основные требования / Ю.С. Юсфин, Л.И. Леонтьев, О.Д. Доронин // Технология и промышленность России. - 2000. - Март. - С. 19 - 23.
142. Юхневич Г.В. Информационная спектроскопия воды / Г.В. Юхневич. - М.: Наука, 1973. - 208 с.
143. Eberly G.G. Process for making high – strengih plaster of Paris / G.G. Eberly, A.R. Inram // Industrial and engineering chemistry. – 1949. - Vol. 41. № 5. – P. 4 – 8.
144. Engelhardt W.-V. Sediment-Petrologie / W.-V. Engelhardt, H. Füchtbauer, G. Müller // Die Bildung von Sedimenten und Sedimentgesteinen. Stuttgart. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung. – 1973 - Т. III. – 141 p.
145. Fischer H.-B. Изменение свойств строительного гипса в условиях открытого хранения / H.-B. Fischer, B. Vtorov, H.-U. Hummel, B. Abdussaljamov, J. Stark// Internationale Baustofftagung. - Weimar - (Germany), 2006. - P. 582 - 690.
146. JCPDS – International Centre for Diffraction Data. - USA, 1996. – (Справочник).

147. Keelly K.K. Thermodynamic properties of gipsum and its dehydration products/ K.K. Keelly, J.C. Southard, C.T. Anderson. - Bureau of Miner: U.S. Gov. Print office W., 1941. - 265 p.
148. Ross S.D. Sulphates and other oxy-anions of Group VI / S.D. Ross // Mineralogical Society Monograph 4. The Infrared Spectra of Minerals. Edd by V.C. Farmer aberdin. – 1975. - P. 423 – 444.
149. Sanytsky M.A. Fine-Ground Gypsum Binders with Mecanical-Chemical Activation / M. A. Sanytsky, H.B. Fischer, R. A. Soltysik // Internationale Baustoffatagung "IBAUSIL - 14"/ - Band 1. - Weimar: Bauhaus-Unsversitat (bundesrepublik). - 2000. - P. 259 - 268.
150. Sanytsky M. A. Modified composite gypsum binders based on phosphogypsum/ M.A. Sanytsky, H.-B. Fischer, S.W. Korolko // IBAUSIL - 16. Internationale Baustofftagung . - Band 1- Weimar - (Germany), 2006. - P. 875 - 882.