

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра технологии строительных материалов и изделий

А.А. МАКАЕВА

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПОМОЛА ЦЕМЕНТА НА ЕГО ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ»



Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом государственного
образовательного учреждения высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2005

УДК 69 (076.5)
ББК 38.3 я7
М – 54

Рецензент

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой строительных материалов Магнитогорского государственного технического университета
Гаркави Михаил Саулович

Макаева А.А.

М-54 **Влияние длительности помола цемента на его основные свойства**
[Текст]: методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Процессы и аппараты технологии строительных изделий»
А.А. Макаева.- Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005.- 16 с.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторной работы по дисциплине «Процессы и аппараты технологии строительных изделий» для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по специальности 270106 – «Производство строительных материалов, изделий и конструкций» для всех форм обучения.

М $\frac{330600000}{6Л9 - 01}$

ББК 38.3 я7

© Макаева А.А., 2005
© ГОУ ОГУ, 2005

Содержание

Введение.....	4
1 Основы теории.....	5
2 Описание установок и приборов.....	7
3 Определение влияния длительности помола цемента на изменение его удельной поверхности.....	9
3.1 Методика проведения помола компонентов исходной смеси.....	9
3.2 Обработка опытных данных.....	10
4 Определение консистенции цементного раствора.....	11
5 Определение предела прочности при изгибе и сжатии.....	12
Список использованных источников.....	15
Приложение А Таблица А.1 – Перечень материалов, их плотности и величины навесок для определения удельной поверхности на приборе ПМЦ-500.....	16

Введение

Лабораторные занятия наряду с курсовой работой проводятся с целью закрепления теоретических знаний по важной для будущего инженера – строителя дисциплине «Процессы и аппараты технологии строительных материалов и изделий». Учитывая возрастающую роль в учебном процессе научных исследований, методические указания составлены к работе, требующей углубленного изучения теоретического материала, анализа полученных результатов и их сопоставления с теорией.

При производстве строительных материалов механические процессы применяются наиболее широко, и они занимают одно из первых мест, как по объёму, так и по энергоёмкости в общей технологии изготовления изделий.

Способы и некоторые особенности механической переработки сырья и материалов (измельчение, классификация, смешение) в значительной мере зависят от состава, свойств и структуры перерабатываемых материалов.

Лабораторная работа представляет собой самостоятельное исследование, результат которой может быть применён в лабораторных работах смежных дисциплин: «Механическое оборудование предприятий строительных изделий», «Вязущие вещества».

1 Основы теории

Увеличение удельной поверхности цементов, различных добавок, порошков способствует увеличению поверхности контактов, повышению физико-химической активности частиц. Традиционно удельная поверхность цементов, доставляемых на заводы, составляла от 3000 до 3500 см²/г. В настоящее время оптимальной признана удельная поверхность вяжущих от 4000 до 5000 см²/г.

Степень дисперсности вяжущих материалов характеризуется: тонкостью помола, определяемой ситовым анализом; удельной поверхностью и зерновым составом, определяемыми при помощи поверхностемеров, сепарационных, седиментационных приборов; путем прямого измерения размера частиц, проходящих в лазерном луче и другими способами.

Ситовой анализ отличается простотой, но он недостаточно точен. Цементы, приготовленные из одного и того же клинкера и доведенные с помощью различных аппаратов до одинаковой тонкости помола, определяемой ситовым анализом, могут иметь различную удельную поверхность.

Седиментационный анализ основан на различной скорости осаждения зерен материала в жидкой среде в зависимости от их размера.

Сепарационный анализ представляет собой разделение цементного порошка на фракции при помощи воздушной струи определенной скорости, продуваемой через навеску материала.

В промышленности строительных материалов наибольшее распространение получил метод определения удельной поверхности по воздухопроницаемости слоя уплотненного порошка на приборах ПСХ-2, ПСХ-4 (прибор Судакова-Ходакова) или ПМЦ-500 (поверхностемер цемента).

Удельная поверхность (поверхность единицы объема или массы) зернистого материала обратно пропорциональна размеру зерна. Исходя из условий процессов структурообразования материалов с участием зернистых порошкообразных составляющих (материалов на основе вяжущих, а также обжига) представляет интерес величина поверхности контакта между зернами и отношение ее к полной поверхности порошка. Если соприкасающимися поверхностями считать те, которые находятся на расстоянии действия молекулярных сил ($\approx 10^{-10}$ м), а размеры соприкасающихся зерен $10^{-3} \div 10^{-5}$ м, то теоретически возможная поверхность контакта сферических частиц составит от 10^{-2} до 10^{-4} м² от полной поверхности. Т.е. тонкое измельчение цементов, различных добавок, порошков преследует увеличение их удельной поверхности, площади контактов, что способствует повышению физико-химической активности частиц.

Реакции гидролиза и гидратации зерен цементов со средним размером приблизительно 35÷60 мкм протекают на глубину 15÷25 мкм, а внутренняя часть зерна в обычных условиях остается непрореагировавшей и не участвует в образовании цементного клея. Поэтому повышение тонкости помола цемента позволяет более полно и экономично использовать его для образования цементного клея.

Изучение механизма разрушения при измельчении показывает, что при достижении предельных нагрузок материал подвергается как упругим, так и пластическим деформациям. Пластическое деформирование при измельчении приводит к изменению структуры поверхностных слоев. Для материалов с кристаллической структурой (кварца, кальцита, цементного клинкера, каолинита и др.) это приводит к увеличению количества дефектов в кристаллической структуре и по мере их нарастания кристаллическая структура переходит в аморфную. Все эти явления обусловлены пластической частью деформаций, локализованной в поверхностном слое. Толщина необратимо деформированного (аморфизированного) слоя составляет для кварца и большинства других материалов при сухом измельчении $15 \div 20$ мкм и при мокром $1,5 \div 2,0$ мкм / 1 /.

Увеличение удельной поверхности материалов приводит к росту водопотребности, что, в свою очередь, сказывается на изменении консистенции цементного раствора. Консистенция – это состояние системы, определяемое совокупностью всех сил внутреннего сцепления – адсорбционных, капиллярных, сил трения. Изменения взаиморасположения и формы частиц твердой фазы, количественных соотношений фаз приводят к изменению консистенции массы. Консистенция однозначно определяется напряжением сдвига системы.

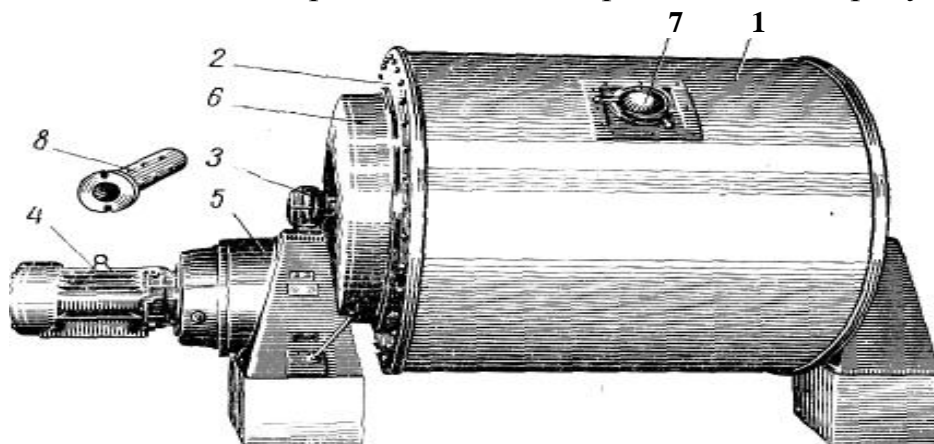
Для помола строительных материалов широко применяют мельницы разнообразных конструкций и условий работы. Мельницы условно разделяются на механические (шаровые, стержневые, трубные, роликотомлятниковые, валковые, ударного действия, вибрационные и другие) и аэродинамические или струйные (воздухоструйные, пароструйные и другие). В барабанных мельницах помол материала производится за счет истирания и удара при движении мелющих тел во вращающемся барабане; в шаровых кольцевых — раздавливания и истирания при относительном перемещении шаров и верхнего и нижнего колец; валковых — раздавливания и истирания между тарелкой и валками; роликотомлятниковых — раздавливания и истирания между неподвижным кольцом и вращающимися роликами; ударного действия — удара вращающихся бил или молотков и соударения с отражательными плитами; вибрационных — вибрационного воздействия мелющих тел; струйных — самоизмельчения материала при больших скоростях его движения в потоках энергоносителя (газа, пара).

Выбор мельницы для производственных целей должен определяться требованиями к получаемому продукту. При сравнении эффективности помольных агрегатов целесообразно относить затрачиваемую на измельчение цемента работу непосредственно к его прочности.

Цель работы: практическое знакомство с устройством и работой шаровой мельницы; измельчение заданных составов вяжущего в шаровой двухкамерной мельнице. Исследование влияния продолжительности помола на кинетику процесса; определение удельной поверхности полученных порошков на приборе ПМЦ-500; определение свойств цемента в соответствии с требованиями ГОСТ 310.3-76* и ГОСТ 310.4-81.

2 Описание установок и приборов

Помол материалов осуществляют в лабораторной шаровой мельнице периодического действия. Схема шаровой мельницы представлена на рисунке 2.1



1 – сварной барабан; 2 – чугунные или стальные днища с цапфами; 3 – подшипник; 4 - электродвигатель; 5 –редуктор; 6 – кожух; 7 – крышка люка; 8 - стакан с отверстиями, для разгрузки мельницы.

Рисунок 2.1 - Общий вид шаровой мельницы периодического действия

Мельница периодического действия представляет собой сварной барабан, закрытый с обеих сторон чугунными или стальными днищами с цапфами, которыми мельница опирается на подшипники. Барабан внутри футерован кремневыми камнями, фарфоровыми плитами или плитами из высокоглиноземистых или циркониевых материалов. Мелющие тела изготавливают из тех же материалов или применяют кремневую гальку. Мельница приводится во вращение от фланцевого электродвигателя через планетарный редуктор и зубчатую пару с внутренним зацеплением, заключенную в кожухе. Мельница загружается мелющими телами и материалами через люк, закрываемый крышкой. Количество загружаемой массы материала составляет от 400 до 500 кг на 1 м^3 емкости барабана, а вес кремневых шаров примерно равен весу материала. Разгружается мельница через тот же люк; чтобы при этом не выпали мелющие тела, в люк вставляется стакан с отверстиями, размеры которых меньше размеров мелющих тел. Достоинства шаровых мельниц:

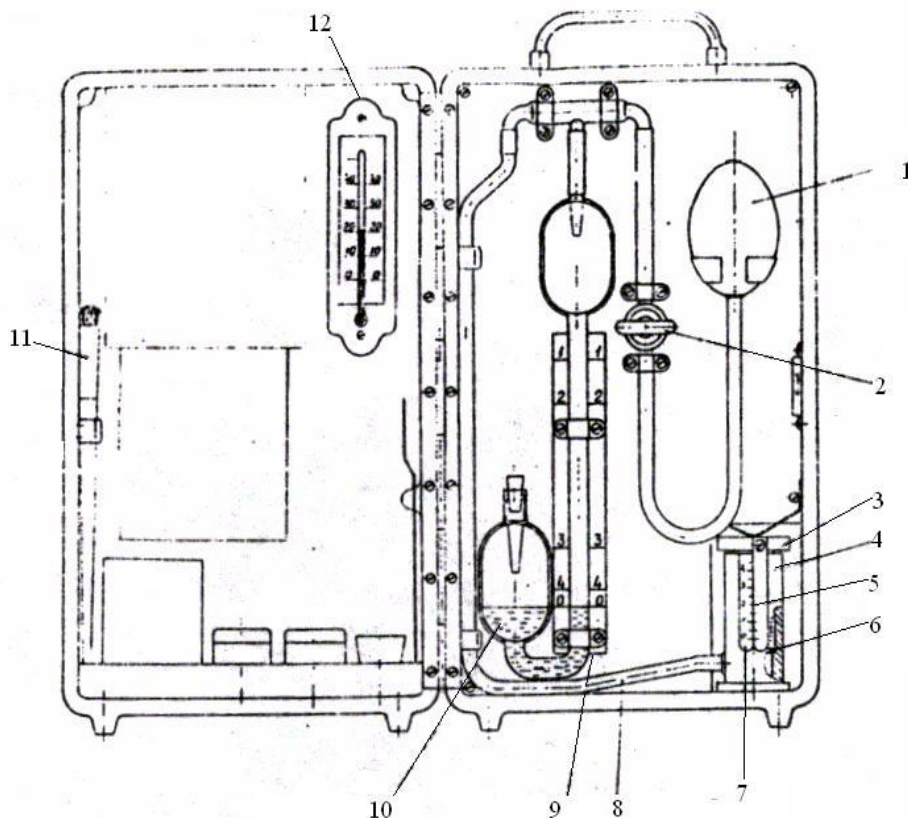
- 1) возможность получения высокой и постоянной тонкости помола и регулирования ее;
- 2) возможность подсушки материала в самой мельнице;
- 3) простота конструкции;
- 4) надежность в эксплуатации;
- 5) возможность измельчения пород различной твердости.

Недостатки: 1) значительный расход энергии;

- 2) большой вес и размеры;
- 3) большой пусковой момент;
- 4) сильный шум во время работы.

В промышленности строительных материалов барабанные мельницы получили наибольшее применение. Основными параметрами мельниц являются диаметр (D) и длина (L), которые входят в их условное обозначение. Если отношение $L / D < 3$, то мельницы обычно называют барабанными (шаровыми), если $L / D > 3$ – трубными.

Определение удельной поверхности молотых материалов методом воздухопроницаемости проводят по ГОСТ 310.2-76 с использованием прибора ПМЦ – 500 (рисунок 2.2)



1 - груша; 2 - кран; 3 - поршень; 4 – кювета; 5 - нониус; 6 – сетка; 7 – шкала; 8 - резиновая трубка; 9 – шкала; 10 – манометр; 11 – кисть; 12 – термометр

Рисунок 2.2- Схема прибора ПМЦ-500

Кювета, в которую помещается испытываемый материал, представляет собой стальной цилиндр с внутренним диаметром $(25,2 \pm 0,1)$ мм и площадью поперечного сечения 5 см^2 . В нижней части выточены заплечики, на которые помещается перфорированный диск. На внешней поверхности кюветы нанесена миллиметровая шкала. Плунжер служит для уплотнения цементного порошка в кювете. Вдоль оси плунжера имеются каналы для прохода воздуха. На внешней стороне плунжера имеется планка с нониусом. Манометр-аспиратор представляет собой стеклянный сосуд, наполненный подкрашенной водой, и служит для создания разряжения, вызывающего просасывание воздуха через слой порошка, а также для измерения этого разряжения.

3 Определение влияния длительности помола цемента на изменение его удельной поверхности

3.1 Методика проведения помола компонентов исходной смеси и определения удельной поверхности полученных порошков

3.1.1 Предварительно проанализированное исходное сырье в количестве, определяемом по таблице 3.1, загружается в барабан шаровой мельницы.

Таблица 3.1 - Условия проведения помола

№ бригады студентов	Исходный материал			
	количество	клинкер	гипс	доменный гранулированный шлак
1	%	96,5	3,5	
	кг	5,79	0,21	
2	%	66,5	3,5	30
	кг	3,99	0,21	1,8

Примечание—Помол осуществляется учебно-вспомогательным персоналом кафедры

3.1.2 Через 2 часа помола выгрузить 2 кг материала, через 5 часов помола еще 2 кг и через 10 часов – последние 2 кг. Таким образом, каждая подгруппа студентов имеет 3 пробы (по 2 кг) молотого исходного материала.

3.1.3 От каждой пробы отбирают по три навески порошка и взвешивают их с точностью до 0,01 г. Количество материала Р в граммах вычисляют по формуле:

$$P = 3,33 \cdot \rho \quad (3.1)$$

где ρ - плотность материала, г/см³

В тех случаях, когда определению подлежит смесь различных порошкообразных материалов, значение навески определяется по формуле:

$$P = 3,33 (A/\rho_1 + B/\rho_2 + C/\rho_3)^{-1} \quad (3.2)$$

где А,В,С – содержание в долях по массе компонентов в смеси;
 ρ_1, ρ_2, ρ_3 – плотности соответствующие А, В, С (см. приложение А)

3.1.4 На перфорированный диск прибора ПМЦ-500 кладут кружок фильтровальной бумаги малой или средней плотности, на котором располагают навеску испытываемого материала. Слегка постукивая по стенкам кюветы, выравнивают поверхность порошка и накладывают второй кружок фильтроваль-

ной бумаги. При помощи плунжера навеску прессуют нажатием руки. Пользуясь нониусом на планке плунжера и шкалой на поверхности кюветы, определяют высоту уплотненного материала.

3.1.5 После удаления плунжера из кюветы открывают кран и при помощи груши создают разрежение под слоем материала. Закрыв кран и пользуясь секундомером, измеряют время, в течение которого мениск жидкости пройдет между двумя рисками. Определение продолжительности просасывания воздуха для одной и той же навески производят дважды и для дальнейших расчетов используют среднеарифметическое из двух определений.

3.1.6 Удельную поверхность тонкодисперсных материалов $S_{уд}$ в квадратных сантиметрах на грамм вычисляют по формуле:

$$S_{уд} = K \frac{M\sqrt{T}}{P}; \quad (3.3)$$

где k – постоянная прибора для той пары рисков, между которыми измеряли время падения столба жидкости (по паспорту прибора);

M – табличная величина, зависящая от температуры воздуха, измеряемая по термометру и высоте слоя материала в кювете (определяется по таблице "Инструкции к прибору ПМЦ-500");

T – время прохождения мениска жидкости между рисками манометра, с;

P – величина навески материала, г

3.2 Обработка опытных данных.

3.2.1 Полученные результаты заносят в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Определение удельной поверхности материалов

Ма-те-ри-ал	Время помола, мин	Навеска порошка, г	Высота слоя, см	Температура воздуха, °С	Время прохождения мениска, с	\sqrt{T}	M	Удельная поверхность, см ² /г
	120							
	300							
600								

3.2.2 По результатам таблицы 3.2 строят графики зависимости удельной поверхности порошков от времени помола.

3.2.3 Делают выводы о влиянии времени помола на тонкость получаемых порошков.

4 Определение консистенции цементного раствора /9/

4.1 Отвешивают 1500 г нормального песка по ГОСТ 6139 – 2003 и 500 г вяжущего двухчасового помола, высыпают их в предварительно протёртую мокрой тканью сферическую чашу, перемешивают цемент с песком стальной лопаткой в течение 1 минуты. Далее в центре сухой смеси делают углубление, в которое вливают отмеренную ранее воду ($V/C \cong 0,4 \div 0,5$). В течение 0,5 мин дают воде впитаться и перемешивают смесь 4 минуты.

4.2 Форму – конус устанавливают в центре диска встряхивающего столика. Внутреннюю поверхность конуса и диск столика перед испытанием протирают влажной тканью.

4.3 По окончании перемешивания заполняют раствором форму – конус на половину высоты и уплотняют 15 штыкованиями металлической штыковкой. Затем наполняют конус раствором с небольшим избытком и штыкуют 10 раз. Избыток раствора снимают ножом, расположенным под небольшим углом к торцевой поверхности конуса. Конус снимают в вертикальном направлении.

4.4. Раствор встряхивают на столике 30 раз за (30 ± 5) с, после чего штангенциркулем измеряют диаметр конуса по нижнему основанию в двух взаимно перпендикулярных направлениях и берут среднее значение.

4.5 Эксперимент повторяют с п.п.4.1 до п.п.4.4, взяв 500 г вяжущего пятичасового помола и корректируя V/C , достигают такого же расплыва цементного раствора на встряхивающем столике, как в п.п.4.4.

4.6 Опыт повторяют в соответствии с п.п.4.5, взяв 500 г вяжущего десятичасового помола.

4.7 Необходимо проанализировать, как изменяется водопотребность растворов смесей в зависимости от различной удельной поверхности. Данные испытаний заносят в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Результаты испытаний консистенции цементного раствора

Время помола, мин	Среднее значение удельной поверхности, $\text{см}^2/\text{г}$	V/C	Расплав конуса, см
120			
300			
600			

5 Определение предела прочности при изгибе и сжатии /9/

5.1 Непосредственно перед изготовлением образцов внутреннюю поверхность стенок форм и поддона слегка смазывают машинным маслом. Стыки наружных стенок друг с другом и с поддоном формы промазывают тонким слоем солидола или другой густой смазки. На собранную форму устанавливают насадку и промазывают снаружи густой смазкой стык между формой и насадкой.

5.2 Для определения прочностных характеристик цементов изготавливают образцы-балочки из цементного раствора. Для каждого времени помола вяжущего изготавливают по три образца (одна форма).

5.3 Для уплотнения раствора форму балочек с насадкой закрепляют в центре виброплощадки, плотно прижимая ее к плите.

5.4 Форму по высоте наполняют приблизительно на 1 см раствором и включают вибрационную площадку. В течение первых 2 мин вибрации все три гнезда формы равномерно небольшими порциями заполняют раствором. По истечении 3 мин от начала вибрации виброплощадку отключают. Форму снимают с виброплощадки и избыток раствора удаляют ножом, расположенным под небольшим углом к поверхности укладки, заглаживая с нажимом раствор вровень с краями формы. Образцы маркируют. Нож предварительно должен быть протерт влажной тканью.

5.5 После изготовления образцы в формах хранят (24 ± 1) ч в ванне с гидравлическим затвором или в шкафу, обеспечивающем относительную влажность воздуха не менее 90%.

5.6 По истечении времени хранения, образцы осторожно расформовывают и укладывают в ванны с питьевой водой в горизонтальном положении так, чтобы они не соприкасались друг с другом. Вода должна покрывать образцы не менее чем на 2 см. Воду меняют через каждые 14 суток. Температура ее при замене должна быть $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$, как и при хранении образцов. Образцы, имеющие через (24 ± 1) ч прочность, недостаточную для расформовки их без повреждения, допускается вынимать из формы через (48 ± 2) ч.

5.7 По истечении срока хранения образцы вынимают из воды и не позднее чем через 30 мин подвергают испытанию. Непосредственно перед испытанием образцы должны быть насухо вытерты.

5.8 Предел прочности при изгибе определяют на приборе МИИ-100 и вычисляют как среднеарифметическое значение двух наибольших результатов испытания трех образцов.

5.9 Определение предела прочности при сжатии производят с использованием гидравлического пресса. Половинку балочки помещают между двумя пластинками таким образом, чтобы боковые грани, которые при изготовлении прилежали к стенкам формы, находились на плоскостях пластинок, а упоры пластинок плотно прилежали к торцевой гладкой плоскости образца. Образец вместе с пластинами центрируют на опорной плите пресса. Средняя скорость нарастания нагрузки при испытании должна быть $(2,0 \pm 0,5)$ МПа/с.

5.10 Предел прочности при сжатии отдельного образца вычисляют как частное от деления величины разрушающей нагрузки (в кгс) на рабочую площадь пластинки (в см²), т.е. на 25 см². Предел прочности при сжатии вычисляют как среднее арифметическое значение четырех наибольших результатов испытания шести образцов.

5.11 Прочность образцов со временем изменяется примерно по логарифмическому закону; исходя из этого, при расчетах прочности в различные сроки твердения, пользуются формулой:

$$R^{28} = R^n \frac{\lg 28}{\lg n} \quad (5.1)$$

где R^{28} - прочность образцов в возрасте 28 суток, кгс/м²;

R^n - прочность образцов в возрасте n суток, кгс/м²;

n – число дней твердения, n>3.

5.12 Данные испытаний заносят в таблицы 5.1 и 5.2.

Таблица 5.1 – Результаты испытаний образцов на прочность при изгибе

№ образца	Дата		Предел прочности при изгибе, кгс/см ²		Среднее значение предела прочности при изгибе через 28 сут, кгс/см ²
	изготовления балочек	испытания балочек	балочки	среднее	
1					
2					
3					

Таблица 5.2 – Результаты испытаний образцов на прочность при сжатии

№ образца	Результаты испытаний		Средняя величина предела прочности при сжатии, кгс/см ²	Средняя величина предела прочности при сжатии через 28 сут, кгс/см ²
	разрушающее усилие, кгс	предел прочности при сжатии, кгс/см ²		
1				
2				
3				
4				
5				
6				

После проведения всех экспериментов делается вывод о влиянии длительности помола на изменение удельной поверхности вяжущего и его основные свойства. Строится график зависимости прочностных характеристик растворных смесей на основе молотых композиций от удельной поверхности.

Контрольные вопросы.

1. Что такое помол? Какие аппараты для помола Вы знаете?
2. Чем характеризуется степень дисперсности вяжущих материалов?
3. Что такое $S_{уд}$ и от чего она зависит?
4. Какие оптимальные значения удельной поверхности и критические?

Почему?

5. Опишите процесс разрушения каменного материала при помоле.
6. Что такое консистенция?
7. Какие основные характеристики вяжущего зависят от удельной поверхности?

Список использованных источников

1. Борщ, И.М. Процессы и аппараты в технологии строительных материалов [Текст] / И.М.Борщ- Киев.:Вища школа, 1981.
2. Борщевский, А.А. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий [Текст] / А.А.Борщевский, А.С.Ильин.- М.: Высш.шк., 1987.
3. Бутт, Ю.М. Практикум по химической технологии вяжущих материалов [Текст] / Ю.М.Бутт, В.В.Тимашев.- М.: Высш.шк., 1986.
4. Гаркави, М.С. Термодинамический анализ структурных превращений в вяжущих системах [Текст] / М.С.Гаркави. - Манитогорск: МГТУ, 2005.- 243 с.
5. Ерёмин, Н.Ф. Процессы и аппараты в технологии строительных материалов [Текст] / Н.Ф.Ерёмин.- М.: Высш.шк., 1986.
6. Строительные материалы [Текст]: справочник / А.С.Болдырев, А.Н.Золотов. и др.; под ред А.С.Болдырева.- М.: Стройиздат, 1989.
7. ГОСТ 310.2 – 76* Цементы. Методы определения тонкости помола (СТ СЭВ3920 – 82) [Текст] Взамен ГОСТ 310 – 60 в части определения тонкости помола. – Введен в действие с 01.01.78 г. – М.: Изд-во стандартов. 1985.-288 с.
8. ГОСТ 310.4 – 81 Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии (СТ СЭВ3920 – 82) [Текст] Взамен ГОСТ 310.4 – 76. – Введен в действие с 01.07.83 г. – М.: Изд-во стандартов. 1985.-288 с.

Приложение А (справочное)

Таблица А.1 – Перечень материалов, их плотности и величины навесок для определения удельной поверхности на приборе ПМЦ-500

Наименование материала	Плотность материала, г/см ³	Навеска материала, г
Асбестовая галька	2,79	9,32
Белая сажа	2,45	8,16
Гипс двуводный	2,2 – 2,4	7,32 – 7,99
Гипс полуводный λ - модификация	2,72 – 2,76	9,06 – 9,19
Гипс полуводный β - модификация	2,62 – 2,68	8,72 – 8,92
Двуокись титана	4,00	13,32
Доломит	2,9	9,73
Зола	3,00	10,00
Известняк	2,8	9,32
Известь – пушонка	2,2	7,32
Известь - кипелка	2,8	9,32
Карборунд	3,2	10,66
Кирпичный бой	2,66	8,86
Клинкер	3,00	10,00
Корунд искусственный	3,96	13,20
Опока	2,73	9,09
Пегматит	2,38	7,86
Пемза	2,40	7,99
Песок	2,65	8,82
Силикатная глыба	3,00	10,00
Стекольная шихта	2,70	9,00
Титановый концентрат	4,30	14,30
Ферросилицит	2,70	9,00
Цемент	3,00	10,00
Шлак доменный	2,8	9,32