

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Иркутская государственная аграрный университет
имени А.А. Ежевского»**

**Кафедра Землеустройства, кадастров
и сельскохозяйственной мелиорации**

ПРОСВИРНИН В.Ю.

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ
РАБОТЫ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОГО И ДИСТАНЦИОННОГО
ОБУЧЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ
21.03.02 - ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО И КАДАСТРЫ**

МОЛОДЕЖНЫЙ 2022

УДК 332.7 (072)+347.214.2 (072)

Подготовлено и рекомендовано к изданию кафедрой землеустройства, кадастров и сельскохозяйственной мелиорации агрономического факультета Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского (протокол № 6 от «16» февраля 2022 г.)

Утверждено к изданию методической комиссией агрономического факультета Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского (протокол № 7 от «22» марта 2022 г.)

Автор: Просвирнин В.Ю.

Рецензенты:

Худоногова Е.Г. - зав. кафедрой, д.б.н., профессор кафедры ботаники, плодового и ландшафтной архитектуры ФГБОУ ВО Иркутского ГАУ

Просвирнин В.Ю. Материаловедение. Методические указания по выполнению контрольной работы для студентов заочного и дистанционного обучения направления подготовки 21.03.02 - Землеустройство и кадастры. - Иркутск: Издательство Иркутского ГАУ, 2022. - 26 с.

Методические указания предназначены для выполнения контрольной работы студентов заочной и дистанционной формы обучения, изучающим дисциплину «Материаловедение» по направлению подготовки 21.03.02 - Землеустройство и кадастры. В методические указания входят введение, разделы дисциплины для самостоятельного изучения, последовательное описание выполнения контрольной работы, а также ее оформление.

© Просвирнин В.Ю. 2022.
© Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, 2022.

	стр.
Введение	4
Глоссарий.....	5
Вопросы по курсу Материаловедение	12
Список литературы	15
Методические указания по выполнению контрольной работы	16
Общие указания по выполнению и оформлению контрольной работы..	16
Задание для контрольной работы по материаловедению	17
Методика выполнения контрольной работы по материаловедению	18

ВВЕДЕНИЕ

Материаловедение является учебной дисциплиной вариативной части блока 1 обязательные дисциплины учебного плана направления подготовки 21.03.02 - Землеустройство и кадастры.

Цель освоения дисциплины: является дать необходимый объем сведений о разнообразных современных строительных и конструкционных материалах: природных, искусственных, в том числе композиционных; общие представления о технологии их изготовления.

Основные задачи освоения дисциплины:

- изучение свойств строительных материалов;
- ознакомление с основными строительными материалами;
- освоение основополагающих методов оценки строительных материалов;
- изучение методик расчета характеристик строительных материалов.

В результате освоения дисциплины «Материаловедение» обучающийся должен овладеть знаниями, умениями и навыками в целях приобретения следующих компетенций:

Таблица 1 - Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

Код компетенции	Результаты освоения ОП	Индикаторы компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-12	Способен использовать знания современных технологий технической инвентаризации объектов капитального строительства	ИД-1пк-12 Проводит техническую инвентаризацию объектов капитального строительства	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - номенклатуру природных и искусственных материалов; - свойства основных видов материалов; <p>технологии изготовления различных видов материалов и изделий</p> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - произвести классификацию материалов на природные, искусственные, композиционные; - определить назначение различных материалов по применению для несущих и ограждающих конструкций; - определить назначение различных материалов по применению для теплоизоляции, для наружной и внутренней отделки <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками по определению вида материалов в изделиях, конструкциях и зданиях; - навыками по определению основных свойств материалов

ГЛОССАРИЙ ПО КУРСУ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Арболит — разновидность легкого бетона, в состав которой входит органический наполнитель в виде древесной дробленки, минеральное вяжущее, химические добавки и вода.

Армированное стекло получают методом непрерывного проката с одновременной запрессовкой внутри листа металлической сетки из никелированной проволоки диаметром 0,45...0,5 мм.

Асфальтовым бетоном (асфальтобетоном) называется дорожно-строительный материал, получаемый в результате уплотнения и затвердевания рационально подобранной смеси щебня (или гравия), песка для строительных работ, минерального порошка и битума. Смесь этих материалов до затвердевания называется **асфальтобетонной смесью**.

Бетонами называются искусственные каменные материалы, получаемые при затвердевании тщательно перемешанной и уплотненной смеси из вяжущего вещества, мелкого и крупного наполнителей, затворителя (воды), взятых в определенных количествах. До затвердевания эта смесь называется **бетонной**.

Бризол — рулонный материал без основы, изготавливается путем прокатки на каландрах смеси, состоящей из нефтяного битума, дробленых отходов резины, наполнителя (асбестового волокна) и пластификатора.

Бруски — пиломатериалы толщиной до 100 мм и шириной не более двойной толщины.

Брусья — пиломатериалы толщиной и шириной 100 мм и более.

Бут — крупнообломочный материал с зернами рваной формы с размером от 150 до 500 мм.

Водопоглощение (безразмерная величина) - свойство материала поглощать и удерживать воду при непосредственном с ней соприкосновении.

Водопроницаемость — способность материала пропускать воду под давлением. Характеристикой водопроницаемости служит количество воды, прошедшее в течение 1 с через 1 м² поверхности материала при заданном давлении воды.

Водостойкость (безразмерная величина) - способность материала сохранять прочность при увлажнении.

Воздухостойкость – способность материала выдерживать циклические воздействия увлажнения и высушивания без заметных деформаций и потери механической прочности.

Вспученный вермикулит — сыпучий материал, получаемый путем кратковременного обжига и измельчения частиц слюды.

Гидроизол получают путем пропитки асбестового или асбестоцеллюлозного картона окисленным нефтяным битумом.

Гравий – крупнообломочный материал с зернами окатанной формы с размером от 5 до 70 мм.

Дегтевый бетон (дегтебетон) — дорожно-строительный материал, для приготовления которого применяется рационально подобранная смесь щебня (или гравия), песка для строительных работ, минерального порошка, а в качестве вяжущего материала используется каменноугольный деготь.

Доски — пиломатериалы толщиной до 100 мм и шириной более двойной толщины.

Железобетон представляет собой строительный материал, в котором выгодно сочетается совместная работа бетонного камня и арматурной стали.

Закаленное стекло изготовляют путем специальной термической обработки высококачественного листового стекла с целью придания ему повышенной прочности и термостойкости.

Звукоизоляционными, или **акустическими**, называются материалы, которые применяют для уменьшения или поглощения различного рода шумов.

Изол — бесосновный биостойкий рулонный гидроизоляционный и кровельный материал. Его изготовляют путем прокатывания на каландрах смеси резинобитумного вяжущего, пластификатора, минерального наполнителя и антисептика.

Истинная плотность ($\text{кг}/\text{м}^3$) - масса единицы объема материала в абсолютно плотном состоянии.

Истираемость – свойство материала сопротивляться истирающим воздействиям.

Керамическими называют искусственные каменные материалы, изготавливаемые из минерального сырья путем формования и последующего обжига при высоких температурах.

Кирпич имеет форму прямоугольного параллелепипеда с ровными гранями и прямыми ребрами и углами размером 250×120×65 (88) мм, реже 288×138×65 (модульный).

Коэффициент конструктивного качества (безразмерная величина) - отношение предела прочности при сжатии к относительной плотности материала.

Коэффициент насыщения пор водой (безразмерная величина) - отношение водопоглощение по объему к пористости.

Коэффициент плотности (безразмерная величина) - характеризует степень заполнения объема материала веществом.

Круглые лесоматериалы — отрезки древесного ствола разных пород и размеров, очищенные от коры и сучьев.

Металлоизол изготавливается на основе отожженной алюминиевой фольги (толщиной 0,2...0,5 мм), покрытой с обеих сторон смесью тугоплавкого нефтяного битума с асбестовым волокном или резинобитумной смесью.

Минеральная вата состоит из отдельных волокон, которые получают раздувом струй расплавов горных пород или металлургических шлаков.

Минеральными вяжущими называются порошкообразные вещества, которые при смешивании (затворении) с водой дают пластическое тесто, способное с течением времени под влиянием физико-химических процессов затвердевать и переходить в камневидное состояние.

Морозостойкость – свойство материала, насыщенного водой, выдерживать многократное попеременное замораживание и оттаивание без значительных признаков разрушения и снижения прочности.

Насыпная плотность (кг/м³) – отношение массы материала в насыпном состоянии к его объему.

Огнестойкость – свойство материала противостоять действию высоких температур и воды в условиях пожара без значительной потери несущей способности.

Огнеупорность – свойство материала выдерживать длительное воздействие высокой температуры, не деформируясь и не расплавляясь.

Оконное стекло представляет собой бесцветное неполированное стекло, изготавливаемое способом вытягивания, проката и другими.

Относительная плотность (безразмерная величина) - отношение средней плотности материала к плотности воды при 4 °С.

Пергамин представляет собой беспокровный материал, изготовленный путем пропитки кровельного картона мягкими битумами.

Песок – мелкозернистый материал с зернами от 0,16 до 5 мм.

Пиломатериалы — продукция, получаемая при раскросе бревен, имеющая стандартные размеры и качество, используемая в целом виде или для выработки заготовок, деталей и изделий из древесины.

Пластическими массами называют материалы, в состав которых входят смолообразные органические вещества с высокой молекулярной массой, наполнители, пластификаторы, отвердители, стимуляторы и др.

Пластичность – свойство материала при нагружении в значительных пределах изменять размеры и форму без образования трещин и разрывов и сохранять эту форму после снятия нагрузки.

Пористость (безразмерная величина) – относительная величина, показывающая, какая часть объема материала занята внутренними порами.

Пороками древесины называют недостатки отдельных, участков древесины, снижающие ее качество и ограничивающие возможность использования.

Профильное строительное стекло (стеклопрофилит) изготавливают непрерывным прокатом в виде бесконечной ленты, имеющие форму коробчатого или швеллерного сечения.

Прочность - свойство материала сопротивляться, не разрушаясь, внутренним напряжениям и деформациям, возникающим под действием нагрузки или других факторов.

Радиационная стойкость – свойство материала сохранять свою структуру и физико-механические характеристики после воздействия ионизирующих излучений.

Рубероид получают пропиткой кровельного картона мягкими нефтяными битумами с последующим покрытием обеих сторон тугоплавким битумом с обработкой их поверхности крупнозернистой, чешуйчатой или мелкой минеральной двусторонней посыпкой.

Ситаллы — стеклокристаллические материалы, получаемые методом проката с дополнительной термической обработкой стекломассы для получения однородной мелкокристаллической структуры, определяющей высокие физико-механические свойства материала.

Состав бетона - это рациональное соотношение между его компонентами, обеспечивающее получение бетона с требуемыми показателями качества при минимуме материальных и энергетических затрат.

Средняя плотность (кг/м^3) - масса единицы объема материала в естественном виде (вместе с порами).

Сталями называют железоуглеродистые сплавы с содержанием углерода до 2 %. По химическому составу стали делят на углеродистые и легированные.

Стекло — аморфный прозрачный материал, получаемый переохлаждением расплавленной стекломассы, состоящей из силикатных материалов (кварцевого песка, известняка, соды и других компонентов).

Стеклоблоки представляют собой полые, пропускающие свет изделия, получаемые из двух отпрессованных из стекломассы половинок и соединенных между собой сваркой.

Стеклопакеты представляют собой два или несколько листов стекла, герметично соединенных между собой по периметру.

Стеклорубероид получают путем двустороннего нанесения тугоплавкого нефтяного битума на стекловолоконный холст.

Строительный раствор — это затвердевшая смесь вяжущих, заполнителей (мелких), воды и добавок. До затвердевания он называется **растворной смесью**.

Твердость – свойство материала сопротивляться проникновению в него другого более твердого материала.

Теплоемкость – свойство материала аккумулировать теплоту при нагревании. Теплоемкость оценивается коэффициентом теплоемкости, то есть количеством теплоты необходимой для нагревания 1 кг материала на 1 °С.

Теплоизоляционными называют материалы, предназначенные для защиты от потерь теплоты конструкциями зданий различного назначения, а также различными тепловыми агрегатами.

Теплопроводность - способность материала передавать теплоту через толщу от одной поверхности к другой. Значение теплопроводности характеризуется коэффициентом теплопроводности λ (Вт/м °С), равным количеству теплоты (Дж), проходящей через образец материала толщиной 1 метр, площадью 1 м² за 1 секунду, при разности температур на противоположных поверхностях материала в 1 °С.

Термическая стойкость – способность материала выдерживать чередование резких тепловых изменений.

Толь гидроизоляционный с кровельной пленкой изготавливают путем пропитки кровельного картона каменноугольными или сланцевыми дегтями с последующей обработкой лицевой и нижней сторон мелкозернистой посыпкой.

Увелолевое стекло обладает способностью пропускать ультрафиолетовые лучи до 25 %.

Ударная вязкость (ударная или динамическая прочность) – свойство материала сопротивляться ударным нагрузкам.

Упругость – свойство материала принимать после снятия нагрузки первоначальную форму и размеры.

Фибролит — спрессованные и затвердевшие плиты из древесных стружек, обработанных минерализаторами, с минеральным вяжущим веществом.

Фольгоизол — рулонный материал, состоящий из тонкой рифленой фольги, покрытой с нижней стороны слоем резинобитумного или полимерно-битумного вяжущего вещества, смешенного с минеральным наполнителем и антисептиком.

Хрупкость – свойство материала под действием нагрузки разрушаться без заметной пластической деформации.

Черные металлы представляют собой сплав железа с углеродом.

Чугунами называют железоуглеродистые сплавы с содержанием углерода более 2%, в состав которых входят также кремний, марганец, сера и фосфор. Различают белые, серые и ковкие чугуны.

Щебень – крупнообломочный материал с зернами рваной формы с размером от 5 до 70 мм.

Ячеистые бетоны представляют собой искусственный пористый камень с равномерно распределенными порами, крупность которых не превышает 2 мм.

ВОПРОСЫ ПО КУРСУ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

1. Физические свойства строительных материалов.
2. Теплотехнические свойства строительных материалов.
3. Механические свойства строительных материалов.
4. Химические свойства строительных материалов.
5. Биологические свойства строительных материалов.
6. Основные свойства природных каменных материалов и их классификация.
7. Обработанные природные каменные материалы.
8. Необработанные природные каменные материалы.
9. Технология производства природных каменных материалов.
10. Сырье для производства керамических материалов и изделий.
11. Технология производства керамических изделий.
12. Стеновые керамические материалы.
13. Облицовочные керамические изделия.
14. Теплотехнические керамические изделия.
15. Кровельные керамические изделия.
16. Санитарно-технические керамические изделия.
17. Специальные керамические изделия.
18. Минеральные вяжущие вещества и искусственные каменные материалы на их основе.
19. Воздушные минеральные вяжущие.
20. Гидравлические минеральные вяжущие.
21. Технология производства минеральных вяжущих.
22. Тяжелый бетон.
23. Легкий бетон.

24. Железобетон.
25. Строительный раствор.
26. Асбестоцементные изделия.
27. Силикатные изделия.
28. Гипсовые изделия.
29. Древесина и композиционные материалы на ее основе.
30. Основные породы древесины, применяемые в строительстве.
31. Строение и состав древесины. Свойства древесины.
32. Пороки древесины.
33. Сушка древесины.
34. Защита древесины от горения и гниения.
35. Круглые лесоматериалы.
36. Пиломатериалы.
37. Фрезерованные лесоматериалы.
38. Измельченные лесоматериалы.
39. Лущеные лесоматериалы.
40. Столярные изделия.
41. Органические вяжущие вещества и изделия на их основе.
42. Битумные и дегтевые вяжущие, их состав и структура.
43. Асфальтовые и дегтевые бетоны и растворы.
44. Рулонные кровельные и гидроизоляционные материалы.
45. Герметизирующие и обмазочные битумные материалы.
46. Материалы и изделия из пластмасс.
47. Полимеризационные полимеры и изделия из них.
48. Поликонденсационные полимеры и изделия из них.
49. Механические свойства строительных металлов и сплавов.
50. Технология производства металлов.
51. Конструкционные металлы и сплавы.

52. Черные металлы. Арматура. Прокатные изделия.
53. Цветные металлы и сплавы.
54. Строительное стекло и изделия из стекла.
55. Технология изготовления стеклянных строительных изделий.
56. Ситаллы и шлакоситаллы.
57. Основные свойства и классификация теплоизоляционных материалов.
58. Органические теплоизоляционные материалы.
59. Неорганические теплоизоляционные материалы.
60. Звукоизоляционные материалы.

Рекомендуемая литература

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины:

1. Основная литература:

1. Бондаренко Г.Г. Материаловедение: учеб. для вузов : рек. УМО / Г. Г. Бондаренко, Т. А. Кабанова, В. В. Рыбалко ; под ред. Г. Г. Бондаренко. - 2-е изд. - М. : Юрайт, 2012. - 360 с.
2. Попов К.Н. Строительные материалы и изделия : учеб. для сред. спец. учеб. заведений / К. Н. Попов, М. Б. Каддо. - М. : Высш. шк., 2002. - 367 с.
3. Наносистемы в строительном материаловедении [Электронный ресурс] / В. В. Строкова, И. В. Жерновский, А. В. Череватова. - 3-е изд., стер. - : Лань, 2017. - 236 с.

2. Дополнительная литература:

1. Материаловедение : учеб. пособие для выполнения расчетно-граф. и лаб. работ для студентов спец. 310900 "Землеустройство" / Иркут. гос. с.-х. акад. ; сост. В. Ю. Просвирнин. - Иркутск : ИрГСХА, 2004. - 101 с.
2. Ходанович Б.В. Проектирование и строительство животноводческих объектов : учеб. для вузов по направлению подгот. 110401 - "Зоотехния" / Б. В. Ходанович. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб. : Лань, 2012. - 287 с.
3. Волков Г.М. Материаловедение : учеб. для вузов / Г. М. Волков, В. М. Зуев. - М. : Академия, 2008. - 398 с. :
4. Строительные материалы: учебник для студентов высш. учеб. заведений, обучающихся по спец. "Строительство" / А. Г. Домокеев. - Москва : Высш. шк., 1982. - 383 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Общие указания по выполнению и оформлению контрольной работы

Контрольная работа должна состоять из титульного листа, содержания (оглавления), номера варианта (замена одного варианта другим не допускается), основной части, списка литературы. При выполнении контрольной работы необходимо руководствоваться следующими правилами: работу оформляют на листах бумаги формата А4, шрифт текста - 14, межстрочный интервал 1,5, форматирование по ширине поля: справа - 20 мм, слева - 25 мм, сверху и снизу - 20 мм, абзацный отступ - 12,5 мм.

Текстовый материал выполняют в печатном виде. Схемы, таблицы и рисунки нумеруют сквозной нумерацией. Все страницы также должны быть пронумерованы.

Список литературы должен содержать упорядоченный перечень используемых при выполнении исследования литературных источников (не менее 5). По тексту обязательно должна быть дана ссылка на источник литературы, которая указывается в квадратных скобках, где помещается порядковый номер источника в списке.

Если студент получил работу с подписью «на доработку», то исправленная и дополненная работа представляется с ранее возвращенной.

ЗАДАНИЕ

для контрольной работы по материаловедению

Контрольная работа выполняется в соответствии с методикой изложенной в разделе 4 учебного пособия «Материаловедение» автор Просвирнин В.Ю. Исходные данные для расчета представлены в таблице 1. Номера заданий приведены в таблице 2. Выбор задания осуществляется по следующей схеме: например, номер зачетной книжки № 05631, предпоследняя цифра 3, а последняя 1, что соответствует набору цифр в таблице 2. – 1139, следовательно студенту необходимо рассчитать состав бетонной смеси для 1 – панели, при этом вид крупного заполнителя 1 – гравий, его диаметр 3 – 40 мм, а проектируемая марка прочности бетона 9 – 600 кг/см².

Таблица 1. Исходные данные для расчета

№	Бетонная конструкция	№	Вид крупного заполнителя	№	Диаметр крупного заполнителя	№	Марка прочности проектируемого бетона
1	панель	1	гравий	1	10	1	100
2	плита	2	щебень	2	20	2	200
3	блок			3	40	3	250
				4	70	4	300
						5	350
						6	400
						7	500
						8	550
						9	600

Таблица 2. Номер задания

		Последняя цифра номера зачетной книжки									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Предпоследняя цифра номера зачетной книжки	0	1126	1136	1146	2116	2126	2136	2146	3116	3126	3136
	1	1127	1137	1147	2117	2127	2137	2147	3117	3127	3137
	2	1128	1138	1148	2118	2128	2138	2148	3118	3128	3138
	3	1129	1139	1149	2119	2129	2139	2149	3119	3129	3139
	4	1221	1231	1241	2211	2221	2231	2241	3211	3221	3231
	5	1222	1232	1242	2212	2222	2232	2242	3212	3222	3232
	6	1223	1233	1243	2213	2223	2233	2243	3213	3223	3233
	7	1224	1234	1244	2214	2224	2234	2244	3214	3224	3234
	8	1225	1235	1245	2215	2225	2235	2245	3215	3225	3235
	9	1226	1236	1246	2216	2226	2236	2246	3216	3226	3236

4. СОСТАВ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА

Цель работы: *Состав бетона - это рациональное соотношение между его компонентами, обеспечивающее получение бетона с требуемыми показателями качества при минимуме материальных и энергетических затрат.*

Исходные данные для определения состава обычно содержатся в техническом проекте строительства и включают, по меньшей мере, два требования: получить бетон необходимой прочности, а бетонную смесь — заданной удобоукладываемости. В ряде случаев, обусловленными специфическими условиями эксплуатации конструкций, главными могут стать требования по морозостойкости, водопроницаемости или стойкости бетона к коррозии.

Чаще всего состав выражают в виде массовой концентрации компонентов, то есть их расхода на 1 м^3 уплотненного бетона.

Задание:

1. Внимательно ознакомится с содержанием настоящего методического указания;
2. Занести в отчет о работе основные положения этапов и формулы по определению различных свойств, а также справочные данные в таблицах;
3. Выполнить расчет согласно настоящего методического указания и задания преподавателя.

Ход работы:

Этап 1.

Студент получает задание на проектирование состава тяжелого бетона: назначение и марку прочности. Одновременно задаются основные характеристики исходных материалов, необходимых для создания бетонной смеси: вид крупного и мелкого заполнителя, его гранулометрический состав, марка цемента, качество материалов.

Этап 2.

Определяем удобоукладываемость бетонной смеси. В качестве характеристики удобоукладываемости используются:

- для подвижных смесей «осадка конуса» - разность высот (см) металлической формы конуса и осевшей бетонной смеси;
- для жестких смесей «жесткость» - время (с) необходимое для уплотнения смеси в техническом вискозиметре.

Классификация бетонных смесей приведена в таблице 4.1.

Таблица 4.1.

Классификация бетонных смесей

Смесь	Осадка конуса, см	Жесткость, с
1	2	3
Особожесткая	0	Более 30
Жесткая	0	5...30
Малоподвижная	1...4	-
Подвижная	4...15	-
Литая	Более 15	-

Выбор удобоукладываемости определяется видом конструкций и условиями проведения бетонных работ. В зависимости от вида конструкций, рекомендации приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2.

Удобоукладываемость бетонной смеси

Наименование конструкций	Способ укладки бетонной смеси		
	С вибрацией		Без вибрации
	Осадка конуса, см	Жесткость, с	Осадка конуса, см
1	2	3	4
Сборные железобетонные, на жестких смесях и немедленной распалубкой	0	30 ... 10	0
Массивные, слабо армированные с редко расположенной арматурой	2 ... 4	5 ... 10	3 ... 6
Каркасные железобетонные (колонны, ригели, балки, плиты и подобное)	4 ... 8	2 ... 5	6 ... 12

Железобетонные, с густо расположенной арматурой (бункеры, силосы и т.д.)	8 ... 10	-	12 ... 15
--	----------	---	-----------

Этап 3.

Определяем расход воды B , необходимый для получения бетонной смеси с заданной удобоукладываемостью по справочным данным, приведенным в таблице 4.3.

Таблица 4.3.

Расход воды на 1 м³ бетонной смеси для тяжелого бетона

Характеристика бетонной смеси		Расход воды B (кг) при наибольшей крупности заполнителя \emptyset (мм)							
Осадка конуса, см	Жесткость, с	гравия				щебня			
		10	20	40	70	10	20	40	70
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-	40 - 50	150	135	125	120	160	150	135	130
-	25 - 35	160	145	130	125	170	160	145	140
-	15 - 20	165	150	135	130	175	165	150	145
-	10 - 15	175	160	145	140	185	175	160	155
2 - 4	-	190	175	160	155	200	190	175	170
5 - 7	-	200	185	170	165	210	200	185	180
8 - 10	-	205	190	175	170	215	205	190	185
10 - 12	-	215	205	190	180	225	215	200	190
12 - 16	-	220	210	197	185	230	220	207	195
16 - 20	-	227	218	203	192	237	228	213	202

Этап 4.

Для получения удобоукладываемой бетонной смеси отношение воды к цементу обычно принимают $B/C = 0,4 \dots 0,7$, в то время как для химического взаимодействия цемента с водой требуется не более 20% воды от массы цемента. Избыточная вода, не вступившая в химическое взаимодействие с цементом, испаряется из бетона, образуя в нем поры, что ведет к снижению плотности и соответственно прочности бетона.

Всесторонние исследования отечественных ученых (И.Г.Малюги, Н.М.Беляева, Б.Г.Скрамтаева и др.) позволили уточнить и расширить формулы, выражающие основной закон прочности, с учетом влияния различных факторов на свойства бетона и установили зависимости оптимальных значений цементно-водного отношения (C/B), обеспечивающего заданную прочность:

- для бетонов с (C/B) меньше или равно 2,5

$$C / B = (R_b / A R_u) + 0,5 \quad ,$$

- для бетонов с (C/B) больше 2,5

$$C / B = (R_b / A_1 R_u) - 0,5 \quad ,$$

где: C/B - цементно-водное отношение - отношение массы цемента к массе воды в единице объема бетонной смеси за вычетом воды, поглощаемой заполнителями;

R_b - предел прочности бетона при сжатии в возрасте 28 сут. Нормального твердения, Па;

R_u - активность (марка) цемента, Па (таблица 4.4.);

A, A_1 - безразмерные коэффициенты, зависящие от свойств и качества применяемых материалов (таблица 4.5.).

Таблица 4.4.

Рекомендуемая марка цемента в зависимости от проектируемой марки бетона

R_b	10	15	20	25	30	40	50	60	70
R_u	30	30	30...40	40	40...50	50...60	60	60	60

Таблица 4.5.

Значения коэффициентов A и A_1

Заполнители и вяжущие	A	A_1
1	2	3
Высококачественные	0,65	0,43
Рядовые	0,60	0,40
Пониженного качества	0,55	0,37

Этап 5.

Расход цемента $\mathbf{Ц}$ находят с учетом уже известных значений $\mathbf{В}$ и $(\mathbf{Ц}/\mathbf{В})$:

$$\mathbf{Ц} = \mathbf{В} \cdot (\mathbf{Ц}/\mathbf{В}) \quad .$$

Если расход цемента $\mathbf{Ц}$ окажется меньше допускаемого нормами, то его следует увеличить, сохранив расчетное значение $(\mathbf{Ц}/\mathbf{В})$. При этом уточняется и расход воды с учетом увеличенного расхода цемента.

В соответствии с требованиями норм минимальный расход цемента допускается в бетонных конструкциях - 200 кг/м³, в железобетонных - 220 кг/м³. Для обеспечения плотности бетонов, предназначенных для работ в агрессивных средах, минимальный расход цемента следует принимать - 250 кг/м³.

Этап 6.

Расход крупного и мелкого заполнителя определяют исходя из следующих положений:

а) объем плотно уложенного бетона, принимаемый в расчете равным 1 м³ или 1000 л, складывается из объема цементного теста, заполняющего пустоты между зернами заполнителей и объема зерен мелкого и крупного заполнителей. Это положение выражается уравнением абсолютных объемов:

$$\mathbf{Ц}/\rho_{\mathbf{ц}} + \mathbf{В}/\rho_{\mathbf{в}} + \mathbf{П}/\rho_{\mathbf{п}} + \mathbf{К}/\rho_{\mathbf{к}} = 1 \quad ;$$

б) межзерновые пустоты в крупном заполнителе должны быть заполнены цементно-песчаным раствором с учетом некоторой раздвижки зерен. Это условие записывают уравнением:

$$\mathbf{Ц}/\rho_{\mathbf{ц}} + \mathbf{В}/\rho_{\mathbf{в}} + \mathbf{П}/\rho_{\mathbf{п}} = \alpha_{\mathbf{к}} k_{\mathbf{р}} \mathbf{К}/\rho_{\mathbf{тк}} \quad ;$$

где: $\mathbf{Ц}$, $\mathbf{В}$, $\mathbf{П}$, $\mathbf{К}$ - расходы на 1 м³ бетона соответственно цемента, воды, песка и крупного заполнителя, кг;

$\rho_{\mathbf{ц}}, \rho_{\mathbf{в}}, \rho_{\mathbf{п}}, \rho_{\mathbf{к}}$ - истинная плотность зерен этих материалов кг/м³;

$\rho_{\mathbf{тк}}$ - насыпная плотность крупного заполнителя кг/м³;

$k_{\mathbf{р}}$ - коэффициент раздвижки зерен крупного заполнителя цементно-песчаным раствором, характеризующий превышение объема раствора над объемом пустот заполнителя (таблица 4.6 и 4.7.);

$\alpha_{\mathbf{к}}$ - пустотность крупного заполнителя,

$$\alpha_k = 1 - \rho_{mk} / \rho_k \quad .$$

Таблица 4.6.

Значение коэффициента раздвижки зерен k_p для подвижных бетонных смесей

Расход цемента, кг/м ³	Коэффициент k_p при В/Ц				
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
250	-	-	1,26	1,32	1,38
300	-	1,30	1,36	1,42	-
350	1,32	1,38	1,44	-	-
400	1,40	1,46	-	-	-
500	1,50	1,56	-	-	-

Таблица 4.7.

Значение коэффициента раздвижки зерен k_p для жестких бетонных смесей

Расход цемента, кг/м ³	До 400	400...500	500...600
Коэффициент k_p	1,05...1,1	1,1...1,2	1,2...1,25

Совместное решение приведенных уравнений приведет к формулам для определения расхода крупного K и мелкого Π заполнителей (кг/м³):

$$K = \frac{1}{\frac{\alpha_k k_p}{\rho_{mk}} + \frac{1}{\rho_k}} \quad ;$$

$$\Pi = \left[1 - \left(\frac{Ц}{\rho_u} + \frac{В}{\rho_b} + \frac{K}{\rho_k} \right) \right] \rho_n \quad .$$

Этап 7.

Определив расход компонентов **Ц**, **В**, **П**, **К** на 1 м³ бетонной смеси, вычисляют ее расчетную плотность, по формуле (кг/м³):

$$\rho_{тб.см} = Ц + В + П + К \quad .$$

Известно, что в химическое взаимодействие с цементом вступает всего около 16% воды. Избыточная вода со временем испаряется и образует в цементном камне поры, что снижает плотность и прочность бетона. С учетом этого реальная средняя плотность бетона составит (кг/м³):

$$\rho_{тб} = Ц + 0,16В + П + К \quad .$$

В соответствии с классификацией средняя плотность тяжелого бетона должна составить 1800...2500 кг/м³.

Этап 8.

Экономическую эффективность бетонной смеси оценивают коэффициентом выхода бетона β - делением объема бетонной смеси (1 м³) в уплотненном состоянии на сумму объемов сухих составляющих, затраченных на ее приготовление:

$$\beta = \frac{1}{V_{ц} + V_{п} + V_{к}} = \frac{1}{Ц/\rho_{тц} + П/\rho_{тп} + К/\rho_{тк}} \quad ,$$

где: $V_{ц}$, $V_{п}$, $V_{к}$ - объем сухих составляющих, затраченных на приготовление 1 м³ бетонной смеси, м³;

$\rho_{тц}$, $\rho_{тп}$, $\rho_{тк}$ - насыпная плотность сухих материалов, кг/м³.

Чем выше значение β , тем экономичнее бетон. Коэффициент выхода для крупнозернистого бетона (при наибольшей крупности заполнителя \varnothing более 10 мм) должен быть не меньше $\beta=0,67...0,70$, а для мелкозернистого (при наибольшей крупности заполнителя \varnothing не более 10 мм) должен быть не меньше $\beta=0,70...0,80$.

Этап 9.

Производственный (полевой) состав бетона по массе вычисляют делением расхода каждого компонента бетонной смеси на расход цемента:

$$Ц/Ц : П/Ц : К/Ц , \quad \text{при } \frac{B}{Ц} = ,$$

например: «формула б.см. (по массе) **1:2,5:4,8** при $B/Ц=0,54$ »,
а по объему следующим образом:

$$V_u/V_u : V_n/V_u : V_k/V_u , \quad \text{при } \frac{V_e}{V_u} = ,$$

например: «формула б.см. (по массе) **1:2:4** при $B/Ц=0,68$ ».

Этап 10.

После выполнения расчета состава бетона готовят пробный замес бетонной смеси объемом 30-50 литров и определяют ее удобоукладываемость. Если бетонная смесь получилась менее подвижной, чем требуется, то увеличивают количество цемента порциями по 10% от первоначального и вводят соответствующее водно-цементному отношению количество воды. В том случае, когда подвижность смеси получилась больше требуемой, добавляют небольшими порциями мелкий и крупный заполнитель, сохраняя отношение их постоянным. Таким путем добиваются заданной подвижности бетонной смеси.

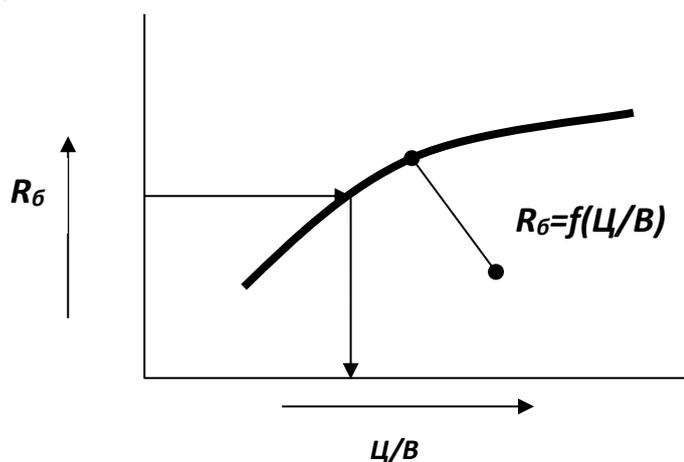


Рисунок 4.1. График результатов испытаний

Помимо основного замеса бетонной смеси рекомендуется готовить еще два пробных замеса того же объема, что и первый, но в одном водно-

цементное отношение принимается большим на 20%, а в другом меньшим на 20%. Из бетонной смеси каждого замеса изготавливают по три контрольных образца-куба размером 150×150×150 мм, которые испытывают на сжатие через 7 и 28 суток нормального твердения. По результатам испытаний строят график $R_6=f(B/C)$ (рисунок 4.1), по которому выбирают водно-цементное отношение, обеспечивающее получение бетона заданной марки.

Объем замеса бетонной смеси, полученной после корректирования состава, может быть определен по формуле:

$$V_3 = (C_3 + B_3 + П_3 + K_3) / \rho_{тб.см} ,$$

где: V_3 - объем замеса бетонной смеси, м³;

$C_3, B_3, П_3, K_3$ - соответственно масса цемента, воды, мелкого и крупного заполнителя, израсходованных на замес, кг;

$\rho_{тб.см}$ - плотность бетонной смеси, кг/м³.

Далее, зная объем бетонной смеси и расход материалов для получения этого объема, можно рассчитать расход материалов на 1 м³ бетонной смеси:

$$C = C_3 / V_3 ; \quad B = B_3 / V_3 ; \quad П = П_3 / V_3 ; \quad K = K_3 / V_3 ; \quad .$$

По полученным результатам уточнить формулу бетонной смеси и ее среднюю плотность, используя методику приведенную выше.

Этап 11.

Расчет дозировки составляющих бетонной смеси (кг/м³) на один замес бетоносмесителя определенного объема с учетом коэффициента выхода бетона β выполняют по формулам:

$$C_v = \beta V / C ; \quad B_v = \beta V / B ; \\ П_v = \beta V / П ; \quad K_v = \beta V / K ,$$

где: $C_v, B_v, П_v, K_v$ - соответственно масса цемента, воды, мелкого и крупного заполнителя, израсходованных на замес, кг, требуемая на замес бетоносмесителя с барабаном объемом V , м³.