

Документ подписан простой электронной подписью  
 Информация о владельце: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 ФИО: Луковникова Елена Ивановна  
 Должность: Проректор по учебной работе  
 Дата подписания: 16.11.2021 11:47:00  
 Уникальный программный ключ:  
 890f5aae3463de1924cbcf76ac5d7ab89e9fe3d2

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
 ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
 ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**"БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

*Е.И. Луковникова*  
 \_\_\_\_\_ Е.И. Луковникова  
 \_\_\_\_\_ 29 \_\_\_\_\_ 20 21 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.02.04 Проектирование бетонов с использованием нанотехнологических приемов**

Закреплена за кафедрой **Базовая кафедра строительного материаловедения и технологий**

Учебный план **b080301\_21\_ИСИ.plx**  
 Направление: 08.03.01 Строительство

Квалификация **Бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **5 ЗЕТ**

Виды контроля в семестрах:

Зачет 7, Контрольная работа 8, Экзамен 8

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		8 (4.2)		Итого	
	Неделя		11			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп	уп	рп
Лекции	17	17	11	11	28	28
Лабораторные	17	17			17	17
Практические	17	17	22	22	39	39
В том числе инт.	16	16	10	10	26	26
Итого ауд.	51	51	33	33	84	84
Контактная работа	51	51	33	33	84	84
Сам. работа	21	21	39	39	60	60
Часы на контроль			36	36	36	36
Итого	72	72	108	108	180	180



**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1.1	Основной целью дисциплины является подготовка бакалавра, глубоко знающего теорию и практику в области бетоноведения, технологии бетона, технологии строительных изделий и конструкций из бетона и железобетона с учетом требований современного строительства и тенденций его развития в нашей стране и за рубежом.
-----	---

**2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП**

Цикл (раздел) ООП:		Б1.В.02.04
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Вязущие для производства строительных смесей, бетонов и растворов	
2.1.2	Технологические процессы в строительстве	
2.1.3	Строительные материалы	
2.1.4	Нормативные и проектные документы строительной отрасли	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Производственная (преддипломная) практика	

**3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

<b>УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</b>	
Индикатор 1	УК-1.1. Выполняет поиск необходимой информации, её критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников
Индикатор 2	УК-1.2. Использует системный подход для решения поставленных задач
<b>ПК-4: Способен контролировать технологические процессы, сырье, материалы и готовую продукцию; владеет технологией и методами доводки и освоения технологических процессов</b>	
Индикатор 1	ПК-4.2. Знает показатели качества бетонной смеси с наноструктурирующими компонентами, длительность и режимы твердения бетона с учетом условий производства, принятыми в технологической документации
Индикатор 2	ПК-4.3. Контролирует температуру бетонной смеси с наноструктурирующими компонентами
<b>ПК-5: Способен осуществлять проектирование объектов профессиональной деятельности, в том числе проектирование бетонов, испытание, технологический контроль бетонных и железобетонных изделий</b>	
Индикатор 1	ПК-5.1. Знает нормируемые показатели качества бетона и бетонной смеси в соответствии с требованиями стандартов, технических условий или проектной документации на конструкции конкретных видов, для которых предназначен бетон
Индикатор 2	ПК-5.3. Определяет методы контроля производства бетонных смесей с заданными свойствами

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен**

<b>3.1</b>	<b>Знать:</b>
3.1.1	инновационные технологии энергосберегающих зданий; системный подход к решению нанотехнологических приемов проектирования бетонов; требования к качеству бетонной смеси с наноструктурированными компонентами; технологические процессы изготовления бетонной смеси с наноструктурирующими компонентами; нормативную документацию по проектированию объектов; методы контроля производства бетонной смеси.
<b>3.2</b>	<b>Уметь:</b>
3.2.1	использовать инновационные технологии в производстве строительно-монтажных работ энергосберегающих зданий; находить оптимальный вариант для проектирования бетонов с использованием нанотехнологических приемов; работать с технологической документацией; контролировать технологические процессы бетонной смеси с наноструктурирующими компонентами; работать с нормативными документами по проектированию; контролировать бетонную смесь с заданными свойствами.
<b>3.3</b>	<b>Владеть:</b>
3.3.1	оценкой качества технологии производства строительно-монтажных работ; оценкой показателей бетонов с использованием нанотехнологических приемов; оценкой показателей качества бетонной смеси с наноструктурирующими компонентами; методами контроля технологических процессов; нормируемыми показателями качества бетона, в зависимости от области применения; технологическим контролем производства бетонных смесей с наноструктурирующими компонентами.

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Код занятия	Вид занятия	Наименование разделов и тем	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Инте ракт.	Примечание
-------------	-------------	-----------------------------	----------------	-------	-------------	------------	------------	------------

	Раздел	<b>Раздел 1. Основные методы проектирования бетонов</b>						
1.1	Лек	Основные направления развития науки о бетоне. Практическое внедрение инновационных достижений в технологию бетона.	7	2	ПК-5 ПК-4 УК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11 Л2.12 Л2.13 Э1 Э2	2	Лекция-визуализация УК-1.1; УК-1.2; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.1; ПК-5.3
1.2	Лек	Основные методы проектирования состава тяжелого бетона	7	2	ПК-5 ПК-4 УК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.12 Л2.13 Э1 Э2	2	Лекция-визуализация УК-1.1; УК-1.2; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.1; ПК-5.3
1.3	Пр	Основные положения единой методики определения состава бетона	7	2	ПК-5 ПК-4 УК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.12 Л2.13 Э1 Э2	0	УК-1.1; УК-1.2; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.1; ПК-5.3
1.4	Ср	Подготовка к практическим занятиям, зачету	7	10	ПК-5 ПК-4 УК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.12 Л2.13 Э1 Э2	0	УК-1.1; УК-1.2; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.1; ПК-5.3
	Раздел	<b>Раздел 2. Нанотехнологии в проектировании бетонов различного назначения</b>						
2.1	Лек	Наномодификаторы бетона. Способы введения. Структура, свойства и строительно-технические характеристики бетонов различного назначения	7	3	ПК-5 ПК-4 УК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.12 Л2.13 Э1 Э2	0	УК-1.1; УК-1.2; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.1; ПК-5.3
2.2	Лек	Наномодификация бетонов для создания многоуровневой структуры	7	2	ПК-5 ПК-4 УК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.12 Л2.13 Э1 Э2	0	УК-1.1; УК-1.2; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.1; ПК-5.3
2.3	Пр	Применение наномодификаторов в цементных бетонах	7	4	ПК-5 ПК-4 УК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.12 Л2.13 Э1 Э2	0	УК-1.1; УК-1.2; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.1; ПК-5.3
2.4	Лаб	Применение наномодификаторов в цементных бетонах	7	5	ПК-5 ПК-4 УК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.12 Л2.13 Э1 Э2	3	Проектная работа УК-1.1; УК-1.2; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.1; ПК-5.3

2.5	Лек	Бетон с тонкодисперсными минеральными добавками	7	4	ПК-5 ПК-4 УК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.12 Л2.13 Э1 Э2	0	УК-1.1; УК-1.2; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.1; ПК-5.3
2.6	Пр	Применение наномодифицированных заполнителей в цементных бетонах	7	4	ПК-5 ПК-4 УК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.12 Л2.13 Э1 Э2	0	УК-1.1; УК-1.2; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.1; ПК-5.3
2.7	Лаб	Применение наномодифицированных заполнителей в цементных бетонах	7	6	ПК-5 ПК-4 УК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.12 Л2.13 Э1 Э2	0	УК-1.1; УК-1.2; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.1; ПК-5.3
2.8	Лек	Бетон с суперпластификаторами	7	4	ПК-5 ПК-4 УК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.12 Л2.13 Э1 Э2	0	УК-1.1; УК-1.2; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.1; ПК-5.3
2.9	Пр	Расчет состава бетона с пластифицирующими добавками для пластификации смеси	7	4	ПК-5 ПК-4 УК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.12 Л2.13 Э1 Э2	4	Проектная работа УК-1.1; УК-1.2; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.1; ПК-5.3
2.10	Пр	Расчет состава бетона с пластифицирующими добавками для водоредуцирования	7	3	ПК-5 ПК-4 УК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.12 Л2.13 Э1 Э2	2	Проектная работа УК-1.1; УК-1.2; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.1; ПК-5.3
2.11	Лаб	Применение суперпластификаторов с нанодобавками в цементных бетонах	7	6	ПК-5 ПК-4 УК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.12 Л2.13 Э1 Э2	3	Проектная работа УК-1.1; УК-1.2; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.1; ПК-5.3
2.12	Лек	Бетон с воздухововлекающими добавками	8	4	ПК-5 ПК-4 УК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.12 Л2.13 Э1 Э2	0	УК-1.1; УК-1.2; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.1; ПК-5.3
2.13	Пр	Проектирование состава бетона с искусственно вовлеченным воздухом	8	4	ПК-5 ПК-4 УК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.12 Л2.13 Э1 Э2	2	Проектная работа УК-1.1; УК-1.2; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.1; ПК-5.3

2.14	Лек	Проектирование составов бетонов с наномодификаторами на основе техногенных отходов	8	5	ПК-5 ПК-4 УК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.12 Л2.13 Э1 Э2	2	Лекция-беседа УК-1.1; УК-1.2; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.1; ПК-5.3
2.15	Пр	Подбор состава бетона с золой	8	4	ПК-5 ПК-4 УК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.12 Л2.13 Э1 Э2	2	Проектная работа УК-1.1; УК-1.2; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.1; ПК-5.3
2.16	Лек	Адаптация расчетных составов бетона к производственным условиям	8	2	ПК-5 ПК-4 УК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.12 Л2.13 Э1 Э2	2	Лекция-визуализация УК-1.1; УК-1.2; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.1; ПК-5.3
2.17	Пр	Проектирование состава бетона по математическим моделям	8	4	ПК-5 ПК-4 УК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.12 Л2.13 Э1 Э2	2	Проектная работа УК-1.1; УК-1.2; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.1; ПК-5.3
2.18	Пр	Учет морозостойкости и водонепроницаемости при проектировании составов бетона	8	4	ПК-5 ПК-4 УК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.12 Л2.13 Э1 Э2	0	УК-1.1; УК-1.2; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.1; ПК-5.3
2.19	Пр	Методики проектирования составов различных видов бетона	8	6	ПК-5 ПК-4 УК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.12 Л2.13 Э1 Э2	0	УК-1.1; УК-1.2; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.1; ПК-5.3
2.20	Ср	Подготовка к практическим занятиям, лабораторным работам, зачету	7	11	ПК-5 ПК-4 УК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.12 Л2.13 Э1 Э2	0	УК-1.1; УК-1.2; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.1; ПК-5.3
2.21	Контр.раб.	Проектирование состава наномодифицированного бетона	8	10	ПК-5 ПК-4 УК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.12 Л2.13 Э1 Э2	0	УК-1.1; УК-1.2; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.1; ПК-5.3
2.22	Ср	Подготовка к практическим занятиям, экзамену	8	39	ПК-5 ПК-4 УК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.12 Л2.13 Э1 Э2	0	УК-1.1; УК-1.2; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.1; ПК-5.3

2.23	Экзамен		8	26	ПК-5 ПК-4 УК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.12 Л2.13 Э1 Э2	0	УК-1.1; УК-1.2; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-5.1; ПК-5.3
------	---------	--	---	----	-------------------	---	---	--

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Образовательные технологии с использованием активных методов обучения (лекция – беседа, лекция – дискуссия, проблемная лекция, лекция-визуализация, лекция с заранее запланированными ошибками, лекция – пресс-конференция, лекция с разбором конкретных ситуаций, лекция-консультация, занятия с применением затрудняющих условий, методы группового решения творческих задач, метод развивающейся кооперации)

Традиционная (репродуктивная) технология (преподаватель знакомит обучающихся с порядком выполнения задания, наблюдает за выполнением и при необходимости корректирует работу обучающихся)

Технология коллективного взаимодействия (работа в малых группах) (самостоятельное изучение обучающимися нового материала посредством сотрудничества в малых группах, дает возможность всем участникам участвовать в работе, практиковать навыки сотрудничества, межличностного общения)

### 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

#### 6.1. Контрольные вопросы и задания

Контрольные вопросы для самопроверки при выполнении лабораторных работ:

№1

1. Стратегии наномодифицирования строительных материалов.
2. Состав наномодифицированного бетона.
3. Область применения наномодифицированного бетона.

№2

1. Разновидности наномодифицированных заполнителей.
2. Технические характеристики наномодифицированных заполнителей.

№3

1. Влияние расхода суперпластификатора с нанодобавками в бетоне постоянного состава.
2. Влияние нанодобавок с суперпластификатором (вместе и отдельно) на характеристики бетонов.

Контрольные вопросы для самопроверки при выполнении практических работ

№1

1. Что содержит задание на подбор состава бетона?
2. Требования к материалам для подбора состава бетона.
3. Исходные данные для подбора состава бетона.

№2

1. Стратегии наномодифицирования строительных материалов.
2. Состав наномодифицированного бетона.
3. Область применения наномодифицированного бетона.

№3

1. Разновидности наномодифицированных заполнителей.
2. Технические характеристики наномодифицированных заполнителей.

№4

1. Особенности подбора состава бетона с комплексной добавкой.
2. Особенности пластифицирующих и пластифицирующе - воздухововлекающих добавок.
3. Как влияет пустотность заполнителей на расход вяжущего в составе бетонной смеси?
4. Как влияет активность вяжущего на прочность бетона?
5. Какое влияние оказывает вид заполнителей на прочность бетона?

№5

1. Влияние расхода суперпластификатора на прочность бетона.
2. Как соотносятся оптимальные дозировки суперпластификатора, определенные при водоредуцировании бетонной смеси?

№6

1. Основные моменты, которые следует учесть при подборе состава бетона.
2. Определение состава бетона с искусственно вовлеченным воздухом.

## №7

1. Этапы нахождения состава бетона с золой.
2. Нахождение расхода цемента в бетоне требуемой прочности с оптимальным количеством золы.
3. Нахождение оптимального расхода золы в бетоне по соотношению стоимостей золы и цемента.

## №8

1. В качестве факторов (варьируемых в экспериментах величин) в зависимости от условий задачи - какие могут приниматься данные?
2. На каких уровнях варьируются факторы при проведении опытов?

## №9

1. Дайте определения: морозостойкость бетона, марка по морозостойкости, цикл испытаний, основные и контрольные образцы.
2. Чем отличается основной метод испытаний на морозостойкость от ускоренного?
3. Какую процедуру необходимо провести перед замораживанием образцов?
4. При какой температуре замораживают образцы?
5. В каких методах при определении морозостойкости используют раствор соли?
6. Что такое водонепроницаемость бетона?
7. Какими марками по водонепроницаемости характеризуется бетон?
8. Как выбирают и назначают высоту контрольных образцов для испытания бетона по водонепроницаемости?
9. Как определяется водонепроницаемость бетона по «мокрому пятну»?
10. Опишите схему крепления и герметизации образцов бетона в обоймах.
11. Опишите схему установки фильтрации воды для определения водонепроницаемости.

## №10

1. Совершенствование способов проектирования состава бетонов и технико-экономических расчетов.
2. Пути совершенствования способов проектирования состава бетона и технико-экономических расчетов.
3. Учет особенностей технологии при проектировании состава бетона.

### 6.2. Темы письменных работ

Предусмотрена контрольная работа по разделу 2 "Нанотехнологии в проектировании бетонов различного назначения".  
Основная тематика: Проектирование состава наномодифицированного бетона.

### 6.3. Фонд оценочных средств

Вопросы к зачету:

1. Что содержит задание на подбор состава бетона?
2. Требования к материалам для подбора состава бетона.
3. Исходные данные для подбора состава бетона.
4. Стратегии наномодифицирования строительных материалов.
5. Состав наномодифицированного бетона.
6. Область применения наномодифицированного бетона.
7. Разновидности наномодифицированных заполнителей.
8. Технические характеристики наномодифицированных заполнителей.
9. Особенности подбора состава бетона с комплексной добавкой.
10. Особенности пластифицирующих и пластифицирующе - воздухововлекающих добавок.
11. Как влияет пустотность заполнителей на расход вяжущего в составе бетонной смеси?
12. Как влияет активность вяжущего на прочность бетона?
13. Какое влияние оказывает вид заполнителей на прочность бетона?
14. Влияние расхода суперпластификатора на прочность бетона.
15. Как соотносятся оптимальные дозировки суперпластификатора, определенные при водоредуцировании бетонной смеси?
16. Основные моменты, которые следует учесть при подборе состава бетона.
17. Определение состава бетона с искусственно вовлеченным воздухом.
18. Этапы нахождения состава бетона с золой.
19. Нахождение расхода цемента в бетоне требуемой прочности с оптимальным количеством золы.
20. Нахождение оптимального расхода золы в бетоне по соотношению стоимостей золы и цемента.
21. Какие данные могут приниматься в качестве факторов (варьируемых в экспериментах величин) в зависимости от условий задачи?
22. На каких уровнях варьируются факторы при проведении опытов?
23. Влияние состава бетона на его морозостойкость
24. Влияние состава бетона на его водонепроницаемость.
25. Пути совершенствования способов проектирования состава бетона и технико-экономических расчетов.
26. Учет особенностей технологии при проектировании состава бетона.

Экзаменационные вопросы:

1. Основы химического модифицирования цементных систем.



2. Добавки-регуляторы реологических свойств бетонных и растворных смесей.
3. Добавки-регуляторы схватывания и твердения бетонных и растворных смесей.
4. Добавки, повышающие прочность, коррозионную стойкость, морозостойкость бетона, снижающие проницаемость бетона.
5. Полифункциональные модификаторы.
6. Нанотехнологии для улучшения качества бетона.
7. Основные направления в совершенствовании технологии бетона.
8. Инновационные технологии в производстве бетона.
9. Материалы для приготовления бетонных и растворных смесей.
10. Нанотехнологический подход при создании новых видов бетонов.
11. Пути и методы модификации бетона.
12. Пластифицирующие добавки поликарбонатного ряда.
13. Связь молекулярного строения пластифицирующей добавки и ее влияния на реологию смесей, замедление схватывания, диспергирующую способность.
14. Оценка водоредуцирующей способности пластификатора.
15. Добавки в бетоны. Механизм действия добавок третьего класса.
16. Механизм пластифицирующего и водоредуцирующего эффектов применения супер-/гиперпластификаторов.
17. Основные микрометрические наполнители: микрокремнезем, метакаолин, золы, отходы дробления. Их свойства и особенности применения в цементных системах.
18. Роль микрометрического наполнителя в бетонной смеси.
19. Особенности подбора состава мелкозернистых бетонов.
20. Фибра как наполнитель цементных бетонов. Достоинства и недостатки.

#### 6.4. Перечень видов оценочных средств

Вопросы к зачету; выполнение контрольной работы; экзаменационные билеты.

### 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

#### 7.1. Рекомендуемая литература

##### 7.1.1. Основная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
Л1. 1	Баженов Ю.М., Алимов Л.А., Воронин В.В., Магдеев У.Х.	Технология бетона, строительных изделий и конструкций: Учебник для вузов	Москва: АСВ, 2006	50	
Л1. 2	Дворкин Л. И., Дворкин О. Л.	Расчетное прогнозирование свойств и проектирование составов бетона: учебное пособие	Москва Вологда : Инфра-Инженерия, 2019	1	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=565003">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=565003</a>
Л1. 3	Дворкин Л. И.	Практическая методология проектирования составов бетона: учебное пособие	Москва Вологда : Инфра-Инженерия, 2019	1	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=565001">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=565001</a>

##### 7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
Л2. 1	Косых А.В., Зиновьев А.А.	Технология бетона, строительных изделий и конструкций (бетонovedение): Методические указания к лабораторным работам	Братск: БрГУ, 2006	61	
Л2. 2	Белых С.А.	Технология бетона, строительных изделий и конструкций: Методические указания к выполнению курсового проекта	Братск: БрГУ, 2007	1	<a href="http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Строительство%20-%20Архитектура/Белых%20С.А.Технология%20бетона.%20МУ%20к%20КП.2007.pdf">http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Строительство%20-%20Архитектура/Белых%20С.А.Технология%20бетона.%20МУ%20к%20КП.2007.pdf</a>
Л2. 3	Сизов В.Н.	Технология бетонных и железобетонных изделий: учебное пособие	Москва: Высшая школа, 1972	10	
Л2. 4	Шубенкин П.Ф., Кухаренко Л.В.	Строительные материалы и изделия. Бетон на основе минеральных вяжущих. Примеры задач с решениями: учебное пособие	Москва: АСВ, 2002	32	

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
Л2. 5	Попов Л.Н.	Строительные материалы, изделия и конструкции: учебное пособие	Москва: ОАО"ЦПП", 2010	29	
Л2. 6	Юдина Л.В.	Испытание и исследование строительных материалов: учебное пособие	Москва: АСВ, 2010	10	
Л2. 7	Белых С.А., Зиновьев А.А., Косых А.В.	Технология бетона, строительных изделий и конструкций: методические указания к выполнению лабораторных работ	Братск: БрГУ, 2017	24	
Л2. 8	Буравчук Н.И.	Ресурсосбережение в технологии строительных материалов	Ростов-н/Д: Издательство Южного федерального университета, 2009	1	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&amp;id=240922">http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&amp;id=240922</a>
Л2. 9	Белых С.А., Даминова А.М.	Подбор состава тяжелого бетона: методические указания к курсовой работе	Братск: БрГУ, 2012	1	<a href="http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Строительство%20-%20Архитектура/Белых%20С.А.Подбор%20состава%20тяжелого%20бетона.МУ.2012.pdf">http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Строительство%20-%20Архитектура/Белых%20С.А.Подбор%20состава%20тяжелого%20бетона.МУ.2012.pdf</a>
Л2. 10	Турчанинов В. И.	Строительные материалы из техногенного сырья: учебное пособие	Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2017	1	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=481814">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=481814</a>
Л2. 11	Моисеев О. Н., Шевырев Л. Ю., Иванов П. А.	Строительное материаловедение (практикум): учебное пособие	Москва Берлин: Директ-Медиа, 2018	1	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=481194">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=481194</a>
Л2. 12	Зоткин А. Г.	Бетоны с эффективными добавками: учебно-практическое пособие	Москва: Инфра-Инженерия, 2014	1	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=234788">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=234788</a>
Л2. 13	Дворкин Л. И., Гоц В. И., Дворкин О. Л.	Испытания бетонов и растворов. Проектирование их составов: учебно-практическое пособие	Москва: Инфра-Инженерия, 2014	1	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=234773">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=234773</a>

## 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	СП 130.13330.2018. Производство сборных железобетонных конструкций изделий (СНиП 3.09.01 – 85)	<a href="http://docs.cntd.ru/document/554819205">http://docs.cntd.ru/document/554819205</a>
Э2	ГОСТ 27006-2019 Бетоны. Правила подбора состава	<a href="http://docs.cntd.ru/document/1200165762">http://docs.cntd.ru/document/1200165762</a>

### 7.3.1 Перечень программного обеспечения

7.3.1.1	Microsoft Windows Professional 7 Russian Upgrade Academic OPEN No Level
7.3.1.2	Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level

### 7.3.2 Перечень информационных справочных систем

7.3.2.1	ИСС "Кодекс". Информационно-справочная система
7.3.2.2	Издательство "Лань" электронно-библиотечная система
7.3.2.3	«Университетская библиотека online»
7.3.2.4	Электронный каталог библиотеки БрГУ
7.3.2.5	Электронная библиотека БрГУ

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

3227	Лекционная аудитория (мультимедийный класс)	1. Учебная мебель 2. Интерактивная доска SMART Board со встроенным проектором UX60 1ПК – AMD Athlon (tm) 7550 Dual-Core Processor 2.50 GHz ОЗУ 2,00ГБ
3019	Лаборатория компьютерных технологий для испытаний, оценки качества и обработки информации	Учебная мебель проектор Aser Projector X 1260, экран, монитор TFT 17" Lg L1753S-SF Silver (8 штук), системный блок CPU 4000.2*512MB(8 штук).

3014	Лаборатория строительных материалов	Учебная мебель. шкаф сушильный ШС-80П, шкаф вакуумный ВШ-035, машина МИИ-100, комплект визуально-измерительного контроля ВИК, вакуумный измеритель проницаемости ВИП-1.3, камера ТВО, бетономеситель, копер, весы товарные (2 шт.), весы гидростатические, камера нормального твердения, комплект сит, виброплощадка, шкаф вакуумный ВШ-035.
3015	Лаборатория бетонов и вяжущих веществ	шкаф сушильный СНОЛ-3,5 (3шт.), станок тонкой распиловки, пресс ПСУ-50, Виброплощадка СМЖ-53А, Пресс ПСУ-250, Бетономеситель, динамометр растяжения электронный ДЭПЗ-1Д-5Р-2, измеритель прочности строительных материалов ОНИКС-2.61, измеритель прочности бетона ОНИКС-1.ОС100, автоклав 2л., автоклав 10 л., пенобетономеситель, пресс ПСУ-10, весы товарные, пенетromетры, приборы Вика, встряхивающий столик Скрамтаева, приборы для определения подвижности растворной смеси, комплекты форм, стеклянная и металлическая мерная посуда.
2201	читальный зал №1	Учебная мебель Оборудование 10- ПК i5-2500/H67/4Gb (монитор TFT19 Samsung); принтер HP Laser Jet P2055D

### 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для успешного изучения дисциплины обучающийся должен придерживаться следующих методических рекомендаций:

- прорабатывать информацию, представленную на лекциях, используя в качестве дополнительного источника рекомендуемую литературу;
- при подготовке к лабораторным работам необходимо выучить основные определения, ознакомиться с методикой проведения испытаний и расчетными формулами, требованиями к материалам в соответствии с ГОСТ; лабораторные работы выполняются в соответствии с заданием; часть лабораторных работ предполагает работу в малых группах; по итогам выполненных работ необходимо оформить отчет, включающий цель, материалы и оборудование теоретическую и практическую части, выводы и заключение;
- при подготовке к практическим занятиям необходимо самостоятельно проработать теоретический материал по основным и дополнительным источникам литературы;
- при выполнении контрольной работы необходимо изучить теоретические основы проектирования и освоить методы расчета состава наномодифицированного бетона.

Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

#### Лабораторная работа №1

Применение наномодификаторов в цементных бетонах

Цель: Ознакомиться на практике с влиянием наноцемента на свойства бетонной смеси и бетона.

Задание: сделать вывод о влиянии наноцемента на свойства бетонной смеси и бетона.

Выполнение работы

Работа выполняется звеньями по 2-3 человека. Первое звено изготавливает бетонную смесь данного преподавателем состава и проводит оценку подвижности и плотности смеси. Второе звено изготавливает смесь аналогично 1-му составу, но добавляют наноцемент и оценивает те же свойства смеси, что и первое звено.

Для проведения испытания свойств бетонной смеси необходимо приготовить лабораторный замес объемом 7 л, определить подвижность и при необходимости скорректировать ее до показателя ПЗ, затем определить плотность смеси в уплотненном состоянии, отформовать 6 контрольных образца-куба размером 10x10x10 см, из которых 3 необходимо испытать после пропаривания на сжатие перпендикулярно слоям укладки смеси, а три других контрольных образца испытывать параллельно слоям укладки смеси.

#### Лабораторная работа №2

Применение наномодифицированных заполнителей в цементных бетонах

Цель: Ознакомиться на практике с влиянием активного высокодисперсного заполнителя (наночастицы аморфного микрокремнезема, пуццолановых добавок и т.д.) на свойства бетонной смеси и бетона.

Задание: сделать вывод о влиянии активного высокодисперсного заполнителя на свойства бетонной смеси и бетона.

Выполнение работы

Работа выполняется звеньями по 2-3 человека. Первое звено изготавливает бетонную смесь данного преподавателем состава и проводит оценку подвижности и плотности смеси. Второе звено изготавливает смесь аналогично 1-му составу, но добавляют активный высокодисперсный заполнитель и оценивает те же свойства смеси, что и первое звено.

Для проведения испытания свойств бетонной смеси необходимо приготовить лабораторный замес объемом 7 л, определить подвижность и при необходимости скорректировать ее до показателя ПЗ, затем определить плотность смеси в уплотненном состоянии, отформовать 6 контрольных образца-куба размером 10x10x10 см, из которых 3 необходимо испытать после пропаривания на сжатие перпендикулярно слоям укладки смеси, а три других контрольных образца испытывать параллельно слоям укладки смеси.

#### Лабораторная работа №3

Применение суперпластификаторов с нанодобавками в цементных бетонах

Цель: Ознакомиться на практике с влиянием наномодифицированного пластификатора на свойства бетонной смеси и бетона.

Задание: сделать вывод о влиянии наномодифицированного пластификатора на свойства бетонной смеси и бетона.

**Выполнение работы**

Работа выполняется звеньями по 2-3 человека. Первое звено изготавливает бетонную смесь с пластифицирующей добавкой данного преподавателем состава и проводит оценку подвижности и плотности смеси. Второе звено изготавливает смесь аналогично 1-му составу, но добавляют наномодифицированный пластификатор и оценивает те же свойства смеси, что и первое звено.

Для проведения испытания свойств бетонной смеси необходимо приготовить лабораторный замес объемом 7 л, определить подвижность и при необходимости скорректировать ее до показателя ПЗ, затем определить плотность смеси в уплотненном состоянии, отформовать 6 контрольных образца-куба размером 10x10x10 см, из которых 3 необходимо испытать после пропаривания на сжатие перпендикулярно слоям укладки смеси, а три других контрольных образца испытывать параллельно слоям укладки смеси.

Результаты испытаний заносим в таблицу 3.

Таблица 3 – Свойства бетонной смеси

Свойства

Бетонная смесь  
Контрольный состав С наноцементом

Осадка конуса, см

Жесткость, с

Марка удобоукладываемости

Плотность бетонной смеси, кг/м<sup>3</sup>

Прочность, МПа

**Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ****Практическая работа №1**

Основные положения единой методики определения состава бетона

Цель: Ознакомиться с основными положениями единой методики определения состава бетона.

Порядок выполнения:

1. Подбор состава тяжелого бетона нормального твердения производится расчетно-экспериментальным методом с использованием формул, графиков, таблиц, а также данных об активности цемента, свойствах и качестве заполнителей.
2. Подбор состава бетона включает в себя определение номинального состава, расчет и корректировку рабочего состава, расчет и передачу в производство рабочих дозировок.
3. Подбор номинального состава бетона должен выполняться по утвержденному заданию.
4. Рабочие составы бетона назначают при переходе на новый номинальный состав и далее при поступлении новых партий материалов тех же видов и марок, которые принимались при подборе номинального состава с учетом их фактического качества.
5. Рабочую дозировку назначают по рабочему составу бетонной смеси с учетом объема приготавливаемого замеса.

**Практическая работа №2**

Применение наномодификаторов в цементных бетонах

Цель: Ознакомиться на практике с влиянием наноцемента на свойства бетонной смеси и бетона.

Задание: сделать вывод о влиянии наноцемента на свойства бетонной смеси и бетона.

Порядок выполнения:

После выполнения лабораторной работы №1 результаты испытаний заносим в таблицу 1.

Таблица 1 – Свойства бетонной смеси

Свойства

Бетонная смесь  
Контрольный состав С наноцементом

Осадка конуса, см

Жесткость, с

Марка удобоукладываемости

Плотность бетонной смеси, кг/м<sup>3</sup>

Прочность, МПа

**Практическая работа №3**

Применение наномодифицированных заполнителей в цементных бетонах

Цель: Ознакомиться на практике с влиянием активного высокодисперсного заполнителя (наночастицы аморфного микрокремнезема, пуццолановых добавок и т.д.) на свойства бетонной смеси и бетона.

Задание: сделать вывод о влиянии активного высокодисперсного заполнителя на свойства бетонной смеси и бетона.

Порядок выполнения:

После выполнения лабораторной работы №2 результаты испытаний заносим в таблицу 2.

Таблица 2 - Свойства бетонной смеси

Свойства

Бетонная смесь  
Контрольный состав С наноцементом

Осадка конуса, см  
Жесткость, с  
Марка удобоукладываемости  
Плотность бетонной смеси, кг/м<sup>3</sup>  
Прочность, МПа

#### Практическая работа №4

Расчет состава бетона с пластифицирующими добавками для пластификации смеси

Цель: Произвести расчет состава бетона с пластифицирующими добавками для пластификации смеси.

Задание: Рассчитать расход материалов на 1 м<sup>3</sup> тяжелого бетона с пластифицирующей добавкой и экономию цемента при введении добавки.

Порядок выполнения расчета

1. Определяют расход воды в зависимости от требуемой удобоукладываемости бетонной смеси, вида и наибольшей крупности заполнителя. С учетом коэффициента эффективности введения добавки рассчитывают расход воды на 1 м<sup>3</sup> бетона.
2. Рассчитывают водоцементное отношение.
3. Определяют расход цемента.
4. Определяют расход заполнителей. При этом коэффициент раздвижки  $\alpha$  при применении пластифицирующих добавок можно принимать на 0,1...0,2 больше, чем для обычного бетона. Это обеспечивает лучшую однородность смеси.

#### Практическая работа №5

Расчет состава бетона с пластифицирующими добавками для водоредуцирования

Цель: Произвести расчет состава бетона с пластифицирующими добавками для водоредуцирования.

Задание: Рассчитать расход материалов на 1 м<sup>3</sup> тяжелого бетона с пластифицирующей добавкой для водоредуцирования.

#### Практическая работа №6

Проектирование состава бетона с искусственно вовлеченным воздухом

Цель: освоение методики расчета состава тяжелого бетона с воздухововлекающими добавками.

Задание: Рассчитать расход материалов на 1 м<sup>3</sup> тяжелого бетона с воздухововлекающей добавкой.

Основные моменты, которые следует учесть при подборе состава бетона:

1. Каждый 1 % воздушных пор снижает прочность бетона примерно на 5 %. Это влияние может быть учтено включением объема вовлеченного воздуха в формулу прочности бетона путем замены  $\frac{Ц}{В}$  на  $\frac{Ц}{В + Возд.}$ .
2. Микропузырьки воздуха увеличивают подвижность бетонной смеси («эффект шарикоподшипника»), а сама добавка может несколько пластифицировать смесь. Это позволяет снизить водосодержание бетонной смеси. Пластифицирующий эффект 1% искусственно вовлеченного воздуха приравнивается эффекту 3 л воды.
3. Вовлекаемый воздух занимает в смеси значительный объем. Обычно это лишь частично компенсируется снижением расхода воды, поэтому приходится также сокращать расход песка.

Исходным для проектирования является состав бетона требуемой прочности без добавки.

Порядок выполнения расчета

1. По заданной морозостойкости бетона по нормативной документации принимается объем вовлеченного воздуха, а также  $\frac{В}{Ц}$ , если оно нормировано.
2. Экспериментально определяется дозировка воздухововлекающей добавки и водосодержание смеси с добавкой, обеспечивающее требуемую подвижность ( $V'$ ). Эти два параметра следует определять одновременно, так как эффекты дозировки добавки и подвижности смеси взаимосвязаны.

Дозировка воздухововлекающих добавок составляет обычно 0,005-0,1% от массы цемента. Ориентировочные результаты могут быть получены в лабораторной мешалке (при ручном перемешивании трудно обеспечить соответствующее воздухововлечение). Но окончательный результат может дать только производственный эксперимент. При его проведении следует контролировать температуру бетонной смеси. Крайне желательно установить зависимости объема вовлеченного воздуха от дозировки добавки и длительности перемешивания смеси. Они будут использованы при корректировке технологического процесса для обеспечения требуемого содержания воздуха при производстве бетонной смеси.

3. Рассчитывается необходимый для сохранения прочности расход цемента приравниванием  $\frac{В}{Ц}$  исходного состава и  $(\frac{В'}{В + Возд.}) / \frac{Ц'}{Ц}$  бетона с добавкой (Возд. - объем вовлеченного воздуха, л/м<sup>3</sup>, 1% вовлеченно-го воздуха  $\approx 10$  л/м<sup>3</sup>;  $\frac{Ц'}{Ц}$  - искомый расход цемента, кг/м<sup>3</sup>).

По найденному расходу цемента определяется расчетная величина  $\frac{В'}{Ц'}$  в бетонной смеси с добавкой. Если  $\frac{В}{Ц}$  нормировано (см. пункт 1), его принятое по документам значение сопоставляется с расчетным. Если нормативное значение  $\frac{В}{Ц}$  окажется меньше расчетного, оно принимается за окончательное и расход цемента пересчитывается при его использовании.

4. По уравнению абсолютных объемов, включающему воздух, уточняют расход песка.

Полученный состав бетонной смеси проверяется сначала в лабораторных, а затем и в производственных условиях и при необходимости корректируется.

Исходные данные (класс бетона по прочности, подвижность (жесткость) бетонной смеси, характеристика материалов, наименование добавки) по заданию преподавателя.

#### Практическая работа №7

**Подбор состава бетона с золой**

Цель: освоение методики расчета подбора состава бетона с золой.

Задание: Рассчитать расход материалов на 1 м<sup>3</sup> тяжелого бетона с золой.

**Порядок выполнения**

Расчетное определение составов бетона с золой по полученным экспериментальным данным производится в следующем порядке:

1. Определяется оптимальный расход золы в зависимости от требуемой прочности бетона.
2. Для нахождения расхода цемента нужно построить вспомогательную зависимость: «расход цемента – прочность бетона», справедливую при оптимальных расходах золы.
3. Расход воды получают корректировкой исходного водосодержания контрольной бетонной смеси по данным об изменении водопотребности смеси с золой.
4. Расход крупного заполнителя оставляют неизменным, количество песка определяют по уравнению абсолютных объемов.

Пример. Определить состав бетона с золой при прочности 25 МПа. Плотность золы  $\rho_z = 2,1$  кг/л, песка  $\rho_p = 2,65$  кг/л, щебня  $\rho_{щ} = 2,6$  кг/л.

1. По требуемой прочности определяется оптимальный расход золы: 170 кг/м<sup>3</sup>.
2. Находят расход цемента, обеспечивающий требуемую прочность при оптимальном расходе золы. Он составит 290 кг/м<sup>3</sup>. Производится проверка соотношения зола : цемент ( $170 : 290 = 0,59 < 1$ ) на допустимость расхода золы с позиции обеспечения коррозионной стойкости арматуры.
3. Определяют рост водопотребности бетонной смеси с золой по сравнению с исходным составом: + 17 кг/м<sup>3</sup> и расход воды – 207 кг/м<sup>3</sup>.
4. Расход щебня по сравнению с контрольным составом не меняется, расход песка определяется по уравнению абсолютных объемов, в которое включается еще один компонент – зола:  $\Pi = (1000 - В - Ц/\rho_c - З/\rho_z - Щ/\rho_{щ}) \rho_p = 177 \cdot 2,65 = 470$  (кг/м<sup>3</sup>).

Аналогично производится определение составов бетона с золой для других уровней прочности бетона. Стоимость золы составляет существенную часть стоимости цемента. В этом случае целесообразно учесть затухающий характер роста прочности при увеличении содержания золы в бетоне. Следует отметить, что наибольший рост прочности дают первые порции вводимой золы, тогда как в близк оптимальной области ее эффект незначителен. Экономия цемента при введении 100 кг золы составила 45 кг, а при увеличении ее расхода со 100 до 220 кг (оптимум по прочности) возросла лишь на 23 кг.

**Практическая работа №8****Проектирование состава бетона по математическим моделям**

Цель: освоение методики проектирования состава бетона по математическим моделям

Задание: Рассчитать расход материалов на 1 м<sup>3</sup> тяжелого бетона по математическим моделям

**Порядок выполнения**

Сначала необходимо назначить основной уровень варьируемых факторов эксперимента и рассчитать расходы остальных компонентов бетонной смеси. Нужно отметить, что основной или нулевой состав может быть назначен на основе экспериментальных или теоретических данных, в предположении, что выходные параметры для такого состава являются оптимальными. В нашем случае он рассчитывается по следующей методике.

Расчет основного состава бетонной смеси производится методом абсолютных объемов. Необходимыми исходными данными для расчета являются:

- требуемая прочность бетона (назначается)
- условия уплотнения и соответствующая удобоукладываемость бетонной смеси (назначается);
- характеристики исходных материалов (определяются экспериментально или по литературным источникам);

Расчет основан на следующих положениях :

- а) прочность бетона зависит от активности цемента, цемента-водного отношения и качества заполнителя. Эта зависимость выражена в виде основного закона прочности бетона в формуле Болемея – Скрамтаева.
- б) удобоукладываемость бетонной смеси при расходах цемента менее 400 кг / м<sup>3</sup> зависит только от расхода воды, т. е. для получения смеси заданной удобоукладываемости при различных расходах цемента требуется примерно одинаковое количество воды (закон постоянства водопотребности).

в) расход крупного и мелкого заполнителя вычисляют исходя из следующих условий:

- 1) сумма абсолютных объемов компонентов, расходуемых на 1 м<sup>3</sup> уплотненной бетонной смеси должна равняться 1м<sup>3</sup> (1000 л), если пренебречь 1,5-2% вовлеченного воздуха.
- 2) пустоты между крупным заполнителем в бетонной смеси должны быть заполнены цементно - песчаным раствором с учетом некоторой раздвижки зерен  $a > 1$ .

Расчет состава бетонных смесей соответствующих плану эксперимента производится из условия равенства плотности смесей плотности смеси основного состава. При этом интервал варьирования факторов (А) относительно основного состава (нулевого уровня) рационально принять для расхода цемента от 40 до 60 кг, для воды от 10 до 20 л.

Затем с учетом расчетной плотности определяют составы бетонной смеси для каждой точки плана эксперимента.

Для каждой точки плана изготавливается не менее двух образцов для определения прочностных характеристик бетона.

Расход материалов на лабораторный замес определяется по формулам:

$$Ц_y = nV Ц * 0.001$$

$$В_y = n V В * 0.001$$

$$Щ_y = nVLH * 0.001$$

$$П_y = nV П * 0.001$$

где  $Ц_y, В_y, Щ_y, П_y$  - расход материалов на опытный замес, кг;  $Ц, В, Щ, П$  - расход материалов на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси для данной точки плана, кг;  $V$  - объем образцов для данной точки плана, дм<sup>3</sup>;  $n$  - коэффициент запаса бетонной смеси ; 0.001 -

переходный коэффициент.

#### Практическая работа №9

Учет морозостойкости и водонепроницаемости при проектировании составов бетона

Цель работы: сравнение методик оценки морозостойкости тяжелого бетона по ГОСТ 10060-2012, планирование количества образцов для испытаний разными методами; изучение методов определения водонепроницаемости тяжелого бетона по ГОСТ 12730.5-84.

Задание:

1. Изучить базовые и ускоренные методы определения морозостойкости тяжелого бетона, составив на основании ГОСТ перечень всех действий по изготовлению, твердению и замораживанию образцов, указав необходимое оборудование, химикаты, измерительные приборы.
2. Рассчитать количество необходимых для формирования образцов для каждого из методов, если известно, что проектируемая марка бетона по морозостойкости 300 и 150 циклов (результаты представить в виде таблицы).
3. Изучить базовые и ускоренные методы определения водонепроницаемости тяжелого бетона, указав какое оборудование и материалы применяют для проведения испытаний, как осуществляются подготовка к испытанию и его проведение, обработка результатов.
4. Дать краткую характеристику приборов, используемых для ускоренного определения водонепроницаемости бетона.

#### Практическая работа №10

Методики проектирования составов различных видов бетона

Цель работы: ознакомиться с методиками проектирования составов дорожных и гидротехнических бетонов, бетонов повышенной трещиностойкости, бетонов с добавкой золы, пропаренных бетонов, бетонов, применяемых зимой и в условиях жаркого климата.

Задание: используя исходные данные рассчитать состав бетона по заданию преподавателя:

- дорожного и немассивного гидротехнического бетона с использованием выражения компенсационного фактора;
- дорожного и немассивного гидротехнического бетона с использованием зависимости между прочностью и морозостойкостью бетона;
- массивного гидротехнического бетона с ограничением температуры разогрева;
- гидротехнического бетона с ограничением степени выщелачивания;
- бетона с заданным уровнем трещиностойкости и выносливости;
- бетона с добавками активных наполнителей;
- бетона термосного выдерживания;
- бетонов, применяемых зимой и в условиях жаркого климата;
- бетона массивных и немассивных конструкций при необходимости температурного регулирования;
- бетона для условий сухого жаркого климата.

Методология многопараметрического проектирования составов бетона включает две группы методик:

1. Основанные на использовании совокупности расчетных зависимостей показателей свойств бетонов в зависимости от его прочности на сжатие, а также качественных особенностей исходных материалов и их соотношения (рецептурные задачи).
2. Основанные на использовании совокупности расчетных зависимостей, дополнительно учитывающих влияние на свойства бетона технологических факторов (рецептурно-технологические задачи).

Методические указания к выполнению контрольной работы:

Контрольная работа – самостоятельный труд обучающегося, который способствует углубленному изучению пройденного материала.

Тематика контрольной работы определяется студентом совместно с преподавателем, из списка рекомендованных тем, либо индивидуальная по согласованию.

Цель контрольной работы – изучение инновационных технологий в проектировании бетонов.

Контрольная работа выполняется в виде пояснительной записки, содержащей 20-30 листов компьютерного текста, общие выводы, библиографический список и приложения, и может дополнительно содержать графические материалы.

При выполнении контрольной работы следует использовать тематическую литературу, периодические издания, экспресс-информацию из Интернета.