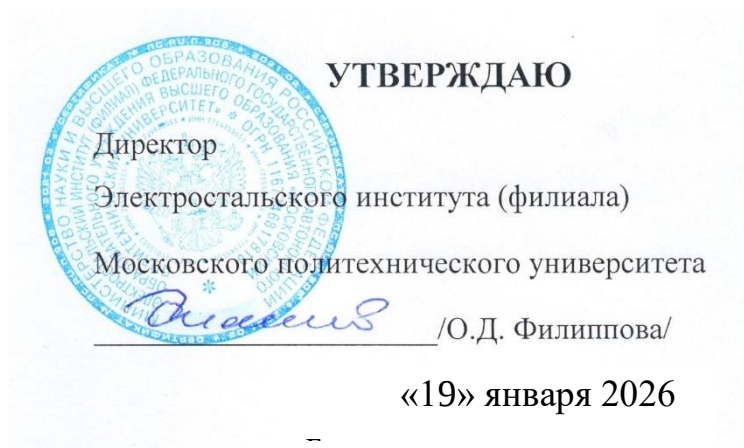


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

**/ ЭЛЕКТРОСТАЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
МОСКОВСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА /**



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Методы исследования строительных материалов, включая
нанотехнологии производства**

Направление подготовки/специальность
08.03.01 Строительство

Профиль/специализация
Промышленное и гражданское строительство

Квалификация
Бакалавр

Формы обучения
Очная, очно-заочная

Электросталь, 2026 г.

Разработчик(и):

Должность, степень, звание
Зайцев/

/А.Н.

Согласовано:

Заведующий кафедрой «Промышленное и гражданское строительство»,
степень, звание

/С.В. Писарев/

Руководитель образовательной программы
степень, звание

/С.В. Писарев/

Содержание

1	Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине	4
2	Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	5
3	Структура и содержание дисциплины	6
3.1	Виды учебной работы и трудоемкость	6
3.2	Тематический план изучения дисциплины.....	8
3.3	Содержание дисциплины	8
	Раздел 1. Введение в нанотехнологии в строительстве	9
	Раздел 2. Классификация и методы получения наноструктур	9
	Раздел 3. Свойства и методы исследования нанообъектов.....	10
	Раздел 4. Нанотехнологии в производстве строительных материалов.....	11
3.4	Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий.....	13
4	Учебно-методическое и информационное обеспечение	13
4.1	Нормативные документы и ГОСТы	13
4.2	Основная литература.....	13
4.3	Дополнительная литература.....	14
4.4	Электронные образовательные ресурсы	14
4.5	Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение	14
4.6	Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы	15
5	Материально-техническое обеспечение	15
6	Методические рекомендации.....	16
6.1	Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения	16
6.2	Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	18
7	Фонд оценочных средств.....	19
7.1	Методы контроля и оценивания результатов обучения	19
7.2	Шкала и критерии оценивания результатов обучения	20
7.3	Оценочные средства.....	20

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью дисциплины «Методы исследования строительных материалов, включая нанотехнологии производства» является формирование у студентов целостного представления о нано технологиях и применения нано систем, открывающих большие возможности в изучении, повышении эффективности существующих материалов, проектировании и получении материалов нового поколения с заданными свойствами, с использованием инновационных технологий.

К основным задачам освоения дисциплины «Методы исследования строительных материалов, включая нанотехнологии производства» следует отнести:

- изучение зависимости технологических свойств строительных материалов от их свойства, структуры, технологических процессов их получения;
- освоить современные методы исследования и контроля качества нано- и мезоструктурных материалов для анализа их свойств, надежности и долговечности;
- знать основные пути развития нано технологий на современном этапе, в том числе с точки зрения их применения при производстве и исследовании строительных материалов.
- приобретение знаний и навыков нахождения таких условий и правил проведения опытов, при которых удастся получить надежную и достоверную информацию о строительном материале в компактной и удобной форме с количественной оценки точности;
- дать обучаемому необходимый объем теоретических и практических навыков обработки информации с поиском оптимальных решений.

Обучение по дисциплине «Методы исследования строительных материалов, включая нанотехнологии производства» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
УК-1	Знать: роль и возможности интенсивных технологий в производстве материалов и изделий строительного назначения и смежных областях техники; о классификации объектов наномира и общих законах масштабирования физико-химических свойств веществ при уменьшении количества (размеров) вещества; основы физики, физической химии, определяющие специфические свойства объектов наномира; теоретические основы физико-химических методов контроля структуры и химических свойств наноразмерных объектов; физико-химические свойства индивидуальных наночастиц и наноструктурированных объемных материалов. Уметь: применять полученные знания при теоретическом анализе, компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании физических процессов, лежащих в основе нанотехнологии;

	основные методы получения наночастиц и наноструктур. Владеть: информацией об областях применения и перспективах развития нанотехнологий; навыками анализа первичных экспериментальных данных исследования структуры и физико-химических свойств наночастиц и нанообъектов с использованием основных методов.
ПК-4	Знать: что для получения вещества с высокими технологическими показателями, такими как: прочностные характеристики, огнеупорность, повышенная стойкость к действию агрессивных сред и т.д., необходимо синтезировать новообразования с более высоким видом симметрии кристаллов, чем симметрия сырьевых компонентов. Уметь: экономически и теоретически обоснованно делать выбор рациональных технологических способов получения прогрессивных строительных композитов; на стадиях подготовки сырья и технологических переделах принимать новые технические и технологические решения, повышающие эффективность существующих материалов, проектировать и получать строительные материалы нового поколения с заданными свойствами, с использованием инновационных технологий. Владеть знаниями основных путей развития нанотехнологий на современном этапе, в том числе с точки зрения их применения при производстве и исследовании строительных материалов, знаниями из предшествующих общеобразовательных дисциплин, владеть их основными законами, теоретическими основами и положениями, необходимыми для дальнейшего их приложения в разработке технологий получения строительных материалов нового поколения

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Методы исследования строительных материалов, включая нанотехнологии производства» относится к числу учебных дисциплин части, формируемой участниками образовательных отношений основной образовательной программы бакалавриата. Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций ООП ВО по направлению подготовки 08.03.01 Строительство.

Дисциплина «Методы исследования строительных материалов, включая нанотехнологии производства» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

- физика;
- химия;
- строительные материалы;
- технологические процессы в строительстве.

3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет ____ зачетных(е) единиц(ы) (____ часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость (по формам обучения)

3.1.1 Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			4
1	Аудиторные занятия	54	54
	В том числе:		
1.1	Лекции	18	18
1.2	Семинарские/практические занятия	36	36
1.3	Лабораторные занятия	-	-
2	Самостоятельная работа	54	54
	В том числе:		
2.1	Подготовка к устному опросу	14	14
2.2	Выполнение контрольных работ	25	25
2.3	Подготовка к зачету	15	15
3	Промежуточная аттестация		
	Зачет/диф.зачет/экзамен	Зачет	Зачет
	Итого	108	108

3.1.2 Очно-заочная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			7
1	Аудиторные занятия	28	28
	В том числе:		
1.1	Лекции	14	14

1.2	Семинарские/практические занятия	14	14
1.3	Лабораторные занятия	-	-
2	Самостоятельная работа	80	80
	В том числе:		
2.1	Изучение теоретического материала	30	30
2.2	Выполнение контрольных работ	30	30
2.3	Подготовка к зачету	20	20
3	Промежуточная аттестация		
	Зачет/диф.зачет/экзамен	Зачет	Зачет
	Итого	108	108

3.2 Тематический план изучения дисциплины (по формам обучения)

3.2.1 Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самос тояте льная работ а
			Лек ции	Семинар ские/ практиче ские занятия	Лабора торные заняти я	Практи ческа я подгот овка	
1	Раздел 1. Введение в нанотехнологии в строительстве	12	2	4	-	-	6
2	Раздел 2. Классификация и методы получения наноструктур	28	6	10	-	-	12
3	Раздел 3. Свойства и методы обследования нанообъектов	24	4	8	-	-	12
4	Раздел 4. Нанотехнологии в производстве строительных материалов	44	6	14	-	-	24
Итого		108	18	36	-	-	54

3.2.2 Очно-заочная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самос тояте льная работ а
			Лек ции	Семинар ские/ практиче ские занятия	Лабора торные заняти я	Практи ческа я подгот овка	
1	Раздел 1. Введение в нанотехнологии в строительстве	12	2	2	-	-	8
2	Раздел 2. Классификация и методы получения наноструктур	28	4	4	-	-	20
3	Раздел 3. Свойства и методы обследования нанообъектов	24	4	4	-	-	16
4	Раздел 4. Нанотехнологии в производстве строительных материалов	44	4	4	-	-	36
Итого		108	14	14	-	-	80

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Введение в нанотехнологии в строительстве

Тема 1. Введение. Термины и определения. История. Перспективы и проблемы применения нанотехнологий в строительстве и производстве строительных материалов

Определение нанотехнологии как междисциплинарной области науки и техники. Основные термины: наноматериал, нанообъект, наносистема, нанокомпозит. История развития нанотехнологий: идеи Ричарда Фейнмана (1959), изобретение сканирующего туннельного микроскопа (1981), открытие фуллеренов (1985), углеродных нанотрубок (1991).

Перспективы применения в строительстве: сверхпрочные и сверхлёгкие материалы, самоочищающиеся и самоисцеляющиеся покрытия, «умные» материалы с изменяемыми свойствами. Проблемы: высокая стоимость, сложность масштабирования, токсичность наночастиц, отсутствие нормативной базы и стандартизации методов испытаний.

Тема 2. Общие сведения о нанотехнологии. Положение нанообъектов на шкале размеров. Особенности взаимодействий на наномасштабах. Области использования нанотехнологий

Нанообъекты – объекты с размером хотя бы в одном измерении от 1 до 100 нм. Шкала размеров: атомы (0,1 нм), молекулы (1–10 нм), наночастицы (1–100 нм), микрочастицы (0,1–100 мкм), макрообъекты (>1 мм). Особенности наномасштаба: увеличение доли поверхностных атомов, проявление квантово-размерных эффектов, возрастание роли поверхностных сил (ван-дер-ваальсовы, капиллярные), изменение температуры плавления, оптических и магнитных свойств. Области использования: строительство (бетоны, покрытия, теплоизоляция), энергетика, медицина, электроника, катализ, экология.

Раздел 2. Классификация и методы получения наноструктур

Тема 1. Основные принципы формирования наносистем и наноматериалов. Виды наноструктур, их классификация

Два подхода к формированию наноструктур: «снизу вверх» (самоорганизация, молекулярная сборка) и «сверху вниз» (диспергирование, литография). Классификация наноструктур по размерности: нульмерные (0D – точки: фуллерены, наночастицы), одномерные (1D – нити: нанотрубки, нановолокна), двумерные (2D – пленки: графен), трёхмерные (3D – объёмные нанокомпозиты, нанопористые материалы). Классификация по степени агрегации: свободнодисперсные (порошки, коллоиды) и консолидированные (плёнки, композиты).

Тема 2. Свободнодисперсные наноструктуры: фуллерены, углеродные нанотрубки, астралены, графены – их получение, свойства

Фуллерены C_{60} , C_{70} – молекулы замкнутой сферической формы из атомов углерода. Получение: дуговой разряд, пиролиз. Свойства: высокая электроотрицательность, способность к присоединению радикалов. Углеродные нанотрубки (одностенные и многостенные) – цилиндрические структуры с высокой прочностью (до 1 ТПа) и электропроводностью. Получение: дуговой разряд, лазерная абляция, CVD-осаждение. Астралены – многослойные фуллереноподобные структуры. Графен – двумерная углеродная плёнка толщиной в один атом. Свойства: рекордная подвижность электронов, высокая теплопроводность, прочность. Получение: механохимическое отслаивание, эпитаксиальный рост.

Тема 3. Свободнодисперсные наноструктуры: коллоидные и матричные кластеры, нанопорошки – их получение, свойства

Коллоидные кластеры – агрегаты наночастиц, стабилизированные в жидкости.

Матричные кластеры – наночастицы, изолированные в пористой матрице (цеолиты, силикагели). Нанопорошки (ультрадисперсные порошки) – совокупность наночастиц размером 1–100 нм. Свойства: высокая удельная поверхность (десятки-сотни м²/г), повышенная химическая активность, склонность к агрегации. Получение: механохимический синтез, испарение и конденсация, плазмохимический синтез, золь-гель метод.

Тема 4. Консолидированные наноструктуры: наноструктурированные пленки, нанопористые материалы, нанокомпозиты, супрамолекулярные структуры – их получение, свойства

Наноструктурированные пленки – тонкие покрытия с наноразмерными элементами (нанокристаллические, аморфно-нанокристаллические). Получение: магнетронное распыление, атомно-слоевое осаждение. Нанопористые материалы – материалы с развитой сеткой пор размером 1–100 нм (аэрогели, цеолиты, мезопористые силикаты). Свойства: низкая плотность, высокая адсорбционная способность. Нанокомпозиты – матричные материалы (полимеры, керамика, металлы) с нанонаполнителями (нанотрубки, наночастицы). Супрамолекулярные структуры – ансамбли молекул, связанных нековалентными взаимодействиями (водородные связи, π - π стекнинг). Получение: самоорганизация, темплатный синтез.

Тема 5. Классификация методов получения наноструктур и наноматериалов. Наносборка. Групповые методы получения наноструктур

Классификация методов: физические, химические, механохимические, биологические. Наносборка – контролируемое построение наноструктур из атомов и молекул (например, с помощью сканирующего туннельного микроскопа). Групповые методы – формирование ансамблей наночастиц с заданными свойствами. Сравнение методов «снизу вверх» и «сверху вниз».

Тема 6. Метод молекулярных пучков, катодное распыление, низкотемпературная плазма, плазмохимический синтез, диспергирование, механохимический синтез, взрывной синтез, золь-гель метод

Метод молекулярных пучков (МВЕ) – эпитаксиальный рост наноструктур в сверхвысоком вакууме. Катодное распыление – бомбардировка мишени ионами для осаждения тонких плёнок. Низкотемпературная плазма – создание активных частиц в газовом разряде для синтеза наночастиц. Плазмохимический синтез – сочетание плазмы и химических реакций (получение нанотрубок, нанопорошков). Диспергирование – механическое измельчение материалов до наноразмеров (в шаровых мельницах, дезинтеграторах). Механохимический синтез – химические реакции, инициируемые механическим воздействием. Взрывной синтез – образование наноалмазов и других наноструктур при детонации взрывчатых веществ. Золь-гель метод – гидролиз и поликонденсация металлоорганических соединений с образованием наночастиц оксидов (TiO_2 , SiO_2 , Al_2O_3).

Раздел 3. Свойства и методы исследования нанообъектов

Тема 1. Электронное и геометрическое строение наноструктур. Механические, термические, каталитические, магнитные свойства

Электронное строение: квантово-размерные эффекты, квантовые точки, размерное квантование энергии. Геометрическое строение: соотношение объёма и поверхности, дефектность, морфология. Механические свойства: сверхпрочность (нанотрубки), сверхпластичность (нанокристаллические металлы), эффект Холла-Петча. Термические свойства: понижение температуры плавления наночастиц (эффект Гиббса-Томсона),

О совершенствовании нормативного и учебно-методического обеспечения образовательного процесса

Исп.: Т.С. Леухина

ИД 2098248

повышенная теплоёмкость. Каталитические свойства: высокая активность за счёт увеличения площади поверхности и наличия дефектов. Магнитные свойства: суперпарамагнетизм в наночастицах ферромагнетиков.

Тема 2. Методы сканирующей туннельной и атомно-силовой микроскопии, рентгеновские дифракционные методы, инфракрасная спектроскопия

Сканирующая туннельная микроскопия (СТМ) – визуализация поверхности с атомным разрежением на основе туннельного тока между остриём иглы и образцом. Разрешение до 0,1 нм по горизонтали и 0,01 нм по вертикали. Атомно-силовая микроскопия (АСМ) – измерение сил взаимодействия между иглой и поверхностью, позволяет исследовать непроводящие образцы. Режимы: контактный, полуконтактный, бесконтактный. Рентгеновские дифракционные методы: рентгеноструктурный анализ (определение фазового состава, размера кристаллитов по формуле Шеррера), рентгеновская рефлектометрия (толщина и шероховатость плёнок). Инфракрасная (ИК) спектроскопия – идентификация химических связей и функциональных групп по поглощению в ИК-диапазоне. Спектроскопия комбинационного рассеяния (Рамановская) – исследование углеродных наноструктур (нанотрубки, графен).

Раздел 4. Нанотехнологии в производстве строительных материалов

Тема 1. Низкотемпературная технология производства цемента. Схема процесса и базовые представления. Алинитовые цементы

Традиционное производство цемента (обжиг клинкера при 1450°C) – энергозатратно и экологично (выбросы CO₂). Низкотемпературные технологии: синтез клинкерных фаз при 900–1200°C с использованием минерализаторов и нанодобавок. Алинитовые цементы – цементы на основе малоосновных гидросиликатов кальция (алинит C₃SH_{1,5}). Получение: твердофазный синтез при 950–1100°C. Преимущества: низкий расход топлива, снижение выбросов CO₂, повышенная коррозионная стойкость.

Тема 2. Малоклинкерные механохимически активированные цементы.

Механохимическая активация дисперсных материалов, цементы низкой водопотребности, характер реакций модификатора с поверхностью клинкерных частиц
Малоклинкерные цементы (содержание клинкера 20–60%) с добавками (зола, шлак, известняк). Механохимическая активация – совместный помол клинкера и добавок в высокоэнергетических мельницах (аттриторы, планетарные мельницы). Результат: увеличение удельной поверхности, дефектность кристаллической решётки, повышение реакционной способности. Цементы низкой водопотребности (ЦНВ) – механоактивированные цементы с водоредуцирующим эффектом (потребность воды ≤ 20–25%). Механизм: адсорбция модификаторов (суперпластификаторов) на свежих дефектных поверхностях клинкерных частиц, снижение водопотребления, повышение прочности.

Тема 3. Влияние нанодисперсных добавок на свойства композиционных материалов. Высококачественные бетоны с наномодификаторами. Ячеистые бетоны с применением нанотехнологий

Нанодисперсные добавки: SiO₂ (нано-кремнезём), TiO₂, CaCO₃, Al₂O₃, углеродные нанотрубки, графен. Влияние: ускорение реакции гидратации, создание дополнительных центров кристаллизации C-S-H, уплотнение структуры, повышение прочности (до 200 МПа), морозостойкости, водонепроницаемости. Высококачественные бетоны с наномодификаторами: применение нано-кремнезёма (2–10% от массы цемента) для

получения бетонов В60–В100. Ячеистые бетоны (газобетон, пенобетон) с нанодобавками: улучшение пористой структуры, повышение прочности при снижении плотности.

Тема 4. Влияние активированной нанодобавками воды затворения на свойства композиционных материалов

Активация воды – обработка воды добавками наночастиц (SiO_2 , TiO_2 , Fe_2O_3) или физическими методами (магнитная, кавитационная, ультразвуковая обработка).

Механизм: изменение структуры воды (водородные связи, кластеры воды), снижение поверхностного натяжения. Влияние на композиционные материалы: повышение текучести бетонной смеси, ускорение твердения, увеличение прочности на 15–30%, улучшение морозостойкости. Пример: использование наноактивированной воды для приготовления высокопрочных бетонов и растворов.

Тема 5. Поризованная керамика, керамические стеновые материалы с улучшенными эксплуатационными характеристиками, пеностекло с наномодификаторами

Поризованная керамика – керамические материалы с искусственной пористостью (поры размером 0,1–2 мм). Добавки: опилки, уголь, полимерные гранулы (выгорающие добавки).

Наномодификаторы для керамики: добавки нано- Al_2O_3 , нано- SiO_2 , нано- ZrO_2 . Эффект: повышение прочности керамического черепка, снижение теплопроводности, улучшение морозостойкости. Пеностекло – ячеистый теплоизоляционный материал из стеклянного боя с газообразователями (CaCO_3 , MgCO_3 , углерод). Наномодификаторы: добавки нано- SiO_2 , углеродных нанотрубок для улучшения структуры пор и повышения прочности при сжатии.

Тема 6. Нанотехнологии в производстве теплоизоляционных материалов

Теплоизоляционные материалы с наномодификаторами: пенополиуретан, экструдированный пенополистирол, минераловатные плиты. Добавки: нано-глины (монтмориллонит), нано- SiO_2 , нано- CaCO_3 , углеродные нанотрубки. Эффект: снижение теплопроводности на 15–25%, повышение огнестойкости, улучшение механических свойств. Аэрогели – сверхлёгкие нанопористые материалы (SiO_2 -аэрогели, плотность 3–150 кг/м³, теплопроводность 0,015–0,020 Вт/(м·К)). Получение: золь-гель метод, сверхкритическая сушка. Применение: высокоэффективная теплоизоляция (вакуумные панели, аэрогелевые маты).

Тема 7. Пленочные покрытия для обеспечения специальных свойств строительных материалов. Технология и свойства получения теплоизоляционных, огнезащитных, антибактериальных и других защитно-декоративных покрытий с использованием нанотехнологий

Нано-покрытия – тонкие пленки толщиной от нескольких нанометров до микрометров с заданными свойствами. Теплоизоляционные покрытия: нанопористые золь-гель покрытия на основе SiO_2 , TiO_2 (кремнийорганические лаки с нанонаполнителями). Огнезащитные покрытия: нанокомпозиты на основе полимерной матрицы с нано-глинами, нано- SiO_2 , фуллеренами – при нагреве образуют вспученный слой. Антибактериальные покрытия: наночастицы серебра (Ag), оксида цинка (ZnO), диоксида титана (TiO_2) – разрушение клеточных стенок бактерий. Самоочищающиеся (фотокаталитические) покрытия: нано- TiO_2 в анатазной форме – под действием УФ-излучения разлагает органические загрязнения, обладает супергидрофильностью. Защитно-декоративные покрытия: нанолаки, наноэмали с повышенной твердостью, стойкостью к царапинам, УФ-излучению. Методы нанесения: золь-гель, плазменное напыление, магнетронное распыление, спрей-пиролиз, рулонное нанесение.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1 Семинарские/практические занятия

1. Подбор состава тяжелого бетона, содержащего УНТ
2. Разработка матрицы для планирования экспериментов по получению нанокompозитов
3. Расчет концентрации ПАВ для диспергации УНТ в бетонах
4. Подбор функционализационных элементов для прогнозирования свойств строительных композитов
5. Определение физических свойств сырья для производства нанотрубок
6. Получение УНТ на установке
7. Ультразвуковая обработка УНТ
8. Получение нанокompозитов пригодных для ж/б конструкций
9. Функционализации УНТ
10. Изучение свойств строительных материалов на основе УНТ: электропроводность, прочность

4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. **ГОСТ Р 56747-2015** «Продукция наноиндустрии. Наноматериалы. Технические условия. Общие требования».
2. **ГОСТ Р 57103-2016** «Нанотехнологии. Часть 1. Основные термины и определения».
3. **ГОСТ Р 57107-2016** «Нанотехнологии. Часть 3. Классификация нанообъектов и наноструктур».
4. **ГОСТ Р ИСО/ТС 80004-1-2014** «Нанотехнологии. Часть 1. Основные термины и определения».
5. **ГОСТ 31108-2020** «Цементы общестроительные. Технические условия» (с учетом применения наномодификаторов).
6. **СП 63.13330.2018** «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» (разделы, регламентирующие применение высококачественных бетонов).
7. **ГОСТ 31357-2007** «Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Общие технические условия».
8. **ГОСТ Р 58048-2017** «Нанотехнологии. Нанопорошки. Методы определения удельной поверхности по БЭТ».
9. **ГОСТ Р 58049-2017** «Нанотехнологии. Нанопленки. Методы определения толщины».
10. **ГОСТ Р 58564-2019** «Здания и сооружения. Правила проектирования теплоизоляции с применением аэрогелевых материалов».

4.2 Основная литература

1. **Федотова, О. В.** Нанотехнологии в строительстве: учебное пособие / О. В. Федотова, А. Н. Благодатских. – Москва: МГСУ, 2020. – 180 с.
2. **Пономарев, А. Н.** Нанотехнологии и наноматериалы в строительстве: учебник для вузов / А. Н. Пономарев, Т. В. Князева, Д. А. Буряков. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 320 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/168932>

3. **Третьяков, Ю. Д.** Нанотехнологии: учебник для академического бакалавриата / Ю. Д. Третьяков, В. Н. Филиппов; под ред. Ю. Д. Третьякова. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Юрайт, 2022. – 223 с. – ISBN 978-5-534-04003-6.

4.3 Дополнительная литература

1. **Гусев, А. И.** Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Физматлит, 2009. – 416 с.
2. **Раков, Э. Г.** Нанотрубки и фуллерены: учебное пособие / Э. Г. Раков. – Москва: Университетская книга, Логос, 2006. – 376 с.
3. **Суздаев, И. П.** Нанотехнология: физикохимия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздаев. – Москва: КомКнига, 2006. – 592 с.
4. **Баженов, Ю. М.** Нанобетоны: учебное пособие / Ю. М. Баженов, Б. С. Бойко, В. Р. Фаликман. – Москва: МГСУ, 2009. – 140 с.
5. **Кодолов, В. И.** Нанотехнологии в строительстве. Производство цемента с использованием нанотехнологий: монография / В. И. Кодолов, Н. И. Овчинникова. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2010. – 180 с.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

1. **Электронно-библиотечная система «Лань»** – коллекции «Инженерно-технические науки», «Химия», «Нанотехнологии». Содержит учебники по наноматериалам и нанотехнологиям в строительстве. Доступ: <https://e.lanbook.com>
2. **ЭБС «Университетская библиотека онлайн»** – учебные и научные издания по нанотехнологиям, физико-химии наноструктур, строительным материалам. Доступ: <https://biblioclub.ru>
3. **ЭБС IPR SMART** – учебники и монографии по нанотехнологиям, методам синтеза и исследования наноматериалов. Доступ: <https://www.iprbookshop.ru>
4. **ЭБС «Юрайт»** – учебники по нанотехнологиям для академического бакалавриата. Доступ: <https://urait.ru>
5. **Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»** – открытый доступ к научным статьям по нанотехнологиям в строительстве, нанобетонам, наномодификаторам цемента. Доступ: <http://cyberleninka.ru>
6. **Национальная электронная библиотека (НЭБ)** – единый портал, объединяющий фонды российских библиотек, содержит научные труды по наноиндустрии. Доступ: <http://нэб.рф>
7. **Электронная библиотека Московского политехнического университета** – учебно-методические материалы. Доступ: <http://lib.mami.ru/ebooks>
8. **Библиотека нормативной документации (files.stroyinf.ru)** – своды правил (СП), ГОСТы, СанПиНы в свободном доступе. Доступ: <http://files.stroyinf.ru>
9. **Электронный правовой справочник «Гарант»** – нормативно-правовая база в сфере строительства и наноиндустрии. Доступ: <https://www.garant.ru>
10. **Справочная правовая система «КонсультантПлюс»** – законодательство в сфере строительства, нанотехнологий, стандартизации.

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. **Операционная система Windows** (лицензионная версия, используемая в компьютерных классах университета).
2. **Microsoft Office** (Word, Excel, PowerPoint) – для подготовки отчётов, презентаций, обработки результатов.
3. **nanoCAD Платформа** (бесплатная версия для образовательных учреждений) – система автоматизированного проектирования для моделирования структур наноматериалов и строительных конструкций с наномодификаторами. Программное обеспечение включено в О совершенствовании нормативного и учебно-методического обеспечения образовательного процесса
Исп.: Т.С. Леухина
ИД 2098248

Реестр российского ПО при Минцифры, совместимо с ОС Astra Linux и архитектурой x86-64.

4. **MathCAD** или **MATLAB** – для математического моделирования процессов синтеза наноструктур и расчёта свойств наноматериалов.
5. **ImageJ / Fiji** (бесплатное ПО) – для обработки изображений с электронных микроскопов (анализ размеров наночастиц, пористости).
6. **VESTA** (бесплатное ПО) – визуализация и анализ кристаллических и наноструктур.
7. **Антивирусное ПО** (Avast Free Antivirus или аналоги) – обеспечение безопасной работы в компьютерных классах.
8. **Adobe Acrobat Reader** (бесплатная версия) – для работы с электронными учебными материалами и нормативной документацией в формате PDF.

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные

справочные системы

1. **NormaCS 2.0** – Отраслевая информационно-поисковая система по нормативным документам в строительстве. Содержит полные тексты ГОСТ Р по нанотехнологиям, СП по бетонам и строительным материалам, а также актуальные изменения нормативной базы.
Доступ: <https://normacs.info>
2. **Справочная правовая система «КонсультантПлюс»** – содержит полные тексты федеральных законов, постановлений Правительства, ГОСТ Р, СанПиН в области нанотехнологий и строительства.
3. **Справочная правовая система «Гарант»** – законодательство в сфере наноиндустрии, технического регулирования, строительства. Доступ: <https://www.garant.ru>
4. **База данных RSCI на платформе eLibrary.ru** – научные журналы по нанотехнологиям, наноматериалам, химии наноструктур («Нанотехнологии в строительстве», «Перспективные материалы», «Физика твердого тела»). Доступ: <https://elibrary.ru>
5. **Международная база данных Scopus (Elsevier)** – рецензируемые публикации по направлениям Nanoscience and Nanotechnology, Materials Science, Construction and Building Technology.
6. **Web of Science Core Collection (Clarivate Analytics)** – международная база данных с разделами Nanoscience & Nanotechnology, Materials Science Multidisciplinary, Chemistry Physical.
7. **Портал NanoBuilder (Ассоциация нанотехнологий в строительстве)** – профессиональный ресурс, содержащий статьи, новости, обзоры и каталог наноматериалов для строительной отрасли. Доступ: (по подписке ассоциации)
8. **Техэксперт (Интегрум)** – база данных нормативно-технической документации с удобным поиском по ключевым словам. Содержит разделы: строительство, нанотехнологии, строительные материалы.
9. **Федеральный портал «Роснано» (АО «Роснано»)** – государственная информация о развитии наноиндустрии в РФ, технологических платформах, проектах в области наноматериалов для строительства. Доступ: <https://www.rusnano.com>
10. **База данных ICSD (Inorganic Crystal Structure Database)** – кристаллографическая база данных неорганических соединений, включая структуры наночастиц и кластеров (доступ через подписку вуза).

5 Материально-техническое обеспечение

№	Наименование	Назначение	Оснащение
---	--------------	------------	-----------

О совершенствовании нормативного и учебно-методического обеспечения образовательного процесса
Исп.: Т.С. Леухина
ИД 2098248

п/п	аудитории		
1	Лекционная аудитория (вместимостью не менее 50 посадочных мест)	Проведение лекционных занятий	Стационарный или переносной мультимедийный проектор, экран (или интерактивная доска), компьютер (ноутбук) с программным обеспечением, учебная доска (меловая или маркерная)
2	Аудитория для практических и семинарских занятий (на 25-30 посадочных мест)	Проведение практических занятий, семинаров, групповых консультаций	Мультимедийный проектор или телевизор, компьютер (ноутбук), учебная доска
3	Лаборатория наноматериалов и нанотехнологий	Проведение лабораторных работ по синтезу и исследованию наноматериалов	См. раздел 5.2. Лабораторное оборудование и приборы
4	Компьютерный класс (на 12-15 рабочих мест)	Компьютерное моделирование наноструктур, обработка результатов, самостоятельная работа	Стационарные компьютеры с установленным лицензионным программным обеспечением, выход в интернет, локальная сеть, мультимедийный проектор
5	Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал/коворкинг)	Самостоятельная подготовка, выполнение расчётно-графических работ	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации, библиотечный фонд учебной и нормативной литературы

6 Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Взаимодействие преподавателя со студентами можно разделить на несколько составляющих – лекционные, практические и лабораторные занятия и консультирование.

О совершенствовании нормативного и учебно-методического обеспечения образовательного процесса

Исп.: Т.С. Леухина

ИД 2098248

Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Перед началом преподавания преподавателю необходимо:

- изучить рабочую программу, цели и задачи дисциплины;
- четко представлять себе, какие знания, умения и навыки должен приобрести студент;
- познакомиться с видами учебной работы;
- изучить содержание разделов дисциплины.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать, только четко обозначив ее характер, тему и круг тех вопросов, которые в ее ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрывать содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя категорийный аппарат.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного практического или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к практическому занятию или лабораторной работе. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на занятии с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

Цель практических и лабораторных занятий - обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими на лекциях и в ходе самостоятельной работы. Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам, желанию у студентов поработать у доски при решении задач.

После каждого лекционного, лабораторного и практического занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

Экзамен или зачет по дисциплине проводится в форме устного ответа с последующей индивидуальной беседой со студентом на основе контрольных вопросов. Оценка

О совершенствовании нормативного и учебно-методического обеспечения образовательного процесса

Исп.: Т.С. Леухина

ИД 2098248

выставляется преподавателем и объявляется после ответа. Преподаватель, принимающий зачет или экзамен, лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Методические указания по работе над конспектом лекций во время и после проведения лекции

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия: вести конспектирование учебного материала; обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению; задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Методические указания к практическим занятиям

При подготовке к практическим занятиям обучающимся необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. В ходе подготовки к практическим занятиям необходимо освоить основные понятия и методики расчета показателей, ответить на контрольные вопросы.

В течение практического занятия студенту необходимо выполнить задания, выданные преподавателем, что зачитывается как текущая работа студента.

Методические указания по выполнению контрольной работы

Для закрепления практических навыков студентам могут быть выданы типовые индивидуальные задания, которые должны быть сданы в установленный преподавателем срок. Выполненные задания оцениваются на оценку.

Цель выполнения индивидуальной контрольной работы: проверка умений и навыков самостоятельного решения конкретных задач по данному разделу дисциплины, проверка логического обоснования решения, умений применение теоретических знаний к решению задач.

Методические рекомендации для самостоятельной работы

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Самостоятельная работа направлена на самостоятельное изучение отдельной темы учебной дисциплины и является обязательной для каждого обучающегося, ее объем определяется учебным планом. Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию. Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Задачи самостоятельной работы студента:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;

О совершенствовании нормативного и учебно-методического обеспечения образовательного процесса

Исп.: Т.С. Леухина

ИД 2098248

- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к зачету/экзамену.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным занятиям;
- подготовка к семинарам и практическим занятиям;
- оформление отчетов по выполненным лабораторным работам и подготовка к их защите;
- выполнение расчетно-графической работы.

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- рефлексия;
- презентация работы.

7 Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Устный опрос, собеседование (УО)	Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины (п. 7.3.1)
2	Контрольная работа (К/Р)	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.	Комплект контрольных заданий по разделам дисциплины (п. 7.3.1)
3	Зачет	Итоговая форма оценки знаний. Проводится по результатам выполнения всех видов	Вопросы к зачету (п. 7.3.2)

		учебной работы, предусмотренных учебным планом.	
--	--	---	--

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Промежуточная аттестация: зачет

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачета проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине, при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине, методом экспертной оценки.

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине.

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

7.3 Оценочные средства

7.3.1 Текущий контроль

Формы текущего контроля: устный опрос (УО), контрольная работа (К/Р).

Вопросы для устного опроса по разделам дисциплины «Нанотехнологии в строительстве и производстве строительных материалов»

Раздел 1. Введение в нанотехнологии в строительстве

О совершенствовании нормативного и учебно-методического обеспечения образовательного процесса
Исп.: Т.С. Леукина
ИД 2098248

1. Дайте определение понятиям «нанотехнология», «наноматериал», «нанобъект».
2. Каковы хронологические вехи развития нанотехнологий (Фейнман, сканирующий туннельный микроскоп, фуллерены, нанотрубки)?
3. Каковы перспективы применения нанотехнологий в строительстве?
4. Каковы основные проблемы применения нанотехнологий в строительстве (стоимость, масштабирование, токсичность)?
5. Где располагаются нанобъекты на шкале размеров (от атомов до макрообъектов)?
6. Каковы особенности взаимодействий на наномасштабах (доля поверхностных атомов, квантово-размерные эффекты, поверхностные силы)?
7. В каких областях строительства уже применяются нанотехнологии?

Раздел 2. Классификация и методы получения наноструктур

8. Каковы два основных подхода к формированию наноструктур («снизу вверх» и «сверху вниз»)?
9. Как классифицируются наноструктуры по размерности (0D, 1D, 2D, 3D)?
10. Что такое фуллерены? Каковы их свойства и способы получения?
11. Что такое углеродные нанотрубки? В чем отличие одностенных от многостенных?
12. Что такое графен? Каковы его уникальные свойства?
13. Что такое нанопорошки? Каковы их свойства и способы получения?
14. Что такое нанокompозиты? Приведите примеры нанокompозитов в строительстве.
15. Что такое золь-гель метод? Для синтеза каких наноматериалов он применяется?
16. Что такое механохимический синтез? Как он применяется для получения нанопорошков?
17. Каковы особенности плазмохимического синтеза наночастиц?

Раздел 3. Свойства и методы исследования нанобъектов

18. Как влияет размер наночастиц на их температуру плавления?
19. Что такое квантово-размерный эффект? В каких наноструктурах он проявляется?
20. Как изменяются механические свойства материалов при переходе в наноразмерное состояние?
21. Что такое суперпарамагнетизм? В каких наночастицах он наблюдается?
22. Каков принцип работы сканирующего туннельного микроскопа (СТМ)?
23. Каков принцип работы атомно-силового микроскопа (АСМ)?
24. Как определяется размер кристаллитов наноматериалов с помощью рентгеноструктурного анализа (формула Шеррера)?
25. Для чего используется инфракрасная (ИК) спектроскопия при исследовании наноматериалов?

Раздел 4. Нанотехнологии в производстве строительных материалов

26. В чем сущность низкотемпературной технологии производства цемента? Что такое алинитовые цементы?
27. Что такое механохимическая активация цемента? Как она влияет на свойства цемента?
28. Что такое цементы низкой водопотребности (ЦНВ)? Каков механизм их действия?
29. Какие нанодисперсные добавки применяются в производстве бетонов (SiO_2 , TiO_2 , нанотрубки, графен)?
30. Как влияют нанодисперсные добавки на свойства композиционных материалов?
31. Как влияет активированная нанодобавками вода затворения на свойства бетона?
32. Что такое поризованная керамика? Как наномодификаторы улучшают её свойства?
33. Что такое пеностекло? Как наномодификаторы влияют на структуру и свойства пеностекла?

34. Какие наномодификаторы применяются в производстве теплоизоляционных материалов?
35. Что такое аэрогели? Каковы их теплоизоляционные свойства? Как они получают?
36. Какие типы защитно-декоративных покрытий с использованием нанотехнологий существуют?
37. Что такое самоочищающиеся покрытия на основе TiO_2 ? Каков принцип их действия?
38. Как действуют антибактериальные покрытия с наночастицами серебра (Ag) или оксида цинка (ZnO)?
39. Как действуют огнезащитные нанопокрывтия (вспучивающиеся нанокompозиты)?

Типовые контрольные работы (К/Р) по разделам дисциплины

Контрольная работа № 1 (по разделам 1-2)

Вариант 1

1. Дайте определение нанотехнологии. Перечислите основные вехи истории развития нанотехнологий (не менее 3-х). (5 баллов)
2. Опишите классификацию наноструктур по размерности. Приведите примеры для каждого типа (0D, 1D, 2D, 3D). (5 баллов)
3. Охарактеризуйте методы получения наноструктур: механохимический синтез и золь-гель метод. Укажите их преимущества и недостатки. (5 баллов)
4. **Задача:** Рассчитайте долю поверхностных атомов для наночастицы сферической формы диаметром 5 нм. Диаметр атома принять равным 0,2 нм. (5 баллов)

Вариант 2

1. Каковы перспективы и проблемы применения нанотехнологий в строительстве? (5 баллов)
2. Опишите строение и свойства углеродных нанотрубок и графена. (5 баллов)
3. Охарактеризуйте методы получения наноструктур: плазмохимический синтез и метод молекулярных пучков. (5 баллов)
4. **Задача:** Во сколько раз удельная поверхность наночастиц SiO_2 диаметром 10 нм больше удельной поверхности микрочастиц диаметром 10 мкм? Форма частиц – сферическая, плотность одинаковая. (5 баллов)

Контрольная работа № 2 (по разделам 3-4)

Вариант 1

1. Объясните принцип работы атомно-силового микроскопа (АСМ). Какие режимы работы АСМ существуют? (5 баллов)
2. Что такое механохимическая активация цемента? Опишите технологию получения цементов низкой водопотребности (ЦНВ). (5 баллов)
3. Охарактеризуйте влияние нанодисперсного кремнезёма (нано- SiO_2) на свойства бетона. (5 баллов)
4. **Задача:** Определите ожидаемое повышение прочности бетона при введении 3% нано- SiO_2 от массы цемента, если прочность контрольного состава составляет 40 МПа, а коэффициент эффективности нанодобавки – 1,15. (5 баллов)

Вариант 2

1. Что такое рентгеноструктурный анализ? Как определяется размер кристаллитов наноматериалов по формуле Шеррера? (5 баллов)

О совершенствовании нормативного и учебно-методического обеспечения образовательного процесса
Исп.: Т.С. Леухина
ИД 2098248

2. Опишите технологию получения алинитовых цементов. В чем их преимущества перед портландцементом? (5 баллов)
3. Что такое аэрогели? Каковы их теплоизоляционные свойства и область применения в строительстве? (5 баллов)
4. **Задача:** Рассчитайте теплопроводность наномодифицированного пенополиуретана, если теплопроводность исходного материала $0,035 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, а снижение теплопроводности при введении наночастиц составляет 20%. (5 баллов)

7.3.2 Промежуточная аттестация

Форма промежуточной аттестации: зачет.

Зачет проводится в форме устного собеседования по вопросам к зачету (вопросы охватывают все разделы дисциплины). К зачету допускаются студенты, выполнившие и защитившие контрольные работы (К/Р) и успешно прошедшие текущий контроль (устный опрос по темам).

Структура зачета:

Часть	Содержание
Теоретическая часть	Ответ на 2-3 вопроса из перечня вопросов к зачету (по разделам дисциплины)
Дополнительная часть	Уточняющие вопросы преподавателя по темам, вызвавшим затруднения