

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

СОГЛАСОВАНО
Директор института
магистратуры

Ярмоленко И.В.
« 5 » апреля 2021 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор института

Уваров В.А.
« 22 » апреля 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

Термодинамические основы механохимии нанодисперсных систем

Направление подготовки:

22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

Профиль программы:

Материаловедение и технологии композиционных материалов

Квалификация

магистр

Форма обучения

очная

Институт: инженерно-строительный

Кафедра материаловедения и технологии материалов

Белгород – 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов, утвержденного приказом Минобрнауки России № 306 от 24 апреля 2018 г.;
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

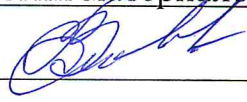
Составитель: к.т.н., профессор  (В.В. Нелюбова)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 12 » апреля 2021 г., протокол № 4

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  (В.В. Строкова)


Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой
материаловедения и технологии материалов

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  (В.В. Строкова)

« 12 » апреля 2021 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 22 » апреля 2021 г., протокол № 9

Председатель: к.т.н., доц.  (А.Ю. Феоктистов)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Профессиональные компетенции	ПК-3 Способен анализировать технологии получения композиционных материалов и разрабатывать рекомендации по оптимизации их состава и свойств	ПК-3.1 Моделирует состав материалов, их физико-механические свойства	<p>Знать: технологические и эксплуатационные свойства композиционных материалов в зависимости от их состава и структуры;</p> <p>Уметь: моделировать состав материалов, их физико-механические свойства</p> <p>Владеть: навыками моделирования состава материалов, их физико-механических свойств</p>
		ПК-3.2 Анализирует химический состав и структуру композиционных материалов	<p>Знать: методы определения химического состава и структуры композиционных материалов</p> <p>Уметь: проводить анализ состава и структуры композиционных материалов</p> <p>Владеть: навыками проведения анализа химического состава и структуры композиционных материалов</p>
		ПК-3.3 Анализирует зависимость технологических и эксплуатационных свойств композиционных материалов от их состава и структуры	<p>Знать: технологические и эксплуатационные свойства композиционных материалов</p> <p>Уметь: подбирать состав композиционных материалов в зависимости от их технологических и эксплуатационных свойств</p> <p>Владеть: навыками анализа зависимости технологических и эксплуатационных свойств композиционных материалов от их состава и структуры</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ПК-3 Способен анализировать технологии получения композиционных материалов и разрабатывать рекомендации по оптимизации их состава и свойств

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Композиционные материалы различного функционального назначения
2	Функциональные добавки для композиционных материалов
3	Теория прочности и физика разрушения
4	Технологии получения композиционных материалов
5	Физикохимия ультрадисперсных систем и наноматериалов
6	Учебная ознакомительная практика
7	Учебная научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)
8	Производственная научно-исследовательская работа

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость практики составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки: 4 зач. единицы.

Форма промежуточной аттестации экзамен.

Вид учебной работы	Всего Часов	Семестр № 2
Общая трудоемкость дисциплины, час	216	216
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	73	73
Лекции	34	34
лабораторные	34	34
Практические		
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	5	5
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	143	143
Курсовой проект		
Курсовая работа		
Расчетно-графическое задание	18	18
Индивидуальное домашнее задание		
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	89	89
Экзамен	36	36

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 1 Семестр 2

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1	Предмет и содержание курса. Введение	4			14
2	Введение в активацию минералов измельчением	6		10	15
3	Основы термодинамики поверхностных явлений	6			15
4	Механохимия поверхности	6		8	15
5	Химическое модифицирование поверхности твердых тел в строительном материаловедении	4		8	15
6	Наномеханохимия	8		8	15
	ВСЕГО	34		34	89

4.2 Содержание практических (семинарских занятий)

Учебным планом не предусмотрено.

4.3 Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1	Введение в активацию минералов измельчением	Исследование влияния степени измельчения на технологические свойства порошков строительного назначения	10	15
2	Механохимия поверхности	Изучение влияния среды на кинетику измельчения материалов	8	15
3	Химическое модифицирование поверхности твердых тел в строительном материаловедении	Изучение физико-химических свойств материалов в зависимости от степени дисперсности и среды измельчения	8	15
4	Наномеханохимия	Изучение механохимических свойств и характеристик нанодисперсных систем и материалов	8	15
	ВСЕГО		34	89

4.4. Содержание курсового проекта (работы)

Не предусмотрено учебным планом.

4.5. Содержание расчетно-графического задания, Индивидуального домашнего задания

Учебным планом предусмотрено выполнение одного РГЗ по дисциплине «Термодинамические основы механохимии нанодисперсных систем».

Общая тематика задания формируется согласно теме: «Оценка энергетических характеристик механоактивированных горных пород».

Основная цель: изучение основных закономерностей формирования структуры и свойств твердофазных материалов в процессе механоактивации.

Задание включает следующие пункты:

1. Используя исходные данные, рассчитайте постоянную Гамакера и свободную поверхностную энергию для активированных горных пород различного состава.

2. Постройте графики зависимостей постоянной Гамакера и свободной поверхностной энергии от концентрации кварца в породах.

3. Сделайте выводы по полученным зависимостям.

Защита ИДЗ происходит в виде устного опроса по содержанию работы.

В соответствии с выданным номером варианта студентам необходимо решить индивидуальные домашние задания.

Варианты исходных данных для выполнения заданий по теме «Оценка энергетических характеристик механоактивированных горных пород».

Характеристики горных пород ненарушенной структуры

№ п/п	Исследуемые образцы	Содержание SiO_2 , %	Площадь удельной поверхности $S_{уд}$, м ² /кг	Размер частиц d , нм	Критическое значение поверхностного натяжения σ_k , мН/м
1	Кварц	98	16169±127	230±25	24.0
2	Базальт	48	6446±774	360±98	17.3
3	Песок П1	90	8580±43	102±34	23.7
4	Песок П2	91	7532±211	102±30	22.6
5	Гранит	76	9159±54	206±57	21.2
6	Амфиболит	53	2750±14	416±114	19.4
7	Известняк	0	6260±31	632±69	16.4
8	Диабаз	50	1525±18	252±71	17.9
9	Кварцитопесчаник	90	4994±28	233±59	21.1
10	Диорит	57	1567±23	464±120	18.8

5 ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1 Реализация компетенций

1 Компетенция ПК-3 Способен анализировать технологии получения композиционных материалов и разрабатывать рекомендации по оптимизации их состава и свойств

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-3.1 Моделирует состав материалов, их физико-механические свойства	Защита индивидуального домашнего задания, защита лабораторных работ, экзамен, решение практических задач, тестовый контроль
ПК-3.2 Анализирует химический состав и структуру композиционных материалов	Защита индивидуального домашнего задания, защита лабораторных работ, экзамен, решение практических задач, тестовый контроль
ПК-3.3 Анализирует зависимость технологических и эксплуатационных свойств композиционных материалов от их состава и структуры	Защита индивидуального домашнего задания, защита лабораторных работ, экзамен, решение практических задач, тестовый контроль

5.2 Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра после завершения изучения дисциплины в форме **экзамена**.

Экзамен проводится в форме письменного ответа на вопросы билета с последующим собеседованием по тематике вопросов. Вопросы охватывают весь пройденный материал. Студент письменно отвечает на 2 вопроса в билете и устно рассказывает преподавателю основную информацию по тематике вопросов. По окончании ответа преподаватель может задать студенту дополнительные и уточняющие вопросы. Положительным также будет стремление студента изложить различные точки зрения на рассматриваемую проблему, выразить свое отношение к ней, применить теоретические знания по современным проблемам изучаемого курса.

5.2.1 Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена)

Наименование раздела (краткое содержание)	Код компетенции	Вопросы
Предмет и содержание курса. Введение	ПК-3	1. Основные объекты и разделы, фундаментальные аспекты и практические приложения. 2. Дисперсное состояние вещества. Классификация дисперсных систем по размерности, агрегатному состоянию и микроструктуре. 3. Наноразмерные системы. Основные характеристики наночастиц и дисперсных систем. Размерный эффект. 4. Изменение дефектности кристаллической структуры и полная аморфизация вещества. Полиморфные превращения.

Введение в активацию минералов измельчением	ПК-3	<p>5. Введение в активацию минералов измельчением. Введение в активацию минералов измельчением. Тонкое измельчение минеральных веществ.</p> <p>6. Развитие представлений об активации измельчением и механохимии минеральных веществ. Современные аппараты и механизмы, применяемые для тонкого и сверхтонкого измельчения. Влияние степени измельчения на технологические свойства порошков строительного назначения.</p> <p>7. Некоторые особенности в применении нанодисперсных систем полученных методами механохимии.</p> <p>8. Минералы в тонкодисперсном состоянии.</p> <p>9. Физикохимические свойства материалов в зависимости от степени дисперсности и среды измельчения.</p> <p>10. Изменение кристаллического строения и химических свойств при диспергировании.</p> <p>11. Влияние химического состояния поверхности на физические и химические свойства твердых тел. Методы модифицирования поверхности: физическое и химическое модифицирование.</p> <p>12. Термодинамика диспергирования твердых тел.</p> <p>13. Особенности активирования и твердения тонкоизмельченных вяжущих материалов. Методы модифицирования вяжущих при тонком измельчении. Некоторые примеры применения механохимии в строительстве.</p> <p>14. Наноструктурированные вяжущие. Технологическое оборудование позволяющее производить наноструктурированные бесцементные вяжущие негидратационного типа твердения. Особенности развития технологии получения наноструктурированных вяжущих, возможность использования различных сырьевых компонентов.</p> <p>15. Отличительные характеристики, свойства материалов на основе геополимеров и композиционных вяжущих на их основе.</p>
Основы термодинамики поверхностных явлений	ПК-3	<p>16. Процессы на поверхности и в приповерхностных слоях.</p> <p>17. Реконструкция и релаксация поверхностей в наноструктурах. Обработка поверхности и условия сохранения ее свойств.</p> <p>18. Электростатическая стабилизация. Стерическая стабилизация.</p>
Механохимия поверхности	ПК-3	<p>19. Основы термодинамики поверхностных явлений.</p> <p>20. Основы термодинамики поверхностных явлений.</p> <p>21. Фундаментальные уравнения и направленные парциальные величины в термодинамике твердого тела.</p> <p>22. Выражение для химических потенциалов.</p> <p>23. Механохимические соотношения для объемных фаз.</p>

Химическое модифицирование поверхности твердых тел в строительном материаловедении	ПК-3	24. Химическое средство. Выражения для химического средства твердых тел. 25. Изотермические соотношения. Роль подвижных компонентов. 26. Механохимия текучих сред. 27. Механохимия поверхности. 28. Поверхностное натяжение. 29. Химическое модифицирование поверхности твердых тел в строительном материаловедении.
Наномеханохимия	ПК-3	30. Механохимия смачивания, фундаментальные уравнения. 31. Механохимический эффект растворения. 32. Влияние среды на кинетику измельчения. 33. Взаимодействие измельчаемых материалов с водой и другой жидкостью. 34. Взаимодействие измельчаемых материалов с газами или парами. 35. Взаимодействие измельчаемых материалов с мелющими телами. 36. Взаимодействие измельчаемых материалов с некоторыми добавками, активизирующими процессы измельчения. 37. Наномеханохимия. Механические состояния и материальный обмен в наночастицах, размерная зависимость поверхностных характеристик. 38. Условие механического равновесия на искривленной поверхности. Условие механического равновесия на границах наночастиц. 39. Химический подход к термодинамике наночастиц. Хемомеханические эффекты в нанопористых системах. Термодинамика поверхности в наносистемах. Хемомеханический эффект адсорбции.

Примеры типовых практических задач

ПК-3 Способен анализировать технологии получения композиционных материалов и разрабатывать рекомендации по оптимизации их состава и свойств

Задача 1. Рассчитайте критическое значение межфазного натяжения, определяемого критерием Ребиндера, ниже которого происходит самопроизвольное диспергирование. Температура 20 °С, размер образующихся частиц $1 \cdot 10^{-6}$ см, логарифм отношения числа частиц дисперсной фазы к числу молекул дисперсионной среды равен $\gamma = 15$.

Задача 2. Исходя из значений оптической плотности $D=0,023$ и $D=0,135$, полученных при измерениях с помощью фотоэлектрического колориметра для следующих значений длин волн: $\lambda_1 = 680 \cdot 10^{-9}$ м и $\lambda_2 = 420 \cdot 10^{-9}$ м, определите средний радиус частиц r_{cp} у бесцветного гидрозоля ластики.

Уравнение Ламберта-Бугера-Беера использовать в следующем виде: $D_\lambda = R\lambda^n$.

Данные для колебровочной кривой Геллера ($n=f(d)$):

n (α)	77,0	88,0	95,0	106,7	110,0	119,0	132	139	143	158	167	189
d,	3,92	3,64	3,54	3,39	3,23	3,04	2,82	2,72	2,66	2,45	2,36	2,14

HM											
----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Задача 3. Рассчитайте полную поверхностную энергию 10 г эмульсии гексана в воде с концентрацией 70 % массовых и дисперсностью $D=1 \text{ мкм}^{-1}$ при температуре 298 К. Плотность гексана при этой температуре $0,655 \text{ г/см}^3$, поверхностное натяжение $18,41 \text{ мДж/м}^2$, температурный коэффициент поверхностного натяжения гексана $d\sigma/dT = -0,104 \text{ мДж/(м}^2 \times \text{К)}$

Примеры тестовых заданий

ПК-3 Способен анализировать технологии получения композиционных материалов и разрабатывать рекомендации по оптимизации их состава и свойств

1. В зависимости от своего состава термодинамические системы бывают:
 - А) закрытые;
 - Б) изолированные;
 - В) однокомпонентные или простые;
 - Г) многокомпонентные или сложные.

2. Примером простой системы является:
 - А) сосуд с водой, в котором плавают кусочки льда;
 - Б) земная атмосфера;
 - В) сосуд, полностью заполненный определенной органической жидкостью;
 - В) любой водный раствор вещества.

- 3) Примером сложной термодинамической системы является:
 - А) трехфазная система «лед – вода – пар»;
 - Б) земная атмосфера;
 - В) любой водный раствор того или иного вещества;
 - Г) реакционный сосуд, в котором одновременно присутствуют как исходные, Д) так и конечные вещества.

- 4) Согласно следствию из закона Гесса, тепловой эффект химической реакции равен:
 - А) сумме теплот сгорания исходных веществ за вычетом суммы теплот сгорания конечных веществ с учетом их стехиометрических коэффициентов;
 - Б) сумме теплот образования исходных веществ за вычетом суммы теплот образования конечных с учетом их стехиометрических коэффициентов;
 - В) сумме теплот образования конечных и исходных веществ с учетом их стехиометрических коэффициентов;
 - Г) сумме теплот образования конечных веществ с учетом их стехиометрических коэффициентов.

- 5) Под термодинамической системой подразумевают:
 - А) набор свойств изучаемого объекта;
 - Б) окружающий нас внешний мир;

- В) избранную совокупность тел или веществ, состоящую из большого числа структурных единиц (молекул, атомов, ионов) и отделенную от внешней среды определенной границей или поверхностью раздела;
- Г) среды определенной границей или поверхностью раздела;
- Д) реакционный сосуд, в котором протекает химическая реакция, вместе с окружающей его внешней средой.

4. Внешней средой по отношению к термодинамической системе является:

- А) та часть пространства, в котором осуществляется изучаемый процесс;
- Б) окружающая ее граница раздела, например, стенки реакционного сосуда;
- В) все то, что находится вне поверхности раздела системы;
- Г) совокупность молекул, атомов или ионов химических веществ, участвующих в реакции.

5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы

Не предусмотрено учебным планом.

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Текущий контроль осуществляется в течение семестра в форме выполнения и защиты лабораторных работ.

Лабораторные работы. Лабораторные занятия проводятся в виде фронтальных опытов, лабораторных работ, практикумов, занятий с оборудованием разного типа. Они проводятся в специально оборудованных лабораториях, с применением новейшей техники и измерительной аппаратуры.

Защита лабораторных работ (практико-ориентированных заданий) проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по соответствующим темам. Примерный перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ (практико-ориентированных заданий) представлен в таблице.

Лабораторные работы

№	Тема лабораторной работы	Код компетенции	Контрольные вопросы
1.	Исследование влияния степени измельчения на технологические свойства порошков строительного назначения	ПК-3	1) Что такое удельная поверхность? 2) Как определяют удельную поверхность? 3) Как связаны активность вещества с удельной поверхностью? 4) На какие свойства материала влияет удельная поверхность?
2.	Изучение влияния среды на кинетику измельчения материалов	ПК-3	1) За счет каких эффектов измельчение в присутствии жидкости происходит интенсивнее? 2) Какие жидкости могут применяться для регулирования кинетики измельчения?
3.	Изучение физико-	ПК-3	1) Как отличаются материалы, измельченные до

№	Тема лабораторной работы	Код компетенции	Контрольные вопросы
	химических свойств материалов в зависимости от степени дисперсности и среды измельчения		одинаковой удельной поверхности в разных средах? 2) Какие физико-химические свойства можно регулировать степенью дисперсности и средой измельчения?
4.	Изучение механохимических свойств и характеристик нанодисперсных систем и материалов	ПК-3	1) Механические состояния и материальный обмен в наночастицах, размерная зависимость поверхностных характеристик. 2) Условие механического равновесия на границах наночастиц. 3) Химический подход к термодинамике наночастиц. 4) Хемомеханические эффекты в нанопористых системах. 5) Термодинамика поверхности в наносистемах.

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знать технологические и эксплуатационные свойства композиционных материалов в зависимости от их состава и структуры; Знать методы определения химического состава и структуры композиционных материалов Знать технологические и эксплуатационные свойства композиционных материалов
Умения	Уметь моделировать состав материалов, их физико-механические свойства Уметь проводить анализ состава и структуры композиционных материалов Уметь подбирать состав композиционных материалов в зависимости от их технологических и эксплуатационных свойств
Владения	Владеть навыками моделирования состава материалов, их физико-механических свойств Владеть навыками проведения анализа химического состава и структуры композиционных материалов Владеть навыками анализа зависимости технологических и эксплуатационных свойств композиционных материалов от их состава и структуры

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знать технологические и эксплуатационные свойства	Не знает технологические и эксплуатационные свойства композиционных	Знает не все технологические и эксплуатационные свойства композиционных	Знает технологические и эксплуатационные свойства композиционных	Знает технологические и эксплуатационные свойства композиционных

композиционных материалов в зависимости от их состава и структуры	материалов в зависимости от их состава и структуры	материалов в зависимости от их состава и структуры	материалов в зависимости от их состава и структуры, но допускает неточности	материалов в зависимости от их состава и структуры
Знать методы определения химического состава и структуры композиционных материалов	Не знает методы определения химического состава и структуры композиционных материалов	Знает не все методы определения химического состава и структуры композиционных материалов	Знает методы определения химического состава и структуры композиционных материалов, но допускает неточности	Знает методы определения химического состава и структуры композиционных материалов
Знать технологические и эксплуатационные свойства композиционных материалов	Не знает технологические и эксплуатационные свойства композиционных материалов	Знает не все технологические и эксплуатационные свойства композиционных материалов	Знает технологические и эксплуатационные свойства композиционных материалов, но допускает неточности	Знает технологические и эксплуатационные свойства композиционных материалов

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Уметь моделировать состав материалов, их физико-механические свойства	Не умеет моделировать состав материалов, их физико-механические свойства	Допускает ошибки при моделировании состава материалов, их физико-механических свойств	С небольшой помощью может моделировать состав материалов, их физико-механические свойства	Умеет самостоятельно моделировать состав материалов, их физико-механические свойства
Уметь проводить анализ состава и структуры композиционных материалов	Не умеет проводить анализ состава и структуры композиционных материалов	Допускает ошибки при проведении анализа состава и структуры композиционных материалов	С небольшой помощью может проводить анализ состава и структуры композиционных материалов	Умеет самостоятельно проводить анализ состава и структуры композиционных материалов
Уметь подбирать состав композиционных материалов в зависимости от их технологических и эксплуатационных свойств	Не умеет подбирать состав композиционных материалов в зависимости от их технологических и эксплуатационных свойств	Допускает ошибки при подборе состава композиционных материалов в зависимости от их технологических и эксплуатационных свойств	С небольшой помощью может подбирать состав композиционных материалов в зависимости от их технологических и эксплуатационных свойств	Умеет самостоятельно подбирать состав композиционных материалов в зависимости от их технологических и эксплуатационных свойств

Оценка сформированности компетенций по показателю Владения

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владеть навыками моделирования состава материалов, их	Не владеет навыками моделирования состава	В низкой степени навыками моделирования состава	С незначительной помощью использует навыки моделирования	В высокой степени навыками моделирования состава

физико-механических свойств	материалов, их физико-механических свойств	материалов, их физико-механических свойств	состава материалов, их физико-механических свойств	материалов, их физико-механических свойств
Владеть навыками проведения анализа химического состава и структуры композиционных материалов	Не владеет навыками проведения анализа химического состава и структуры композиционных материалов	В низкой степени навыками проведения анализа химического состава и структуры композиционных материалов	С незначительной помощью использует навыки проведения анализа химического состава и структуры композиционных материалов	В высокой степени в навыками проведения анализа химического состава и структуры композиционных материалов
Владеть навыками анализа зависимости технологических и эксплуатационных свойств композиционных материалов от их состава и структуры	Не владеет навыками анализа зависимости технологических и эксплуатационных свойств композиционных материалов от их состава и структуры	В низкой степени навыками анализа зависимости технологических и эксплуатационных свойств композиционных материалов от их состава и структуры	С незначительной помощью использует навыки анализа зависимости технологических и эксплуатационных свойств композиционных материалов от их состава и структуры	В высокой степени навыками анализа зависимости технологических и эксплуатационных свойств композиционных материалов от их состава и структуры

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1.	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная мебель; интерактивная доска, мультимедийный проектор, компьютерная техника подключенная к сети «Интернет» и имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду.
2.	Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная мебель; мельница лабораторная роторная, мельница дисковая вибрационная ИВ-1, мельница шаровая уралитовая 200 л, мельница шаровая МШУ/60, мельница лабораторная валковая "МШЛ-2, барабан для помола 10л, 8л, 4л, 2л, печь муфельная SNOL 1200 *С, печь муфельная ПМ-ТД (самописец Термодат-16ЕЗ), шкаф сушильный Binder 300 *С, пресс гидравлический ПГМс-100МГ4А, установка для исследования свойств бетона на долговечность, весы технические ДВП-60Е
3.	Учебная аудитория для проведения	Специализированная мебель, весы

	лабораторных занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации	лабораторные RV 3102, мешалка лопастная, 40-1200 об/мин., мешалка лопастная LS-110, 100-2000 об/мин, комплект сит КСИ нерж. d=300 мм, прибор ПКФ-01 (для песчаных грунтов), прибор стандартного уплотнения ПСУ малый, прибор стандартного уплотнения ЦКБ-9127, конус балансирный Васильева КБВ, баня шестиместная водяная – 2 шт., стол встряхивающий КП-111, виброплощадка лабораторная типа СМЖ-539, ручной прибор Вика E055N, растворосмеситель лабораторный Matest E095, форма куба/балочка ЗФБ-40, 6ФК-20, 3ФК-50, 2ФК-100, ФК-150, вискозиметр Сутгарда ВС, устройство ОВС для определения водоудерживающей способности раствора.
4.	Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная мебель; компьютерная техника подключенная к сети «Интернет» и имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду; растровый электронный микроскоп TESCAN MIRA 3 LMU, напылительная настольная установка Q150T ES Quorum Technologies, прибор ИК-спектрометр VERTEX 70, рентгенофлуоресцентный спектрометр ARL9900 Intellipower Workstation, дериватограф MOM, лазерный анализатор частиц Zetatrac, Microtrac (США), прибор ПСХ-12, прибор SoftSorbi-II ver.1.0.
5.	Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная мебель; автоклав лабораторный 5л, 24атм, компьютер Intel I3-3220, установка ультразвуковая (диспергатор) УЗД 1-1,6, гомогенизатор Silverson L5M-A, дистиллятор автоматический SELECTA "AC-L4", анализатор спектра звуковой прецизионный 4-канальный, калибратор акустический АК-1000, устройство перемешивающее ПЭ-8300.
6.	Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная мебель; весы лабораторные 6001, мешалка магнитная с подогревом, гриндометр Хегмана 0-100 мкм, прибор для определения прочности (эластичности) "Константа ШГ2", вискозиметр ВЗ-246, прибор для определения времени и степени высыхания лакокрасочных ВИ-М, аппликатор для нанесения слоев лакокрасочных материалов КАУ1, шкаф вытяжной 1500*700*2100 мм, центрифуга Liston C 2203, реактор химический Lenz Minni 100-05, 1л, аппликатор прямоугольный

		четырёхдиапазонный КА-1 (30/60/90/120 мкм), насос инфузионный шприцевой Инстилар, твердомер маятниковый лакокрасочных покрытий Константа МТ1, мешалка магнитная RH basic, печь трубчатая РТФ 12/50/600.
7.	Помещение для самостоятельной работы обучающихся УК №3, №102	Специализированная мебель; компьютерная техника подключенная к сети «Интернет» и имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду.
8.	Читальный зал библиотеки с выходом в сеть Интернет для самостоятельной работы, Библиотека 303	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду.

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2022.
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения.
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения.

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1) Русанов, А.И. Термодинамические основы механохимии. – СПб.: Наука, 2006. – 221 с.

2) Иванов, А.О. Термодинамические свойства ионностабилизированных нанодисперсных ферроколлоидов / А.О. Иванов, Е.В. Крутикова., Е.А. Елфимова // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2010. – Т. 53. – № 3–2. – С. 108–112.

3) Кучин, И.В. Численное моделирование процессов преобразования структуры как основы регулирования свойств нанодисперсных композиционных систем и материалов / И.В. Кучин, Н.Б. Урьев // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2009. – Т. 45. – № 4. – С. 406–410.

4) Полухина, Л.М. Механохимия полимерных систем / Л.М. Полухина, В.И. Ракитянский, А.А. Карпухин. – Москва, 2010. – 121 с.

5). Суздаев И.П. Физико-химия наноматериалов. М.: КомКнига, 2006. – 592 с.

- 6) Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – 2-е изд., испр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 416 с.
- 7) Строкова, В.В. Термодинамические основы механохимии нанодисперсных систем: методические указания к выполнению лабораторных работ и курсового проекта для студентов направления 22.04.01 – Материаловедение и технологии материалов / В.В. Строкова, В.В. Нелюбова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2021. – 29 с
- 8) Щукин Е.Д. Коллоидная химия: учеб. для университетов и химикотехнолог. вузов / Е.Д. Щукин, А.В. Перцов, Е.А. Амелина. – М.: Высш.шк., 2007. – 444 с.
- 9) Кругляков П.М. Физическая и коллоидная химия: учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 2005. – 319 с.
- 10) Андриевский Р.А. Наноструктурные материалы: учеб. пособие для вузов – М.: Academia, 2005. – 179 с.
- 11) Новый справочник химика и технолога. Электродные процессы. Химическая кинетика и диффузия. Коллоидная химия / С.А. Симанова (ред.) – СПб.: НПО «Профессионал», 2007. – 837 с.
- 12) Сумм Б. Д. Основы коллоидной химии: учеб. пособие для вузов. – М.: Academia, 2010. – 238 с.
- 13) Ролдугин, В.И. Физикохимия поверхности / В.И. Ролдугин. – Долгопрудный: ИД Интеллект, 2011 – 565 с.
- 14) Фридрихсберг, Д.А. Курс коллоидной химии / Д.А. Фридрихсберг. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2010.
- 15) Смолянкина О.Ю., Югай К.Н. Исследование поверхностных состояний наночастицы // Вестник Омского университета. – 2005. – №3. – С. 10–12.
- 16) Пул, Ф. Оуэнс. Нанотехнологии / Ф. Оуэнс Пул. – М.: Техносфера. – 2000. – 328 с.
- 17) Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия / А.Г. Стромберг. – М.: Высшая школа, 2001. – 479 с.
- 18) Ходаков Г.С. Физика измельчения / Г.С. Ходаков. – 1985. – 307 с.
- 19) Гиббс Дж.В. Термодинамика. Статическая механика / Дж.В. Гиббс. – М.: Наука, 1982.
- 20) Молчанов, В.И. Технические средства активации минеральных веществ при измельчении / В.И. Молчанов, О.Г. Селезнева // Сборник трудов АН СССР. Сибирское отделение. Физико-технические проблемы переработки полезных ископаемых. – 1979. – №6. – 16 с.
- 21) Череватова, А.В. Кремнеземистые огнеупорные массы на основе пластифицированных высококонцентрированных керамических вяжущих суспензий: монография / А.В. Череватова. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005. – 151 с.

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

- 1) Сайт о нанотехнологиях в России <http://www.nanonewsnet.ru/>
- 2) Ежемесячный междисциплинарный теоретический и прикладной научно-технический журнал «Нано- и микросистемная техника»

<http://www.microsystems.ru/>

- 3) Наноматериалы, нанопокрyтия, нанотехнологии: Учебное пособие / Азаренков Н.А., Береснев В.М., Погребняк А.Д., Маликов Л.В., Турбин П.В. – Х.: ХНУ имени В.Н. Каразина, 2009. – 209 с. http://ftfsite.ru/wp-content/files/azarenkov_n_a_beresnev_v_m_pogreb.pdf
- 4) Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий: учебное пособие / В.В. Старостин. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 431 с. <http://docme.ru/5nb5>
- 5) Chemnet – официальное электронное издание Химического факультета МГУ <http://www.chem.msu.ru/rus>
- 6) <http://elibrary.ru/defaultx.asp> –Электронная библиотека РФФИ.