



МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)»
(СПбГТИ(ТУ))

УТВЕРЖДАЮ

Ректор

И.И. Шеремет

29



Программа кандидатского экзамена

**2.6.14 «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических
материалов»**

Санкт-Петербург
2022

Введение

Настоящая программа кандидатского экзамена разработана для научной специальности 2.6.14 Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Экзаменуемый должен показать высокий уровень теоретической и профессиональной подготовки, знание общих концепций и методологических вопросов научной специальности, истории ее формирования и развития, глубокое понимание основных разделов теории и практики изученного материала, а также умение применять свои знания для решения исследовательских и прикладных задач.

Настоящая программа составлена на кафедре химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) в соответствии с требованиями, предъявляемыми к уровню владения теоретическим материалом, терминологической подготовленности и степени освоения дисциплины «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов».

1. Порядок проведения кандидатского экзамена

Проведение кандидатского экзамена осуществляется в форме открытого заседания экзаменационной комиссии. Кандидатский экзамен проводится в устной форме.

Аспиранты с ограниченными возможностями здоровья могут сдавать данный экзамен, как в устной форме, так и в письменной форме.

Экзаменационные билеты должны включать два вопроса из программы кандидатского экзамена по специальности и один вопрос из дополнительной программы, которая составляется аспирантом (соискателем) совместно с научным руководителем в соответствии с темой диссертационной работы соискателя и рассматривается на заседании кафедры.

Для подготовки к ответу аспиранту отводится не более 60 минут, а на ответ – не более 30 минут. При ответе на вопросы экзаменационного билета члены экзаменационной комиссии могут задавать дополнительные вопросы аспиранту только в рамках содержания вопросов экзаменационного билета.

Во время заседания экзаменационной комиссии ведётся протокол в соответствии с установленным образцом.

Решение экзаменационной комиссии принимается на закрытом заседании простым большинством голосов членов комиссии. Уровень знаний оценивается на "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно".

Результаты экзамена оформляются протоколом и объявляются всем аспирантам группы в тот же день после завершения сдачи кандидатского экзамена.

Все прочие необходимые условия приема кандидатского экзамена изложены в нормативных документах (локальных актах) СПбГТИ(ТУ).

2. Основное содержание программы кандидатского экзамена

2.1. Научные основы технологии силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

2.1.1. Общая характеристика силикатных и тугоплавких неметаллических материалов. Место и роль силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (СиТНМ) в экономике и научно-техническом прогрессе. Роль отечественных ученых и научных школ в создании и развитии научных основ технологии СиТНМ. Классификации СиТНМ: по химической природе, по структуре слагающих фаз, по особенностям

технологии, строению, функциональному назначению, по размерным параметрам. Основные принципы системного проектирования СИТНМ и их технологий.

2.1.2. Структура и свойства СИТНМ. Структура кристаллов и кристаллическая решетка. Симметрия кристаллов, трансляционные решетки Бравэ, пространственные группы симметрии. Основы кристаллохимии: простейшие кристаллические структуры, плотнейшие упаковки, атомные и ионные радиусы, координационные числа. Дефекты кристаллической решетки. Типы дефектов. Дефекты по Шоттки и Френкелю. Дислокации. Влияние дефектов на свойства кристаллических тел. Квазихимические реакции взаимодействия дефектов.

2.1.3. Твердые растворы. Типы твердых растворов, условия образования и термодинамической стабильности. Эффект Френкеля-Киркендала. Твердые растворы в силикатах.

Химическая связь в кристаллах. Правила построения ионных кристаллов. Структура тугоплавких простых и сложных оксидов, углерода, карбидов, нитридов и других бинарных соединений. Особенности структуры кристаллических силикатов. Кремнекислородные мотивы в структурах силикатов. Структура силикатов с крупными катионами. Явления полиморфизма и изоморфизма в СИТНМ. Изоморфные замещения в силикатах. Нестехиометрические твердые тела. Переходы порядок – беспорядок. Наночастицы, наноструктуры и наноматериалы.

2.1.4. Теории строения жидкостей. Особенности структуры силикатных расплавов. Степень ассоциации структурных элементов в силикатных расплавах. Структура силикатных стекол

Оптические спектры молекул. Вероятности переходов и правила отбора при переходах между различными квантовыми состояниями молекул. Связь спектров молекул с их строением. Определение структурных характеристик молекул из спектроскопических данных.

2.1.5. Коллоидно-дисперсное состояние вещества, поверхностные явления. Механизмы агломерации. Коагуляционные, конденсационные и кристаллизационные структуры. Поверхностно-активные вещества.

2.1.6. Механические и упругие свойства кристаллических и стеклообразных тел. Пластическая и упругая деформация. Хрупкое разрушение: основные теории, стадии, механизмы. Коэффициент интенсивности напряжений. Влияние микроструктуры и текстуры материалов на их разрушение. Термические напряжения: причины возникновения и виды. Устойчивость материалов к воздействию термических напряжений. Теории термостойкости. Способы повышения работы разрушения СИТНМ. Статическая усталость. Вязкое течение. Крип

2.1.7. Теплофизические, электрофизические и магнитные свойства СИТНМ. Влияние на них состава, природы химической связи, кристаллической структуры и текстуры материала.

2.1.8. Вязкость, поверхностное натяжение и смачивающая способность силикатных расплавов, влияние на них температуры и состава. Стеклообразное состояние, строение и свойства стекол. Свойства силикатных стекол.

2.1.9. Химические свойства СИТНМ, их устойчивость к воздействию твердых, жидких и газообразных реагентов различной химической природы

1.1.10. Методы исследования СИТНМ

Теоретические основы, сущность, возможности, погрешности, аппаратное оформление важнейших методов исследования структуры и свойств СИТНМ.

Рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализ. Спектроскопические методы (ИК-спектроскопия, флуоресцентный рентгеноспектральный анализ, рентгеноспектральное микрозондирование). Электронный парамагнитный и ядерный магнитный резонанс. Калориметрический анализ, дифференциальный термический и термогравиметрический анализ. Световая микроскопия, петрографический анализ,

электронная микроскопия, растровая электронная микроскопия. Новые методы исследования – туннельная и силовая сканирующая микроскопия, использование синхротронного излучения.

Определение плотности, вязкости, поверхностного натяжения, микротвердости, а также упругих, прочностных, электрических, магнитных, технических и технологических свойств СиТНМ.

1.1.11. Физико-химические основы технологии СиТНМ

Правило фаз и его значение. Методы построения диаграмм состояния. Основные типы одно-, двух- и трехкомпонентных диаграмм состояния.

Правила определения последовательности фазовых преобразований при изменении температуры по диаграмме состояния. Графические и аналитические методы расчета количественных соотношений фаз в гетерогенных системах. Особенности силикатных систем с точки зрения достижения равновесных состояний. Общие понятия о геометрических основах диаграмм состояния четырехкомпонентных систем. Диаграммы состояния важнейших силикатных, алюминатных, фосфатных и других систем; характеристика фаз, образующихся в этих системах.

1.1.12. Закон Гесса и его применение для определения тепловых эффектов образования соединений, взаимодействия, плавления и кристаллизации, растворения, гидратации, полиморфных превращений в системах СиТНМ. Определение свойств веществ и термодинамических параметров реакций в системах СиТНМ. Компьютерные базы термодинамических данных. Энергия кристаллической решетки СиТНМ.

1.1.13. Основные закономерности формирования фазового состава СиТНМ. Установление термодинамической вероятности протекания процессов и последовательности фазовых преобразований в системах СиТНМ. Механизмы и кинетика твердофазных реакций. Термодинамические условия достижения равновесия при твердофазных реакциях. Общие понятия о термодинамике необратимых процессов при диффузионном массопереносе. Поведение сырьевых материалов при нагревании. Физико-химическая сущность процессов гидратации и твердения вяжущих материалов. Гидратированные силикаты, алюминаты и ферриты кальция. Водорастворимые силикаты и фосфатные вяжущие. Влияние химического и фазового состава на свойства и эксплуатационные характеристики СиТНМ.

2.2. Основные закономерности процессов технологии СиТНМ

2.2.1. Классификация и характеристика основных и вспомогательных сырьевых материалов.

Физико-механическая подготовка сырьевых материалов. Сущность и кинетика процессов измельчения твердых материалов. Закономерности классификации порошков, их технологическая характеристика. Новые методы измельчения. Особенности получения высокодисперсных и нанопорошков.

Методики расчетов составов сырьевых смесей. Составление и контроль однородности сырьевых смесей. Технологические свойства и характеристики сырьевых смесей (полусухих масс, суспензий, шликеров, шламов, паст).

2.2.2. Строение и реологические свойства дисперсных систем, их связь с процессами формования. Основные способы формования изделий в технологии СиТНМ. Важнейшие технологические характеристики процессов формования и способы управления ими.

2.2.3. Процессы сушки в технологии СиТНМ. Процессы тепло- и массообмена, протекающие при сушке. Параметры и режимы сушки, основы расчета оптимальных режимов, способы управления процессом сушки. Современные методы сушки. Сушильные агрегаты: типы, методы расчета.

2.2.4. Разновидности и сущность процессов термообработки материалов и изделий. Обжиг, параметры и режимы. Условия и способы теплопередачи при обжиге. Влияние

условий обжига на качество изделий. Основные типы тепловых агрегатов различного назначения, особенности теплообмена в них. Расчет основных параметров и тепловых балансов печей.

2.2.5. Процессы спекания, их классификация, стадии спекания. Сущность, признаки, движущая сила, механизмы, кинетика процессов спекания и рекристаллизации. Активированное спекание, физические основы.

2.2.6. Режимы и условия получения гомогенных расплавов в технологии стекла и ситаллов; условия теплообмена на различных стадиях получения стекломассы.

2.2.7. Способы и процессы получения оксидных расплавов. Кристаллизация расплавов. Кинетика и механизмы образования центров кристаллизации и роста кристаллов. Особенности процессов роста кристаллов из слабо и сильно пересыщенных расплавов. Формирование текстуры отливок в процессе кристаллизации. Термические напряжения в отливках. Термообработка отливок.

2.2.8. Новые процессы получения SiТНМ. Выращивание нитевидных кристаллов, плазмохимическое получение порошков и покрытий, самораспространяющийся высокотемпературный синтез, импульсное высокоэнергетическое воздействие.

2.3. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

2.3.1. Общие принципы построения технологий SiТНМ: научная обоснованность выбора исходных материалов, технологических операций и их параметров, научная организация труда, ресурсо- и энергосбережение, механизация и автоматизация технологических процессов, управляемость технологии, безопасность труда и экологическая безопасность. Технические требования и управление качеством продукции. Тенденции развития.

2.3.2. Основное технологическое оборудование. Принципы действия, конструктивные особенности. Критерии выбора. Методы оценочного расчета производительности.

2.3.3. Технология стекла и ситаллов. Классификация промышленных стекол. Основные стадии технологии. Особенности технологии оптического стекла. Кварцевое стекло, способы производства. Технология стекловидных и стеклокристаллических покрытий. Стекло в промышленном и гражданском строительстве, технике, науке, быту.

2.3.4. Технология керамики. Основные виды керамических материалов. Основные стадии технологии. Технология функциональной керамики. Керамика в промышленном и гражданском строительстве, технике, науке, быту.

2.3.5. Технология огнеупоров. Классификация огнеупоров. Основные стадии технологии различных видов огнеупоров. Применение огнеупоров.

2.3.6. Технология вяжущих материалов. Основные виды вяжущих материалов. Основные стадии технологии. Технология жидких стекол (водных стекол) и материалов на их основе. Вяжущие материалы в промышленном и гражданском строительстве, технике, науке, быту.

2.3.7. Технология высокотемпературных конструкционных и композиционных материалов. Основные виды, стадии технологий, перспективные области применения.

2.3.8. Технология теплоизоляционных материалов и изделий. Классификация. Способы формирования поровых и волокнистых структур. Основные стадии технологии. Технико-экономическая эффективность применения.

3. Примерный перечень экзаменационных вопросов

1. Методы исследования SiТНМ. Теоретические основы, сущность, возможности, погрешности, аппаратное оформление важнейших методов исследования структуры и свойств SiТНМ.
2. Рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализ.

3. Спектроскопические методы (ИК-спектроскопия, флуоресцентный рентгеноспектральный анализ, рентгеноспектральное микрозондирование).
4. Электронный парамагнитный и ядерный магнитный резонанс.
5. Калориметрический анализ, дифференциальный термический и термогравиметрический анализ.
6. Световая микроскопия, петрографический анализ, электронная микроскопия, растровая электронная микроскопия.
7. Новые методы исследования – туннельная и силовая сканирующая микроскопия, использование синхротронного излучения.
8. Определение плотности, вязкости, поверхностного натяжения, микротвердости, а также упругих, прочностных, электрических, магнитных, технических и технологических свойств СИТНМ.
9. Общая характеристика СИТНМ, их место и роль в экономике и научно-техническом прогрессе.
10. Роль отечественных ученых и научных школ в создании и развитии научных основ технологии СИТНМ.
11. Классификации СИТНМ: по химической природе, по структуре слагающих фаз, по особенностям технологии, строению, функциональному назначению, по размерным параметрам.
12. Структура и свойства СИТНМ. Структура кристаллов и кристаллическая решетка. Симметрия кристаллов, трансляционные решетки Бравэ, пространственные группы симметрии.
13. Основы кристаллохимии: простейшие кристаллические структуры, плотнейшие упаковки, атомные и ионные радиусы, координационные числа.
14. Дефекты кристаллической решетки. Типы дефектов. Дефекты по Шоттки и Френкелю. Дислокации. Влияние дефектов на свойства кристаллических тел. Квазихимические реакции взаимодействия дефектов.
15. Твердые растворы: типы твердых растворов, условия образования и термодинамической стабильности. Эффект Френкеля-Киркендала. Твердые растворы в силикатах.
16. Химическая связь в кристаллах. Правила построения ионных кристаллов.
17. Структура тугоплавких простых и сложных оксидов, углерода, карбидов, нитридов и других бинарных соединений.
18. Особенности структуры кристаллических силикатов. Кремнекислородные мотивы в структурах силикатов. Структура силикатов с крупными катионами.
19. Явления полиморфизма и изоморфизма в СИТНМ. Изоморфные замещения в силикатах.
20. Нестехиометрические твердые тела. Переходы порядок – беспорядок.
21. Наночастицы, наноструктуры и наноматериалы.
22. Теории строения жидкостей. Особенности структуры силикатных расплавов. Степень ассоциации структурных элементов в силикатных расплавах. Структура силикатных стекол.
23. Коллоидно-дисперсное состояние вещества, поверхностные явления.
24. Механизмы агломерации. Коагуляционные, конденсационные и кристаллизационные структуры. Поверхностно-активные вещества.
25. Механические и упругие свойства кристаллических и стеклообразных тел. Пластическая и упругая деформация.
26. Хрупкое разрушение: основные теории, стадии, механизмы. Коэффициент интенсивности напряжений.
27. Термические напряжения: причины возникновения и виды. Устойчивость материалов к воздействию термических напряжений. Теории термостойкости.

28. Способы повышения работы разрушения SiТНМ. Статическая усталость. Вязкое течение. Крип.
29. Стеклообразное состояние, строение и свойства стекол. Свойства силикатных стекол.
30. Химические свойства SiТНМ, их устойчивость к воздействию твердых, жидких и газообразных реагентов различной химической природы.
31. Закон Гесса и его применение для определения тепловых эффектов образования соединений, взаимодействия, плавления и кристаллизации, растворения, гидратации, полиморфных превращений в системах SiТНМ.
32. Определение свойств веществ и термодинамических параметров реакций в системах SiТНМ.
33. Поведение сырьевых материалов при нагревании.
34. Физико-химическая сущность процессов гидратации и твердения вяжущих материалов.
35. Гидратированные силикаты, алюминаты и ферриты кальция. Водорастворимые силикаты и фосфатные вяжущие.
36. Влияние микроструктуры и текстуры материалов на их разрушение.
37. Теплофизические, электрофизические и магнитные свойства SiТНМ. Влияние на них состава, природы химической связи, кристаллической структуры и текстуры материала.
38. Вязкость, поверхностное натяжение и смачивающая способность силикатных расплавов, влияние на них температуры и состава.
39. Основные закономерности формирования фазового состава SiТНМ.
40. Установление термодинамической вероятности протекания процессов и последовательности фазовых преобразований в системах SiТНМ.
41. Механизмы и кинетика твердофазных реакций.
42. Термодинамические условия достижения равновесия при твердофазных реакциях.
43. Общие понятия о термодинамике необратимых процессов при диффузионном массопереносе.
44. Основные принципы системного проектирования SiТНМ и их технологий.
45. Физико-химические основы технологии SiТНМ. Правило фаз и его значение.
46. Методы построения диаграмм состояния. Основные типы одно-, двух- и трехкомпонентных диаграмм состояния.
47. Правила определения последовательности фазовых преобразований при изменении температуры по диаграмме состояния.
48. Графические и аналитические методы расчета количественных соотношений фаз в гетерогенных системах. Особенности силикатных систем с точки зрения достижения равновесных состояний.
49. Общие понятия о геометрических основах диаграмм состояния четырехкомпонентных систем.
50. Диаграммы состояния важнейших силикатных, алюминатных, фосфатных и других систем; характеристика фаз, образующихся в этих системах.
51. Влияние химического и фазового состава на свойства и эксплуатационные характеристики SiТНМ.
52. Основные закономерности процессов технологии SiТНМ. Классификация и характеристика основных и вспомогательных сырьевых материалов.
53. Физико-механическая подготовка сырьевых материалов. Сущность и кинетика процессов измельчения твердых материалов.
54. Закономерности классификации порошков, их технологическая характеристика. Новые методы измельчения. Особенности получения высокодисперсных и нанопорошков.
55. Методики расчетов составов сырьевых смесей. Составление и контроль однородности сырьевых смесей.

56. Технологические свойства и характеристики сырьевых смесей (полусухих масс, суспензий, шликеров, шламов, паст).
57. Строение и реологические свойства дисперсных систем, их связь с процессами формования.
58. Основные способы формования изделий в технологии СиТНМ. Важнейшие технологические характеристики процессов формования и способы управления ими.
59. Процессы сушки в технологии СиТНМ. Процессы тепло- и массообмена, протекающие при сушке.
60. Разновидности и сущность процессов термообработки материалов и изделий.
61. Обжиг, параметры и режимы. Условия и способы теплопередачи при обжиге.
62. Влияние условий обжига на качество изделий.
63. Основные типы тепловых агрегатов различного назначения, особенности теплообмена в них. Процессы спекания, их классификация.
64. Сущность, признаки, движущая сила, механизмы, кинетика процессов спекания и рекристаллизации.
65. Активированное спекание, физические основы.
66. Режимы и условия получения гомогенных расплавов в технологии стекла и ситаллов; условия теплообмена на различных стадиях получения стекломассы.
67. Способы и процессы получения оксидных расплавов. Кристаллизация расплавов.
68. Кинетика и механизмы образования центров кристаллизации и роста кристаллов. Особенности процессов роста кристаллов из слабо и сильно пересыщенных расплавов.
69. Общие принципы построения технологий СиТНМ: научная обоснованность выбора исходных материалов, технологических операций и их параметров, научная организация труда, ресурсо- и энергосбережение, механизация и автоматизация технологических процессов, управляемость технологии, безопасность труда и экологическая безопасность.
70. Технические требования и управление качеством продукции. Тенденции развития.
71. Технология стекла и ситаллов. Классификация промышленных стекол. Основные стадии технологии.
72. Особенности технологии оптического стекла. Кварцевое стекло, способы производства.
73. Технология стекловидных и стеклокристаллических покрытий.
74. Стекло в промышленном и гражданском строительстве, технике, науке, быту.
75. Технология керамики. Основные виды керамических материалов. Основные стадии технологии.
76. Технология функциональной керамики. Керамика в промышленном и гражданском строительстве, технике, науке, быту.
77. Технология огнеупоров. Классификация огнеупоров. Основные стадии технологии различных видов огнеупоров. Применение огнеупоров.
78. Технология вяжущих материалов. Основные виды вяжущих материалов. Основные стадии технологии.
79. Технология жидких стекол (водных стекол) и материалов на их основе. Вяжущие материалы в промышленном и гражданском строительстве, технике, науке, быту.
80. Технология высокотемпературных конструкционных и композиционных материалов. Основные виды, стадии технологий, перспективные области применения.

4. Рекомендуемая литература

а) печатные издания

1. Гулоян, Ю.А. Физико-химические основы технологии стекла : Учебное пособие / Ю. А. Гулоян. - Владимир : Транзит-Икс, 2008. - 736 с. – ISBN 978-5-8311-0383-0
2. Кашеев, И.Д., Химическая технология огнеупоров: учебное пособие для студентов вузов/ И.Д. Кашеев, К.К. Стрелов, П.С. Мамыкин – М.: Интермет Инжиниринг, 2007 – 747 с.
3. Введение в нанотехнологию: учебник / В.И. Марголин, В.А. Жабрев, Г.Н. Лукьянов, В.А. Тупик. – СПб. : Лань, 2012. – 464 с.
4. Матухин, В. Л. Физика твердого тела: учеб. пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. – СПб; М.; Краснодар: Лань, 2010. – 218 с.
5. Основы технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов : Учебное пособие для вузов / А. П. Зубехин, С. П. Голованова, Е. А. Яценко и др.; под ред. А. П. Зубехина. - Москва : Картэк, 2010. - 307 с. - ISBN 978-5-9901582-2-1
6. Федоров, Н.Ф. Лабораторный практикум по физической химии силикатов: учеб. пособие: в 3ч. / Н.Ф.Федоров ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Каф. хим. технологии материалов и изделий электронной техники, Каф. технологии стекла и общ. технологии силикатов. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб., 2009 – 2010. Ч. 1: Состояние вещества. – 2009. – 219 с. Ч.2 Фазовые равновесия в силикатных и оксидных системах, Ч. 3. Физико-химические основы синтеза силикатов и оксидов. – 2010. – 91 с.
7. Суворов, С.А. Расчетные методы определения фазового состава высокотемпературных систем. Учебное пособие / С.А. Суворов, В.Н. Фищев, Н.В. Арбузова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. – СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2015. – 37 с.
8. Пантелеев, И. Б. Теоретические основы технологии керамики [Текст]: учебное пособие / И. Б. Пантелеев, Л. В. Козловский ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии тонкой технической керамики. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 114 с.
9. Жабрев, В.А. Расчет свойств силикатных стекол. Учебное пособие / В.А. Жабрев, С.В. Чуппина ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. – СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2015. – 80 с.
10. Брыков, А. С. Физико-химические методы управления структурой и свойствами цементного камня: учебное пособие / А.С. Брыков ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедрах химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. – СПбГТИ(ТУ), 2014. – 31 с.
11. Новые огнеупоры : Научно-технический и производственный журнал. - Москва : Интермет Инжиниринг. - ISSN 1683-4518
12. Стекло и керамика : Ежемесячный научно-технический и производственный журнал. - ISSN 131-9582
13. Огнеупоры и техническая керамика : Ежемесячный международный научно-технический и производственный журнал. - ISSN 0369-7290
14. Цемент и его применение : Научно-технический и производственный журнал. - ISSN 0041-4867

б) электронные издания

1. Суворов С.А. Расчетные методы определения фазового состава высокотемпературных систем : учебное пособие / С. А. Суворов, В. Н. Фищев, В. В. Козлов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. - Электрон. текстовые дан. – СПбГТИ(ТУ), 2015. - 37 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 14.01.2022). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

2. Пантелеев И.Б. Теоретические основы технологии керамики : учебное пособие / И. Б. Пантелеев, Л. В. Козловский ; СПбГТИ(ТУ). Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии тонкой технической керамики. - Электрон. текстовые дан. – СПбГТИ(ТУ), 2012. - 114 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 14.01.2022). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

3. Жабрев В.А. Расчет свойств силикатных стекол : учебное пособие / В. А. Жабрев, С. В. Чуппина ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. - Электрон. текстовые дан. – СПбГТИ(ТУ), 2015. - 70 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 14.01.2022). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

4. Брыков А.С. Физико-химические методы управления структурой и свойствами цементного камня : учебное пособие / А. С. Брыков ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедрах химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. - Электрон. текстовые дан. – СПбГТИ(ТУ), 2014. - 31 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 14.01.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

5. Брыков, А.С. Гидратация портландцемента : Учебное пособие / А. С. Брыков ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии строительных и специальных вяжущих веществ. - Электрон. текстовые дан. – СПбГТИ(ТУ), 2008. - 29 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.12.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.