



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

УТВЕРЖДАЮ

Ректор

  
А.П. Шевчик

« 25 »  2022 г.

**ПРОГРАММА**  
вступительных испытаний для приема на обучение по программе  
подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

По дисциплине

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

Научная специальность

2.6.17 – Материаловедение

Санкт-Петербург

2022

## СОДЕРЖАНИЕ

1	Рекомендуемая структура экзамена .....	3
2	Разделы дисциплины, рассматриваемые в ходе экзамена.....	3
3	Вопросы к вступительному экзамену.....	5
4	Литература .....	8
5	Методические указания по подготовке к вступительному экзамену .....	10

## 1. Рекомендуемая структура экзамена

- 1.1. Письменный ответ на три вопроса из списка экзаменационных вопросов.
- 1.2. Беседа с членами приемной комиссии по этим вопросам и вопросам, связанным со специальностью и будущим научным исследованием.

## 2. Разделы дисциплины, рассматриваемые в ходе экзамена

### 2.1 Теоретические основы материаловедения

#### 2.1.1. Строение и свойства материалов.

Строение атома и периодическая система элементов Д.И. Менделеева.

Электронная структура. Типы межатомных связей в кристаллах.

Кристаллическое строение твердых тел. Типы кристаллических решеток металлов и их характеристика. Реальное строение металлических и неметаллических кристаллов. Анизотропия свойств кристаллов. Дефекты кристаллического строения: точечные, линейные, поверхностные и объемные. Дислокационная структура и прочность металлов.

#### 2.1.2. Основы теории материалов и термической обработки.

Условия термодинамического равновесия. Определение системы, фазы, структуры. Смеси, химические соединения, твердые растворы, промежуточные фазы. Правило фаз.

Основные типы диаграмм состояния двойных систем и методы их построения. Эвтектическое и перитектическое превращения. Виды ликвации. Фазовые и структурные превращения в твердом состоянии. Эвтектоидное превращение. Связь между свойствами сплавов и типом диаграммы состояния.

Диаграммы состояния железо-цементит и железо-графит. Влияние легирующих компонентов на критические точки железа и стали, свойства феррита и аустенита.

Фазовые превращения в стали при нагреве и охлаждении. Процесс образования аустенита при нагреве. Механизм превращений переохлажденного аустенита. Изотермические и термокинетические диаграммы. Влияние состава стали на процесс распада аустенита. Критическая скорость охлаждения при закалке. Мартенситное превращение, механизм и кинетика. Структура и свойства мартенсита. Влияние деформации на мартенситное превращение. Превращения при отпуске стали. Термодинамика и процесс коагуляции. Изменение структуры и свойств при отпуске. Отпуская хрупкость и способы ее предотвращения.

### 2.2. Методы исследования структуры и физических свойств материалов

#### 2.2.1. Методы исследования структуры и фазового состава.

Металлографические и фрактографические методы исследования, оптическая и электронная, в том числе дифракционная микроскопия (просвечивающий и сканирующий электронные микроскопы). Рентгеновские методы исследования: структурный и спектральный методы анализа.

#### 2.2.2. Методы исследования физических свойств и фазовых превращений в материалах. Магнитный и электрический методы анализа фазовых и структурных превращений.

### 2.3. Механические свойства материалов и методы их определения

Упругие свойства материалов. Модуль упругости и его зависимость от кристаллической структуры материала. Упругое последствие, упругий гистерезис, внутреннее трение.

Пластическая деформация и деформационное упрочнение. Механизмы пластической деформации. Влияние пластической деформации на структуру и свойства материалов. Механизм упрочнения. Деформационное упрочнение. Упрочнение твердых растворов при взаимодействии дислокаций с примесями внедрения.

### 2.4. Разрушение материалов

Виды разрушения материалов. Механизмы зарождения трещин. Силовые, деформационные и энергетические критерии локального разрушения. Трещиностойкость.

## 2.5. Механические свойства материалов и методы их определения

Классификация методов механических испытаний. Значение механических характеристик в материаловедении.

Механические свойства, определяемые при статическом нагружении. Испытания на растяжение, сжатие, изгиб, кручение, трещиностойкость.

Механические свойства, определяемые при динамическом нагружении. Ударная вязкость.

Механические свойства, определяемые при циклическом нагружении. Усталость, диаграммы усталости, предел выносливости.

Испытания на твердость вдавливанием и царапанием. Триботехнические испытания.

## 2.6. Воздействие внешней среды

Закономерности окисления металлов. Коррозия металлов и сплавов под напряжением. Коррозионное растрескивание. Межкристаллитная коррозия. Сопrotивляемость материалов кавитационному и эрозионному разрушению. Влияние радиационного облучения на строение и свойства материалов.

2.7. Технология химико-термической, термомеханической обработки и поверхностного упрочнения материалов

Термическая обработка стали. Основные виды термической обработки стали. Выбор вида термической обработки в зависимости от назначения изделия и условий его эксплуатации. Влияние термической обработки на свойства конструкционных сталей и сварных соединений. Химико-термическая обработка. Общие закономерности. Цементация с последующей термической обработкой. Азотирование. Термомеханическая обработка. Основные виды: предварительная высокотемпературная, низкотемпературная. Структура и свойства материалов после термомеханической обработки.

## 2.8. Материалы в машиностроении

### 2.8.1. Конструкционная прочность материалов.

Критерии прочности, надежности, долговечности и износостойкости. Методы повышения конструкционной прочности.

### 2.8.2. Конструкционные углеродистые и легированные стали.

Требования, предъявляемые к конструкционным сталям. Металлургическое качество сталей. Классификация углеродистых сталей по качеству, структуре и областям применения. Влияние углерода и примесей на свойства углеродистых сталей. Углеродистые качественные стали. Автоматные стали. Углеродистые инструментальные стали.

Легированные стали. Влияние легирующих компонентов и примесей на дислокационную структуру и свойства сталей. Классификация и маркировка легированных сталей. Цементуемые (нитроцементуемые) легированные стали. Улучшаемые легированные стали. Пружинные стали общего назначения. Шарикоподшипниковые стали. Износостойкие стали.

### 2.8.3. Высокопрочные мартенситностареющие стали.

Принципы легирования. Мартенситное превращение. Влияние легирующих элементов на кинетику фазовых превращений и особенности термической обработки. Экономнолегированные мартенситностареющие стали. Свойства мартенситностареющих сталей и области применения.

### 2.8.4. Конструкционные и коррозионностойкие стали.

Общие принципы легирования и структура коррозионностойких сталей. Хромистые, хромоникелевые, хромомарганцевоникелевые и хромозотистые аустенитные стали. Высоколегированные кислотостойкие стали. Жаростойкие и окалиностойкие стали.

### 2.8.5. Жаропрочные стали и сплавы.

Принципы легирования жаропрочных сталей и сплавов. Упрочняющие фазы. Жаропрочные стали перлитного и мартенситного классов. Жаропрочные стали аустенитного

класса с карбидным и интерметаллидным упрочнением. Жаропрочные и жаростойкие никелевые сплавы. Термическая обработка жаропрочных никелевых сплавов. Тугоплавкие металлы и сплавы на их основе. Области применения в машиностроении.

#### 2.8.6. Инструментальные стали.

Классификация инструментальных сталей по теплостойкости, структуре и областям применения. Быстрорежущая сталь и особенности ее термической обработки. Штамповые стали для деформирования в горячем и холодном состоянии. Стали для форм литья под давлением и прессования.

2.8.7. Чугуны. Свойства и назначение чугунов, принципы классификации. Белые, серые, высокопрочные и ковкие чугуны. Фазовые превращения при термической обработке чугуна. Применение в машиностроении

#### 2.8.8. Цветные металлы и сплавы

Алюминий и его сплавы. Классификация алюминиевых сплавов, области применения.

Магний и его сплавы. Классификация магниевых сплавов. Деформируемые и литейные сплавы. Термическая обработка магниевых сплавов. Защита магниевых сплавов от коррозии.

Медь и ее сплавы. Влияние примесей на структуру и свойства меди. Классификация медных сплавов. Латунни, их свойства. Области применения меди и ее сплавов.

Титан и его сплавы. Классификация легирующих элементов и типы сплавов титана. Механические, технологические и коррозионные свойства титановых сплавов.

#### 2.9. Неметаллические материалы

##### 2.9.1. Полимеры и пластические массы.

Классификация и молекулярная структура полимерных материалов.

Состав, классификация и свойства пластических масс. Методы переработки пластмасс в изделия.

##### 2.9.2. Композиционные материалы.

Принципы создания и основные типы композиционных материалов. Композиционные материалы на неметаллической основе. Области и перспективы применения композиционных материалов в машиностроении.

##### 2.9.3. Резиновые материалы.

Состав и классификация резин. Технология приготовления резиновых смесей и формирования деталей из резины. Физико-механические свойства резины. Влияние условий эксплуатации на свойства резин. Применение резиновых материалов в машиностроении.

##### 2.9.4. Лакокрасочные и клеящие материалы.

Состав и классификация лакокрасочных материалов и их применение в машиностроении.

Клеящие материалы, состав и классификация. Применение клеевых соединений в машиностроении.

### 3 Вопросы к вступительному экзамену

1. Строение атома, электронная структура и типы межатомных связей в кристаллах.
2. Типы кристаллических решеток металлов и их характеристика, реальное строение металлических и неметаллических кристаллов.
3. Анизотропия свойств кристаллов. Дефекты кристаллического строения: точечные, линейные, поверхностные и объемные, дислокации.
4. Агрегатные состояния веществ, форма кристаллических образований, Строение слитка.
5. Полиморфизм, аморфное состояние металлов, аморфные сплавы.
6. Определение системы, фазы, структуры. Смеси, химические соединения, твердые растворы, промежуточные фазы. Правило фаз.
7. Основные типы диаграмм состояния двойных систем и методы их построения.

8. Эвтектическое и перитектическое превращения.
9. Виды ликвации, фазовые и структурные превращения в твердом состоянии.
10. Связь между свойствами сплавов и типом диаграммы состояния.
11. Диаграммы состояния железо-цементит и железо-графит.
12. Влияние легирующих компонентов на критические точки железа и стали, свойства феррита и аустенита.
13. Фазовые превращения в стали при нагреве и охлаждении.
14. Процесс образования аустенита при нагреве. Механизм превращений переохлажденного аустенита.
15. Влияние состава стали на процесс распада аустенита, критическая скорость охлаждения при закалке.
16. Мартенситное превращение, механизм и кинетика, структура и свойства мартенсита, влияние деформации на мартенситное превращение.
17. Превращения при отпуске стали, изменение структуры и свойств при отпуске.
18. Металлографические и фрактографические методы исследования, оптическая и электронная микроскопия.
19. Рентгеновские методы исследования: структурный и спектральный методы анализа.
20. Остаточные напряжения, определение, классификация.
21. Модуль упругости и его зависимость от кристаллической структуры материала. Упругое последствие, упругий гистерезис, внутреннее трение.
22. Механизмы упрочнения: деформационное упрочнение, упрочнение твердых растворов при взаимодействии дислокаций с примесями внедрения, дисперсионное твердение.
23. Виды разрушения материалов, механизмы зарождения трещин.
24. Классификация методов механических испытаний. Значение механических характеристик в материаловедении.
25. Механические свойства, определяемые при статическом нагружении (растяжение, сжатие, изгиб, кручение, трещиностойкость).
26. Механические свойства, определяемые при динамическом нагружении. Определение ударной вязкости и ее составляющих.
27. Механические свойства, определяемые при циклическом нагружении (усталость, диаграммы усталости, предел выносливости).
28. Испытания на твердость вдавливанием и царапанием, триботехнические испытания.
29. Поведение материалов под нагрузкой при нагреве от комнатных температур до температуры рекристаллизации и выше. Синеломкость и тепловая хрупкость. Жаростойкость и жаропрочность.
30. Ползучесть, диаграммы ползучести, предел ползучести. Теория рекристаллизационной ползучести.
31. Длительная прочность, диаграммы длительной прочности.
32. Механизм хрупкого разрушения при ползучести. Релаксация напряжений, диаграммы релаксации, релаксационная стойкость.
33. Влияние легирования и структуры на характеристики жаропрочности материалов.
34. Закономерности окисления металлов, коррозия металлов и сплавов под напряжением.
35. Коррозионное растрескивание. Межкристаллитная коррозия.
36. Сопrotивляемость материалов кавитационному и эрозионному разрушению.
37. Влияние радиационного облучения на строение и свойства материалов.
38. Основные виды термической обработки стали, выбор вида термической обработки в зависимости от назначения изделия и условий его эксплуатации.

39. Влияние термической обработки на свойства конструкционных сталей и сварных соединений.
40. Химико-термическая обработка, общие закономерности.
41. Цементация с последующей термической обработкой, азотирование.
42. Термомеханическая обработка: предварительная высокотемпературная, низкотемпературная. Структура и свойства материалов после термомеханической обработки.
43. Требования, предъявляемые к конструкционным сталям, металлургическое качество сталей.
44. Классификация углеродистых сталей по качеству, структуре и областям применения, влияние углерода и примесей на свойства углеродистых сталей.
45. Автоматные и углеродистые инструментальные стали.
46. Легированные стали, влияние легирующих компонентов и примесей на дислокационную структуру и свойства сталей.
47. Классификация и маркировка легированных сталей.
48. Влияние легирующих элементов на кинетику фазовых превращений и особенности термической обработки.
49. Свойства мартенситностареющих сталей и области применения.
50. Общие принципы легирования и структура коррозионностойких сталей.
51. Хромистые, хромоникелевые, хромомарганцевоникелевые и хромозотистые аустенитные стали.
52. Высоколегированные кислотостойкие стали. Жаростойкие и окалиностойкие стали.
53. Принципы легирования жаропрочных сталей и сплавов. Упрочняющие фазы.
54. Жаропрочные стали перлитного и мартенситного классов.
55. Жаропрочные стали аустенитного класса с карбидным и интерметаллидным упрочнением.
56. Жаропрочные и жаростойкие никелевые сплавы, термическая обработка жаропрочных никелевых сплавов.
57. Тугоплавкие металлы и сплавы на их основе, области их применения в машиностроении.
58. Классификация инструментальных сталей по теплостойкости, структуре и областям применения.
59. Быстрорежущая сталь и особенности ее термической обработки.
60. Штамповые стали для деформирования в горячем и холодном состоянии.
61. Свойства и назначение чугунов, принципы классификации (белые, серые, высокопрочные и ковкие чугуны).
62. Фазовые превращения при термической обработке чугуна, применение чугунов в машиностроении.
63. Алюминий и его сплавы, области применения алюминия и его сплавов.
64. Магний и его сплавы, термическая обработка магниевых сплавов, Защита их от коррозии.
65. Классификация медных сплавов. Области применения меди и ее сплавов.
66. Титан и его сплавы. Классификация легирующих элементов и типы сплавов титана.
67. Классификация и структура полимерных материалов, особенности их механических свойств.
68. Состав, классификация и свойства пластических масс.
69. Принципы создания и основные типы композиционных материалов.
70. Композиционные материалы на неметаллической основе.
71. Области и перспективы применения композиционных материалов в машиностроении.

72. Состав и классификация резин, физико-механические свойства резины, применение резиновых материалов в машиностроении.

73. Состав и классификация лакокрасочных материалов, технологические методы их нанесения.

74. Клеящие материалы, состав и классификация, физико-химическая природа, применение клеевых соединений в машиностроении.

#### 4 Литература

##### а) печатные издания:

1. Шевченко, А.А. Физикохимия и механика композиционных материалов : учеб. пособие для вузов/А.А. Шевченко. – Санкт-Петербург : Профессия, 2010. – 223 с. – ISBN: 978-5-91884-003-0

2. Гаршин, А.П. Абразивные материалы и инструменты. Технология производства: учебн. пособие/А.П. Гаршин, С.М. Федотова. СПбГПУ. – Санкт-Петербург : Издательство Политехнического университета, 2008. – 1009 с. – ISBN 978-5-7422-1853-1

3. Вихман, С.В. Физико-химические основы технологии наноструктурированных конструкционных керамических материалов : методические указания к лабораторным работам / С. В. Вихман, О. А. Кожевников. – Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии тонкой технической керамики. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2012. – 47 с.

4. Брыков, А.С. Химия силикатных и кремнеземсодержащих вяжущих материалов : 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. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2011. – 144 с.

5. Введение в нанотехнологию: учебник / В.И. Марголин, В.А. Жабрев, Г.Н. Лукьянов, В.А. Тупик. – Санкт-Петербург : Лань, 2012. – 457 с. – ISBN 978-5-8114-1318-8.

6. Основы материаловедения, коррозии и технологии материалов: учебное пособие / М.М. Сычев, В.Н. Коробко, Т.В. Лукашова, С.В. Мякин. – Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра теоретических основ материаловедения. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2011. – 94 с.

7. Основы нанотехнологии: учебник / Н.Т. Кузнецов, В.М. Новоторцев, В.А. Жабрев, В.И. Марголин. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 397 с. – ISBN: 978-5-9963-0853-8.

##### б) электронные издания

1. Рентгенофазовый анализ порошковых материалов на дифрактометре ДР-02 "РАДИАН": Учебное пособие / А. В. Горюнов, В. И. Зарембо, Г. Э. Франк-Каменецкая, С. О. Шульгин. – Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра аналитической химии. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2012. – 47 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 12.01.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

2. Спектральные методы анализа. Практическое руководство : учебное пособие / В. И. Васильева [и др.] ; Под ред.: В. Ф. Селеменова и В. Н. Семенова. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2021. – 413 с. – ISBN 978-5-8114-1638-7 // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 12.01.2021). – Режим доступа: по подписке.



3. Пантелеев, И. Б. Методы математического планирования эксперимента в технологии керамики [Текст]: учебное пособие / И. Б. Пантелеев, С. В. Вихман. – Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии тонкой технической керамики. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2012. – 71 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 12.01.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

4. Суворов, С. А. Процессы разрушения, оптимизация свойств и выбор высокотемпературных наноструктурированных материалов. Учебное пособие / С.А. Суворов, В.В. Козлов, Н.В. Арбузова. – Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии высокотемпературных материалов. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2013. – 133 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 12.01.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

5. Орданьян, С. С. Проектирование состава, структуры и свойств керамических конструкционных наноматериалов: учебное пособие / С.С. Орданьян, А.Е. Кравчик. – Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии тонкой технической керамики. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2014. – 84 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 12.01.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

6. Козлов, В. В. Методы синтеза нанопорошков и наноструктур: методические указания / В.В. Козлов. – Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии высокотемпературных материалов. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2014. – 16 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.01.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. Пользователей.

7. Медведева, И. Н. Гармонизованные с европейскими нормами стандарты на цементы : учебное пособие // И.Н. Медведева, В.И. Корнеев, Е.Ю. Алешунина. – Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии строительных и специальных вяжущих веществ. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2010. – 35 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.01.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

8. Орданьян, С. С. Теоретические основы управляемого спекания наноструктурных материалов : учебное пособие / С.С. Орданьян, И.Б. Пантелеев. – Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии тонкой технической керамики. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2014. – 33 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.01.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

9. Орданьян, С. С. Технология наноструктурированных керамических материалов. Новые керамические инструментальные материалы : учебное пособие / С.С. Орданьян, И.Б. Пантелеев. – Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии тонкой технической керамики. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2014. – 86 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.01.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей

## 5 Методические указания по подготовке к вступительному экзамену

При подготовке к вступительному экзамену поступающим в аспирантуру лучше всего ориентироваться на лекции, прочитанные преподавателями кафедры по дисциплине «Физическая химия». Материал, законспектированный на лекциях, необходимо дополнять сведениями из литературных источников, представленных в "Рабочей программе". По каждой из тем, приведенных в рабочей программе дисциплины «Физическая химия», следует сначала прочитать рекомендованную литературу и, при необходимости, составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме для освоения последующих разделов курса.

Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах, таких как [www.rambler.ru](http://www.rambler.ru), [www.yandex.ru](http://www.yandex.ru), [www.google.ru](http://www.google.ru), [www.yahoo.ru](http://www.yahoo.ru) и использовать материалы сайтов и обучающих программ, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

Например, рекомендуется использование следующих сайтов:

1. Библиотека Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) университета – <http://bibl.lti-gti.ru>
2. Российская государственная библиотека – [www.rsl.ru](http://www.rsl.ru)
3. Российская национальная библиотека – [www.nlr.ru](http://www.nlr.ru)
4. Библиотека Академии наук – [www.rasl.ru](http://www.rasl.ru)
5. Библиотека по естественным наукам РАН – [www.benran.ru](http://www.benran.ru)
6. Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ) – [www.viniti.ru](http://www.viniti.ru)
7. Государственная публичная научно-техническая библиотека – [www.gpntb.ru](http://www.gpntb.ru)
8. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – [elibrary.ru](http://elibrary.ru)