

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 06 » марта 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Термодинамика биосистем  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** магистратура  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 108 (3)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 15.04.03 Прикладная механика  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Биомеханика  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Формирование комплекса знаний, умений и навыков в области термодинамики биологических систем; привитие навыков и умения владеть основными методами математического моделирования в термодинамике биологических систем и методами решения возникающих при этом задач. В процессе изучения данной дисциплины студент расширяет и углубляет способность выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Все виды термодинамических систем; основные законы термодинамики; биомеханические модели и системы.

### 1.3. Входные требования

Современные проблемы биомеханики. Теория упругости. Теория пластичности и ползучести

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)   | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения  | Средства оценки |
|-------------|-------------------|---|---|-----------------|
| ПК-1.1      | ИД-1ПК-1.1        | Способен выделять из рассматриваемой проблемы задачу механики, формулировать уравнения математической модели рассматриваемого объекта с использованием научно-методического аппарата механики сплошной среды, принимая необходимые гипотезы, выполнять качественный анализ математической модели. Знает основные методы математического моделирования в термодинамике биологических систем и методы решения возникающих при этом задач. | Знает основные методы и подходы к построению математических моделей различных объектов исследования с использованием научно-методического аппарата механики сплошной среды. | Тест            |

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)   | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения   | Средства оценки        |
|-------------|-------------------|---|--|------------------------|
| ПК-1.1      | ИД-2ПК-1.1        | Умеет применять основные методы математического моделирования в термодинамике биологических систем и методы решения возникающих при этом задач  | Умеет выделять из рассматриваемой проблемы задачу механики, формулировать уравнения математической модели рассматриваемого объекта с использованием научно-методического аппарата механики сплошной среды, принимая необходимые гипотезы, выполнять качественный анализ математической модели. | Индивидуальное задание |
| ПК-1.1      | ИД-3ПК-1.1        | Владеет основными методами математического моделирования в термодинамике биологических систем и методами решения возникающих при этом задач, вычислительными методами и компьютерными технологиями. | Владеет навыками построения математических моделей рассматриваемого объекта с использованием научно-методического аппарата механики сплошной среды с учетом необходимых гипотез, а также выполнять качественный анализ математической модели.  | Зачет                  |

### 3. Объем и виды учебной работы

| Вид учебной работы   | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |  |
|--|-------------|------------------------------------|--|
|  |             | Номер семестра                     |  |
|  |             | 1                                  |  |
| 1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме: | 45          | 45                                 |  |
| 1.1. Контактная аудиторная работа, из них:   |             |                                    |  |
| - лекции (Л)   | 16          | 16                                 |  |
| - лабораторные работы (ЛР)   |             |                                    |  |
| - практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)        | 27          | 27                                 |  |
| - контроль самостоятельной работы (КСР)  | 2           | 2                                  |  |
| - контрольная работа   |             |                                    |  |
| 1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)  | 63          | 63                                 |  |
| 2. Промежуточная аттестация  |             |                                    |  |
| Экзамен  |             |                                    |  |
| Дифференцированный зачет   |             |                                    |  |
| Зачет  | 9           | 9                                  |  |
| Курсовой проект (КП)   |             |                                    |  |
| Курсовая работа (КР)   |             |                                    |  |
| Общая трудоемкость дисциплины  | 108         | 108                                |  |

#### 4. Содержание дисциплины

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием   | Объем аудиторных занятий по видам в часах |    |    | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|--|---|----|----|--|
|  | Л   | ЛР | ПЗ | СРС  |
| 1-й семестр  |   |    |    |  |
| Основные понятия и первый закон термодинамики.   | 8   | 0  | 6  | 15   |
| <p>Введение. Предмет термодинамики. Термодинамика, статистическая физика и физическая кинетика. Основные понятия и исходные положения термодинамики. Внешние и внутренние параметры. Функции состояния. Понятие термодинамического равновесия. Интенсивные и экстенсивные параметры. Общее начало термодинамики. Нулевое начало термодинамики. Границы применимости термодинамического метода. Температура. Эмпирическая температура и термометры.</p> <p>Тема 1. Основания термодинамики. Термодинамические процессы. Квазистатический процесс. Примеры. Работа. Теплота. Внутренняя энергия. Примеры вычисления работы. Термические и калорические уравнения состояния.</p> <p>Тема 2. Первое начало термодинамики. Невозможность создания вечного двигателя первого рода. Проверка первого начала термодинамики в биологических системах: опыты Лавуазье, Лапласа, Рубнера, Этуотера. Энтальпия. Закон Гесса.</p> <p>Тема 3. Циклы Карно. Теоремы Карно. Круговой термодинамический процесс и его КПД. Обратимый и необратимый процессы. Цикл Карно и первая теорема Карно. Термодинамическая шкала температур. Вторая теорема Карно. Верхний предел КПД тепловой машины.</p> |   |    |    |  |
| Второй закон термодинамики. Энтропия.  | 5   | 0  | 9  | 20   |
| <p>Тема 1. Второе начало термодинамики. Формулировки Томсона, Планка и Клаузиуса. Связь между ними. Невозможность создания вечного двигателя второго рода. Термодинамическая шкала температур. Неравенство Клаузиуса. Неравенство Клаузиуса в общем случае.</p> <p>Тема 2. Энтропия. Равенство Клаузиуса. Определение энтропии. Ее вычисление. Энтропия идеального газа. Закон возрастания энтропии. Баланс энтропии. «Тепловая смерть» Вселенной. Применение второго начала термодинамики к живым системам.</p>   |   |    |    |  |

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием  | Объем аудиторных занятий по видам в часах |    |    | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|---|---|----|----|--|
|   | Л   | ЛР | ПЗ | СРС  |
| Метод термодинамических потенциалов. открытые системы.  | 3   | 0  | 12 | 28   |
| Тема 1. Термодинамические потенциалы. Метод термодинамических потенциалов. Энтальпия. Внутренняя энергия. Свободная энергия. Термодинамический потенциал. Канонические уравнения состояния. Свойства термодинамических потенциалов.<br>Тема 2. Общие условия равновесия и устойчивости термодинамических систем. Уравнения равновесия сложной системы.<br>Тема 3. Термодинамика открытых систем. Химический потенциал. Уравнения Гиббса – Дюгема. Критерии стабильности. Условия равновесия фаз. Правило фаз Гиббса. Симметрия и упорядоченность биологических систем. Упорядоченность построения организма из клеток. Смысл биологической упорядоченности. |   |    |    |  |
| ИТОГО по 1-му семестру  | 16  | 0  | 27 | 63   |
| ИТОГО по дисциплине   | 16  | 0  | 27 | 63   |

#### Тематика примерных практических занятий

| № п.п. | Наименование темы практического (семинарского) занятия      |
|--------|---|
| 1      | Первое начало термодинамики.                                |
| 2      | Циклы Карно. Теоремы Карно.                                 |
| 3      | Второе начало термодинамики.                                |
| 4      | Канонические уравнения состояния.                           |
| 5      | Канонические уравнения состояния.                           |
| 6      | Метод термодинамических потенциалов.                        |
| 7      | Метод термодинамических потенциалов.                        |
| 8      | Условия равновесия и устойчивости термодинамических систем. |
| 9      | Условия равновесия и устойчивости термодинамических систем. |
| 10     | Химический потенциал.                                       |
| 11     | Химический потенциал.                                       |
| 12     | Энтропия, термодинамика и информация.                       |
| 13     | Энтропия, термодинамика и информация.                       |

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

| № п/п                         | Библиографическое описание<br>(автор, заглавие, вид издания, место, издательство,<br>год издания, количество страниц)                               | Количество<br>экземпляров в<br>библиотеке |
|-------------------------------|---|---|
| <b>1. Основная литература</b> |   |   |
| 1                             | Галкин А. Ф. Термодинамика. Сборник задач : учебное пособие / А. Ф. Галкин. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2017.                                  | 4   |
| 2                             | Основной курс. - Москва: , Дрофа, 2009. - (Термодинамика : учебное пособие для вузов : в 2 ч.; Ч. 1).   | 4   |
| 3                             | Специальный курс. - Москва: , Дрофа, 2009. - (Термодинамика : учебное пособие для вузов : в 2 ч.; Ч. 2).  | 4   |
| 4                             | Сычёв В. В. Дифференциальные уравнения термодинамики / В. В. Сычёв. - Москва: Издат. дом МЭИ, 2010.   | 5   |
| 5                             | Термодинамика и молекулярная физика. - Москва: , Физматлит, 2017. - (Общий курс физики / Д. В. Сивухин : учебное пособие для вузов : в 5 т.; Т. 2). | 10  |

| <b>2. Дополнительная литература</b>                                       |   |    |
|---|---|----|
| <b>2.1. Учебные и научные издания</b>                                     |   |    |
| 1   | Булер П. Термодинамика вещества живой материи / П. Булер. - Екатеринбург: Урал-Эко-Центр, 2007.   | 1  |
| 2   | Пригожин И. Р. Химическая термодинамика : пер. с англ. / И. Р. Пригожин, Р. Дефэй. - Москва: БИНОМ. Лаб. знаний, 2010.  | 4  |
| 3   | Физическая химия. Принципы и применение в биологических науках : пер. с англ. / И. Тиноко [и др.]. - М.: Техносфера, 2005.  | 8  |
| 4   | Щеголев И. Ф. Элементы статистической механики, термодинамики и кинетики : учебное пособие / И. Ф. Щеголев. - Долгопрудный: Интеллект, 2008.  | 25 |
| <b>2.2. Периодические издания</b>   |   |    |
| 1   | Российский журнал биомеханики / Российская академия наук, Уральское отделение ; Пермский научный центр ; Российская академия медицинских наук ; Пермский край. Администрация ; Пермский государственный технический университет ; Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; Под ред. Ю. И. Няшина. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 1997 - . |    |
| <b>2.3. Нормативно-технические издания</b>                                |   |    |
|   | Не используется   |    |
| <b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>      |   |    |
|   | Не используется   |    |
| <b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b> |   |    |
|   | Не используется   |    |

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

| Вид литературы      | Наименование разработки  | Ссылка на информационный ресурс   | Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ) |
|---------------------|--|---|---|
| Основная литература | Бендерский Б.Я. Техническая термодинамика и теплопередача : курс лекций с краткими биографиями ученых : учебное пособие для вузов / Б.Я. Бендерский. - М. Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2005. | <a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2487">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2487</a> | сеть Интернет; авторизованный доступ  |

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

| Вид ПО               | Наименование ПО                                   |
|----------------------|---|
| Операционные системы | Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)   |
| Офисные приложения.  | Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567 |

#### **6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

| Наименование  | Ссылка на информационный ресурс                                     |
|---|---|
| Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета | <a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>               |
| Электронно-библиотечная система Лань  | <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>         |
| Электронно-библиотечная система IPRbooks  | <a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a> |
| Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс   | <a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>   |

#### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

| Вид занятий          | Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения | Количество единиц |
|----------------------|---|-------------------|
| Лекция               | Мультимедийное оборудование в составе: проектор, ноутбук                        | 1                 |
| Практическое занятие | Мультимедийное оборудование в составе: проектор, ноутбук                        | 1                 |

#### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

|                              |
|------------------------------|
| Описан в отдельном документе |
|------------------------------|



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»

Факультет прикладной математики и механики  
Кафедра «Вычислительная математика, механика и биомеханика»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
«Термодинамика биологических систем»

*Приложение к рабочей программе дисциплины*

**Направление подготовки:** 15.04.03 Прикладная механика

**Профиль программы магистратуры:** Биомеханика

**Квалификация выпускника:** магистр

**Выпускающая кафедра:** Вычислительная математика, механика  
и биомеханика

**Форма обучения:** очная

**Курс:** 1 **Семестр:** 1

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 3 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 108 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Зачет: 1 семестр

Пермь 2023 г.

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### 1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД, освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (1-го семестра учебного плана) и разбито на три учебных раздела. В каждом разделе предусмотрены лекции, практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала и промежуточной аттестации. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

| Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)  | Вид контроля |    |          |      |               |    |
|--|--------------|----|----------|------|---------------|----|
|  | Текущий      |    | Рубежный |      | Промежуточный |    |
|  | С            | ТО | ИЗ       | Т/КР | Зачёт         |    |
| <b>Усвоенные знания</b>  |              |    |          |      |               |    |
| <b>З.1</b> Способен выделять из рассматриваемой проблемы задачу механики, формулировать уравнения математической модели рассматриваемого объекта с использованием научно-методического аппарата механики сплошной среды, принимая необходимые гипотезы, выполнять качественный анализ математической модели. Знает основные методы математического моделирования в термодинамике биологических систем и методы решения возникающих при этом задач. | С            | ТО |          | КР   |               | ТВ |
| <b>Освоенные умения</b>  |              |    |          |      |               |    |
| <b>У.1</b> Умеет применять основные методы математического моделирования в термодинамике биологических систем и методы решения возникающих при этом задач  |              |    | ИЗ       |      |               | ПЗ |

| Приобретенные владения  |  |  |    |  |  |    |
|---|--|--|----|--|--|----|
| В.1 Владеет основными методами математического моделирования в термодинамике биологических систем и методами решения возникающих при этом задач, вычислительными методами и компьютерными технологиями. |  |  | ИЗ |  |  | КЗ |

*С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); ИЗ – индивидуальное задание; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание зачета;*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;
- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;
- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения раздела дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри разделов дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;
- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса / тестирования студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты индивидуальных заданий на практических занятиях и рубежных контрольных работ (после изучения каждого раздела учебной дисциплины).

#### **2.2.1. Защита индивидуальных заданий**

Защита индивидуальных заданий проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы

#### **Типовые задания (ИЗ)**

1. Рассмотреть физический смысл свободной энергии Гельмгольца. Свободная

энергия упругого тела.

2. Описать термодинамические ограничения при формулировке краевой задачи теплопроводности.

3. Стержень длины  $l$  растягивается силой  $P$ . Считая деформацию упругой (длина стержня является функцией  $P$  и температуры), показать, что изотермический и адиабатический коэффициенты удлинения  $\frac{1}{l} \frac{\partial l}{\partial P}$  связаны соотношением

$$\left( \frac{\partial l}{\partial P} \right)_{\text{адиабат}} = \frac{c_l}{c_p} \left( \frac{\partial l}{\partial P} \right)_T.$$

4. Упругий стержень закручивается моментом  $M$  на угол  $\varphi$ . Найти отношение крутильных жесткостей стержня  $\frac{\partial M}{\partial \varphi}$  при изотермическом и адиабатическом процессах.

### 2.2.2. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланированы рубежные контрольные работы по разделам дисциплины.

**Типовые задания КР:**

1. Термические и калорические уравнения состояния.
2. Круговой термодинамический процесс и его КПД. Обратимый и необратимый процессы.
3. Невозможность создания вечного двигателя второго рода. Термодинамическая шкала температур.
4. Условия равновесия фаз. Правило фаз Гиббса.
5. Термодинамический потенциал. Химический потенциал.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### 2.2.3. Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную работу

Комплексных индивидуальных заданий по дисциплине не предусмотрено.

### 2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех практических заданий и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

#### 2.3.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС

образовательной программы.

### **2.3.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания**

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений, а также может содержать и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций.

#### **2.3.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине**

##### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Упорядоченность построения организма из клеток.
2. Свободная энергия. Термодинамический потенциал.

##### **Типовые вопросы и практические задания для контроля усвоенных умений:**

1. Описать эффект Джоуля-Томсона с помощью метода термодинамических потенциалов для описания эффекта.
2. Оценить направленность рассматриваемого термодинамического процесса с помощью понятия «энтропия».

##### **Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:**

1. Продемонстрировать применение методов термодинамики на примере задачи о клеточном построении организма.
2. Осуществить постановку задачи определения напряжённо-деформированного состояния в упругом теле. Провести анализ данной постановки с позиции термодинамики.

*Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

#### **2.3.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения при зачете**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время зачета.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

#### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.