

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 14.11.2022 15:56:49  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП  
«Приборы и методы контроля  
качества и диагностики»



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)»**

---

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

ДИСЦИПЛИНЫ

**«МЕХАНИКА СПЛОШНЫХ СРЕД»**

для подготовки бакалавров

по направлению

12.03.01 «Приборостроение»

по профилю

**«Приборы и методы контроля качества и диагностики»**

Санкт-Петербург

2022

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

доцент, к.т.н. Попкова Е.С.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭУТ  
19.11.2021, протокол № 4

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией  
ФИБС, 09.12.2021, протокол № 4

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## 1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФИБС
Обеспечивающая кафедра	ЭУТ
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	3
Курс	3
Семестр	6
<b>Виды занятий</b>	
Лекции (академ. часов)	34
Практические занятия (академ. часов)	17
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	52
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	56
Всего (академ. часов)	108
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	
Дифф. зачет (курс)	3

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«МЕХАНИКА СПЛОШНЫХ СРЕД»**

Дисциплина «Механика сплошных сред» направлена на формирование у студентов начальных знаний в специальных разделах теоретической физики, изучающих физические процессы в средах с непрерывным распределением вещества. Данный курс представляет собой краткое изложение тех основных сведений из механики сплошных сред, которые непосредственно связаны с анализом акустических явлений и сопровождающих их физических процессов.

### **SUBJECT SUMMARY**

#### **«CONTINUUM MECHANICS»**

The discipline «Continuum Mechanics» is intended to develop student's basic knowledge in special sections of theoretical physics, which study physical processes in media with continuous distribution of matter. This course is a summary of key information from the continuum mechanics that are directly connected with the analysis of acoustic phenomena and associated physical processes.

## **3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **3.1 Цели и задачи дисциплины**

1. Изучение законов и закономерностей физических процессов и явлений в жидкостях/газах и твердых телах с позиции механики сплошных сред, актуальных для акустики, развитие умения подбирать корректную физическую модель для решения конкретных задач, а также получение навыков выполнения математического моделирования процессов и систем в области приборов и методов контроля качества и диагностики.

2. Осуществление подбора корректной физической модели для решения конкретной задачи, ее математического описания, выбор метода и средств решения задач гидро-газодинамики и теории упругости в рамках задач в области акустики.

3. Знание и понимание физической сути процессов и явлений механики сплошной среды как в жидкости/газе, так и в твердом теле.

4. Умение корректно подбирать физическую модель для решения конкретных задач механики сплошной среды как в жидкости/газе, так и в твердом теле, а также использовать соответствующий математический аппарат, методы и средства для их решения.

5. Навык применения полученных знаний и умений в области разработки приборов и методов контроля качества и диагностики.

### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Алгебра и геометрия»

2. «Математический анализ»

### 3. «Физика»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Электроакустические преобразователи»

2. «Волновые процессы в твердых телах»

### 3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

<b>Код компетенции/ индикатора компетенции</b>	<b>Наименование компетенции/индикатора компетенции</b>
СПК-2	Способен выполнять математическое моделирование процессов и систем в области приборов и методов контроля качества и диагностики
<i>СПК-2.1</i>	<i>Выполняет математическое моделирование процессов в области приборов и методов контроля качества и диагностики</i>
<i>СПК-2.2</i>	<i>Выполняет математическое моделирование систем в области приборов и методов контроля качества и диагностики</i>

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Содержание разделов дисциплины

#### 4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	1			
2	Основы тензорного анализа	8	5		15
3	Гидродинамика идеальной жидкости	8	4		13
4	Гидродинамика реальной жидкости	8	4		13
5	Механика сплошных твердых сред (теория упругости)	8	4	1	15
6	Заключение	1		0	
	Итого, ач	34	17	1	56
	Из них ач на контроль	0	0	0	0
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	108/3			

#### 4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Механика сплошных сред как специальный раздел теоретической физики: прикладные аспекты использования, роль в современной науке и технике. Содержание курса и связь с другими дисциплинами учебного плана
2	Основы тензорного анализа	Базовые сведения из тензорного анализа: определение тензора, операции с тензорами, симметрия тензоров, главные оси, главные значения, инварианты симметричного тензора второго ранга
3	Гидродинамика идеальной жидкости	Система уравнений гидродинамики идеальной жидкости. Частные случаи движения идеальной жидкости – теорема Томсона, интегралы Бернулли и Коши-Лагранжа, движение несжимаемой жидкости. Плотность потока энергии идеальной жидкости. Плотность потока импульса. Линеаризация уравнений гидродинамики – переход к линейной акустике
4	Гидродинамика реальной жидкости	Система уравнений гидродинамики реальной жидкости с учетом вязкости и теплопроводности. Диссипация энергии в вязкой несжимаемой жидкости. Общее уравнение переноса тепла. Методы подобия и размерностей. Вязкий пограничный слой. Неустойчивость ламинарных течений, турбулентность



№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
5	Механика сплошных твердых сред (теория упругости)	Тензор деформаций. Тензор механических напряжений. Обобщенный закон Гука. Термодинамика деформирования твердого тела. Плотность потока энергии в твердых средах. Уравнения, описывающие упругие, диэлектрические, пьезоэлектрические и пьезоэлектрические свойства кристаллов. Симметрия кристаллов, влияние элементов симметрии на их физические свойства. Теория упругости изотропной твердой среды
6	Заключение	Механика сплошных сред как специальный раздел теоретической физики: прикладные аспекты использования, роль в современной науке и технике. Содержание курса и связь с другими дисциплинами учебного плана

#### 4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

#### 4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Основы тензорного анализа	5
2. Гидродинамика идеальной жидкости	4
3. Гидродинамика реальной жидкости	4
4. Механика сплошных твердых сред (теория упругости)	4
Итого	17

#### 4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

#### 4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

#### 4.6 Индивидуальное домашнее задание

Индивидуальное домашнее задание представляет собой типовую расчетную задачу по разделу "Теория упругости", суть которой заключается в поиске вида

таблицы компонент тензора пьезоконстант для кристалла заданной сингонии.

Тема ИДЗ - "Влияние геометрической симметрии кристалла на симметрию его физических свойств".

Требования к оформлению: ИДЗ сдается преподавателю в письменном виде в рукописной форме, содержит подробный ход решения задачи с комментариями, если по мнению обучающегося они необходимы.

#### 4.7 Доклад

Доклад не предусмотрен.

#### 4.8 Кейс

Кейс не предусмотрен.

#### 4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Отработка знаний, умений и навыков, полученных на аудиторных занятиях (изучение доп. теоретического материала, решение задач, изучение мультимедийных материалов по темам курса)

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	36
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	2
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	0
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	4
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	2
Работа над междисциплинарным проектом	0

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	12
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>56</b>

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Перегудов, Александр Николаевич. Основы механики сплошных сред [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / А. Н. Перегудов, Е. С. Попкова, М. М. Шевелько, 2019. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.
2	Пигулевский, Евгений Дмитриевич. Механика сплошных сред [Текст] : конспект лекций : [в 2 ч.]. Ч. 1, 1974. -104 с.	46
3	Пигулевский, Евгений Дмитриевич. Механика сплошных сред [Текст] : учеб. пособие / Е.Д. Пигулевский, Л.А. Яковлев, 2005. -71 с	неогр.
Дополнительная литература		
1	Федоров, Федор Иванович. Теория упругих волн в кристаллах [Текст] / Ф.И. Федоров, 1965. -386 с.	12
2	Павловский В. А. Вычислительная гидродинамика. Теоретические основы [Электронный ресурс], 2018. -368 с.	неогр.

### 5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	naked science <a href="http://naked-science.ru">http://naked-science.ru</a>
2	habr <a href="http://www.habr.com">http://www.habr.com</a>
3	sciencemag <a href="http://www.sciencemag.org">http://www.sciencemag.org</a>

### 5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=9000>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Механика сплошных сред» формой промежуточной аттестации является зачет с оценкой.

#### Зачет с оценкой

<b>Оценка</b>	<b>Описание</b>
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок теорем
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач.

## Особенности допуска

Промежуточная аттестация осуществляется в виде зачета с оценкой и проходит в форме коллоквиума с выдачей билета, письменного и устного ответа на него, а также устным ответом на вопросы преподавателя по всему курсу.

Для допуска к процедуре промежуточной аттестации необходимо:

1. написать контрольную работу и получить положительную оценку;
2. пройти тестирование и получить положительную оценку;
3. сдать выполненное ИДЗ и получить положительную оценку.

Критерии выставления оценки по каждому из элементов для допуска к промежуточной аттестации приведены в методике текущего контроля.

## 6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### Примерные вопросы к дифф.зачету

№ п/п	Описание
1	Базовые сведения из тензорного анализа: определение тензора, операции с тензорами, симметрия тензоров, главные оси, главные значения, инварианты симметричного тензора второго ранга
2	Система уравнений гидродинамики идеальной жидкости. Частные случаи движения идеальной жидкости – теорема Томсона, интегралы Бернулли и Коши-Лагранжа, движение несжимаемой жидкости
3	Плотность потока энергии идеальной жидкости. Плотность потока импульса. Линеаризация уравнений гидродинамики – переход к линейной акустике
4	Система уравнений гидродинамики реальной жидкости с учетом вязкости и теплопроводности. Диссипация энергии в вязкой несжимаемой жидкости. Общее уравнение переноса тепла
5	Методы подобия размерностей. Вязкий пограничный слой. Неустойчивость ламинарных течений, турбулентность
6	Тензор деформаций. Тензор механических напряжений. Обобщенный закон Гука. Термодинамика деформирования твердого тела. Плотность потока энергии в твердых средах
7	Уравнения, описывающие упругие, диэлектрические, пьезоэлектрические и пьезоэлектрические свойства кристаллов
8	Симметрия кристаллов, влияние элементов симметрии на их физические свойства. Теория упругости изотропной твердой среды

## **Форма билета**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)»

---

### **БИЛЕТ № 1**

Дисциплина **Механика сплошных сред** ФИБС

1. Определение тензора, правила оперирования с тензорами.
2. Диссипация энергии в вязкой несжимаемой жидкости.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

К.Е. Аббакумов

## **Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ**

Пример заданий контрольной работы:

---

*Задача 1.1*

Упростить:  $C_{iklm} \delta_{mp}$ .

*Задача 1.2*

Определить компоненты заданного вектора:  $f_i = a_j b_{ij}$ .

*Задача 1.3*

Дан детерминантный тензор:

$$E_{ijk} = \begin{cases} 0, & \text{если } i = j, j = k, k = i \text{ или } i = j = k; \\ 1, & \text{если } i, j, k \text{ образуют циклическую перестановку.} \\ -1, & \text{если циклическая перестановка нарушается} \end{cases}$$

Показать, что  $E_{ijk} E_{kpq} = \delta_{ip} \delta_{jq} - \delta_{iq} \delta_{jp}$  при  $i = q = 1; j = p = 2$ .

*Задача 1.4 (дополнительная)*

Даны симметричный и антисимметричный тензоры  $A_{ij}^S; B_{ij}^A$ .

Найти их произведение  $A_{ij}^S \cdot B_{ij}^A = ?$

*Задача 2.1*

Новая система координат получена поворотом старой на 30 градусов вокруг оси  $X_3$  против часовой стрелки. Определить компоненты матрицы перехода (направляющие косинусы)  $\alpha_{ik}$ .

---

*Задача 2.2*

В декартовой системе координат тензор задан в виде:

$$T_{ij} = \begin{bmatrix} 10 & -6 & 0 \\ -6 & 10 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Найти компоненты тензора в новой системе координат, если старая ось  $X_3$  совпадает с новой осью  $X_3'$ , а новая ось  $X_2'$  составляет угол 45 градусов со старыми осями  $X_1$  и  $X_2$ .

Пример вопросов тестирования:



№	Вопрос	Варианты ответа
1	Идеальная жидкость характеризуется ...	Нулевой вязкостью
		Нулевой теплопроводностью
		<b>Нулевыми вязкостью и теплопроводностью</b>
2	Частных случай движения жидкости, при котором скорость и другие гидродинамические параметры постоянны во времени, называется ...	Однородным движением
		Изэнтропическим движением
		<b>Стационарным движением</b>
3	Частных случай движения жидкости, при котором скорость не зависит от координат, называется ...	<b>Однородным движением</b>
		Изэнтропическим движением
		Стационарным движением
4	Частных случай движения жидкости, при котором отсутствует вихревая составляющая, называется ...	<b>Потенциальным движением</b>
		Изэнтропическим движением
		Стационарным движением
5	При каком режиме движения жидкости в трубопроводе наблюдается пульсация скоростей и давлений?	При ламинарном движении
		<b>При турбулентном движении</b>
		При отсутствии движения жидкости
6	Источником потерь энергии при движении жидкости является ...	Плотность
		<b>Вязкость</b>
		Расход жидкости

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

### 6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
2	Основы тензорного анализа	
3		
4		Контрольная работа
5		
6	Гидродинамика идеальной жидкости Гидродинамика реальной жидкости	
7		
8		
9		
10		Тест
11		
12	Механика сплошных твердых сред (теория упругости)	
13		
14		
15		
16		ИДЗ / ИДРГЗ / ИДРЗ
17	Основы тензорного анализа Гидродинамика идеальной жидкости Гидродинамика реальной жидкости Механика сплошных твердых сред (теория упругости)	Коллоквиум

### 6.4 Методика текущего контроля

#### 1. Методика текущего контроля на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя:

- Контроль посещаемости (не менее 50% занятий);
- Результаты прохождения тестирования, оценка за которое по четырех-

балльной шкале выставляется по следующим критериям:

«отлично» - 90% и более правильных ответов;

«хорошо» - 70-89% правильных ответов;

«удовлетворительно» - 50-69% правильных ответов.

- Результаты коллоквиума (ответ по билетам), оценка за который по четырехбалльной шкале выставляется по следующим критериям:

«отлично» - 90% и более правильных ответов;

«хорошо» - 70-89% правильных ответов;

«удовлетворительно» - 50-69% правильных ответов.

Совокупность оценок, полученных студентом в результате упомянутых выше мероприятий текущего контроля, учитывается преподавателем при формировании оценки в ходе промежуточной аттестации в форме дифференцированного зачета. При этом оценка по результатам текущего контроля составляет 50% от общей итоговой оценки.

## **2. Методика текущего контроля на практических занятиях**

Текущий контроль включает в себя:

- Контроль посещаемости (не менее 50% занятий);

- Выполнение индивидуального домашнего задания, оценка за которое по четырехбалльной шкале выставляется по следующим критериям:

«отлично» - задача решена правильно;

«хорошо» - задача решена частично;

«удовлетворительно» - задача не решена или решена неправильно, ход решения правильный;

«неудовлетворительно» - задача не решена, ход решения неправильный.

- Выполнение контрольной работы, оценка за которую по четырехбалльной шкале выставляется по следующим критериям:

«отлично» - все задачи решены правильно;

«хорошо» - задачи решены частично;

«удовлетворительно» - задачи не решены или решены неправильно, ход решения правильный;

«неудовлетворительно» - задачи не решены, ход решения неправильный.

Совокупность оценок, полученных студентом в результате упомянутых выше мероприятий текущего контроля, учитывается преподавателем при формировании оценки в ходе промежуточной аттестации в форме дифференцированного зачета. При этом оценка по результатам текущего контроля составляет 50% от общей итоговой оценки.

## 7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, маркерная/меловая доска	
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, маркерная/меловая доска	
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

## **8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

<b>№ п/п</b>	<b>Дата</b>	<b>Изменение</b>	<b>Дата и номер протокола заседания УМК</b>	<b>Автор</b>	<b>Начальник ОМОЛА</b>