

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Обнинский институт атомной энергетики –**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

**ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

Утверждено на заседании

Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ

Протокол от 28.08.2023 № 23.8

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**по дисциплине**

**Сопротивление материалов / Strength of Materials**

---

*название дисциплины*

для направления подготовки

**14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика**

---

*код и название направления подготовки*

образовательная программа

**Nuclear Technologies**

---

Форма обучения: очная

**г. Обнинск 2023 г.**

## **Область применения**

Фонд оценочных средств (ФОС) – является обязательным приложением к рабочей программе дисциплины и обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

## **Цели и задачи фонда оценочных средств**

Целью Фонда оценочных средств является установление соответствия уровня подготовки обучающихся требованиям федерального государственного образовательного стандарта.

Для достижения поставленной цели Фондом оценочных средств по дисциплине решаются следующие задачи:

- контроль и управление процессом приобретения обучающимися знаний, умений и навыков предусмотренных в рамках данной дисциплины;
- контроль и оценка степени освоения компетенций предусмотренных в рамках данной дисциплины;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс в рамках данной дисциплины.

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

1.1. В результате освоения ОП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

<i>Код компетенций</i>	<i>Наименование компетенции</i>	<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции</i>
ПК-6	Способность к участию в проектировании основного оборудования атомных электростанций, термоядерных реакторов, плазменных и других энергетических установок с учетом экологических требований и обеспечения безопасной работы	З-ПК-6 Знать методы проектирования основного оборудования атомных электростанций, термоядерных реакторов, плазменных и других энергетических установок с учетом экологических требований и обеспечения безопасной работы. У-ПК-6 Уметь проектировать основное оборудование атомных электростанций, термоядерных реакторов, плазменных и других энергетических установок с учетом экологических требований, и обеспечения безопасной работы. В-ПК-6 Владеть навыками проектирования основного оборудования атомных электростанций, термоядерных реакторов, плазменных и других энергетических установок с учетом экологических требований, и обеспечения безопасной работы.

### 1.2. Этапы формирования компетенций в процессе освоения ОП бакалавриата

Компоненты компетенций, как правило, формируются при изучении нескольких дисциплин, а также в немалой степени в процессе прохождения практик, НИР и во время самостоятельной работы обучающегося. Выполнение и защита ВКР являются видом учебной деятельности, который завершает процесс формирования компетенций.

Этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины:

- **начальный** этап – на этом этапе формируются знаниевые и инструментальные основы компетенции, осваиваются основные категории, формируются базовые умения. Студент воспроизводит термины, факты, методы, понятия, принципы и правила; решает учебные задачи по образцу;
- **основной** этап – знания, умения, навыки, обеспечивающие формирование компетенции, значительно возрастают, но еще не достигают итоговых значений. На этом этапе студент осваивает аналитические действия с предметными знаниями по дисциплине, способен самостоятельно решать учебные задачи, внося коррективы в алгоритм действий, осуществляя коррекцию в ходе работы, переносит знания и умения на новые условия;
- **завершающий** этап – на этом этапе студент достигает итоговых показателей по заявленной компетенции, то есть осваивает весь необходимый объем знаний, овладевает всеми умениями и навыками в сфере заявленной компетенции. Он способен использовать эти знания, умения, навыки при решении задач повышенной сложности и в нестандартных условиях.

Этапы формирования компетенций в ходе освоения дисциплины отражаются в тематическом плане (см. РПД).

### 1.3. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индикатор достижения компетенции	Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации
<b>Текущая аттестация, 3 семестр</b>			
1.	Раздел 1. Статика твердого тела	ПК-6	Оценочное средство № 1.1 (КР)
2.	Раздел 2. Исследование напряженного и деформированного состояний	ПК-6	Оценочное средство № 1.1 (КР)
3.	Раздел 3. Растяжение, сжатие	ПК-6	Оценочное средство № 1.2 (КР)
4.	Раздел 4. Изгиб	ПК-6	Оценочное средство № 2.1 (КР)
5.	Раздел 5. Сдвиг и кручение	ПК-6	Оценочное средство № 2.2 (КР)
6.	Раздел 6. Расчет на прочность оболочечных конструкций. Сосуды под давлением жидкости и газа	ПК-6	Оценочное средство № 2.2 (КР)
<b>Промежуточная аттестация, 3 семестр</b>			
	экзамен		Оценочное средство № 3

## 2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Конечными результатами освоения программы дисциплины являются сформированные когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть», расписанные по отдельным компетенциям, которые приведены в п.1.1. Формирование этих дескрипторов происходит в процессе изучения дисциплины по этапам в рамках различного вида учебных занятий и самостоятельной работы.

Выделяются три уровня сформированности компетенций на каждом этапе: пороговый, продвинутый и высокий.

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня	БРС, % освоения	ECTS/Пятибалльная шкала для оценки экзамена/зачета
<b>Высокий</b> <i>Все виды компетенций сформированы на высоком уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i>	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Студент демонстрирует свободное обладание компетенциями, способен применить их в нестандартных ситуациях: показывает умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического или прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	90-100	A/ Отлично/ Зачтено
<b>Продвинутый</b> <i>Все виды компетенций сформированы на продвинутом уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i>	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу, большей долей самостоятельности и инициативы	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Студент может доказать владение компетенциями: демонстрирует способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения.	85-89	B/ Очень хорошо/ Зачтено
			70-84	C/ Хорошо/ Зачтено
<b>Пороговый</b> <i>Все виды компетенций сформированы на пороговом уровне</i>	Репродуктивная деятельность	Студент демонстрирует владение компетенциями в стандартных ситуациях: излагает в пределах задач курса теоретически и практически контролируемый материал.	65-69	D/Удовлетворительно/ Зачтено
			60-64	E/Посредственно /Зачтено
<b>Ниже порогового</b>	Отсутствие признаков порогового уровня: компетенции не сформированы. Студент не в состоянии продемонстрировать обладание компетенциями в стандартных ситуациях.		0-59	Неудовлетворительно/ Незачтено

Оценивание результатов обучения студентов по дисциплине осуществляется по регламенту текущего контроля и промежуточной аттестации.

Критерии оценивания компетенций на каждом этапе изучения дисциплины для каждого вида оценочного средства и приводятся в п. 4 ФОС. Итоговый уровень сформированности компетенции при изучении дисциплины определяется по таблице. При этом следует понимать, что граница между уровнями для конкретных результатов освоения образовательной программы может смещаться.

<b>Уровень сформированности компетенции</b>	<b>Текущий контроль</b>	<b>Промежуточная аттестация</b>
высокий	<b>высокий</b>	<b>высокий</b>
	<i>продвинутый</i>	<i>высокий</i>
	<i>высокий</i>	<i>продвинутый</i>
продвинутый	<i>пороговый</i>	<i>высокий</i>
	<i>высокий</i>	<i>пороговый</i>
	<b>продвинутый</b>	<b>продвинутый</b>
	<i>продвинутый</i>	<i>пороговый</i>
	<i>пороговый</i>	<i>продвинутый</i>
пороговый	<b>пороговый</b>	<b>пороговый</b>
ниже порогового	<b>пороговый</b>	<b>ниже порогового</b>
	<b>ниже порогового</b>	-

### **3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

- Итоговая аттестация по дисциплине является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков обучающихся по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестации.
- Текущая аттестация в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающихся.
- Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.
- Текущая аттестация осуществляется два раза в семестр:
  - контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 8 неделю учебного семестра.
  - контрольная точка № 2 (КТ № 2) – выставляется в электронную ведомость не позднее 16 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 9 по 16 неделю учебного семестра.
- Результаты текущей и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Этап рейтинговой системы / Оценочное средство	Неделя	Балл	
		Минимум*	Максимум
<b>Текущая аттестация</b>	<b>1-16</b>	<b>36</b>	<b>60</b>
<b>Контрольная точка № 1</b>	<b>7-8</b>	<b>18</b>	<b>30</b>
<i>Оценочное средство № 1.1</i>	7-8	9	15
<i>Оценочное средство № 1.2</i>	7-8	9	15
<b>Контрольная точка № 2</b>	<b>15-16</b>	<b>18</b>	<b>30</b>
<i>Оценочное средство № 2.1</i>	15-16	9	15
<i>Оценочное средство № 2.2</i>	15-16	9	15
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>-</b>	<b>24</b>	<b>40</b>
Экзамен	-		
<i>Оценочное средство № 3</i>	-	24	40
<b>ИТОГО по дисциплине</b>		<b>60</b>	<b>100</b>

\* - Минимальное количество баллов за оценочное средство – это количество баллов, набранное обучающимся, при котором оценочное средство засчитывается, в противном случае обучающийся должен ликвидировать появившуюся академическую задолженность по текущей или промежуточной аттестации. Минимальное количество баллов за текущую аттестацию, в т.ч. отдельное оценочное средство в ее составе, и промежуточную аттестацию составляет 60% от соответствующих максимальных баллов.

Студент считается аттестованным по разделу, зачету или экзамену, если он набрал не менее 60% от максимального балла, предусмотренного рабочей программой.

Студент может быть аттестован по дисциплине, если он аттестован по каждому разделу, экзамену и его суммарный балл составляет не менее 60.

#### **Определение бонусов и штрафов (необязательно)**

*Бонусы: поощрительные баллы студент получает к своему рейтингу в конце семестра:*

*- за активную и регулярную работу на занятиях.*

**Бонус (премиальные баллы) не может превышать 5 баллов, вместе с баллами за текущую аттестацию – не более 60 баллов за семестр.**

*Штрафы: за несвоевременную сдачу контрольной точки 1 или 2 максимальная оценка может быть снижена на 3 балла, но не ниже минимального балла за оценочное средство*

#### 4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков

##### Оценочное средство № 1.1

а) типовое задание:

Для точки с напряжениями  $\sigma_x = -40$  (кН/м<sup>2</sup>);  $\sigma_y = 20$  (кН/м<sup>2</sup>);  $\tau_{xy} = 20$  (кН/м<sup>2</sup>):

1) построить тензор напряжений  $[\sigma]$ ;

2) вычислить главные напряжения;

3) построить круг Мора (и подписать все переменные и их значения), показать на графике точки, соответствующие заданным значениям  $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ ;

4) вычислить  $\sigma$  and  $\tau$  для  $\alpha = 60^\circ$ ;

5) проверить  $\sigma$  и  $\tau$  на круге Мора.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

За каждый верно выполненный пункт 3 балла.

в) описание шкалы оценивания:

По каждому пункту задания:

пункт выполнен верно – 3 балла;

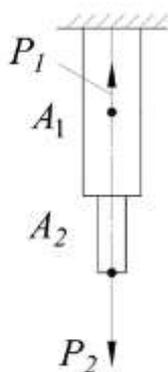
есть ошибки – 1-2 балла;

все значения, полученные в пункте, неверны – 0 баллов.

##### Оценочное средство № 1.2

а) типовое задание:

К брусу приложены следующие нагрузки:  $P_1 = 60$  кН;  $P_2 = 40$  кН; поперечные сечения бруса:  $A_1 = 20 \times 30$  см;  $A_2 = 6 \times 20$  см. Допустимое напряжение  $[\sigma] = 500$  кПа. Задания:



1) Определить реакцию в опоре.

2) Построить эпюру внутренних нормальных сил ( $N_x$ ).

3) Построить эпюру нормальных напряжений ( $\sigma_x$ ).

4) Проверить условие прочности по нормальным напряжениям.

5) Построить эпюру деформаций ( $\varepsilon_x$ ) ( $E = 2 \cdot 10^5$  МПа).

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

За каждый верно выполненный пункт 3 балла.

в) описание шкалы оценивания:

По каждому пункту задания:

пункт выполнен верно – 3 балла;

есть ошибки – 1-2 балла;

все значения, полученные в пункте, неверны – 0 баллов.

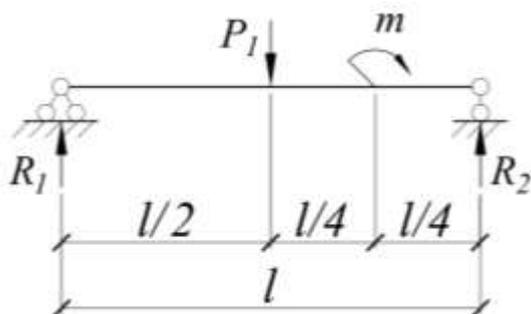
## Оценочное средство № 2.1

а) типовое задание:

Балка длиной  $l = 5$  м загружена сосредоточенной силой  $P_1 = 5$  кН и парой сил  $m = 20$  кН·м.

Задания:

- 1) найти направление и величину реакции  $R_1$  (нарисовать на схеме);
- 2) найти направление и величину реакции  $R_2$  (нарисовать на схеме);
- 3) построить эпюру поперечной силы  $V$ ;
- 4) построить эпюру изгибающего момента  $M$ ;
- 5) проверить соотношение между поперечной силой и изгибающим моментом  $V = \frac{dM}{dx}$ .



б) критерии оценивания компетенций (результатов):

За каждый верно выполненный пункт 3 балла.

в) описание шкалы оценивания:

По каждому пункту задания:

пункт выполнен верно – 3 балла;

есть ошибки – 1-2 балла;

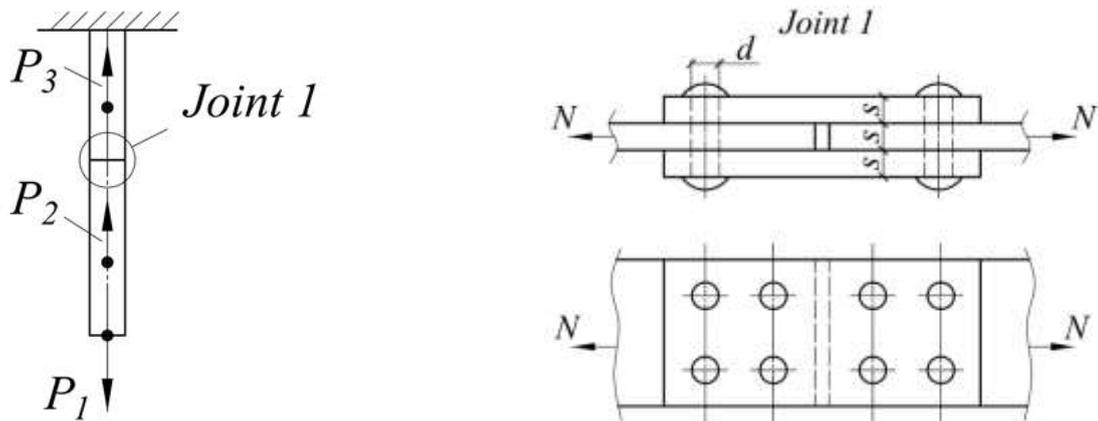
все значения, полученные в пункте, неверны – 0 баллов.

## Оценочное средство № 2.2

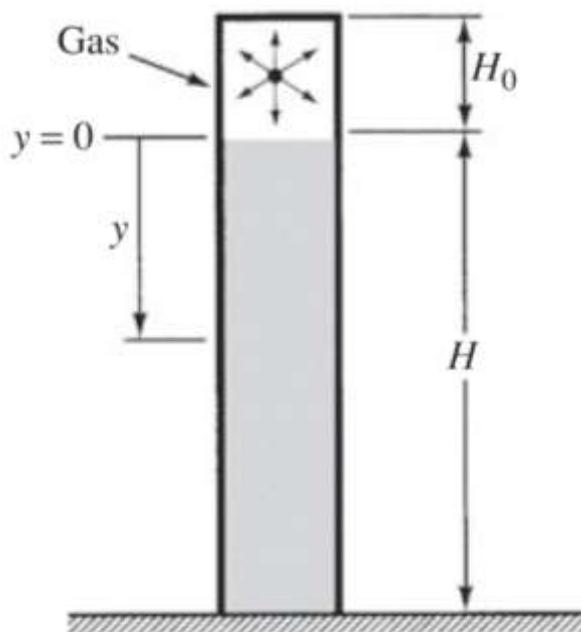
а) типовое задание:

– Брус находится под действием продольных сил  $P_1 = 100$  кН;  $P_2 = 30$  кН;  $P_3 = 20$  кН. Узел 1 – заклепочное соединение. Толщина пластин  $s = 0,6$  см; допустимые напряжения равны  $[\tau] = 80$  МПа;  $[\sigma_{bearing}] = 130$  МПа. Задания:

- 1) определить нормальную силу в узле 1;
- 2) определить минимальный диаметр заклепки  $d$  из условия прочности по касательным напряжениям (кратный 5 мм);
- 3) определить минимальный диаметр заклепки  $d$  из условия прочности на смятие (кратный 5 мм);
- 4) из значений, полученных в пп. 2 and 3 найти минимально допустимое значение  $d$ ;
- 5) выполнить проверку прочности по касательным напряжениям и на смятие при значении  $d$  из п. 4.



– Вертикальный цилиндрический резервуар, выполненный из нержавеющей стали, радиус которого 70 см, заполнен жидкостью до высоты 6 м. Инертный газ занимает часть цилиндра высотой  $H_0 = 2$  м от поверхности воды. Давление газа  $p_0 = 150$  кПа. Допустимое напряжение в стали 185 МПа; удельный вес жидкости  $9800$  Н/м<sup>3</sup>.



Задания:

- 1) найти толщину стенки цилиндра  $h$  из условия прочности по касательным (окружным) напряжениям  $\sigma_h$ ;
- 2) найти толщину стенки цилиндра  $h$  из условия прочности по нормальным (осевым) напряжениям  $\sigma_a$ ;
- 3) по значениям, найденным в пп. 1 and 2, найти минимальное значение  $h$ , кратное 5 мм;
- 4) проверить условия прочности по касательным (окружным) и нормальным (осевым) напряжениям для значения  $h$ , полученного в п. 3.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

За верно выполненные пункты задания:

- за пункт 1 – 3 балла;
- за пункты 2-4 – 4 балла.

в) описание шкалы оценивания:

По пункту 1 задания:

- пункт выполнен верно – 3 балла;
- есть ошибки – 1-2 балла;
- все значения, полученные в пункте, неверны – 0 баллов.

По пункту 2 задания  
пункт выполнен верно – 4 балла;  
есть ошибки – 1-3 балла;  
все значения, полученные в пункте, неверны – 0 баллов.

**Обнинский институт атомной энергетики –**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

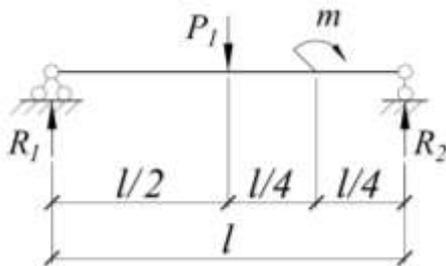
**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

**ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

Направление	<u>14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика»</u>
Образовательная программа	<u>«Nuclear Technologies»</u>
Дисциплина	<u>Сопротивление материалов</u>

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

1. Основные определения сопротивления материалов. Определение напряжения и деформации
2. Граничные условия изгиба балок (прогибы и уклоны)
3. Балка длиной  $l = 10$  м загружена сосредоточенной силой  $P_1 = 7$  кН и парой сил  $m = 30$  кН·м. Задания: 1) найти направление и величину реакций  $R_1$  и  $R_2$  (нарисовать на схеме); 2) построить эпюру поперечной силы  $V$ ; 3) построить эпюру изгибающего момента  $M$ ; 4) проверить соотношение между поперечной силой и изгибающим моментом  $V = \frac{dM}{dx}$ .



Составитель \_\_\_\_\_  
(подпись)

М.В.Волкова

Начальник отделения  
отделения ядерной физики  
и технологий \_\_\_\_\_  
(подпись)

Д.С.Самохин

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

## Критерии и шкала оценивания

Оценка	Критерии оценки
Отлично 36-40	Студент должен: <ul style="list-style-type: none"><li>- продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний программного материала;</li><li>- исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал;</li><li>- правильно формулировать определения;</li><li>- продемонстрировать умения самостоятельной работы с литературой;</li><li>- уметь сделать выводы по излагаемому материалу.</li></ul>
Хорошо 30-35	Студент должен: <ul style="list-style-type: none"><li>- продемонстрировать достаточно полное знание программного материала;</li><li>- продемонстрировать знание основных теоретических понятий; достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал;</li><li>- продемонстрировать умение ориентироваться в литературе;</li><li>- уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу.</li></ul>
Удовлетворительно 24-29	Студент должен: <ul style="list-style-type: none"><li>- продемонстрировать общее знание изучаемого материала;</li><li>- показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины;</li><li>- уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса;</li><li>- знать основную рекомендуемую программой учебную литературу.</li></ul>
Неудовлетворительно 23 и меньше	Студент демонстрирует: <ul style="list-style-type: none"><li>- незнание значительной части программного материала;</li><li>- не владение понятийным аппаратом дисциплины;</li><li>- существенные ошибки при изложении учебного материала;</li><li>- неумение строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса;</li><li>- неумение делать выводы по излагаемому материалу.</li></ul>

Шкала оценивания за каждый элемент экзаменационного билета:

Вопрос 1 – 10 баллов

Вопрос 2 – 10 баллов

Вопрос 3 (задача) – 20 баллов

## ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Направление	<u>14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика»</u>
Образовательная программа	<u>«Nuclear Technologies»</u>
Дисциплина	<u>Сопротивление материалов</u>

### ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Основные определения сопротивления материалов. Определение напряжения и деформации.
2. Гипотезы и предположения в сопротивлении материалов.
3. Основные типы опор, реакции в этих опорах. Основные типы элементов конструкции.
4. Тензор напряжений и его элементы. Дифференциальные уравнения равновесия для тензора напряжений. Взаимность касательных напряжений.
5. Напряжения в наклонной грани для плоского напряженного состояния. Главные напряжения и направления (определение и формулы). Круг Мора.
6. Тензор деформации и его элементы.
7. Закон Гука для стержня с осевой нагрузкой.
8. Потенциальная энергия деформации стержней с продольной нагрузкой.
9. Общая форма закона Гука для статической нагрузки.
10. Условия прочности и жесткости стержней с продольной нагрузкой.
11. Пластичные и хрупкие материалы и их характеристики.
12. Напряжения в наклонных сечениях стержней с продольной нагрузкой.
13. Круг Мора для стержней с продольной нагрузкой.
14. Условия статического равновесия. Определение реакций в основных типах балок.
15. Условия статического равновесия. Правило знаков. Построение эпюр  $M$  и  $V$  (показать на примере). Связь между изгибающим моментом и поперечной силой.
16. Нормальные напряжения и деформации при изгибе балок. Условие прочности.
17. Касательные напряжения и деформации при изгибе балок. Условие прочности.
18. Деформации балок. Дифференциальное уравнение кривой упругости.
19. Граничные условия изгиба балок (прогибы и уклоны).
20. Расчет статически неопределимых балок (на примере).
21. Прочность заклепочных соединений.
22. Закон Гука (с учетом термических деформаций) для стержней с продольной нагрузкой.
23. Прочность сварных соединений.
24. Кручение сплошного вала. Условия прочности и жесткости на кручение.
25. Прочность цилиндрических сосудов под давлением.
26. Прочность сферических сосудов под давлением.
27. Напряжения в балке из-за ограничения температурных деформаций.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

<p>ФОС рассмотрен на заседании отделения ядерной физики и технологий (протокол № ____ от «__» _____ 2021 г.)</p>	<p>Руководитель образовательной программы 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика «__» ____ 20__ г. _____ Д.С. Самохин</p> <p>Начальник отделения ядерной физики и технологий «__» ____ 20__ г. _____ Д.С. Самохин</p>
--	--