



Федеральное агентство по рыболовству  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»  
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник УРОПС

Фонд оценочных средств  
(приложение к рабочей программе дисциплины)  
**«ПРОЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ»**

основной профессиональной образовательной программы магистратуры  
по направлению подготовки

**13.04.01 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

ИНСТИТУТ  
РАЗРАБОТЧИК

морских технологий, энергетики и строительства  
кафедра энергетики

## 1 РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
<p>ПК-4: Способен использовать современные достижения науки и передовой технологии в научно-исследовательских работах, планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований, давать практические рекомендации по их внедрению в производство</p>	<p>ПК-4.1: Обосновывает выбор методов расчета прочности конструкций теплоэнергетического оборудования с использованием современных достижений науки и технологии с представлением результатов, рекомендуемых к практическому внедрению на производстве</p>	<p>Прочность конструкций теплоэнергетического оборудования</p>	<p><u>Знать:</u> Современные разработки в области совершенствования прочности металлов и сплавов для энергомашиностроения. Современные достижения в области технологии изготовления и упрочнения конструкционных материалов. Методы повышения прочности материалов. Методы определения действующих нагрузок на детали и узлы энергетического оборудования. Методы определения напряжений в конструкциях, узлах и отдельных деталях. Конструктивные и технологические приемы снижения концентраторов напряжений.</p> <p><u>Уметь:</u> Правильно выбрать расчетную схему конструкции, определить внутренние силовые факторы в сечениях элемента конструкции, проверять прочность в наиболее напряженной точке этого сечения. Определять нагрузки, вызываемые силовыми и термическими факторами.</p> <p><u>Владеть:</u> Методами расчетов напряженно-деформированного состояния. Методами контроля напряжений и анализом разрушений деталей энергооборудования.</p>

## 2 ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОЭТАПНОГО ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ) И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2.1 Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

2.2 К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания;
- задание по контрольной работе;

2.3 Промежуточная аттестация проводится в форме зачета по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости.

### **3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ**

3.1 Тестовые задания по дисциплине представлены в Приложении № 1. Целью тестирования является закрепление, углубление и систематизация знаний студентов, полученных на занятиях и в процессе самостоятельной работы; проведение тестирования позволяет ускорить контроль за усвоением знаний и объективизировать процедуру оценки знаний студента.

Оценивание осуществляется по следующим критериям, приведенным в таблице 2:

- «зачтено» – 41-100 % правильных ответов на заданные вопросы;
- «не зачтено» – 0-40 % правильных ответов.

3.2 Задание по контрольной работе выдается студентам с целью контроля качества их самостоятельной работы. Типовое задание и его варианты приведены в Приложении № 2. Для каждого студента вариант контрольной работы определяется преподавателем.

Выполненную контрольную работу студенты сдают на проверку преподавателю, который делает замечания и пишет рецензию. В случае отсутствия серьезных замечаний студент допускается к защите контрольной работы. При наличии серьезных замечаний работа направляется на доработку. Защита проводится в часы индивидуальных консультаций преподавателя. Студент, самостоятельно выполнивший задание и обладающий полнотой знаний в отношении изучаемых объектов, получает оценку «зачтено». Система оценивания и критерии оценки контрольной работы представлены в таблице 2.

### **4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

4.1 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости.

Оценка «зачтено» выставляется студентам, получившим положительную оценку («зачтено») по результатам прохождения тестирования, выполнения и защиты контрольной работы.

4.2 В отдельных случаях (в случаях не выполнения всех видов текущего контроля) зачет принимается по контрольным вопросам, которые приведены в Приложении № 3. Оценка результатов сдачи зачета («зачтено» или «не зачтено») осуществляется в соответствии с критериями, указанными в таблице 2.

Универсальная система оценивания результатов обучения, приведенная в таблице 2, включает в себя системы оценок: 1) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»; 2) «зачтено», «не зачтено»; 3) 100 - балльную (процентную) систему и правило перевода оценок в пятибалльную систему.

Таблица 2 – Система и критерии выставления оценки

Система оценок	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
Критерий	«не зачтено»	«зачтено»		
<b>1. Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов</b>	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
<b>2. Работа с информацией</b>	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
<b>3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта</b>	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ представленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи

Система оценок  Критерий	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»		«зачтено»	
<b>4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач</b>	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

## **5 СВЕДЕНИЯ О ФОНДЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И ЕГО СОГЛАСОВАНИИ**

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине «Прочность конструкций теплоэнергетического оборудования» представляет собой компонент основной профессиональной образовательной программы магистратуры по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника.

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры энергетики (протокол № 4 от 29.03.2022).

Заведующий кафедрой



---

В.Ф. Белей

## ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### Вариант 1

ПК-4: Способен использовать современные достижения науки и передовой технологии в научно-исследовательских работах, планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований, давать практические рекомендации по их внедрению в производство.

Индикатор ПК-4.1: Обосновывает выбор методов расчета прочности конструкций теплоэнергетического оборудования с использованием современных достижений науки и технологии с представлением результатов, рекомендуемых к практическому внедрению на производстве.

<i>1. Напряжения, которые возникают на боковой поверхности стержня при его растяжении</i>	
1 тангенциальные положительные	3 нормальные положительные
2 тангенциальные отрицательные	4 нормальные отрицательные

<i>2. Знак, который имеют касательные напряжения на оси стержня при сжатии</i>	
1 положительные	3 знакопеременные
2 отрицательные	4 нулевые

<i>3. Знак нормальных напряжений при прогибе вниз на оси сечения балки</i>	
1 положительные	3 отрицательные
2 абсолютный	4 не возникают

<i>4. Напряжения, которые возникают на оси вала при его нагружении крутящим моментом</i>	
1 Тангенциальные положительные	3 Тангенциальные отрицательные
2 Радиальные отрицательные	4 Напряжения не возникают

<i>5. Единица измерения коэффициента Пуассона</i>	
1 Па	3 бар
2 Н/м	4 безразмерный

<i>6. Единица измерения полярного момента инерции</i>	
1 $\text{м}^2 \times \text{м}^2$	3 $\text{Н} \times \text{м}^2$
2 $\text{кг} \times \text{м}^2$	4 $\text{кг} \times \text{м}$

<i>7. Единица измерения нагрузки, распределённой по оси «X»</i>	
1 $\text{Н} \times \text{м}$	3 $\text{Н} \times \text{м}^2$
2 $\text{Н}/\text{м}$	4 $\text{Н}/\text{м}^2$

<i>8. Реакции, которые возникают в защемлении балки в двухмерном измерении</i>	
--	--

1 Реакция по оси «X» и «Z» и полярный момент	3 Реактивный момент и полярный момент
2 Реакция по оси «X» и «Z»	4 Реакция по оси «X», «Z» и реактивный момент

<i>9. Напряжения в сферической оболочке под внутренним давлением</i>	
1 нормальные	3 касательные
2 тангенциальные	4 радиальные

<i>10. Эквивалентные напряжения по второй гипотезе прочности</i>	
1 $\sigma_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4(\tau_{xy})^2}$	3 $\sigma_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{(\sigma)^2 + 3(\tau)^2}$
2 $\sigma_{\text{ЭКВ}} \leq \sigma_T$	4 $\sigma_{\text{ЭКВ}} \leq \sigma_B$

## Вариант 2

ПК-4: Способен использовать современные достижения науки и передовой технологии в научно-исследовательских работах, планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований, давать практические рекомендации по их внедрению в производство/

Индикатор ПК-4.1: Обосновывает выбор методов расчета прочности конструкций теплоэнергетического оборудования с использованием современных достижений науки и технологии с представлением результатов, рекомендуемых к практическому внедрению на производстве.

<i>1. Напряжения, которые возникают на боковой поверхности стержня при его сжатии</i>	
1 тангенциальные отрицательные	3 нормальные положительные
2 тангенциальные положительные	4 нормальные отрицательные

<i>2. Напряжения, которые возникают в стержне при его изгибе</i>	
1 нормальные и тангенциальные	3 Тангенциальные и касательные
2 нормальные и радиальные	4 касательные и радиальные

<i>3. Если стержень имеет упругую деформацию растяжения, то сечение стержня имеет деформацию</i>	
1 сжатие	3 растяжение
2 кручение	4 срез

<i>4. Единица измерения модуля Юнга</i>	
1 Па	3 Н/м
2 не имеет размерности	4 Н*м

<i>5. Единица измерения момента инерции сечения</i>	
1 м <sup>2</sup> *м	3 Н*м



2 кг×м	4 Н×м <sup>2</sup>
<i>6. Единица измерения момента силы</i>	
1 Дж	3 Вт/м
2 Н×м	4 кг×м <sup>2</sup>

<i>7. Реакции, которые возникают в стержне с закрепленным одним концом и нагруженным крутящим моментом</i>	
1 Реакция по оси «X» и «Z»	3 Реакция по оси «X» и «Y»
2 Реактивный момент противоположного знака	4 Активный момент противоположного знака

<i>8. Усилия и моменты, которые возникают в заземленной опоре</i>	
1 Реакция по оси «X» и «Z» и реактивный момент	3 Реакция по оси «Z»
2 Реактивный момент и активный момент	4 Реакция по оси «X» и «Y»

<i>9. Форма, которую приобретает стержень при потере устойчивости</i>	
1 Тригонометрическую	3 Экспоненциальную
2 Тангенциальную	4 Синусоидную

<i>10. Формула эквивалентных напряжений по третьей гипотезе прочности</i>	
1 $\sigma_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4(\tau_{xy})^2}$	3 $\sigma_{\text{ЭКВ}} \leq \sigma_B$
2 $\sigma_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{(\sigma)^2 + 3(\tau)^2}$	4 $\sigma_{\text{ЭКВ}} \leq \sigma_T$

### Вариант 3

ПК-4: Способен использовать современные достижения науки и передовой технологии в научно-исследовательских работах, планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований, давать практические рекомендации по их внедрению в производство/

Индикатор ПК-4.1: Обосновывает выбор методов расчета прочности конструкций теплоэнергетического оборудования с использованием современных достижений науки и технологии с представлением результатов, рекомендуемых к практическому внедрению на производстве.

<i>1. Знак, которые имеют тангенциальные напряжения на оси стержня при растяжении</i>	
1 положительные	3 знакопеременные
2 отрицательные	4 напряжения отсутствуют

<i>2. Знак нормальных напряжений на нижней поверхности балки при её прогибе вниз</i>	
1 положительные	3 отрицательные
2 не возникают	

<i>3. Напряжения, которые возникают в теле вала при его нагружении крутящим моментом</i>	
1 нормальные положительные	3 нормальные отрицательные
2 тангенциальные	4 радиальные отрицательные

<i>4. Единица измерения модуля упругости второго рода</i>	
1 Па	3 Н/м
2 безразмерный	4 Н×м

<i>5. Момент инерции круглого сечения, отсчитанный от центра тяжести</i>	
1 $0,1 \cdot D^2$	3 ноль
2 $0,5 \cdot \pi \cdot D^3$	4 $\pi \cdot D^2 \cdot R^2$

<i>6. Наибольшие касательные напряжения при кручении квадратного стержня возникают</i>	
1 На оси	3 На ребре
2 На грани	4 На радиусе вписанной окружности

<i>7. Усилия и моменты, которые возникают в подвижной шарнирной опоре</i>	
1 Реакция по оси «X» и «Z»	3 Реакция по оси «Z»
2 Реактивный момент	4 Реакция по оси «X» и «Y»

<i>8. Напряжения, которые возникают в балке при воздействии поперечной силы</i>	
1 Радиальные противоположно направленные	3 Касательные
2 Нормальные, противоположно направленные	4 Нормальные, направленные против действия силы

<i>9. Эквивалентные напряжения по Первой гипотезе прочности</i>	
1 $\sigma_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4(\tau_{xy})^2}$	3 $\sigma_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{(\sigma)^2 + 3(\tau)^2}$
2 $\sigma_{\text{ЭКВ}} \leq \sigma_B$	4 $\sigma_{\text{ЭКВ}} \leq \sigma_T$

<i>10. Эквивалентные напряжения по Четвертой гипотезе прочности</i>	
1 $\sigma_{\text{ЭКВ}} \leq \sigma_B$	3 $\sigma_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{(\sigma)^2 + 3(\tau)^2}$
2 $\sigma_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4(\tau_{xy})^2}$	4 $\sigma_{\text{ЭКВ}} \leq \sigma_T$



**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, КОТОРЫЕ ПРИ  
НЕОБХОДИМОСТИ МОГУТ БЫТЬ ИСПОЛЬЗОВАНЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ  
АТТЕСТАЦИИ**

1. Что понимается под прочностью конструкции?
2. Что понимается под жесткостью и податливостью конструкции?
3. Что такое устойчивость конструкции?
4. Что такое упругость конструкции?
5. Упругие и пластические деформации.
6. Формулировка закона Гука.
7. Абсолютная и относительная деформация.
8. Механическое напряжение.
9. Закон Гука для одномерного и трехмерного напряжения.
10. Поперечная деформация. Коэффициент Пуассона.
11. Нормальные и касательные напряжения.
12. Деформация сдвига упругого элемента.
13. Формула связи модуля сдвига с модулем упругости.
14. Закон Гука при сдвиге.
15. Диаграмма растяжения. Зона упругости.
16. Диаграмма растяжения. Зона деформаций.
17. Диаграмма растяжения. Зона текучести.
18. Диаграмма растяжения. Зона разрушения.
19. Статический момент сечения (площади) (формула).
20. Центр тяжести сечения (формула).
21. Осевой (экваториальный) момент (формула).
22. Полярный момент инерции сечения (формула).
23. Центробежный момент инерции сечения (формула).
24. Продольное (осевое) нагружение конструкции, правило знаков.
25. Поперечное нагружение конструкции.
26. Нагрузка изгибающим моментом.
27. Нагрузка крутящим моментом.
28. Распределенное нагружение по длине конструкции.
29. Силы и моменты в неподвижной шарнирной опоре конструкции.

30. Силы и моменты в подвижной шарнирной опоре конструкции.
31. Силы и моменты в защемлении балки.
32. Статически определимые системы и методы их решения.
33. Статически неопределимые системы и методы их решения.
34. Деформация растяжением/сжатием.
35. Деформация изгибом.
36. Деформация кручением.
37. Деформация сдвигом.
38. Устойчивость стержня.
39. Уравнение Эйлера при деформации стержня.
40. Эквивалентные напряжения по Первой гипотезе прочности.
41. Эквивалентные напряжения по Второй гипотезе прочности.
42. Эквивалентные напряжения по Третьей гипотезе прочности.
43. Эквивалентные напряжения по Четвертой гипотезе прочности.
44. Эквивалентные напряжения по Пятой гипотезе прочности (теория Мора).
45. Нормативный метод расчета тонкостенных сосудов и аппаратов.
46. Нагрузки, учитываемые нормативным методом.
47. Рабочее, пробное и расчетное давление.
48. Материалы и технологии изготовления сосудов под давлением.
49. Коэффициенты запаса и коэффициенты концентрации напряжений. Кривизна оболочки.
50. Формула расчета напряжений в тонкостенной оболочке сосуда.
51. Меридианные и кольцевые напряжения.
52. Расчет напряжений в тонкостенной цилиндрической стенке трубопровода.
53. Расчет напряжений в тонкостенной конической оболочке.
54. Расчет напряжений в тонкостенной сферической оболочке.
55. Расчет на прочность тонкостенных эллиптических крышек и днищ.
56. Расчет на прочность плоских тонкостенных крышек и днищ.
57. Усиление отверстий в элементах конструкций.
58. Основные конструкции фланцевых соединений трубопроводов. Расчетные давления и Расчетные диаметры сечений трубопроводов. Толщины стенок трубопроводов.
59. Расчет фланцевых соединений на прочность.
60. Выбор прокладки и расчет на прочность и герметичность.
61. Расчет болтового соединения фланцев.