

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**ПРИЕМ 2017 г.**

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

<b>Теория надежности технических систем</b>
---

Направление подготовки/ специальность	15.03.06 Мехатроника и робототехника		
Образовательная программа (направление (профиль))	Мехатроника и робототехника		
Специализация	Интеллектуальные робототехнические и мехатронные системы		
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат		
Курс	3	семестр	6
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	2		

Заведующий кафедрой - руководитель отделения на правах кафедры		Филипас А. А.
Руководитель ООП		Мамонова Т. Е.
Преподаватель		Мамонова Т. Е.

2020 г.

## 1. Роль дисциплины «Теория надежности технических систем» в формировании компетенций выпускника:

Элемент образовательной программы (дисциплина, практика, ГИА)	Семестр	Код компетенции	Наименование компетенции	Результаты освоения ООП	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
					Код	Наименование
<b>Теория надежности технических систем</b>	6	ДПК(У)-1	Способен проводить проверку технического состояния оборудования, обоснование экономической эффективности внедрения проектируемых модулей и подсистем мехатронных и робототехнических устройств, анализ, синтез и настройку систем управления и обработки информации с использованием соответствующих инструментальных средств	Р1 Р4	ДПК (У)-1.32	Знать порядок расчета количественных характеристик надёжности систем и процессов, проведения качественного и количественного анализа опасностей, сопровождающих эксплуатацию разрабатываемых узлов и агрегатов, обоснования мер по их предотвращению
					ДПК (У)-1.34	Знать методов качественного и количественного анализа надежности, сопровождающих эксплуатацию разрабатываемых узлов и агрегатов и обосновывать меры по ее увеличению
					ДПК (У)-1.У3	Уметь выполнять расчеты количественных характеристик надёжности систем и процессов, проводить качественный и количественный анализ опасностей, сопровождающих эксплуатацию разрабатываемых узлов и агрегатов, обосновывать меры по их предотвращению
					ДПК (У)-1.У5	Уметь разрабатывать инструкции по выполнению диагностики технических систем и процессов, составления и расчета состав ЗИПов и технического обслуживания устройств автоматизации и мехатроники для эксплуатации используемого технического оборудования

## 2. Показатели и методы оценивания

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование раздела дисциплины	Методы оценивания (оценочные мероприятия)
Код	Наименование			
РД1	Знать основы теории надёжности технических систем	ДПК(У)-1	<b>Раздел (модуль) 1.</b>  Основы теории надёжности технических систем <b>Раздел (модуль) 2.</b>  Основы прогнозирования технического	Контрольная работа 1 Контрольная работа 2

			состояния технических систем	
РД2	Знать основы прогнозирования технического состояния и диагностики технических систем	ДПК(У)-1	<b>Раздел (модуль) 2.</b> Основы прогнозирования технического состояния технических систем	Контрольная работа 1 Контрольная работа 2
РД3	Уметь определять показатели надёжности и ремонтпригодности технических систем	ДПК(У)-1	<b>Раздел (модуль) 3.</b> Основы диагностики технических систем	Проверочные работы Практические работы Индивидуальное домашнее задание
РД4	Уметь применять модели технического отказа	ДПК(У)-1	<b>Раздел (модуль) 1.</b> Основы теории надёжности технических систем <b>Раздел (модуль) 3.</b> Основы диагностики технических систем	Проверочные работы Практические работы
РД5	Владеть опытом расчета основных показателей надёжности технических систем	ДПК(У)-1	<b>Раздел (модуль) 4.</b> Модели технического отказа	Проверочные работы Практические работы
			<b>Раздел (модуль) 4.</b> Резервирование и избыточность	Проверочные работы Практические работы
			<b>Раздел (модуль) 5.</b> Техническое обслуживание систем <b>Раздел (модуль) 6.</b> Методы диагностики технических систем	Проверочные работы Практические работы

### 3. Шкала оценивания

Порядок организации оценивания результатов обучения в университете регламентируется отдельным локальным нормативным актом – «Система оценивания результатов обучения в Томском политехническом университете (Система оценивания)» (в действующей редакции). Используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов обучения. Итоговая оценка (традиционная и литерная) по видам учебной деятельности (изучение дисциплин, УИРС, НИРС, курсовое проектирование, практики) определяется суммой баллов по результатам текущего контроля и промежуточной аттестации (итоговая рейтинговая оценка – максимум 100 баллов).

Распределение основных и дополнительных баллов за оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации устанавливается календарным рейтингом-планом дисциплины.

#### Рекомендуемая шкала для отдельных оценочных мероприятий входного и текущего контроля

% выполнения задания	Соответствие традиционной оценке	Определение оценки
90% ÷ 100%	«Отлично»	Отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владение опытом практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, их качество оценено количеством баллов, близким к максимальному
70% - 89%	«Хорошо»	Достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество ни одного из них не оценено минимальным количеством баллов
55% - 69%	«Удовл.»	Приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество некоторых из них оценено минимальным количеством баллов
0% - 54%	«Неудовл.»	Результаты обучения не соответствуют минимально достаточным требованиям

#### Шкала для оценочных мероприятий и зачета

Степень сформированности результатов обучения	Балл	Соответствие традиционной оценке	Определение оценки
90% ÷ 100%	90 ÷ 100	«Отлично»	Отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владение опытом практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, их качество оценено количеством баллов, близким к максимальному
70% ÷ 89%	70 ÷ 89	«Хорошо»	Достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество ни одного из них не оценено минимальным количеством баллов
55% ÷ 69%	55 ÷ 69	«Удовл.»	Приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество некоторых из них оценено минимальным количеством баллов
55% ÷ 100%	55 ÷ 100	«Зачтено»	Результаты обучения соответствуют минимально достаточным требованиям
0% ÷ 54%	0 ÷ 54	«Неудовл.»/ «Не зачтено»	Результаты обучения не соответствуют минимально достаточным требованиям

#### 4. Перечень типовых заданий

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
1.	Контрольная работа	Вопросы: 1. Основные понятия и определения теории надёжности. 2. Основные показатели надёжности объектов и систем. 3. Основные законы распределения отказов при расчётах надёжности.

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		<p>4. Виды и способы расчётов надёжности систем.</p> <p>5. Оценка надёжности систем при появлении внезапных отказов.</p> <p>6. Оценка надёжности систем при появлении постепенных отказов.</p> <p>7. Задачи и системы диагностирования трубопроводов.</p> <p>8. Дайте определения следующим терминам: технический контроль, неразрушающий контроль, техническая диагностика, метод неразрушающего контроля, вид неразрушающего контроля. Укажите различие между техническим контролем и технической диагностикой.</p> <p>9. По каким признакам подразделяют вид контроля на методы? Приведите основные характеристики магнитного и электрического вида неразрушающего контроля.</p> <p>10. Раскройте понятие технической диагностики как науки. Укажите связь между технической диагностикой и контролем. Каким образом классифицируются средства неразрушающего контроля и технической диагностики.</p> <p>11. Виды дефектов. Какие виды дефектов характерны для механизмов и машинного оборудования, для сосудов, трубопроводов?</p> <p>12. Системы и методы диагностирования. Параметры технических состояний агрегатов и машин. Как определяются эффективность методов и средств диагностирования?</p> <p>13. Диагностические модели объектов.</p> <p>14. Оценка свойств диагностических признаков</p> <p><b>Задача 1.</b> Прибор состоит из пяти блоков. Вероятность безотказной работы каждого блока в течение времени <math>t = 50</math> час. равна: <math>P_1(50) = 0,98</math>; <math>P_2(50) = 0,99</math>; <math>P_3(50) = 0,998</math>; <math>P_4(50) = 0,975</math>; <math>P_5(50) = 0,985</math>. Справедлив экспоненциальный закон надежности. Требуется найти среднее время безотказной работы прибора. Требуется найти среднее время безотказной работы прибора. (1 балл)</p> <p><b>Задача 2.</b> Система состоит из 10 равнонадежных элементов, среднее время безотказной работы элемента <math>T = 1000</math> ч. Предполагается, что справедлив экспоненциальный закон надежности для элементов системы и основная и резервная системы равнонадежны. Необходимо найти среднее время безотказной работы системы <math>T_c</math>, а также частоту отказов <math>a(t)</math> и интенсивность отказов <math>\lambda_c(t)</math> в момент времени <math>t = 50</math> ч. в случае дублированной системы при постоянно включенном резерве. (1 балл)</p> <p><b>Задача 3.</b> Определить вероятность безотказной работы и интенсивность отказов прибора при <math>t = 1300</math> часов работы, если при испытаниях получено значение среднего времени безотказной работы <math>T_c = 1500</math> час. и среднее квадратическое отклонение <math>\sigma t = 100</math> час. (1 балл)</p>

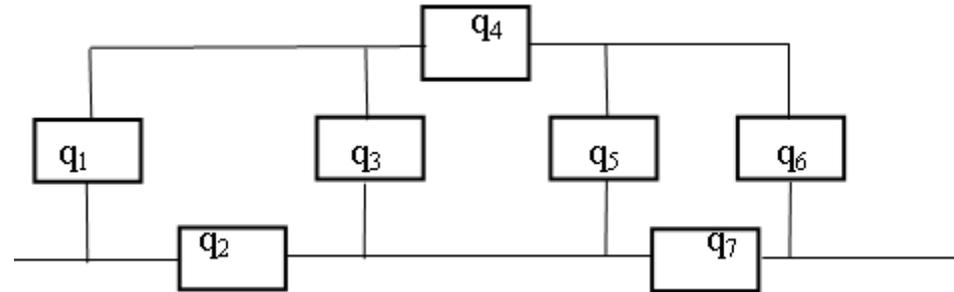
	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		<p><b>Задача 1.</b> Для повышения точности измерения некоторой величины применена схема группирования приборов из пяти по три, т.е. результат измерения считается верным по показанию среднего (третьего) прибора. Требуется найти вероятность безотказной работы, среднее время безотказной работы такой системы, а также частоту отказов и интенсивность отказов системы, если интенсивность отказов каждого прибора <math>\lambda = 0,4 \cdot 10^{-3}</math> 1/час.</p> <p><b>Задача 2.</b> Система состоит из двух одинаковых элементов. Для повышения ее надежности конструктор предложил скользящее резервирование при одном резервном элементе, находящемся в ненагруженном состоянии (рис. 1). Интенсивность отказов элемента равна <math>\lambda = 0,2 \cdot 10^{-3}</math> 1/час. Требуется найти вероятность безотказной работы резервированной системы, среднее время безотказной работы системы, а также частоту отказов и интенсивность отказов резервированной системы.</p> <div data-bbox="1077 523 1686 699" data-label="Diagram"> </div> <p style="text-align: center;">Рис. 1</p> <p><b>Задача 3.</b> Преобразователь частоты содержит один рабочий блок и один блок в нагруженном резерве. Ремонт производится одной бригадой, обеспечивающей среднее время восстановления <math>0,5</math> час. Определить предельно допустимую интенсивность отказов преобразователя, чтобы удовлетворялось условие <math>KП \leq 2 \cdot 10^{-4}</math>.</p>
2.	Практические работы	<p>Вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Система сопровождения состоит из рабочего блока и блока в нагруженном резерве. Для каждого блока заданы: <math>\lambda = 2 \cdot 10^{-3}</math> 1/час, <math>\mu = 0,2</math> 1/час. Определить время безотказной работы системы.</li> <li>2. Усилитель состоит из двух равнонадежных блоков, для каждого из которых <math>\lambda = 3 \cdot 10^{-3}</math> 1/час.</li> </ol> <p>Применено поблочное резервирование усилителя в ненагруженном режиме. Ремонт производит одна бригада, среднее время ремонта <math>mt = 0,5</math> час. Определить коэффициент простоя усилителя с поблочным резервированием.</p>
3.	Проверочные работы	<p>Вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Устройство состоит из четырёх групп элементов, в каждой из которых, соответственно, <math>N_1 = 35</math>, <math>N_2 = 14</math>, <math>N_3 = 18</math>, <math>N_4 = 26</math> элементов с</li> </ol>

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		<p>интенсивностями отказов:</p> $\lambda_1 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1},$ $\lambda_2 = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1},$ $\lambda_3 = 8 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1},$ $\lambda_4 = 1 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}.$ <p>Элементы 2 и 3 групп восстанавливаемы со временем восстановления <math>\tau_{B2} = 20 \text{ ч}</math>, <math>\tau_{B3} = 30 \text{ ч}</math>.</p> <p>Пополнение элементов 1 и 4 групп в ЗИПе проводится через 500 часов.</p> <p>Определите, сколько элементов каждой группы должно быть в ЗИПе, чтобы его достаточность была не менее 0,9?</p> <p>3. Техническая система состоит из одной основной подсистемы и <math>k</math> подсистем, находящихся в резерве. Вероятность безотказной работы всех подсистем при их работе за время <math>\tau</math> равна 0,92. Какова должна быть кратность резервирования при пассивном резервировании и при активном резервировании замещением, чтобы вероятность безотказной работы системы за время <math>\tau</math> было не меньше 0,99?</p> <p>4. Рассчитать время проведения профилактического ремонта системы управления, имеющей значение главного параметра <math>m_0 = 4.5</math>, допуск на параметр <math>\pm\Delta = \pm 0.5</math>, среднеквадратичное отклонение <math>\sigma_0 = 0.2</math>, если известно что <math>m(t) = m_0 - 0.1t</math>, <math>\sigma(t) = \sigma_0 + 0.03t</math> а в момент проведения начала проведения профилактических работ требуемая вероятность <math>P_{\text{прог}}(t) = 0.98</math>.</p>
2.	Индивидуальное домашнее задание	<p><b>Примерный перечень задач для ИДЗ 1:</b></p> <p><b>Задача 1.</b> Система управления задвижкой имеет показательное или экспоненциальное распределение</p>

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		<p>наработки до отказа. Определите вероятность безотказной работы системы в течение времени, равного средней наработке <math>T</math>. Найти среднюю наработку до отказа системы управления задвижкой, интенсивность отказов которой равна</p> $\lambda(t) = \begin{cases} 0 & \text{при } t \leq t_0; \\ b(t-t_0) & \text{при } t > t_0 \end{cases}, \text{ если } t_0 = 1000 \text{ ч. } b = 10^{-6} \text{ ч}^{-2}.$ <p><b>Задача 2.</b> Интенсивность отказов системы <math>\lambda(t) = b \cdot t^{-1}</math>, <math>b = 10^{-6} \text{ ч}^{-2}</math>. Определите вероятность безотказной работы системы <math>P(t_1, t_2)</math> в течение наработки от <math>t_1</math> до <math>t_2</math>, если <math>t_1 = 1000 \text{ ч.}</math>, <math>t_2 = 2000 \text{ ч.}</math></p> <p><b>Задача 3.</b> Известно, что средняя наработка до отказа автоматизированной системы равна 2000 часов. Требуется, при предположении показательного закона распределения промежутков времени между отказами, определить вероятность того, что система откажет не более четырёх раз в течение наработки в 300 часов.</p> <p><b>Задача 4.</b> Установлено, что наработка до отказа привода задвижки имеет распределение Вейбулла с параметром <math>\alpha = 1,8</math>. Вероятность безотказной работы привода в течение наработки (0, 100) часов равна 0,95. Требуется определить интенсивность отказов в момент времени <math>t = 100 \text{ ч.}</math>, и среднюю наработку до отказа привода.</p> <p><b>Задача 5.</b> Система имеет нормальное распределение наработки до отказа с параметрами <math>m_t = 1200 \text{ ч.}</math>, <math>\sigma_t = 750 \text{ ч.}</math> Область возможных значений наработки до отказа <math>(0, \infty)</math>. В течение какой наработки <math>(0, t)</math> система будет функционировать с вероятностью безотказной работы не менее, чем 0,95.</p> <p><b>Задача 6.</b> На насосной станции магистрального трубопровода установлены 3 насоса, наработка до отказа которых определяется нормальным законом распределения с параметрами:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Насос 1; <math>m_1 = 2800 \text{ ч.}</math>, <math>\sigma_1 = 1600 \text{ ч.}</math>,</li> <li>- Насос 2; <math>m_2 = 3200 \text{ ч.}</math>, <math>\sigma_2 = 1000 \text{ ч.}</math>,</li> <li>- Насос 3; <math>m_3 = 4200 \text{ ч.}</math>, <math>\sigma_3 = 2000 \text{ ч.}</math></li> </ul> <p>Время безотказной работы системы управления насосами определяется законом Рэлея с</p>

параметром  $\lambda_C = 2 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$ . Определите, какова будет вероятность безотказной работы манипулятора через неделю непрерывной работы в три смены?

**Задача 1.** Структурная схема надёжности системы имеет вид «сложного мостика», показанного на рисунке.



Для элементов: 1, 5  $P(t) = e^{-\lambda t^\alpha}$ ,  $\lambda = 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$ ,  $\alpha = 0,8$ ;

3, 6  $P(t) = e^{-\lambda t^2}$ ,  $\lambda = 4 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$ .

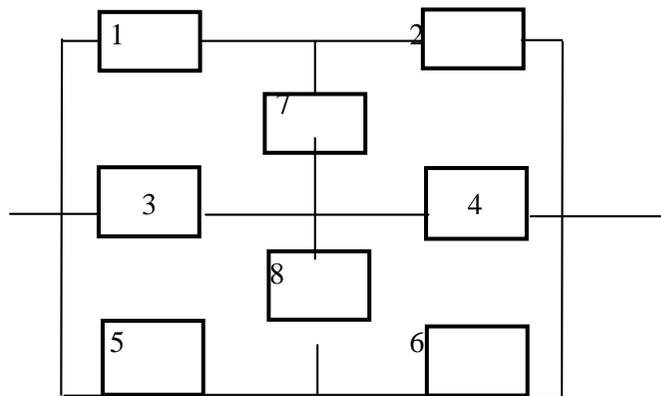
Элемент 4 имеет нормальное распределение времени безотказной работы с параметрами  $m_t = 2000 \text{ ч}$ ,  $\sigma_t = 200 \text{ ч}$ ; элементы 2 и 7 имеют экспоненциальное распределение с интенсивностью

$\lambda_2 = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$ ,  $\lambda_7 = 8 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$ .

Определите вероятность безотказной работы системы в момент времени  $t = 1500$  часов.

**Задача 2.** Определить вероятность безотказной работы роликового подшипника 2207, нагруженного случайной радиальной силой, коэффициент вариации которой  $v_F = 0,1$ . Частота вращения внутреннего кольца подшипника  $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$ . Требуемый ресурс работы равен 3500 часов, а среднее значение эквивалентной нагрузки  $\bar{P} = 5000 \text{ Н}$ . По каталогу для подшипника 2270  $C_{90} = 25600 \text{ Н}$ .

**Задача 3.** Найти вероятность безотказной работы за время наработки в 100 часов системы, имеющей структурную схему надёжности



если для звеньев 1, 2, 3, 4, 5, 6  $P(\tau) = 0,95$ . Для звена 7 вероятность безотказной работы определяется по закону Вейбулла с параметрами  $\alpha = 0,5$ ;  $\lambda = 0,001 \text{ ч}^{-1}$ . Для звена 8 – по закону Рэлея с параметром  $\lambda = 2 \cdot 10^{-3}$ .

**Задача 4.** Техническая система состоит из одной основной подсистемы и  $k$  подсистем, находящихся в резерве. Вероятность безотказной работы всех подсистем при их работе за время  $\tau$  равна 0,92. Какова должна быть кратность резервирования при пассивном резервировании и при активном резервировании замещением, чтобы вероятность безотказной работы системы за время  $\tau$  была не меньше 0,99?

**Задача 5.** В системе управления насосной станции, состоящей из управляющего устройства, имеющего интенсивность отказов  $\lambda_Y = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$ , информационной системы с интенсивностью отказов  $\lambda_{II} = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ ч}^{-1}$ , системы защиты, применено резервирование с дробной кратностью по схеме «два из трёх» в системе защиты и пассивное дублирование для информационной системы. Рассчитать вероятность безотказной работы системы управления в течение наработки в 100 часов, если интенсивность отказов одного канала в системе защиты равна  $\lambda_3 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ ч}^{-1}$ .

### ИДЗ 2

#### Задание

Для указанного в варианте технического устройства (ТУ) необходимо выполнить следующее.

1. Рассчитать надёжность. Для этого следует:
  - описать условия работоспособного состояния устройства;
  - выбрать вид расчета (элементный, функциональный);

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		<p>- разбить устройство на составные части (при элементном виде расчета) или на заданные функции (при функциональном виде расчета);</p> <p>- рассчитать надёжность элементов системы (при элементном виде расчета) или определить действующие факторы и рассчитать их влияние (при функциональном виде расчета);</p> <p>- составить структурную схему надёжности;</p> <p>- составить набор расчётных функций (формул);</p> <p>- проанализировать полученный результат.</p> <p>2. Выполнить расчет ТУ с резервированием, которое предлагается в результате анализа п. 1.</p> <p>3. Дать рекомендации проведения технического обслуживания.</p> <p>Варианты ТУ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Мобильный робот Robotino</li> <li>- Термопот (Maxwell)</li> <li>- Квадрокоптер (DJI Mavic)</li> <li>- Робот-гексапод</li> <li>- Робот-пылесос (Redmond)</li> </ul>

## 5. Методические указания по процедуре оценивания

	Оценочные мероприятия	Процедура проведения оценочного мероприятия и необходимые методические указания
1.	Контрольная работа	<p>Контрольная работа проводится в письменной форме во время аудиторных занятий. Студенту выдается индивидуальный вариант с задачами, по пройденной теме. Студент должен представить в письменном виде решение предложенных задач, оформленных соответствующим образом. При оформлении задач обязательно делается краткая запись условия задачи, перевод внесистемных величин в СИ, поясняющий рисунок, записываются законы и формулы, делаются промежуточные выкладки и расчеты, указываются единицы измерения (размерность) записывается окончательный ответ.</p> <p>Преподаватель проверяет работу и выставляет оценку.</p> <p>Критерии оценивания:</p> <p>10 баллов - работа выполнена отлично, решены все задачи.</p> <p>8 баллов - работа выполнена хорошо, есть неточности в работе.</p> <p>6 баллов - работа выполнена удовлетворительно, есть ошибки или недочеты в оформлении, решены не все задачи.</p>
2.	Проверочная работа	Проверочные работы выполняются студентом после каждого практического занятия для

	Оценочные мероприятия	Процедура проведения оценочного мероприятия и необходимые методические указания
		<p>закрепления материала и выработки навыков по расчету задач. Прикрепляются работы в электронном курсе.</p> <p>Критерии оценивания:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– полнота и правильность решений</li> <li>– наличие расчетных формул и пояснения к ним</li> <li>– наличие выводов по полученным расчетным данным.</li> </ul>
3.	Индивидуальное домашнее задание	<p>Индивидуальное домашнее задание выполняется в письменной форме, работа прикрепляется в электронном курсе.</p> <p>Критерии оценивания:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– полнота и правильность решений</li> <li>– наличие расчетных формул и пояснения к ним</li> <li>– наличие выводов по полученным расчетным данным.</li> <li>– оформление работы.</li> </ul>
4.	Практическая работа	<p>Работа выполняется на практических занятиях. Студент получает баллы за выполнение задач у доски.</p> <p>Критерии оценивания:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– полнота и правильность решений</li> <li>– наличие расчетных формул и пояснения к ним</li> <li>– наличие выводов по полученным расчетным данным.</li> </ul>
5.	Зачет	<p>Зачет осуществляется в соответствии с Положением о проведении текущего контроля и промежуточной аттестации ТПУ. Итоговый балл определяется суммированием баллов за все оценочные мероприятия текущего семестра.</p>