

1. Роль дисциплины «Теплогидравлические процессы в ядерных энергетических установках» в формировании компетенций выпускника:

Элемент образовательной программы (дисциплина, практика, ГИА)	Семестр	Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
				Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
Теплогидравлические процессы в ядерных энергетических установках	2	УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий.	И.УК-1.4	Способен проводить критический анализ параметров современных ядерных установок	УК-1.4В3	Владеет опытом оптимизации теплогидравлических параметров активной зоны реактора
						УК-1.4У3	Умеет выбирать оптимальные теплогидравлические параметры ТВС активных зон реакторов с водяным, газовым, жидкометаллическим охлаждением, отражая в расчетах основные особенности теплогидравлики различных теплоносителей и специфику конструкции активных зон реакторов различного класса
						УК-1.4З3	Знает особенности конструкций активных зон и циркуляционных контуров различных реакторов с точки зрения их влияния на теплогидравлический расчет
		ПК(У)-1	Способность к созданию теоретических и математических моделей в области ядерной физики и технологий	И.ПК(У)-1.1	Проводит исследования, основанные на использовании теоретических и математических моделей параметров процессов и производств в атомной отрасли	ПК(У)-1.1В3	Владеет навыками математического моделирования теплогидравлических параметров ядерных установок при проектировании ядерных реакторов
						ПК(У)-1.1У1	Умеет использовать методики расчетов процессов, протекающих в ядерных реакторах и энергетических установках, с применением ЭВМ; методы моделирования, расчета и численных математические модели объектов разработки для проведения комплексных нейтронно-физических, теплогидравлических, прочностных расчетов, расчетов показателей безопасности
						ПК(У)-1.1У3	Умеет производить инженерные расчеты для оценки теплотехнической надежности активной зоны ЯР
						ПК(У)-1.1З3	Знает особенности гидродинамики и теплообмена в ТВС с твэлами различной формы для разных типов ядерных реакторов
		ПК(У)-4	Способность оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий,	И.ПК(У)-4.1.	Анализирует безопасность систем и элементов	ПК(У)-4.1В4	Владеет опытом расчет коэффициентов до кризиса теплоотдачи первого и второго рода и рисков возникновения нештатной ситуации

Элемент образовательной программы (дисциплина, практика, ГИА)	Семестр	Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
				Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
			составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения		энергетических установок, определяет их влияние на параметры нормальной эксплуатации АЭС	ПК(У)-4.1У4	Умеет выявлять причины возникновения кризиса теплообмена в ядерном реакторе
						ПК(У)-4.134	Знает зависимость критических теплогидравлических параметров активной зоны от геометрических и эксплуатационных характеристик реакторной установки, методы расчета коэффициентов до кризиса теплоотдачи первого и второго рода
		ПК(У)-8	Способность провести расчет, концептуальную и проектную проработку современных физических установок и приборов	И.ПК-8.2.	Рассчитывает гидродинамические параметры энергооборудования реакторных установок	ПК-8.2В1	Владеет навыками современного гидродинамического расчета параметров активной зоны и интенсификации теплообмена
						ПК-8.2У1	Умеет применять способы физического и гидравлического профилирования активной зоны
						ПК-8.231	Знает основные способы расчета предельно допустимых температур теплоносителя, оболочки твэла, ядерного топлива, допустимой мощности ТВС

2. Показатели и методы оценивания

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Код индикатора достижения контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование раздела дисциплины	Методы оценивания (оценочные мероприятия)
Код	Наименование			
РД 1	Применять знания общих законов, теорий, уравнений, методов физики теплопереноса и тепломассообмена	И.ПК(У)-1.1	Раздел (модуль) 1. Кондуктивный теплообмен Раздел (модуль) 2. Конвективный теплообмен Раздел (модуль) 3. Радиационный теплообмен	Решение задач на практических занятиях Защита отчетов по лабораторной работе Экзамен
РД 2	Выполнять расчеты теплогидравлических характеристик реакторных установок	И.УК-1.4 И.ПК-8.2	Раздел (модуль) 1. Кондуктивный теплообмен	Решение задач на практических занятиях Защита отчетов по

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Код индикатора достижения контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование раздела дисциплины	Методы оценивания (оценочные мероприятия)
Код	Наименование			
			Раздел (модуль) 2. Конвективный теплообмен Раздел (модуль) 3. Радиационный теплообмен	лабораторной работе Экзамен
РД 3	Выполнять обработку и анализ данных, полученных при теоретических и экспериментальных исследованиях потоков теплоносителя в ядерных энергетических установках.	И.ПК(У)-1.1 И.ПК(У)-4.1	Раздел (модуль) 1. Кондуктивный теплообмен Раздел (модуль) 2. Конвективный теплообмен	Решение задач на практических занятиях Защита отчетов по лабораторной работе Экзамен

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 рейтинг-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 экзамена

% выполнения заданий экзамена	Экзамен, балл	Соответствие традиционной оценке	Определение оценки
90%÷100%	18 ÷ 20	«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%	14 ÷ 17	«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%	11 ÷ 13	«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%	0 ÷ 10	«Неудовл.»	Результаты обучения не соответствуют минимально достаточным требованиям

4. Перечень типовых заданий

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
1.	Решение задач на практических занятиях	Задачи: 1. Определить толщину тепловой изоляции, выполненной из шлаковаты. Удельные потери теплоты через изоляционный слой составляют 523 Вт/м^2, температуры его поверхностей 700 и 40°C. Коэффициент теплопроводности шлаковаты $\lambda = 0,058 + 0,000145t$. 2. Рассчитать распределение температуры в поперечном сечении тепловыделяющего элемента (ТВЭЛа), имеющего форму длинного полого цилиндра (рисунок) с внутренним диаметром $d_1 = 16 \text{ мм}$ и наружным диаметром $d_2 = 26 \text{ мм}$, выполненного из урана [$\lambda = 31 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$]. Обе поверхности ТВЭЛа покрыты плотно прилегающими оболочками из нержавеющей стали [$\lambda_{\text{об}} = 21 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$] толщиной $\delta = 0,5 \text{ мм}$. Объемную плотность тепловыделения в уране принять равномерной по сечению и равной $q_v = 5 \cdot 10^7 \text{ Вт/м}^3$. ТВЭЛ охлаждается двуокисью углерода (CO_2), движущейся по внутреннему и внешнему каналам. Среднемассовая температура CO_2 во внутреннем канале $t_{\text{ж1}} = 200^\circ\text{C}$ и во внешнем канале $t_{\text{ж2}} = 240^\circ\text{C}$. Коэффициенты теплоотдачи от поверхностей оболочек к газу соответственно равны $\alpha_1 = 520 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$ и $\alpha_2 = 560 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$. Определить максимальную температуру ТВЭЛа t_0, температуры на поверхностях оболочек t_{c1} и t_{c2} и на поверхностях урана t_1 и t_2. 3. Определить, какую минимальную толщину должна иметь стенка дозвукового сопла, для того чтобы за 6 с работы двигателя температура поверхности, омываемой газами с температурой 2250°C, не превысила допустимого значения 1250 К. Коэффициент теплоотдачи от газов к стенке $\alpha = 870 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$; теплофизические характеристики материала: $\lambda = 35 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$; $a = 1,4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$; начальная температура сопла 300 К

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		Указание. Стенку рассматривать как плоскую неограниченную пластину, отводом теплоты с наружной поверхности сопла пренебречь. 4. Определить средний коэффициент теплоотдачи для десятирядного ($n = 10$) коридорного пучка, обтекаемого поперечным потоком воды, если внешний диаметр труб в пучке 25 мм, средняя скорость в узком сечении 0,7 м/с; средняя температура воды 50°C и средняя температура поверхности труб 85°C. 5. Определить коэффициент лучисто-конвективного теплообмена и потери теплоты с единицы длины паропровода диаметром 200 мм, если температура и степень черноты его поверхности соответственно равны 467°C и 0,79, а температура окружающего воздуха 27°C.
2.	Защита лабораторной работы	Вопросы: <u>Лабораторная работа 1.</u> 1. Виды теплообмена. 2. Механизм кондуктивного теплообмена. 3. Суть метода нагретой нити. <u>Лабораторная работа 2</u> 1. Закон теплопроводности Фурье. 2. Что такое тепловой поток? 3. От чего зависит эффективность теплообмена непроницаемой стенки с окружающей средой? <u>Лабораторная работа 3</u> 1. Какие режимы течения текучих сред Вы знаете? Каковы их характерные отличия? 2. Как определить режим течения жидкости в круглой трубе? 3. Физический смысл числа Рейнольдса. <u>Лабораторная работа 4</u> 1. Какой закон отражает уравнение Навье-Стокса? 2. Что такое вязкость? 3. Что такое пьезометрический напор? <u>Лабораторная работа 5</u> 1. Какому виду энергии соответствует скоростной напор? 2. Как определить коэффициент сопротивления на трение в круглой трубе при ламинарном течении? 3. Дать определение гидравлически гладких труб. <u>Лабораторная работа 6</u> 1. Какой закон отражает уравнение Бернулли?

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		2. Дать определение идеальной жидкости. 3. Какую энергию определяет пьезометрическая высота? <u>Лабораторная работа 7</u> 1. Причины потери напора на местном сопротивлении 2. Формула Вейсбаха. 3. Турбулизация потока на местном сопротивлении. <u>Лабораторная работа 8</u> 1. Турбулизация потока при внезапном его сужении 2. Формула Борда. 3. Сравните величины потерь напора при резком расширении и при резком сужении потока. <u>Лабораторная работа 9</u> 1. Определите понятие конвективного теплообмена. 2. В каких средах возможен конвективный теплообмен? 3. Основные положения теоремы Кирпичева-Гухмана. <u>Лабораторная работа 10</u> 1. Принцип действия теплообменных аппаратов. 2. Способы теплопередачи, реализуемые в теплообменниках. 3. Прямоточный и противоточный трубчатые теплообменники. Холодильник Либиха. <u>Лабораторная работа 11</u> 1. Понятие теплового излучения 2. Что такое спектр излучения? Виды спектров. 3. Соотношение кондуктивного, конвективного и радиационного видов теплообмена в ядерных реакторах.
3.	Защита курсового проекта (работы)	<u>Тематика проектов (работ):</u> 1. Тепловой и гидравлический расчет реактора канального типа 2. Тепловой и гидравлический расчет реактора корпусного типа <u>Вопросы к защите:</u> 1. Какой функцией аппроксимируют распределение плотности тепловыделения по длине ТВЭЛа? 2. Как распределяется температура теплоносителя по длине ТВЭЛа? 3. Какова максимально достижимая температура теплоносителя в реакторах типа РБМК? 4. Механизм теплопередачи в АЗ реактора.
4.	Экзамен	Вопросы на экзамен: 1. Уравнение неразрывности потока.

	Оценочные мероприятия	Примеры типовых контрольных заданий
		2. Дифференциальное уравнение теплопроводности. 3. Теплопроводность при наличии внутренних источников тепла. Теплопроводность цилиндрической стенки. 4. Основные положения теории подобия. Физический смысл чисел подобия. 5. Режимы течения жидкости или газа. Механизмы определения режимов течения. 6. Алгоритм расчета коэффициента теплоотдачи по критериальным уравнениям. 7. Теплообмен при фазовых превращениях 8. Теплообмен излучением. Основные понятия и определения.

5. Методические указания по процедуре оценивания

	Оценочные мероприятия	Процедура проведения оценочного мероприятия и необходимые методические указания
1.	Решение задач на практических занятиях	В ходе проведения практического занятия преподавателем оценивается выполнение практических заданий студентом, если выполнено более 60% запланированных практических заданий запланированных на учебное занятие студенту выставляется балл в соответствии с рейтинг-планом дисциплины
2.	Защита лабораторной работы	Защита лабораторной работы осуществляется преподавателем после проверки отчета по лабораторной работе в форме устного собеседования. Отчет должен быть выполнен в соответствии с требованиями стандартов, предъявляемым к документам данного вида. Все расчеты должны быть правильными и корректными. Студент должен ответить на 5 вопросов преподавателя. Правильный ответ на поставленный вопрос оценивается в 2 балла. Максимально возможное количество баллов за защиту лабораторной работы составляет 10 баллов. Критерии оценивания отчета по лабораторной работе: Балл Параметры оценивания 2 Демонстрирует полный ответ на поставленный вопрос. 1 Демонстрирует частичный ответ на поставленный вопрос. 0 Нет ответа.
3.	Защита курсового проекта (работы)	Вопросы задаются устно во время защиты пояснительной записки к курсовому проекту
4.	Экзамен	В течение 1 аудиторного часа необходимо сформулировать ответы на 5 теоретических вопросов. Экзамен осуществляется в соответствии с Положением о проведении текущего контроля и промежуточной аттестации ТПУ

	Оценочные мероприятия	Процедура проведения оценочного мероприятия и необходимые методические указания
		Каждый вопрос оценивается от 0 до 10 баллов, итоговая оценка за экзамен производится в соответствии с критериями: Ответ оценивается от 15 до 20 баллов, в том случае, если ответ соответствует следующим критериям: студент полно раскрыл содержание материала в объеме, предусмотренном программой и учебником; изложил материал грамотным языком в необходимой последовательности; продемонстрировал усвоение ранее изученных сопутствующих вопросов, отвечал самостоятельно без наводящих вопросов преподавателя. Возможны одна-две неточности при освещении второстепенных вопросов. Ответ оценивается от 10 до 15 баллов в том случае, если ответ в основном соответствует требованиям на отличную отметку, но при этом существует один из недостатков: допущены один-два недочета при освещении основного содержания ответа, исправленные по замечанию экзаменатора; допущена ошибка или более двух недочетов при ответе на второстепенные вопросы. Ответ оценивается от 5 до 10 баллов в том случае, если в процессе ответа неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса и продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения программного материала; студент не смог привести примеры для прояснения теории; при изложении теоретического материала выявлена недостаточная сформированность основных компетенций. Ответ оценивается как неудовлетворительный в том случае, если студент не смог раскрыть теоретическое содержание материала в минимальном объеме, предусмотренном программой; отсутствует последовательность изложение и употребление необходимой терминологии; Все ответы сопровождаются наводящими вопросами преподавателя. При устном ответе преподаватель может повысить отметку за оригинальный ответ на вопрос; за решение более сложной задачи или ответ на более сложный вопрос, предложенные обучающемуся дополнительно после выполнения им заданий.