МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» (ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
ядерной физики

_____/ Титова Л.В./
20.06.2025г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.11 Термогидравлические процессы в ядерных установках

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

14.04.02 Ядерные физика и технологии

2. Профиль подготовки/специализация:

Физика атомного ядра и частиц

3. Квалификация выпускника: магистр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра ядерной физики

6. Составители программы:

к.ф.-м.н., доцент Алейников Алексей Николаевич

7. Рекомендована:

Научно – методическим советом физического факультета, протокол №5 от 20.05.2025г

8. Учебный год: 2026/2027 **Семестр(ы):** 4

9.Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

Освоение термогидравлического анализа, включающего теплообменные и гидродинамические характеристики активной зоны реактора: распределение параметров теплоносителя, температурных полей, условия наступления кризиса теплообмена как в номинальных переходных режима, связанных с пуском и остановкой реактора, так и в нестационарных режимах, вызванных аварийными ситуациями.

Задачи учебной дисциплины:

- овладеть основными методами анализа термогидравлических характеристик ядерного реактора,
- развить способность оценки параметров теплоносителя, температурных полей,
- дать основы следующих знаний: теплообменные и гидродинамические характеристики активной зоны реактора, теплоносителя.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина вариативной части цикла Б1.В. (Часть, формируемая участниками образовательных отношений).

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-3	Способен к созданию теоретических и математических моделей, описывающих физику кинетических явлений или процессы в реакторах, ускорителях.	ПК-3.1	Знает основы теплогидравлического расчета реактора и основные требования к конструкциям ЯЭР.	Знать физические основы процессов переноса тепла, Уметь осуществлять расчеты теплообменников и активных зон реакторов
		ПК-3.2	Выполняет теплогидравлический расчет реакторов ПКР-2.3 Умеет осуществлять поиск и анализировать научнотехническую информацию и выбирать необходимые данные для теплогидравлических расчётов; выбирать конструкционные материалы активной зоны реактора в зависимости от условий работы.	

ПК-5	Способен осуществлять контроль, организацию и планирование безопасной эксплуатации тепло- и электрооборудования, трубопроводов, парогенераторов	ПК-5.2	Осуществляет расчеты теплообменников и активных зон реакторов, проводит оценку теплогидравлических характеристик на основе простейших моделей; использует	Знать: физические основы процессов переноса тепла, Уметь: проводить оценку теплогидравлических характеристик на основе простейших моделей; самостоятельно разбираться в методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи; использовать программы расчетов тепло-гидравлических характеристик ячейки реактора и реактора в целом;
	АЭС, а также основных фондов реакторного отделения АЭС.		программы расчетов теплогидравлических характеристик ячейки реактора и реактора в целом.	Владеть: осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые данные для тепло-гидравлических расчётов; выбирать конструкционные материалы активной зоны реактора в зависимости от условий работы
		ПК-5.3	Осуществляет поиск и анализирует научнотехническую информацию и выбирает необходимые данные для теплогидравлических расчётов; выбирает конструкционные материалы активной зоны реактора в зависимости от условий работы.	
		ПК-5.5	Рассчитывает потери на трение и местные сопротивления.	

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 3/108.

Форма промежуточной аттестации - зачет

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			4 семестр
Аудиторные занятия		60	60
в том числе:	Лекции	24	24

	практические		
	лабораторные	36	36
Самостоятельная работа		48	48
в том числе: курсовая работа (проект)			
Форма промежуточной аттестации		зачет	зачет
Итого:		108	108

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1.1	Введение. Основное теплообменное оборудование АЭС	Тепловыделение в активной зоне реактора. Основные виды переноса теплоты. Основные понятия теории теплообмена – температурное поле, изотермы, градиент температуры Парогенератор, как основное оборудование двух(трех)-контурных паротурбинных АЭС. Производство пара на одноконтурных АЭС. Элементы рабочего контура АЭС, оказывающие основное влияние на работу ПГ. Свойства теплоносителей первого контура АЭС, влияющие на конструкционную схему ПГ и его элементов. Общие характеристики и типы ПГ. Классификация и требования к ПГ АЭС.	-
1.2	Парогенераторы.	ПГ, обогреваемые водой под давлением. ПГ с погруженной поверхностью теплообмена и естественной циркуляцией рабочего тела: горизонтальные с коллекторной раздачей теплоносителя, вертикальные с трубной доской, вертикальные с внутрикорпусными раздающими теплоноситель коллекторами. Прямоточные ПГ. Конструкционные схемы ПГ с жидко-металлическим теплоносителем. Особенности конструкционных схем ПГ с газообразными теплоносителями. Сравнение конструкционных схем отечественных и зарубежных парогенераторов.	-
1.3	Общая характеристика теплогидравлических процессов на АЭС	Общая характеристика теплогидравлических и физико-химических процессов, их влияние на надежность и экономичность основного оборудования АЭС	-

1.4	Методы расчета теплообменного оборудования	Основные закономерности и методы расчета теплообмена и гидродинамики однофазных сред. Массовые и объемные характеристики двухфазных потоков. Теплообмен и сопротивления при движении двухфазных потоков. Безнапорное движение пароводяной смеси. Теплообмен и гидродинамика при конденсации пара. Основные закономерности лучистого теплообмена. Температурный режим работы поверхностей теплообмена, тепловая и гидродинамическая нетождественность в поверхностях теплообмена. Условия работы поверхностей теплообмена с однофазной рабочей средой, испарителем с принудительным движением рабочей среды. Испарители с естественной циркуляцией: простой и сложный контуры. Принцип расчета контура: движущий и полезный напор, уравнение естественной циркуляции и метод его решения. Естественная циркуляция в погруженных поверхностях теплообмена.	-
1.5	Физико-химические характеристики теплоносителя	Физико-химические характеристики теплоносителя и рабочей среды, виды примесей, пути их поступления в теплоноситель и рабочую среду. Закономерности перехода примесей воды в пар, качество вырабатываемого пара. Требования к чистоте пара. Закономерности перехода примесей воды в пар: растворимость веществ в паре, механический унос. Методы повышения чистоты пара. Коррозия в поверхностях теплообмена, отложения продуктов коррозии и примесей воды на поверхностях теплообмена. Водный режим ПГ с многократной циркуляцией: методы его организации – эксплуатационные (бескоррекционные и коррекционные) и	-

		конструкционные. Нормирование и обеспечение качества питательной и парогенераторной воды для ПГ с многократной циркуляцией и прямоточных. Средства поддержания норм ВХР IIго контура АЭС с ВВЭР. Возможные пути влияния эксплуатируемого ПГ на окружающую среду. Способы обеспечения требований экологии.	
1.6	Основы теплового и гидравлического расчета реакторов и парогенераторов.	Конструкторский расчет: виды расчетов, проводимых при создании новой конструкции, их задачи и взаимосвязь. Основы применения ЭВМ при расчете ПГ. (п. VI). Тепловой, конструкционный и гидродинамический расчеты. Выбор материалов и прочностные расчеты. ПГ с различными теплоносителями. Компоновка ПГ. Принцип вариантных расчетов, выбор оптимальных параметров протекающих процессов. Расчет водного режима и сепарационных устройств. Поверочные расчеты. Факторы, определяющие эффективность и надежность работы ПГ. Техникоэкономическое обоснование выбранной конструкции. Вопросы эксплуатации ПГ. Отмывка поверхностей теплообмена от отложений. Опыт эксплуатации ПГ с различными теплоносителями.	-
2. Лабораторные работы			

2.1	Изучение конструкции и работы насосов различных типов.	Изучение теплогидравлических схем, включения и работы составляющих их элементов на примере конструкции и работы насосов различных типов, особенностей их устройства и применения. Снятие и анализ напор-расходных характеристик насосного оборудования.	
2.2	Механика жидкости – трубопроводы и арматура. Гидросопротивление и потери напора.	Исследование характеристик трубопроводов. Снятие анализ напор-расходной характеристики гидравлической схемы. Основная используемая на АЭС арматура, особенности ее использования. Понятие гидросопротивления. Изучение потерь давления при течении жидкости через местное сопротивление: диафрагму, шаровый кран и вентиль. Обратный клапан.	
2.3	Механика жидкости – гидравлический удар.	Изучение характера изменения давления в напорном трубопроводе при гидравлическом ударе (закрытие клапана на выходе трубопровода). Соленоидальный клапан. Определение ударного давления. Экспериментальная проверка формулы Н.Е. Жуковского. . Изучение характера изменения давления в напорном трубопроводе при гидравлическом ударе при неполном закрытии клапана на выходе.	
2.4	Теплообмен. Определение коэффициента теплопередачи теплообменного аппарата.	Классификация теплообменных аппаратов. Проведение испытаний теплообменников в режимах прямотока и противотока для теплообменников различных типов: пластинчатого, кожухотрубного и типа труба в трубе.	
2.5	Определение коэффициента теплопередачи при свободном движении омывающей среды (воздуха)	Теплоотдача и теплопередача. Понятия процесса теплопередачи. Теплопередача через плоскую стенку. Теплопередача через цилиндрическую стенку.	
2.6	Коэффициент полезного действия теплообменника.	Коэффициент полезного действия теплообменника. КПД теплообменников различных типов: пластинчатого, кожухотрубного и типа труба в трубе.	
2.7	Основы гидравлики.	Изучение потерь давления по длине при различных режимах течения жидкости. Определение	
		коэффициента Дарси. Изучение потерь давления при течении жидкости через местное сопротивление: диафрагму, шаровой кран при различной степени его открытия. Экспериментальное подтверждение уравнения Бернулли.	
2.8	Измерение параметров теплоносителя.	Измерение температуры на входе и выходе исследуемого теплообменника в горячем и холодном контурах. Измерение расхода теплоносителей. Тепловизор. Принцип работы. Теплозионное обследования теплообменника типа труба в трубе.	

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)					
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Контроль	Всего

1.1	Введение. Основное теплообменное оборудование АЭС	1			2		3
1.2	Изучение конструкции и работы насосов различных типов.	1			2		3
1.3	Парогенераторы.	2		4	4		10
1.4	Теплообмен. Определение коэффициента теплопередачи теплообменного аппарата.	2		4	4		10
1.5	Общая характеристика теплогидравлических процессов на АЭС	2			2		4
1.6	Механика жидкости – трубопроводы и арматура. Гидросопротивление и потери напора.	2		4	4		10
1.7	Методы расчета теплообменного оборудования	2		4	4		10
1.8	Определение коэффициента теплопередачи при свободном движении омывающей среды (воздуха)	2		6	6		14
1.9	Механика жидкости – гидравлический удар.	2			2		4
1.10	Физико-химические характеристики теплоносителя	2			2		4
1.11	Измерение параметров теплоносителя.	2		4	4		10
1.12	Коэффициент полезного действия теплообменника.	2		4	4		10
1.13	Основы теплового и гидравлического расчета реакторов и парогенераторов.	1		6	6		13
1.1 4	Основы гидравлики.	1			2		3
	Итого:	24		36	48		108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изложение материала преподавателем необходимо вести в форме, доступной для понимания. Для улучшения усвоения учебного материала необходимо применять традиционные и современные технические средства обучения. Для самостоятельного изучения отведено время на все разделы курса.

Студентам на лекциях необходимо вести подробный конспект и стараться понять материал курса, не стесняться задавать преподавателю вопросы для углубленного понимания конкретных проблем курса. Для полного понимания материала следует активно использовать консультации. Для самостоятельного изучения разделов курса, рекомендованных преподавателем, необходимо пользоваться основной и дополнительной литературой, открытыми интернет-ресурсами.

Самостоятельная работа является обязательной для каждого обучающегося, ее объем определяется данной рабочей программой дисциплины. Главная задача самостоятельной работы – развитие самостоятельности, ответственности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня. В ходе аудиторной самостоятельной работы обучающиеся участвуют в подготовке к лабораторным занятиям, участвуют в обсуждении задач, выполняют задания лабораторных работ. Внеаудиторная самостоятельная работа включает изучение справочной литературы, учебной основной и дополнительной литературы, подготовку к собеседованию и составление отчета по лабораторным работам.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

(список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников) а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	В.А. Кириллин, В.В. Сычев, А.Е. Шейндлин ”Техническая термодинамика”, Энергоатомиздат.
2	С.М. Рипс ”Основы термодинамики и теплотехники”, ”Высшая школа”.
3	А.М. Пукович ”Основы теплотехники”. Москва, ”Высшая школа”.
4	С.В. Бальян ”Техническая термодинамика и тепловые двигатели”, Ленинград, ”Машиностроение”.
5	Г.Д. Бэр ”Техническая термодинамика”, Москва, ”Мир”.
6	Проектная документация Раздел 5 Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений 5.7 Технологические решения 5.7.2 Тепломеханические решения 5.7.2.6 Турбоустановка. Компоновочные решения здания турбины BLR1.B.130.&.050702.0109&.021.CA.0001 Том 1 Текстовая часть Книга 9.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1.	Программы индивидуальных испытаний насосов, вентиляторов, компрессоров
2.	Проектно-конструкторская документация. Исполнительная документация, паспорта, заводская документация, инструкции по эксплуатации.
3.	Отчетно-сдаточная документация (акты входного контроля, протоколы промывок, гидравлических испытаний, протоколы индивидуальный испытаний)

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)***:**

№ п/п	Ресурс
1.	www.lib.vsu.ru
2.	https://edu.vsu.ru – Электронный университет ВГУ
3.	

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

(учебно-методические рекомендации, пособия, задачники, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)

№ п/п	Источник

1	Кудинов, И.В. Теоретические основы теплотехники : учебное пособие / И.В. Кудинов, Е.В. Стефанюк ; Министерство образования и науки РФ, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский2государственный архитектурно-строительный университет». - Самара : Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2013. - Ч. I. Термодинамика. - 172 с.
2	Стоянов, Н.И. Теоретические основы теплотехники: техническая термодинамика и тепломассообмен : учебное пособие / Н.И. Стоянов, С.С. Смирнов, А.В. Смирнова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет». - Ставрополь : СКФУ, 2014. - 225 с.
3.	Корпус ядерного реактора. Чертеж общего вида. 1162.02.00.200ВО, Атомэнергоэкспорт. Корпус. Чертеж общего вида. 1162.02.70.010ВО, Атомэнергоэкспорт Крышка. Чертеж общего вида. 1162.02.18.100ВО, Атомэнергоэкспорт Шахта. Чертеж общего вида. 302.01.02.00.000ВО, ГКАЭ, ОКБ “Гидропресс”. Выгородка. Чертеж общего вида. 302.01.03.00.000ВО, ГКАЭ, ОКБ “Гидропресс”. Блок защитных труб. Чертеж общего вида. 320.06.03.00.000ВО, ГКАЭ, ОКБ “Гидропресс”. Верхний блок. Чертеж общего вида. 320.06.04.00.000ВО, ГКАЭ, ОКБ “Гидропресс Проектная документация Раздел 5 Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений 5.7 Технологические решения 5.7.2 Тепломеханические решения 5.7.2.6 Турбоустановка. Компоновочные решения здания турбины BLR1.B.130.&.050702.0109&.021.CA.0001 Том 1 Текстовая часть Книга 9.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При проведении занятий по дисциплине используются следующие образовательные технологии:

− активные и интерактивные формы проведения занятий; −

компьютерные технологии при проведении занятий:

− презентационные материалы и технологии при объяснении материала на лекционных и практических занятиях;

− специализированное оборудование при проведении лабораторных работ;

− разбор конкретных ситуаций при постановке целей и задач к разработке прикладных программ, при выборе программного обеспечения по установленным критериям, при разработке программ по предусмотренным алгоритмам и методам

Для самостоятельной работы используется ЭБС Университетская библиотека online - www.lib.vsu.ru - ЗНБ ВГУ. Программное обеспечение, применяемое при реализации дисциплины – Microsoft Windows, LibreOffice, CodeBlocks, Adobe Reader, Mozilla FireFox.

Дистанционные образовательные технологии (ДОТ) применяются с использованием образовательного портала «Электронный университет ВГУ».

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лаборатория (для проведения занятий лекционного и семинарского типов, текущего контроля и промежуточной аттестации) (г.Воронеж, площадь	Специализированная мебель, ноутбук 15,6" DNS (0164925), проектор EPSON EB-X11, переносной экран на штативе SceenMedia Apllo-T

Университетская, д.1, пауд. 507 П)	
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования (г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.I, ауд. 31)	Ноутбук 15,6" DNS (0164925), проектор EPSON EB-X11, тбук ASUS VIVOBOOK X507-EJ057, проектор BenQ MP515 ST, переносной экран на штативе SceenMedia Apllo-T
Лаборатория (для проведения лабораторных занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации) (г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, ауд. 32)	Типовой комплект учебного оборудования "Определение коэффициента теплопередачи при свободном движении" Лабораторный учебный стенд "Определение коэффициента теплопередачи теплообменного аппарата" ЭЛБ-171.012.03 Учебный лабораторный стенд "Определение коэффициента теплопередачи теплообменного аппарата" ЭЛБ 171.012.04

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Темы 1-4	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.2	Собеседование
2.	Темы 1-4	ПК-5	ПК-5.2 ПК-5.3 ПК-5.5	Собеседование
Промежуточная аттестация форма контроля - зачет				Пункт 20.2.1 Вопросы к зачету

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

20.2 Промежуточная аттестация Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Собеседование по билетам к зачету

20.2.1. Вопросы к экзамену:

Для текущего контроля также используются билеты, которые составляют фонд вопросов. Например,

Билет №1

1. Какие подходы имеют место при изучении жидкости и газа.

2. Плотность жидкости и газа.

Билет №2

1. Вязкость жидкости, и основные физические величины характеризующие вязкость. 2. Кавитация.

Билет №3

1. Теплопроводность и теплоёмкость жидкости.
2. Сжимаемость жидкости и газа.

Билет №4

1. Уравнения состояния газа.
2. Влияние зависимости вязкости жидкости от температуры на работу машин.

Билет №5

1. Зависимость плотности жидкости от температуры и давления.
2. Распределение скоростей по сечению потока.

Билет №6

1. Физическая и химическая стабильность жидкости.
2. Токсичность и её зависимость от температуры.

Билет №7

1. Влияние сжимаемости жидкости на работу привода.
2. Кислотное число. Что оно характеризует в жидкости?

Билет №8

1. Взаимосвязь физических величин характеризующих вязкость жидкости.
2. Что ограничивает верхняя точка применения жидкости в приводах?

Билет №9

1. Динамическая и кинематическая вязкость жидкости.
2. Какие физические свойства жидкости ограничивают применение воды в качестве рабочей среды в приводах?

Билет №10

1. Функции жидкости в приводе.
2. Как влияет сжимаемость жидкости на работу привода.

По контрольной точке №2:

Билет №11

1. Какие силы действуют на покоящуюся жидкость.

2. Давление. Приборы для измерения давления.

Билет №12

1. Давление жидкости на наклонную плоскость.
2. Гидростатическое давление и его свойства.

Билет №13

1. Вакуум и его измерение.
2. Пьезометрическая высота и его связь с давлением.

Билет №14

1. Основное уравнение гидростатики для абсолютно, покоящейся жидкости.
2. Принцип работы манометры.

Билет №15

1. Уравнение Эйлера для относительно покоящейся жидкости.
2. Поверхности уровня.

Билет №16

1. Интегрирование уравнения Эйлера для равноускоренного движения?
2. Какие допущения имеют место при выводе уравнения Эйлера.

Билет №17

1. Единичная массовая сила. На примере, абсолютно покоящейся жидкости, укажите её величину.
2. Интегрирование уравнения Эйлера для вращательного движения.

Билет №18

1. Пьезометры и область их применения.
2. Какие допущения имеют место при выводе уравнения Эйлера статики?

Билет №19

1. Какие вы знаете физические величины характеризующие давление.
2. Как определить силу, действующую на дно бака, если известно давление среды в баке?

Билет №20

1. Какая физическая величина ограничивает критические изменения уровня жидкости в кузове самосвала.
2. Уравнения Эйлера в канонической форме.

По контрольной точке №3:

Билет №21

1. Кинематические элементы потока жидкости.
2. Энергетический смысл членов уравнения Бернулли.

Билет №22

1. Гидравлические элементы потока жидкости.
2. Элементарная струйка и её свойства.

Билет №23

1. Потоки жидкости.
2. Отличие уравнения Бернулли для идеальной и реальной жидкости.

Билет №24

1. Определите гидравлический радиус для трубы квадратного сечения со стороной «в».
2. Взаимосвязь потенциальной и кинетической энергии потока жидкости.

Билет №25

1. Уравнение неразрывности для потока жидкости.
2. Уравнения Бернулли для струйки идеальной жидкости.

Билет №26

1. Расход потока жидкости.
2. Определите гидравлический радиус для круглой трубы радиусом «R».

Билет №27

1. Прибор для определения давления потока жидкости.
2. Дайте соотношение между скоростью и давлением в двух сечениях конической трубы при постоянном расходе.

Билет №28

1. Прибор для измерения скорости потока жидкости.
2. Сжимаемость жидкости.

Билет №29

1. Прибор для измерения расхода жидкости.
2. Отличие движения твёрдого тела от движения потока жидкости.

Билет №30

1. Режимы течения жидкости.
2. Распределение скоростей по сечению ламинарного потока.

Примеры билетов итоговой аттестации:

Билет №31

1. Местные гидравлические сопротивления.
2. Вязкость жидкости.

Билет №32

1. Функции жидкости в гидросистемах.
2. Установившаяся и неустановившаяся движение жидкости.

Билет №33

1. Пьезометрический уклон.
2. Истечение жидкости через отверстия.

Билет №34

1. Определение потерь давления при внезапном расширении и сужении трубопровода.
2. Интегрирование уравнения Эйлера для различных видов движения.

Билет №35

1. Гидравлический расчёт трубопроводов.
2. Кавитация.

Билет №36

1. Уравнение динамики Эйлера.
2. .Требования к рабочим жидкостям гидросистем.

Билет №37

1. Расход жидкости через трубопровод при ламинарном и турбулентном режимах течения жидкости.
2. Зависимость плотности жидкости и газа.

Билет №38

1. Взаимосвязь потенциальной и кинетической энергии потока жидкости.
2. Зависимость вязкости от температуры.

Билет №39

1. Анализ составляющих уравнения Бернулли с энергетической точки зрения.
2. Труба Вентуры.

Билет №40

1. Приборы для измерения давления.

2. Измерение давления и скорости течения потока жидкости в трубопроводе.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Студент отвечает на 2 вопроса и дополнительные вопросы	*Повышенный уровень*	*Отлично*
Студент отвечает на 2 вопроса, имеются неточности, нет ответов на дополнительные вопросы	*Базовый уровень*	*Хорошо*
Студент отвечает на 1 вопрос, имеются неточности, отвечает на дополнительные вопросы	*Пороговый уровень*	*Удовлетворительно*
Студент не отвечает ни на вопросы ни на дополнительные вопросы	–	*Неудовлетворительно*

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

ПК-3

Способен к созданию теоретических и математических моделей, описывающих физику кинетических явлений или процессы в реакторах, ускорителях

Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:

1. Что называют гидравликой?

1) науку, которая изучает равновесие и движение жидкостей;
2) науку, которая изучает движение водных потоков;
3) науку, которая изучает положение жидкостей в пространстве; 4) науку, которая изучает взаимодействие водных потоков.

2. Какое физическое вещество называется жидкостью?

1) которое способно заполнять всё свободное пространство;
2) которое может видоизменять свой объём;
3) **которое видоизменяет форму в результате воздействия сил;**
4) способное к текучести.

3. Укажите разновидность жидкой субстанции, не являющейся газообразной.

1) жидкий азот;
2) водород; **3) ртуть;** 4) кислород.

4. Что такое идеальная жидкость?

1) пригодная к применению;
2) **без внутреннего трения;**
3) способная к сжатию; 4) которая существует исключительно в ряде условий.

5. Какой может быть внешняя сила, воздействующая на жидкую субстанцию?

1) инерциальная, поверхностная;
2) поверхностная, внутренняя; 3) тяготения, давления; **4) массовая, поверхностная.**

6. Дайте определение понятию сжимаемости для жидких субстанций.

1) видоизменение формы в результате действия давления;
2) сопротивление воздействию давления, без видоизменения формы;
3) **изменение объёма в результате действия давления;** 4) сопротивление воздействию давления с видоизменением формы.

7. Какой коэффициент характеризует сжимаемость жидкой субстанции?

1) объёмного сжатия;
2) Джоуля; 3) температурный; 4) возрастания.

8. Что не характеризует вязкость жидкой субстанции?

1) статический коэффициент вязкости;
2) кинематический вязкостный коэффициент; 3) динамический коэффициент вязкости; 4) градус Энглера.

9. Какой из перечисленных процессов не характерен для окисления жидкостей?

1) выпадение осадка в виде смолы;
2) изменение цвета жидкой субстанции;
3) **увеличение вязкости;** 4) выпадение осадка в виде шлака.

10. О чём говорит второе правило о свойствах гидростатического давления?

1) об отсутствии изменений, независимо от направления;
2) о постоянстве и перпендикулярному расположению относительно стенок резервуара; 3) об изменении, в зависимости от месторасположения; 4) об отсутствии изменений в горизонтальной плоскости.

11. Название объёма жидкости, протекающей за единицу времени через живое сечение –

1) расход потока;
2) объёмное течение; 3) быстрота потока; 4) скорость течения.

12. Определение отношения расхода жидкой субстанции к площади живого сечения –

1) средний расход текущего потока;
2) наибольшая быстрота течения; **3) средняя быстрота потока;** 4) наименьший расход течения.

13. Что называют гидравлическим сопротивлением?

1) сопротивление жидкой субстанции к деформации формы собственного русла;
2) сопротивление, которое препятствует прохождению жидкой субстанции;
3) сопротивление, характеризующееся падением скорости движения жидкой субстанции через трубопровод;
4) **сопротивление трубопровода, сопровождаемое энергетическими потерями жидкой субстанции.**

14. Назовите источник энергетических потерь движущейся жидкой субстанции.

1) объём;
2) расход жидкой субстанции;
3) **вязкость;** 4) перенаправление жидкой субстанции.

15. Чем характерен турбулентный режим движения жидкой субстанции?

1) послойным движением частиц жидкой субстанции;
2) беспорядочным и одновременно послойным движением частиц жидкой субстанции;
3) **бессистемным движением частиц жидкости внутри трубопровода;**
4) послойным движением частиц жидкой субстанции исключительно в центральной части трубопровода.

ПК-5

Способен осуществлять контроль, организацию и планирование безопасной эксплуатации тепло- и электрооборудования, трубопроводов, парогенераторов АЭС, а также основных фондов реакторного отделения АЭС

Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:

1. **Что такое свободная или естественная конвекция и за счет чего она создается?**

Если движение элементов объема среды вызвано наличием в ней температурных разностей, а, следовательно, разных плотностей, то такая конвекция называется свободной или естественной. Она создается за счет того, что более холодные частицы жидкости или газа, имеющие большую плотность, под действием гравитационного поля Земли опускается вниз, а более нагретые под действием архимедовой силы поднимаются вверх

2. **Что выражает собой коэффициент вязкости?**

Коэффициент вязкости выражает собой силу трения, приходящуюся на единицу поверхности соприкосновения двух жидких слоев, «скользящих» друг по другу при условии, что на единицу длины нормали к поверхности скорость движения изменяется на единицу

3. **В чем состоит процесс диссипации?**

Существование процесса диссипации состоит в том, что часть механической энергии движущейся жидкости переходит в тепловую и вызывает нагревание жидкости.

4. **Что такое пограничный слой?**

Пограничным слоем называется область движения вязкой теплопроводной жидкости, характеризующаяся малой толщиной и большим поперечным градиентом скорости, изменением которой обусловлен процесс переноса теплоты, вещества и количества движения

5. **Объясните в чем разница характера омывания труб в коридорном и шахматном порядке.**

Условия омывания труб первого ряда обоих пучков примерно такие же, как и в случае одиночной трубы. Теплоотдача первого ряда определяется начальной турбулентностью набегающего потока. В последующих рядах характер омывания меняется за счет дополнительной турбулизации потока впереди расположенными трубами, поэтому теплоотдача от них то же меняется. При коридорном расположении труб, трубы следующего по ходу движения воды ряда коридорного пучка «затенены» трубами предыдущего ряда. Между ними создается застойная зона с пониженной циркуляцией жидкости, что приводит к снижению теплоотдачи в лобовой и кормовой частях труб. В шахматном пучке характер омывания практически одинаков во всех рядах.