



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

УТВЕРЖДАЮ
Директор института

Фонд оценочных средств
(приложение к рабочей программе дисциплины)
«ГИДРОДИНАМИКА И ТЕПЛООБМЕН В ЖИДКОСТЯХ»
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, ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

1.1 Результаты освоения дисциплины

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными компетенциями

Код и наименование компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями
ПК-1 Способен применять технологии проектирования основного и вспомогательного теплоэнергетического оборудования теплоэлектроцентралей и тепловых сетей с применением цифровых инструментов; ПК-2 Способен обосновывать выбор методов повышения эффективности и надёжности технологии производства тепловой и электрической энергии дизельных электрических станций.	Гидродинамика и теплообмен в жидкостях	<u>Знать:</u> - основные виды теплообмена; - стационарный и нестационарный теплообмен в период пуска (остановки) и работы теплоэнергетического оборудования; - теплообмен при кипении теплоносителя, кризисы теплообмена; - основы теплогидравлического расчёта теплоэнергетического оборудования. <u>Уметь:</u> - использовать основные законы теплообмена в профессиональной деятельности с целью интенсификации процессов теплообмена, обеспечения нормального температурного режима работы элементов оборудования и минимизации потерь теплоты; - рассчитывать передаваемые тепловые потоки. <u>Владеть:</u> - навыками теплогидравлического расчёта теплообменных аппаратов теплоэнергетических установок и систем теплоснабжения, навыками использования специальной научной литературой при постановке и решении задач теплообмена.

1.2 К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания открытого и закрытого типов;
- задание по контрольной работе (для студентов заочной формы обучения);

Промежуточная аттестация в форме зачета проходит по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости. В отдельных случаях (при не прохождении всех видов текущего контроля) зачет может быть проведен в виде тестирования. . Оценивание результатов сдачи зачета («зачтено» или «не зачтено») осуществляется в соответствии с критериями, указанными в таблице 2.

1.3 Критерии оценки результатов освоения дисциплины

Универсальная система оценивания результатов обучения 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).

Таблица 2 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
1 Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	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
2 Работа с информацией	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
3 Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно коррект-	В состоянии осуществлять систематический и научно-коррект-

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
	сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений		ный анализ представленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	ный анализ представленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
4 Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	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

1.4 Оценивание тестовых заданий открытого и закрытого типа осуществляется по системе зачтено/ не зачтено («зачтено» – 41-100% правильных ответов; «не зачтено» – менее 40 % правильных ответов) или пятибалльной системе (оценка «неудовлетворительно» - менее 40 % правильных ответов; оценка «удовлетворительно» - от 41 до 60 % правильных ответов; оценка «хорошо» - от 61 до 80% правильных ответов; оценка «отлично» - от 81 до 100 % правильных ответов). Для заданий открытого типа оценивается верность ответа по существу вопроса, при этом не учитывается порядок слов в словосочетании, верность окончаний, падежи.

2 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2.1. Тестовые задания

Компетенция ПК-1: Способен применять технологии проектирования основного и вспомогательного теплоэнергетического оборудования теплоэлектроцентралей и тепловых сетей с применением цифровых инструментов

Тестовые задания открытого типа:

1. Количество тепла, которое передается за единицу времени через единицу площади изотермической поверхности при температурном градиенте, равном единице называется:

Ответ: Коэффициентом теплопроводности

2. При увеличении скорости движения жидкости в канале круглого сечения в 1,5 раза, падение давления в канале увеличивается в:

Ответ: 2,25 раза

3. Слой жидкости около твёрдой поверхности, в пределах которого температура жидкости изменяется от температуры стенки, до температуры жидкости вдали от тела называется:

Ответ: Тепловой пограничный слой

4. Количество тепла, отдаваемое в единицу времени, через единицу площади поверхности при разности температур между поверхностью и жидкостью, равной одному градусу называется:

Ответ: Коэффициентом теплоотдачи

5. К дифференциальным уравнениям конвективного теплообмена относят:

Ответ: Уравнение энергии, уравнение движения, уравнение сплошности

6. При уменьшении внутреннего диаметра канала круглого сечения в 2 раза, падение давления в канале увеличивается в :

Ответ: в 16 раз

7. Отношение массового расхода пара в данном сечении трубы к массовому расходу двухфазной парожидкостной смеси называется

Ответ: Расходным массовым паросодержанием

8. Количество тепла, передаваемое в единицу времени, через единицу площади поверхности стенки от одной жидкости к другой при разности температур между ними равной одному градусу называется

Ответ: Коэффициентом теплопередачи

9. При конвективном теплообмене при вынужденном продольном омывании жидкостью плоской пластины толщина теплового пограничного слоя может совпадать с толщиной гидродинамического пограничного слоя при :

Ответ: $Pr = 1,0$

10 Тонкий слой заторможенной около твёрдой поверхности жидкости, в котором скорость жидкости падает от скорости невозмущённого потока до нуля называется:

Ответ: Гидродинамический пограничный слой

11. Математическое описание задачи конвективного теплообмена составляют:

Ответ: Система дифференциальных уравнений энергии, движения, сплошности в совокупности с условиями однозначности

12. К безразмерному числу подобия, характеризующему интенсивность конвективного теплообмена в жидкостях относят

Ответ: Число Нуссельта

Тестовые задания закрытого типа:

13. Коэффициент гидравлического сопротивления потоку жидкости двигающейся в прямом канале при внезапном изменении поперечного сечения канала зависит:	
1. От отношения меньшего поперечного сечения канала к длине канала	3. От отношения меньшего поперечного сечения канала к большему поперечному сечению канала
2. От произведения меньшего и большего поперечных сечений канала	4. От отношения большего поперечного сечения канала к длине канала

14. Коэффициент теплоотдачи при вынужденном движении кипящей жидкости в трубе α при $0,5 \leq \alpha_k/\alpha_w \leq 2,0$ определяется по формуле (где α_k – коэффициент теплоотдачи при пузырьковом кипении в большом объёме, α_w - коэффициент теплоотдачи при турбулентном течении жидкости в трубе):	
1. $\alpha = \alpha_w \frac{4\alpha_w + \alpha_k}{5\alpha_w - \alpha_k}$	3. $\alpha = \alpha_w$
2. $\alpha = \alpha_k$	4. $\alpha = 0,5(\alpha_w + \alpha_k)$

15. Какой из факторов НЕ оказывает влияние на коэффициент теплоотдачи при плёночной конденсации пара на поверхности трубы:	
1. Шероховатость поверхности трубы	3. Материал трубы
2. Содержание в паре неконденсирующихся газов	4. Расположение трубы (вертикальное, или горизонтальное)

16. При пузырьковом кипении воды в большом объёме первая критическая плотность теплового потока будет:	
1. Меньше второй критической плотности теплового потока	3. Больше, или меньше второй критической плотности теплового потока в зависимости от температурного напора
2. Равна второй критической плотности теплового потока	4. Больше второй критической плотности теплового потока

Компетенция ПК-2: Способен обосновывать выбор методов повышения эффективности и надёжности технологии производства тепловой и электрической энергии дизельных электрических станций.

Тестовые задания открытого типа:

1. К безразмерному числу подобия, характеризующему гидрадинамический режим движения жидкости в трубе относят

Ответ: Число Рейнольдса

2. Истинным объемным паросодержанием двухфазного парожидкостного потокадвигающегося в вертикальном канале называют:

Ответ: Отношение площади поперечного сечения занятого паром к полной площади поперечного сечения канала

3. С увеличением температурного напора $\Delta t = (t_n - t_{ст})$ коэффициент теплоотдачи при плёночной конденсации неподвижного пара на вертикальной стенке

Ответ: Уменьшается

4. К основным безразмерным числам подобия, характеризующим конвективный теплообмен в жидкостях относят:

Ответ: Число Грасгофа число Рейнольдса, число Прандтля

5. К безразмерному числу подобия, характеризующему интенсивность теплового движения при свободном конвективном теплообмене относят

Ответ: Число Грасгофа

6. При движении жидкости в трубах различают следующие режимы течения

Ответ: Ламинарный, переходный, турбулентный

7. При конвективном теплообмене при вынужденном продольном омывании жидкостью плоской пластины толщина теплового пограничного слоя может быть больше толщины гидродинамического пограничного слоя при :

Ответ: $Pr < 1,0$

8. Турбулентное движение жидкости и перенос теплоты называются квазистационарным:

Ответ: Если с течением времени турбулентные пульсации температуры и скорости жидкости не изменяются.

9. При вынужденном поперечном обтекании пучка труб (при прочих равных условиях) коэффициент теплоотдачи будет наибольшим при угле атаки равном:

Ответ: 90 градусов

10. Режим неизотермического вынужденного движения теплоносителя при ламинарном течении, который характеризуется отсутствием естественной конвекции, называется:

Ответ: вязкостный

11. Развитое турбулентное течение при вынужденном движении в трубах возникает при значении числа Рейнольдса:

Ответ: более 10 000

12. Режим движения теплоносителя, при котором его частицы движутся без перемешивания, слоями, называется:

Ответ: ламинарный

Тестовые задания закрытого типа:

13. Потеря давления при вынужденном движении жидкости в канале круглого сечения зависит от скорости движения жидкости в трубе			
1.	$\Delta P \sim \frac{1}{W}$	3.	$\Delta P \sim \frac{1}{W^2}$
2.	$\Delta P \sim W^2$	4.	$\Delta P \sim W$

14. Наибольшее влияние на коэффициент теплоотдачи при плёночной конденсации пара на поверхности трубы оказывают (возможны два правильных ответа):	
1. Содержание в паре неконденсирующихся газов	3. Скорость охлаждающей воды внутри трубы
2. Материал трубы	4. Давление и температура пара

15. Толщина гидродинамического пограничного слоя при ламинарном движении жидкости вдоль плоской пластины зависит от числа Рейнольдса:	
1. $\delta \sim \frac{1}{Re_x}$	3. $\delta \sim Re^{0,5}$
2. $\delta \sim \frac{1}{\sqrt{Re_x}}$	4. $\delta \sim \frac{1}{Re_x^{0,2}}$

16. С увеличением температурного напора $\Delta t = (t_n - t_{ст})$ коэффициент теплоотдачи при капельной конденсации неподвижного пара на горизонтальной трубе:	
1. Увеличивается	3. Уменьшается
2. Остаётся неизменным	4. Сначала увеличивается, а потом начинает уменьшаться

3 ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ, КУРСОВУЮ РАБОТУ/КУРСОВОЙ ПРОЕКТ, РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКУЮ РАБОТУ

3.1. Типовые задания по контрольной работе (для студентов заочной формы обучения)

Задание по контрольной работе выдается студентам заочной формы обучения с целью контроля качества их самостоятельной работы. Контрольная работа предполагает решение пяти задач для которых разработано 20 вариантов (см. таблицу 3).

Задача 1

1. Плоская пластина длиной $l = 2$ м и шириной $b = 1,5$ м обдувается воздухом со средней скоростью W , м/с. Средняя температура набегающего воздуха $t_{ж}$, °С, средняя температура стенки $t_{ст} = 90$ °С. Определить:

- средний коэффициент теплоотдачи α и количество теплоты передаваемое пластине Q ,
- толщину пограничного гидродинамического слоя δ в точке перехода ламинарного режима движения в турбулентный.

Задача 2

Котельный, коридорный пучок трубок (наружный диаметр труб $d = 70$ мм, поперечный и продольный шаги равны $S_1 = S_2 = 190$ мм, длина трубок $l = 2,75$ м, количество труб в пучке $n = 500$ шт.) омывается продольным потоком дымовых газов. Средние температуры газов и стенки трубок соответственно равны $t_{ж} = 750$ °С и $t_{ст}$ °С. Средняя скорость газов в пучке равна W , м/с. Известны теплофизические свойства газов:

- кинематическая вязкость $\nu = 122 \times 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$,
- коэффициент теплопроводности $\lambda = 8,71 \times 10^{-2} \text{ Вт/м К}$,
- Число Прандтля $Pr = 0,6$.

Определить средний коэффициент теплоотдачи α и количество теплоты, передаваемое газами пучку труб Q .

Задача 3

В трубе внутренним диаметром $d = 60 \text{ мм}$ движется кипящая вода со скоростью W , м/с при давлении P , МПа. Температурный напор между стенкой трубы и кипящей водой составляет $\Delta t = 3 \text{ }^\circ\text{C}$. Определить средний коэффициент теплоотдачи при кипении воды α .

Задача 4

Вычислить средний коэффициент теплоотдачи α и количество сухого насыщенного пара G , кг/ч, которое конденсируется на поверхности вертикальной трубы диаметром $d = 20 \text{ мм}$ и длиной $l = 2,5 \text{ м}$, если известны:

- давление пара вдали от трубы P , кПа,
- температурный напор между паром и стенкой трубы $\Delta t = 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Задача 5

Вычислить средний коэффициент теплоотдачи от движущегося потока пара к трубе горизонтального пучка труб, если известны:

- наружный диаметр трубок $d = 20 \text{ мм}$,
- средняя скорость движущегося потока пара W , м/с,
- давление пара P , кПа.
- температурный напор между паром и стенкой трубы Δt , $^\circ\text{C}$.

Таблица 3 – Варианты 1-10 задач контрольной работы для студентов заочной формы обучения

Номер задачи	Обозначение величины	Номера вариантов									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	W , м/с	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
	$t_{ж}$, $^\circ\text{C}$	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25
2	W , м/с	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
	$t_{ст}$, $^\circ\text{C}$	245	240	235	230	225	220	215	210	205	200
3	W , м/с	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0
4	P , кПа	620	610	600	590	700	690	680	670	660	650
5	W , м/с	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	P , кПа	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,00	13,0	14,0	15,0

Номер задачи	Обозначение величины	Номера вариантов									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,00	13,0	14,0	15,0

Таблица 3 (продолжение) – Варианты 10-20 задач контрольной работы для студентов заочной формы обучения

Номер задачи	Обозначение величины	Номера вариантов									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	$W, \text{м/с}$	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5
	$t_{ж}, ^\circ\text{C}$	29	28	27	26	25	30	34	33	32	31
2	$W, \text{м/с}$	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
	$t_{ст}, ^\circ\text{C}$	245	240	235	230	225	220	215	210	205	200
3	$W, \text{м/с}$	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,9	1,8	1,7	1,6	1,0
4	$P, \text{кПа}$	690	680	670	660	650	620	610	600	590	700
5	$W, \text{м/с}$	16	17	18	19	20	11	12	13	14	15
	$P, \text{кПа}$	11,0	12,00	13,0	14,0	15,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	11,0	12,00	13,0	14,0	15,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0

Оценивание результатов сдачи контрольной работы («зачтено» или «не зачтено») осуществляется в соответствии с критериями, указанными в таблице 4.

Таблица 4 – Система оценок и критерии оценивания контрольной работы

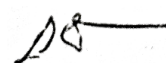
Система оценок		Критерий
«отлично»	Зачтено	Методика и порядок расчёта верные. Ошибки отсутствуют, либо имеются несущественные вычислительные ошибки
«хорошо»		Методика и порядок расчета верные. Имеются вычислительные ошибки, обусловленные невнимательностью при расчётах, которые не привели к существенному искажению результата
«удовлетворительно»		Имеются незначительные ошибки в методологии, ошибки в промежуточных расчётах, обусловленные неполным пониманием принципа расчёта, при этом конечный результат имеет приемлемые отклонения
«не удовлетворительно»	Не зачтено	Применена неверная методология, нарушен порядок расчета, имеется серьезная системная ошибка, обусловленная непониманием принципа расчёта и приведшие к ошибочному результату

4 СВЕДЕНИЯ О ФОНДЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И ЕГО СОГЛАСОВАНИИ

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине «Гидродинамика и теплообмен в жидкостях» представляет собой компонент основной профессиональной образовательной программы магистратуры по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника.

Преподаватель-разработчик – к.т.н., доцент А.Г. Филонов

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен заведующим кафедрой энергетики
Заведующий кафедрой



В.Ф. Белей

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен методической комиссией института морских технологий, энергетики и строительства протокол № 6 от 26.08.2025.

Председатель методической комиссии ИМТЭС



О.А. Белых