



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)  
**«ГИДРОГАЗОДИНАМИКА»**

основной профессиональной образовательной программы бакалавриата  
по направлению подготовки

**13.03.01 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**  
Профиль программы  
**«ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ»**

ИНСТИТУТ  
РАЗРАБОТЧИК

морских технологий, энергетики и строительства  
кафедра энергетики

## 1 РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ, ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

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/индикаторами достижения компетенции
<p>ОПК-4: Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах</p>	<p>Гидрогазодинамика</p>	<p><u>Знать:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные физические свойства жидкостей и газов;</li> <li>- общие законы и уравнения статики, кинематики и динамики жидкостей и газов;</li> <li>- особенности физического и математического моделирования одномерных и трёхмерных, дозвуковых и сверхзвуковых, ламинарных и турбулентных течений идеальной и реальной несжимаемой и сжимаемой жидкостей;</li> <li>- область применения, типы и принципы действия гидро-, пневмо – и газовых машин, используемых в теплоэнергетике, в которых работают законы гидрогазодинамики</li> </ul> <p><u>Уметь:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- рассчитывать гидродинамические параметры потока жидкости (газа) при внешнем обтекании тел и течении в каналах (трубах), проточных частях гидрогазодинамических машин;</li> <li>- проводить гидравлический расчет трубопроводов; формулировать задачи переноса основных гидродинамических величин, составлять соответствующие уравнения баланса;</li> <li>- решать на их базе, как задачи обработки экспериментальных данных, так и уметь составлять корректные физические и математические модели процессов и явлений теплоэнергетических систем, в которых существенно использование гидрогазодинамики;</li> </ul> <p><u>Владеть:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методиками проведения типовых гидродинамических расчетов гидромеханического оборудования и трубопроводов;</li> <li>- навыками работы с литературой и машинами, используемыми в теплоэнергетике для контроля, управления и выполнения определённых действий в технологической цепочке, где существенно используются гидрогазодинамические законы.</li> </ul>

1.2 К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания открытого и закрытого типов;
- контрольная работа (для заочной формы обучения)..

К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в форме экзамена, относятся соответственно:

- экзаменационные задания по дисциплине, представленные в виде тестовых заданий закрытого и открытого типов.

1.3 Критерии оценки результатов освоения дисциплины

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  Критерий	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«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 полной 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	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в ис-	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные постав-

Система оценок  Критерий	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
	него сведений		следование новые релевантные задаче данные	ленной задаче данные, предлагает новые курсы поставленной задачи
<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

1.4 Оценивание тестовых заданий закрытого типа осуществляется по системе зачтено/ не зачтено («зачтено» – 41-100% правильных ответов; «не зачтено» – 0-40 % правильных ответов) или пятибалльной системе (оценка «неудовлетворительно» – 0-40 % правильных ответов; оценка «удовлетворительно» – 41-60 % правильных ответов; оценка «хорошо» – 61-80% правильных ответов; оценка «отлично» – 81-100 % правильных ответов).

Тестовые задания открытого типа оцениваются по системе «зачтено/ не зачтено». 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

Компетенция ОПК-4: Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах.

### Тестовые задания открытого типа:

1. Внешняя энергия газа – это \_\_\_\_\_  
**Ответ: сумма кинетической энергии направленного движения газа и потенциальной энергии, обусловленной полем массовых сил**
2. Гидродинамический след – это \_\_\_\_\_  
**Ответ: область, которую образуют заторможенные частицы пограничного слоя за обтекаемым телом**
3. Формула Сен-Венана-Ванцеля позволяет определить \_\_\_\_\_  
**Ответ: скорость истечения газа через сужающееся сопло**

4. Единицей измерения массового расхода жидкости является \_\_\_\_\_  
**Ответ: кг/с**
5. Для описания движения жидкости в кинематике применяют метод(ы) \_\_\_\_\_  
**Ответ: Эйлера и Лагранжа**
6. Объем тела давления – это \_\_\_\_\_  
**Ответ: объем, ограниченный стенкой, пьезометрической плоскостью и вертикальной проецирующей плоскостью, построенной на контуре тела**
7. При ламинарном режиме потери напора по длине пропорциональны средней скорости жидкости в степени \_\_\_\_\_  
**Ответ: 1.0**
8. Стационарным течением среды называется течение \_\_\_\_\_  
**Ответ: параметры которого явным образом не зависят от времени**
9. Эквипотенциальная поверхность – это поверхность, на которой \_\_\_\_\_  
**Ответ: потенциал скорости постоянен**
10. Конвективное ускорение жидкой частицы представляет собой \_\_\_\_\_  
**Ответ: изменение скорости частицы в пространстве в данный момент времени**
11. С уменьшением температуры кинематический коэффициент вязкости капельных жидкостей \_\_\_\_\_  
**Ответ: увеличивается**
12. Объем тела, полностью находящегося в масле плотностью  $\rho_m = 900 \text{ кг/м}^3$ , равен  $50 \text{ м}^3$ . Выталкивающая сила, действующая на это тело равна \_\_\_\_\_  
**Ответ: 450 кН**
13. Траектория движения жидкой частицы – это \_\_\_\_\_  
**Ответ: геометрическое место точек последовательных положений жидкой частицы в пространстве в следующие друг за другом моменты времени**
14. Гидростатический закон распределения давления состоит в том, что \_\_\_\_\_  
**Ответ: в несжимаемой жидкости, находящейся под действием силы тяжести, давление линейно зависит от вертикальной координаты**
15. Гидростатический парадокс заключается в том, что: \_\_\_\_\_  
**Ответ: сила давления среды на дно сосуда не зависит от его формы**
16. Синонимом вихревого движения жидкости является \_\_\_\_\_  
**Ответ: движение с угловой скоростью вращения**
17. Единицей измерения объемного расхода жидкости является \_\_\_\_\_  
**Ответ:  $\text{м}^3/\text{с}$**
18. Безвихревое движение жидкости – это движение \_\_\_\_\_

**Ответ: потенциальное**

19. Процесс кавитации наступает при следующих условиях : \_\_\_\_\_

**Ответ: понижении давления жидкости до значения, меньшего давления насыщенных паров**

20. Абсолютное давление жидкости в точке представляет собой \_\_\_\_\_

**Ответ: полное напряжение сжатия от действия всех массовых и поверхностных сил, приложенных к жидкости в данной точке**

21. Поверхностное натяжение – это \_\_\_\_\_

**Ответ: стремление вещества уменьшить избыток своей поверхностной энергии на границе радела с другими веществами**

22. Точка приложения результирующей силы неравномерного давления жидкости на плоскую или криволинейную стенку называется \_\_\_\_\_

**Ответ: центром давления**

23. При ламинарном течении гидравлический коэффициент трения для круглых труб зависит от \_\_\_\_\_

**Ответ: числа Re**

24. Гидродинамический пограничный слой – это \_\_\_\_\_

**Ответ: слой движущейся жидкости около поверхности обтекаемого тела, в котором в основном проявляется действие вязкости**

25. Ударная адиабата представляет собой \_\_\_\_\_

**Ответ: уравнение связи давления и плотности газа перед скачком уплотнения и за ним**

С ростом температуры кинематический коэффициент вязкости капельных жидкостей \_\_\_\_\_

**Ответ: уменьшается**

26. Для описания ламинарного пограничного слоя используются уравнения \_\_\_\_\_

**Ответ: Прандтля**

27. Поток газа называется сверхзвуковым, если число Маха \_\_\_\_\_

**Ответ: больше единицы**

28. Основой для вывода уравнений ламинарного пограничного слоя являются уравнения

**Ответ: Навье-Стокса**

### **Тестовые задания закрытого типа:**

29. Динамический коэффициент вязкости капельной жидкости (указать НЕверное утверждение)

**А. равен отношению силы вязкости к силам инерции**

**В. уменьшается с ростом температуры**

**С. равен произведению плотности на кинематическую вязкость**

- D. имеет размерность кг/(м·с)
30. Скачок уплотнения
- A. это граница раздела жидкой и газообразной сред
- B. физически не возможен
- C. возникает при переходе дозвукового потока в сверхзвуковой
- D. возникает при торможении сверхзвукового потока**
31. Турбулизации потока вязкой жидкости способствует (указать НЕверное утверждение)
- A. резкое изменение границ потока жидкости**
- B. увеличение средней скорости жидкости
- C. повышение температуры жидкости
- D. уменьшение расхода
32. При турбулентном квадратичном режиме с увеличением числа Рейнольдса (Re) гидравлический коэффициент трения \_\_\_\_\_
- A. не изменяется**
- B. при некотором Re имеет максимальное значение
- C. монотонно увеличивается
- D. монотонно уменьшается
32. Струйный пограничный слой формируется при
- A. выходе струи из отверстия или сопла в безграничную среду той же плотности и вязкости**
- B. выходе струи из отверстия или сопла в безграничную среду с иными значениями плотности и вязкости
- C. входе вязкой жидкости в трубу из большого бака
- D. динамическом воздействии струи жидкости на твердую стенку
33. Согласно закону Архимеда
- A. сила давления покоящейся жидкости на погруженное в нее тело равна весу жидкости в объеме этого тела**
- B. в однородной жидкости на одном горизонтальном уровне давление одинаково
- C. сила давления среды на дно сосуда не зависит от его формы
- D. при переходе системы из одного равновесного состояния в другое объем жидкости в ней не изменяется
34. Нестационарным течением среды называется течение
- A. параметры которого явным образом зависят от времени**
- B. параметры которого явным образом не зависят от времени
- C. вихревое
- D. потенциальное
35. Согласно теории пограничного слоя (ПС) течение внутри ПС (указать НЕверное утверждение)
- A. может быть ламинарным и турбулентным
- B. имеет значительные градиенты скорости
- C. является потенциальным**
- D. является вязким
36. Циркуляция скорости (указать НЕверное утверждение)
- A. выражается через угловую скорость вращения**

- В. считается положительной величиной, если обходить контур так, чтобы ограниченная им область оставалась слева
- С. служит мерой вихревого движения жидкости
- Д. выражается через скорость поступательного движения
37. Модель вязкой несжимаемой жидкости – это жидкость
- А. имеющая вязкость и неизменную плотность**
- В. имеющая свойства электропроводности и сжимаемости
- С. лишенная свойства вязкости и сжимаемости
- Д. обладающая текучестью и имеющая непостоянное значение плотности

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

Учебным планом для студентов заочной формы обучения предусмотрено выполнение контрольной работы. Контрольная работа включает решение шести задач. Выполненную контрольную работу студенты сдают на проверку преподавателю, который делает замечания и пишет рецензию. В случае отсутствия серьёзных замечаний студент допускается к защите контрольной работы. Студент, самостоятельно выполнивший задание и обладающий полной знаний в отношении изучаемых объектов, получает оценку «зачтено». Система оценивания и критерии оценки контрольной работы представлены в таблице 2.

**Задача 1.** На какую величину переместится шток гидроцилиндра диаметром  $D$  с запертым в нем при атмосферном давлении объемом минерального масла  $V_0 = 18$  л, если на шток приложить усилие  $T$ . Значения  $D$  и  $T$  указаны в табл. П.16. Коэффициент сжимаемости масла  $\beta_p = 6,6 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{Н}$ . Деформацией стенок гидроцилиндра пренебречь.

Таблица 3

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$D, \text{ мм}$	50	56	63	70	80	90	100	110	125	140
$T, 10^4 \text{ Н}$	3,5	4,5	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0	15,0	19,0	24,0

**Задача 2.** Определить необходимую высоту дымовой трубы для печей термического цеха, если труба должна создавать разрежение  $h$  мм вод. ст. при средней температуре дымовых газов  $t_r$  °С и температуре окружающего воздуха  $t_v$  °С (табл. П.17). Плотности дымовых газов и воздуха при нормальных условиях ( $t_0 = 0^\circ\text{C}$  и  $p_0 = 760$  мм рт.ст.) принять соответственно равными  $\rho_g, \text{ кг/м}^3$  и  $\rho_v = 1,293 \text{ кг/м}^3$ .

Примечание. Разрежение у основания трубы создается за счет разности давления столба атмосферного воздуха и давления столба дымовых газов, равных высоте дымовой трубы  $H$ .

Таблица 4

Величина	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\rho_r$ , кг/м <sup>3</sup>	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	1,28	1,27	1,26	1,25	1,24
$h$ , мм.вод.ст	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
$t_r$ , °С	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500
$t_b$ , °С	20	22	24	26	28	30	28	26	24	22

**Задача 3.** Определить, каким – потенциальным или вихревым – будет движение жидкости, заданное проекциями скоростей  $u$ ,  $v$ ,  $w$  (табл. 3). Найти функцию потенциала скорости  $\phi$  и составить уравнение линии тока, если движение потенциальное. Найти составляющие угловой скорости вращения  $\omega_x$ ,  $\omega_y$ ,  $\omega_z$ , если движение вихревое.

Примечание:  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – постоянные величины;  $R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ .

Таблица 5

Величина	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$u$	$-ay$	$-2ay$	$by$	$2by$	$x+t$	$\alpha x/R^3$	$bx/R^3$	$\alpha xy$	$bxy$	$cxy$
$v$	$-\alpha x$	$2\alpha x$	$-by$	$-2bx$	$-y+t$	$\alpha y/R^3$	$by/R^3$	$\alpha xz$	$byz$	$cyz$
$w$	0	0	0	0	0	$\alpha z/R^3$	$bz/R^3$	$\alpha xz$	$bxz$	$cxz$

**Задача 4.** Определить абсолютное давление в диффузоре горизонтальной трубы (рис. 1), размеры и расход которых приведены в табл.6 Показания открытого пьезометра  $h$ , а плотность жидкости  $\rho$ . Потерями напора по длине трубы пренебречь.

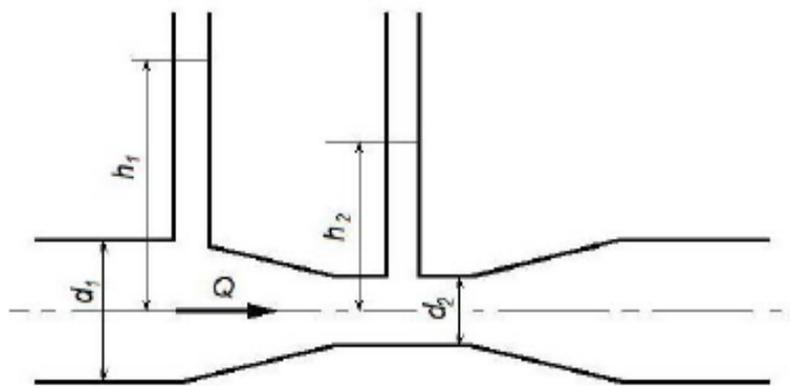


Рис. 1

Таблица 6

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$d_1$ , мм	200	190	180	170	160	150	140	130	120	110
$d_2$ , мм	0,80	0,76	0,72	0,68	0,64	0,60	0,56	0,52	0,48	0,44

Q, м <sup>3</sup> /с	36	33	30	27	24	21	18	15	12	9
H <sub>1</sub> , мм	1,80	1,75	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40	1,35
ρ, кг/м <sup>3</sup>	1000	990	980	970	960	950	940	930	920	910

**Задача 5.** Определить суммарные потери давления в трубопроводе (рис. 2) диаметром 20 мм на участке между точками А и В, если скорость потока жидкости  $u$ , суммарный коэффициент местных сопротивлений  $\zeta = \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 + \zeta_4$ , а общая протяжённость прямолинейных участков трубопровода  $l = l_1 + l_2 + l_3 + l_4$  (табл. 7). Плотность жидкости  $\rho_{ж} = 890$  кг/м<sup>3</sup>.

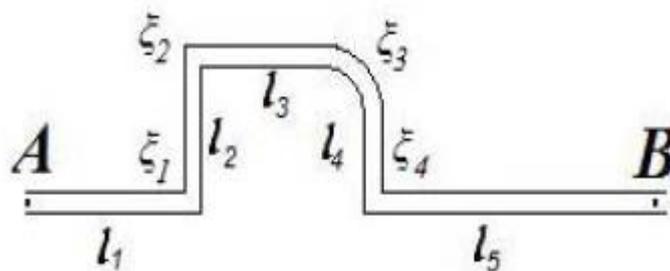


Рис. 2

Таблица 7

Параметры	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
u, м/с	4,0	4,3	4,6	4,9	5,2	5,5	5,8	5,1	5,4	5,7
ζ	2,5	2,8	зд	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6	4,9	5,2
l, м	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5
$v_{ж} \cdot 10^{-6}, \text{м}^2/\text{с}$	600	570	540	510	480	450	420	390	360	330

**Задача 6.** Определить число М, скорость звука и параметры торможения ( $p_0$ ,  $R_0$ ,  $\rho_0$ ) газового потока, перемещающегося в условиях энергетической изоляции (изоэнтропических условиях) со скоростью  $u$  при давлении  $p$ , если известен показатель адиабаты  $k$ , газовая постоянная  $R$  и максимальная скорость  $u_{\text{max}}$  (табл. 8). Построить графики зависимостей  $u(M)$  и  $a(M)$  при условии изменения скорости от  $u = 0$  до  $u_{\text{max}}$ .

Таблица 8

Величина	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
k	1,4	1,4	1,4	1,4	1,33	1,33	1,33	1,33	1,4	1,4
R, Дж/кг·К	31	31	300	300	286	286	173	273	309	309
u, м/с	350	400	522	500	305	550	305	600	720	650
p, кПа	120	130	8607	110	96	100	110	80	50	60
$u_{\text{max}}$ , м/с	715	841	830	916	1115	1052	985	1162	1080	1114

#### 4. СВЕДЕНИЯ О ФОНДЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И ЕГО СОГЛАСОВАНИИ

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине «Гидрогазодинамика» представляет собой компонент основной профессиональной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, профиль «Тепловые электрические станции».

Преподаватель-разработчик – С. В. Юрков.

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен заведующим кафедрой энергетики.

Заведующий кафедрой



В. Ф. Белей

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен методической комиссией ИМТЭС (протокол № 8 от 26.08.2024 г).

Председатель методической комиссии ИМТЭС



О.А. Бельх