

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Обнинский институт атомной энергетики –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Одобрено на заседании

Ученого совета ИАТЭ

НИЯУ МИФИ

Протокол от 24.04.2023 №23.4

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине

Механика жидкости и газа

название дисциплины

для направления подготовки

14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

код и направления подготовки

образовательная программа

Монтаж, наладка и ремонт оборудования АЭС

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2023 г.

Область применения

Фонд оценочных средств (ФОС) – является обязательным приложением к рабочей программе дисциплины «Механика жидкости и газа» и обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

Цели и задачи фонда оценочных средств

Целью Фонда оценочных средств является установление соответствия уровня подготовки обучающихся требованиям федерального государственного образовательного стандарта.

Для достижения поставленной цели Фондом оценочных средств по дисциплине «Механика жидкости и газа» решаются следующие задачи:

- контроль и управление процессом приобретения обучающимися знаний, умений и навыков, предусмотренных в рамках данной дисциплины;
- контроль и оценка степени освоения компетенций, предусмотренных в рамках данной дисциплины;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс в рамках данной дисциплины.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1. В результате освоения ОП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

<i>Код компетенций</i>	<i>Наименование компетенции</i>	<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции</i>
ПК-14	Способен участвовать в испытаниях и определении работоспособности установленного и ремонтируемого оборудования.	З-ПК-14 Знать: методы проведения испытаний и определения работоспособности установленного и ремонтируемого оборудования; У-ПК-14 Уметь: применять методы проведения испытаний и определения работоспособности установленного и ремонтируемого оборудования; В-ПК-14 Владеть: навыками проведения испытаний и определения работоспособности установленного и ремонтируемого оборудования.

1.2. Этапы формирования компетенций в процессе освоения ОП бакалавриата

Компоненты компетенций, как правило, формируются при изучении нескольких дисциплин, а также в немалой степени в процессе прохождения практик, НИР и во время самостоятельной работы обучающегося. Выполнение и защита ВКР являются видом учебной деятельности, который завершает процесс формирования компетенций.

Этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины:

- **начальный** этап – на этом этапе формируются знаниевые и инструментальные основы компетенции, осваиваются основные категории, формируются базовые умения. Студент воспроизводит термины, факты, методы, понятия, принципы и правила; решает учебные задачи по образцу;
- **основной** этап – знания, умения, навыки, обеспечивающие формирование компетенции, значительно возрастают, но еще не достигают итоговых значений. На этом этапе студент осваивает аналитические действия с предметными знаниями по дисциплине, способен самостоятельно решать учебные задачи, внося коррективы в алгоритм действий, осуществляя коррекцию в ходе работы, переносит знания и умения на новые условия;
- **завершающий** этап – на этом этапе студент достигает итоговых показателей по заявленной компетенции, то есть осваивает весь необходимый объем знаний, овладевает всеми умениями и навыками в сфере заявленной компетенции. Он способен использовать эти знания, умения, навыки при решении задач повышенной сложности и в нестандартных условиях.

Этапы формирования компетенций в ходе освоения дисциплины отражаются в тематическом плане (см. РПД).

1.3. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения

№ п / п	Контролируемые разделы(темы) дисциплины	Индикатор достижения компетенции	Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации
Текущая аттестация, 6 семестр			

1.	Основные кинематические понятия и образы	З-ПК-14; У-ПК-14; В-ПК-14	вопросы тестов решение задач у доски
2.	Гидрогазостатика	З-ПК-14; У-ПК-14; В-ПК-14	решения текущих домашних задач (по задачнику)
3.	Одномерный поток газа	З-ПК-14; У-ПК-14; В-ПК-14	задачи для контрольной работы (по задачнику)
4.	Гидравлические сопротивления	З-ПК-14; У-ПК-14; В-ПК-14	отчёты по лабораторным работам, индивидуальные домашние задания
5.	Пограничный слой	З-ПК-14; У-ПК-14; В-ПК-14	расчёт пограничного слоя на пластине. результаты расчётов.
Промежуточная аттестация, 6 семестр			
	Зачет	З-ПК-12; У-ПК-12; В-ПК-12	Вопросы к зачету

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Конечными результатами освоения программы дисциплины являются сформированные когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть», расписанные по отдельным компетенциям, которые приведены в п.1.1. Формирование этих дескрипторов происходит в процессе изучения дисциплины по этапам в рамках различного вида учебных занятий и самостоятельной работы.

Выделяются три уровня сформированности компетенций на каждом этапе: пороговый, продвинутый и высокий.

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня	БРС, % освоения	ECTS/Пятибалльная шкала для оценки экзамена/зачета
Высокий <i>Все виды компетенций сформированы на высоком уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i>	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Студент демонстрирует свободное обладание компетенциями, способен применить их в нестандартных ситуациях: показывает умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического или прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	90-100	A/ Отлично/ Зачтено
Продвинутый <i>Все виды компетенций сформированы на продвинутом уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i>	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу, большей долей самостоятельности и инициативы	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Студент может доказать владение компетенциями: демонстрирует способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения.	85-89	B/ Очень хорошо/ Зачтено
			75-84	C/ Хорошо/ Зачтено
Пороговый <i>Все виды компетенций</i>	Репродуктивная деятельность	Студент демонстрирует владение компетенциями в стандартных ситуациях:	65-74	D/Удовлетворительно/ Зачтено

<i>сформированы на пороговом уровне</i>		излагает в пределах задач курса теоретически практически контролируемый материал.	60-64	Е/Посредственно /Зачтено
Ниже порогового	Отсутствие признаков порогового уровня: компетенции не сформированы. Студент не в состоянии продемонстрировать обладание компетенциями в нестандартных ситуациях.		0-59	Неудовлетворительно/Незачтено

Оценивание результатов обучения студентов по дисциплине осуществляется по регламенту текущего контроля и промежуточной аттестации.

Критерии оценивания компетенций на каждом этапе изучения дисциплины для каждого вида оценочного средства и приводятся в п. 4 ФОС. Итоговый уровень сформированности компетенции при изучении дисциплины определяется по таблице. При этом следует понимать, что граница между уровнями для конкретных результатов освоения образовательной программы может смещаться.

Уровень сформированности компетенции	Текущий контроль	Промежуточная аттестация
высокий	высокий	высокий
	<i>продвинутый</i>	<i>высокий</i>
	<i>высокий</i>	<i>продвинутый</i>
продвинутый	<i>пороговый</i>	<i>высокий</i>
	<i>высокий</i>	<i>пороговый</i>
	продвинутый	продвинутый
	<i>продвинутый</i>	<i>пороговый</i>
	<i>пороговый</i>	<i>продвинутый</i>
пороговый	пороговый	пороговый
ниже порогового	пороговый	ниже порогового
	ниже порогового	-

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

– Итоговая аттестация по дисциплине является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков обучающихся по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестации.

– Текущая аттестация в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающихся.

– Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

– Текущая аттестация осуществляется два раза в семестр:

○ контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 8 неделю учебного семестра.

○ контрольная точка № 2 (КТ № 2) – выставляется в электронную ведомость не позднее 16 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 9 по 16 неделю учебного семестра.

– Результаты текущей и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Этап рейтинговой системы /Оценочное средство	Неделя	Балл	
		Минимум*	Максимум**
Текущая аттестация	1-16	36 - 60% от максимума	60
Контрольная точка № 1	7-8	18 (60% от 30)	30
Коллоквиум	7	18	30
Контрольная точка № 2	15-16	18 (60% от 30)	30

Реферат	15	18	30
Промежуточная аттестация	-	24 – (60% 40)	40
Зачет	-		
<i>Вопрос 1</i>	-	12	20
<i>Вопрос 2</i>	-	12	20
ИТОГО по дисциплине		60	100

* - Минимальное количество баллов за оценочное средство – это количество баллов, набранное обучающимся, при котором оценочное средство засчитывается, в противном случае обучающийся должен ликвидировать появившуюся академическую задолженность по текущей или промежуточной аттестации. Минимальное количество баллов за текущую аттестацию, в т.ч. отдельное оценочное средство в ее составе, и промежуточную аттестацию составляет 60% от соответствующих максимальных баллов.

4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков

Обнинский институт атомной энергетики –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Направление	14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика»
и подготовка	
и образовательная программа	«Монтаж, наладка и ремонт оборудования АЭС»
Дисциплина	<u>Механика жидкости и газа</u>

ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. Доказать справедливость закона Паскаля для двух несмешивающихся несжимаемых жидкостей.
2. Объяснить значение основных предположений жидкости – сплошности и легкой подвижности. Получить дифференциальное уравнение неразрывности движения.
3. Найти распределение скоростей по поверхности цилиндра при его безотрывном безциркуляционном обтекании.
4. Рассмотреть взаимодействие вихрей одинаковой интенсивности.
5. Наложением каких простейших течений получают безциркуляционное обтекание круглого цилиндра? Когда применим принцип отвердевания линий тока?
6. Ввести понятие трубки тока; ее основное свойство. Дать выражение для объемного и массового расхода.
7. Проинтегрировать дифференциальные уравнения гидрогазостатики и получить основное уравнение гидростатики.
8. Ввести понятие тока; ее кинематический смысл. Найти линии тока по заданной функции тока.
9. Ввести понятие живого сечения и гидравлического радиуса. Доказать основное свойство плавноизменяющихся движений.
10. Найти силу, действующую на наклонную плоскую стенку в покоящейся жидкости.
11. Получить распределение скорости при ламинарном движении в круглой трубе. Как связаны максимальная и средняя скорости?
12. Рассмотреть режимы течения в соплах Лаваля. Как вывести сопло Лаваля на расчетный сверхзвуковой режим?
13. Найти распределение давления во вращающемся вертикальном сосуде, заполненном жидкостью.
14. Ввести вихревой линии и трубки. Почему вихревые трубки не могут заканчиваться в жидкости?
15. Как связаны интенсивность вихревой трубки с циркуляцией скорости? Найти распределение скоростей вне плоского вихря.
16. Как по известной характеристической функции течения выяснить геометрию течения

- (линии тока), расход, циркуляцию скорости?
17. Получить связь параметров торможения и критических параметров при адиабатическом течении сжимаемой жидкости.
 18. Как определить силу, действующую на произвольную криволинейную поверхность в покоящейся жидкости?
 19. Потенциальное (безвихревое) течение. Ввести понятие потенциала скорости, характеристической функции течения и сопряженной скорости.
 20. Получить уравнение газостатики для изотермического случая. Барометрическое нивелирование.
 21. Получить интеграл Бернулли в случае адиабатического течения газа. Формула для скорости Сен-Венана и Ванцеля.
 22. Объяснить получение и записать вид интеграла Бернулли для относительно движения в турбомашинах.
 23. Методы описания движения жидкости Л. Эйлера и Лагранжа. Записать различные виды выражений для полного ускорения.
 24. Ввести понятие основных параметров двухфазных течений.
 25. Как определить параметры газа в сечениях канала при известном продольном изменении его площади?
 26. Получить выражение для расхода при истечении несжимаемой жидкости из цилиндрического насадка. Почему насадок работает как насос?
 27. Дать определение и назвать элементы плоской решетки профилей. Указать основное свойство решеток, примеры их применения в технике. Получить выражение для силы, действующей на профиль в решетке.
 28. Указать связь функции давления с энтальпией. Тепловая форма интеграла Бернулли.
 29. Получилось выражение для потерь давления на трения при ламинарном течении в трубах. Понятие коэффициента трения.
 30. Получить интеграл Бернулли для тяжелой несжимаемой жидкости и дать его геометрическую интерпретацию.
 31. Как определить массовый расход газа при истечении из конфузурного сопла?
 32. Ввести понятие скорости звука и числа М. Получить связь параметров торможения и статистических через число М для адиабатического течения газа.
 33. Получить между давлением и плотностью при переходе газа через прямой скачок уплотнения (и показать графически).
 34. Рассмотреть возможные случаи безотрывного обтекания цилиндра в зависимости от циркуляции скорости. Почему появляется поперечная сила при циркуляционном обтекании?
 35. Получить закономерности распределения давления вне и внутри плоского вихря.
 36. Дать представление о решении задач обтекания по методу конформных отображений. Объяснить способ получения формы профилей с помощью преобразования инверсии.
 37. Объяснить природу «турбулентных напряжений» в потоке. Записать распределение скоростей в гидравлически шероховатых трубах.
 38. Найти распределение давления по образующей круглого цилиндра при его безциркуляционном обтекании. Сила сопротивления давления.
 39. Определить силу сопротивления давления на пластину, расположенную под углом к набегающему потоку.
 40. Обобщить интеграл Бернулли на поток конечных размеров вязкой жидкости (уравнение Бернулли).
 41. Найти распределение скоростей по поверхности цилиндра при его циркуляционном обтекании.
 42. Объяснить парадокс Даламбера на примере безотрывного безциркуляционного обтекания круглого цилиндра. Кризис сопротивления плохо обтекаемых тел.
 43. Получить выражение для коэффициента сопротивления трения в гидравлически гладких трубах.
 44. Получить распределение скоростей при турбулентном движении в гидравлически

- гладких трубах.
45. Природа турбулентного трения. Дать сравнительную характеристику гипотез турбулентности Буссинеска, Прандтля и Кармана.
 46. Получить выражения для скорости и расхода при истечении из малых отверстий с тонкой стенкой.
 47. Получить уравнения динамики жидкости в напряжениях и указать на его физический смысл.
 48. Ввести понятие давления в вязкой жидкости на основе обобщенного закона Ньютона для тензора напряжений и получить уравнения движения Навье-Стокса.
 49. Перенос тепла и вещества в струях; обосновать эжектирующее воздействие струй.
 50. Объяснить причины отрыва пограничного слоя.
 51. Физические представления о пограничном слое. Объяснить смысл введения толщины вытеснения и толщины потери импульса.
 52. Получить закон сопротивления в гидравлически гладких трубах.
 53. Объяснить возникновение прямого гидравлического удара. Записать выражение для повышения давления при прямом и непрямом гидроударе.
 54. Рассказать последовательность расчета ламинарного пограничного слоя на основе интегрального соотношения Кармана.
 55. Объяснить причины эрозионного износа лопаток в последних ступенях турбин.
 56. Объяснить правила вычисления местных сопротивлений и их природу.
 57. Рассказать эмпирический метод расчета турбулентного пограничного слоя на гидравлически шероховатой поверхности (по Дробленкову).
 58. Эмпирический метод расчета турбулентного пограничного слоя на гидравлически гладкой пластине (по Фолкнеру).
 59. Указать факторы, влияющие на переход ламинарного пограничного слоя в турбулентный. Методы управления пограничным слоем.
 60. Дать классификацию струйных течений и структуру развития турбулентной струи. Вывести закономерности изменения ширины плоских и круглых турбулентных струй.
 61. Получить выражение для скорости звука в газе (паре) для адиабатического процесса. Показать графически изменение скорости звука в двухфазных потоках в зависимости от объемного газосодержания.
 62. Дать оценку слагаемых в уравнения Навье-Стокса в области пограничного слоя. Уравнения пограничного слоя Л. Прандтля и граничные условия.
 63. Структура двухфазного пограничного слоя при малой влажности. Объяснить причину возникновения парового подслоя.
 64. При каких условиях образуются жидкие пленки в двухфазном пограничном слое; их влияние на сопротивление трения и сопротивления давления.
 65. Объяснить причину возможного «запирания» каналов при течении жидкости с пузырьками газа.
 66. Объяснить причину повышения интенсивности гидроударов во вскипающей жидкости.
 67. Показать характер поперечных профилей скорости на начальном и основном участках турбулентной струи.
 68. Записать связь скоростей перед и за скачками уплотнения с критической скоростью. Указать условие возникновения скачков уплотнения.
 69. Привести классификацию струйных течений. Структура турбулентной струи.
 70. Дать оценку «дальности» плоских и круглых струй.
 71. Рассказать об особенностях турбулентного смешения в газодисперсных струях.
 72. Чем обусловлено различие между динамическими и тепловыми границами турбулентных струй.

Критерии и шкала оценивания

Оценка	Критерии оценки
--------	-----------------

Заче но 24-40	Выставляется при соответствии параметрам экзаменационной шкалы на уровнях «отлично», «хорошо», «удовлетворительно».
Не зачтено 23 и меньше	Выставляется при соответствии параметрам экзаменационной шкалы на уровне «неудовлетворительно».

Обнинский институт атомной энергетики –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Направление подготовки	14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика»
Образовательная программа	«Монтаж, наладка и ремонт оборудования АЭС»
Дисциплина	<u>Механика жидкости и газа</u>

КОМПЛЕКТ ТИПОВЫХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Задачи для практических занятий изложены в учебном пособии «Сборник задач по курсу «Механика жидкости и газа» (автор Е.Ф. Авдеев) Задачи представлены по разделам «Гидростатика», «Кинематика жидкости», «Гидродинамика» и «Динамика двухфазных потоков». Каждому разделу предшествуют «основные расчетные зависимости», знания которых необходимо для решения задач.

В качестве типовых задач на практических занятиях решаются в аудитории или задаются на дом задачи 1.8; 1.14; 1.18; 1.21; 1.22; 2.4; 2.9; 2.11; 2.13; 3.1; 3.4; 3.8; 3.13; 3.22; 3.2;5 3.26.

Примеры решения задач

Решение к задаче 1.14.

Сила, действующая на затвор $P = \rho g h c \cdot s$.

Для определения усиления T для открытия затвора составляется уравнение моментов относительно точки «О»:

$$-T a \cos \alpha + P(Zg - OO') = 0$$

$$T = \frac{P(Zg - OO')}{a \cos \alpha}, \text{ где } Zg - \text{ расчетное до линии действия силы } P$$

Так как

$$Zg = Zc + \frac{J_0}{ZcS}$$

$$Zg = \frac{hc}{\sin \alpha} + \frac{a^4 \sin \alpha}{12a^2 hc}, \text{ так как } OO' = \frac{hc}{\sin \alpha} - \frac{a}{2}$$

$$J_0 = \frac{bh^3}{12}$$
$$T = \frac{\rho g h c a^2}{2 \cos \alpha} \left(1 + \frac{a \sin \alpha}{6hc} \right)$$

Подставив численные значения, получим

$$T = 7 \cdot 10^4 \text{ Н} \left(1 + \frac{\sqrt{3}}{84} \right) = 7,14 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

Решение к задаче 1.18

Вертикальная сила $P_z = \rho g h$, где V -объем «тела давления», равный в данном случае разности объемов цилиндра (высотой $H = h + \frac{P_0}{\rho g}$ и основанием $\frac{\pi d^2}{4}$) и объема полушара:

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \cdot H - \frac{\pi d^3}{12}$$

$$P_z = \rho g \frac{\pi d^2}{12} (3H - d) = \frac{\pi d^2}{12} (3P_0 + \rho g(3h - d))$$

Подставляя численные значения, получим

$$P_z = \frac{3,14 \cdot 1}{12} (3 \cdot 8 \cdot 10^6 + 10^4(12 - 1)) \text{Н} = 6,28 \cdot 10^6 \text{Н}$$

Решение к задаче 1.22

Силы, действующие с каждой стороны колена, $P_1 = P_2 = p \frac{\pi d^2}{4}$,

Где P - давление в трубе. Открывающая силы определяется как равнодействующая P_1 и P_2 .

Из геометрии (при $\alpha = 60^\circ$) $R = P_1 = P_2$. Таким образом,

$$R = p \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14}{4} \cdot 0,64 \cdot 10^6 = 5 \cdot 10^5 \text{Н}$$

Решение к задаче 2.4

По условию задачи задано параболическое распределение продольной скорости в трубе с максимальной скоростью U_{max} на оси трубы ($r=0$). Кинетическое условие несжимаемости жидкости

$$\dot{V} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

При заданном распределении скоростей все производные (в том числе $\frac{\partial u}{\partial x}$) равны 0. Значит, заданное поле скоростей описывает течение *несжимаемой жидкости*.

Учитывая, что

$$2\dot{w} = \text{rot}\dot{V} = \left(\frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z}\right) i + \left(\frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x}\right) j + \left(\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}\right) k$$

Найдем

$$2w_x = \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z} = 0$$

$$2w_y = \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x} = \frac{-U_{max}}{a^2} \cdot 2z$$

$$2w_z = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} = \frac{U_{max}}{a^2} \cdot 2y$$

Так как $w_y \neq 0$ и $w_z \neq 0$, движение вихревое. Подставив в дифференциальное уравнение вихревых линий

$$\frac{\delta y}{w_y} = \frac{\delta z}{w_z}$$

Значение w_y и w_z , получаем $\frac{\delta y}{z} = \frac{\delta z}{-y}$, после интегрирования которого получаем семейство вихревых линий в виде концентрических окружностей в плоскости поперечного сечения трубы

$$y^2 + z^2 = \text{const}$$

Средняя скорость находится из условия равенства объёмных расходов, вычисленных по действительному распределению скоростей и по средней скорости:

$$\pi d^2 V_{cp} = \int_0^a 2\pi r u dr = 2\pi U_{max} \int_0^a \left(1 - \frac{r^2}{a^2}\right) r dr$$

Вычислив интеграл, получим

$$\pi a^2 V_{cp} = \pi a^2 \frac{U_{max}}{2}$$

Откуда

$$V_{cp} = \frac{U_{max}}{2}$$

Решение к задаче 2.11

Физический смысл функции тока для несжимаемой жидкости- объемный расход на единицу глубины потока. Для идеальной жидкости распределение скоростей равномерное.

Значит, $\Psi = V_c \cdot BC = a$; $BC = \frac{a}{V_c}$

Решение к задаче 3.1

Объемный расход через скорость в узком сечении V_2

$$Q = V_2 \cdot \frac{\pi d^2}{4}$$

Скорость V_2 определим из уравнения Бернулли, записанного для I-I и узкого II-II сечений,

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g}$$

По условию задачи ; $z_1 = z_2$, $V_2 \frac{\pi d^2}{4} = V_1 \frac{\pi D^2}{4}$ откуда $V_1 = V_2 \frac{d^2}{D^2}$

Подставив в уравнение Бернулли скорость V_1 через V_2 , учитывая также, что

$$\frac{P_1 - P_2}{\rho g} = h$$

По условию задачи, найдем

$$V_2 = \sqrt{\frac{2gh}{1 - \frac{d^4}{D^4}}} = \varphi \sqrt{2gh}$$

Где

$$\varphi = \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{d^4}{D^4}}}$$

Тогда объемный расход

$$Q = V_2 \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi d^2}{4} \varphi \sqrt{2gh} = C \sqrt{2gh}$$

$$C = \varphi \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi}{4} \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{d^4} - \frac{1}{D^4}}}$$

Решение к задаче 3.22

Так как перепады давления на участке магистрали l_1 и на участке ответвления l_2 одинаковы,

$$\Delta P_{l_1} = \Delta P_{l_2} + \Delta P_M$$

Где ΔP_M -местное сопротивление на водометре

$$\lambda_1 \frac{l_1 \rho V_1^2}{D} = \lambda_2 \frac{l_2 \rho V_2^2}{D} + b \frac{\rho V_2^2}{2}$$

(V_1 и V_2 -средние скорости)

Для шероховатых труб $\lambda = \lambda(K_s/d)$, поэтому вычислим сразу коэффициенты сопротивления трения на участке магистрали λ_1 и на участке ответвления λ_2 :

$$\lambda_1 = \left(2lg \frac{a}{k_s} + 1,74 \right)^{-2} = \left(2lg \frac{0,6}{0,5 \cdot 10^{-3}} + 1,74 \right)^{-2} = 0,016$$

$$\lambda_2 = \left(2lg \frac{26 \cdot 10^{-3}}{0,3 \cdot 10^{-3}} + 1,74 \right)^{-2} = 0,0317$$

Заменяя средние скорости в равенстве (I) через расходы, найдем их значения:

$$\lambda_1 \frac{l_1 \rho}{D} \frac{(4Q_1)^2}{2(\pi D^2)} = \lambda_2 \frac{l_2 \rho}{D} \frac{(4Q_2)^2}{2(\pi d^2)} + \frac{\rho}{B} \frac{(4Q_2)^2}{2(\pi d^2)}$$

Отсюда

$$Q_1 = \frac{D^2}{d^2} \sqrt{\frac{D}{\lambda_1 l_1} \left(\frac{\lambda_2 l_2}{d} + \frac{1}{B} \right)} \cdot Q_2$$

Подставляя численные значения, найдем

$$Q_1 = 5,513 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Расход на магистрали

$$Q = Q_1 + Q_2 = 5,414 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Обнинский институт атомной энергетики –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Направление подготовки	14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика»
Образовательная программа	«Монтаж, наладка и ремонт оборудования АЭС»
Дисциплина	<u>Механика жидкости и газа</u>

ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

Лабораторные работы проводятся на стендах с реально протекающими физическими процессами. Всего выполняется 7 лабораторных работ. Описания лабораторных работ изложены в лабораторном практикуме по курсу «Механика жидкости и газа» - Прилагается

Темы лабораторных работ

№	Наименование раздела/темы дисциплины	Название лабораторной работы
1	Частные случаи интеграла Бернулли	Методика измерения скорости при помощи трубки Прандтля и изучение зависимости показаний трубки от угла между её осью и направлением скорости
2	Соппротивление давления при внешнем обтекании тел	Соппротивление поперечно обтекаемого пучка труб
3	Одномерный поток несжимаемой жидкости	3.1. Геометрическая интерпретация уравнения Д. Бернулли. 3.2. Определение коэффициента расхода при истечении жидкости из малых отверстий и из насадков
4	Гидравлические сопротивления	4.1. Изучение потери напора при турбулентном установившемся движении жидкости 4.2. Определение коэффициентов местных сопротивлений и тарированного коэффициента расходомерной шайбы.
5	Гидравлические удары	Определение максимального повышения давления при прямом и непрямом гидроударе в трубопроводе.

Методические указания и требования к оформлению отчётов по лабораторным работам.

1. Перед выполнением лабораторной работы студент обязаны изучить теоретическую часть описания лабораторной работы или она должна быть изложена преподавателем перед выполнением работы, если лекционный материал по теме был ещё не изложен на лекциях.
2. Лист с результатами измерений должен быть подписан преподавателем и приложен к отчету по лабораторной работе. Форма таблицу измерений и вычисленные величины рекомендована в описании лабораторной работы.

3. Студент допускается к выполнению следующей лабораторной работы и только после сдачи отчета по предыдущей лабораторной работе.
4. Если на одном и том же стенде лабораторная работа выполняется группой из двух-трех студентов, измерения должны быть выполнены индивидуально каждым студентом на измененном режиме работы установки.
5. В выводах отчета по лабораторной работе подробно изложены отличия (в процентах) найденных экспериментальных параметров от теоретических или табличных значений.
6. Правильно оформленный отчет по лабораторной работе должен содержать:
 - название работы;
 - шифр группы, фамилию и инициалы выполнившего работу студента;
 - цель работы;
 - схематический чертеж установки;
 - расчетные формулы, краткое их пояснение и описание метода измерений величин;
 - таблицу измеренных величин;
 - расчеты;
 - результаты, иллюстрированные графически на миллиметровой бумаге;
- выводы, в которых отражается соответствие полученных результатов основным целям работы.
7. Расчеты можно выполнять с помощью персональных компьютеров или настольных калькуляторов. При этом особое внимание необходимо обращать на соответствие размерностей величин, входящих в расчетные зависимости.
8. Как правило, экспериментальные точки вследствие ошибок измерений не ложатся на плавные кривые гидромеханических зависимостей, поэтому соседние экспериментальные точки на графиках не следует соединять отрезками прямой и получать ломаную линию. Гладкие кривые, отвечающие опытным зависимостям, следует проводить в соответствии с идеей метода наименьших квадратов (МНК).
9. Однако в условиях лабораторного практикума не нужно вычислять коэффициенты для кривых по МНК. Кривые на графике проводятся с помощью лекала на глаз так, чтобы примерно выполнялось требование МНК о минимуме суммы квадратов расстояний от точек до кривой.
10. Графики должны быть наглядными и приемлемыми с эстетической точки зрения. На осях координат наносят метки, соответствующие цифровым значениям для крупных единиц масштаба. Около каждой оси надписывают обозначение величины, ее название и единицу измерения. Графики подклеиваются в отчет и снабжаются подписью.

Критерии и шкала оценивания

Выполнение лабораторного практикума является необходимым условием допуска студента к сдаче экзамена.

Суммарное максимальное число баллов за выполнение 7-ми лабораторных работ - 30 баллов, минимальное число баллов, при которых засчитывается выполнение лабораторного практикума - 20 баллов.

То есть максимальное число баллов за одну лабораторную работу – (4–5) баллов, а минимальное число баллов – 3 балла.

Обнинский институт атомной энергетики –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Направление подготовки	14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика»
Образовательная программа	«Монтаж, наладка и ремонт оборудования АЭС»
Дисциплина	<u>Механика жидкости и газа</u>

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

Тема: «Определение расходов при разгерметизации объёма с высоким давлением и температурой»

Примеры исходных данных индивидуального домашнего задания:

Вариант №1

Начальные давления в объёме $P_1=15,8$ МПа; $P_1=8,7$ МПа. Температура воды 288 0С. Расстояния до места разгерметизации $l/d=10$ и $l/d=3$. Найти удельные расходы (массовые скорости) пароводяной смеси или перегретой воды при двух начальных давлениях и двух расстояний до места разгерметизации.

Вариант 2

Начальные давления в объёме $P_1=16$ МПа; $P_1=9,8$ МПа. Температура воды 307 0С. Расстояния до места разгерметизации $l/d=10$ и $l/d=3$.

Другие варианты исходных данных подобны.

Критерии оценивания

Домашнее задание закрепляет теоретический материал по разделу «Одномерный поток газа и несжимаемой жидкости» в части определения расходов при истечении из отверстий и насадков, но для более сложного случая истечения воды из объёма с высоким давлением и температурой. Имеет практическую направленность к проектной аварии разгерметизации реакторного контура.

Максимальная сумма баллов за выполнение индивидуального домашнего задания -20 баллов. Минимальная сумма баллов, при которых задание считается выполненным -12 баллов.

В сумме баллов учитывается подробности изложения, правильность расчетов и оформление. При сдаче домашнего задания не в установленный срок, понижающей коэффициент-0,8. То есть максимальная сумма баллов будет-16.

Методические указания к выполнению индивидуального домашнего задания

Перед выполнением задания необходимо изучить теоретический материал по определению

критических расходов газа при истечении из конфузорных сопел, расходов капельной жидкости при истечении из отверстий и насадков. Только после этого проработать методики определения расходов вскипающего теплоносителя при истечении из объёмов высокого давления, изложенные в одном из разделов учебного пособия «Расчёт гидравлических характеристик реакторного контура» (авторы Е.Ф. Авдеев, Н.Е. Ющенко).