



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ИНСТИТУТ ИСТОРИИ И ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Актуализировано:  
на заседании кафедры УИБ  
Протокол от «20» июня 2018 г. № 11  
Зав. кафедрой  Л.А. Ковалева

Согласовано:  
Председатель УМК института  
 Р.А. Гильмутдинова

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Дисциплина  
Гидрогазодинамика

Базовая часть

**программа бакалавриата**

Направление подготовки (специальность)  
20.03.01 «Техносферная безопасность»

Направленность (профиль) подготовки  
Безопасность жизнедеятельности в техносфере

Квалификация  
бакалавр

Разработчик (составитель)  
Д.ф.-м.н., профессор.



Хабибуллин И.Л.

Для приема: 2015 г.

Уфа 2018 г.

Составитель / составители: д.ф.-м.н. проф. Хабибуллин И.Л.

Рабочая программа дисциплины актуализирована на заседании кафедры прикладной физики протокол №11 от «20» июня 2018 г.

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры \_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / Ковалева Л.А./

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры \_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / Ковалева Л.А./

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры \_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / Ковалева Л.А./

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры \_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / Ковалева Л.А./

## Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	4
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы .....	5
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся) .....	6
4. Фонд оценочных средств по дисциплине.....	6
4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.....	6
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.....	10
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины .....	20
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	20
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины .....	21
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	21

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

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	основы самостоятельной работы	Способность работать самостоятельно (ОК-8)	
	современные научно-исследовательские технологии и системы в области техносферной безопасности; методы систематизации и обработки информации по теме исследования; форму предоставления отчетов	Способность принимать участие в научно-исследовательских разработках по профилю подготовки: систематизировать информацию по теме исследований, принимать участие в экспериментах, обрабатывать полученные данные (ПК-20)	
	основы проведения и описания исследований, в том числе экспериментальных	Способность применять на практике навыки проведения и описания исследований, в том числе экспериментальных (ПК-23)	
Умения	работать самостоятельно	Способность работать самостоятельно (ОК-8)	
	принимать участие в научно-исследовательских разработках в области техносферной безопасности: систематизировать информацию по теме исследований, принимать участие в экспериментах, обрабатывать полученные данные	Способность принимать участие в научно-исследовательских разработках по профилю подготовки: систематизировать информацию по теме исследований, принимать участие в экспериментах, обрабатывать полученные данные (ПК-20)	

	применять на практике навыки проведения и описания исследований, в том числе экспериментальных	Способность применять на практике навыки проведения и описания исследований, в том числе экспериментальных (ПК-23)	
Владения (навыки / опыт деятельности)	навыками самостоятельной работы	Способность работать самостоятельно (ОК-8)	
	навыками участия в научно-исследовательских разработках в области техносферной безопасности: систематизации информации по теме исследований, принятия участия в экспериментах, обработки полученных данных	Способность принимать участие в научно-исследовательских разработках по профилю подготовки: систематизировать информацию по теме исследований, принимать участие в экспериментах, обрабатывать полученные данные (ПК-20)	
	навыками проведения и описания исследований, в том числе экспериментальных	Способность применять на практике навыки проведения и описания исследований, в том числе экспериментальных (ПК-23)	

## 2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Гидрогазодинамика» относится к базовой части образовательной программы.

Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 и 6 семестрах на заочной форме обучения.

Целью изучения дисциплины «Гидрогазодинамика» является формирование у студентов научного мировоззрения на основе изучения теоретических положений и основных закономерностей гидрогазодинамики, для того, чтобы использовать полученные знания в своей профессиональной деятельности.

Данный курс предназначен для студентов направления 20.03.01 Техносферная безопасность. Курс «Гидрогазодинамика» позволяет сформулировать и решать задачи по изучению процессов движения жидкостей и газов в различных средах, и в объектах экосферы и техносферы.

Для изучения дисциплины «Гидрогазодинамика» необходимо знание дисциплин: «Высшая математика», «Физика». Студенты должны владеть основными законами и понятиями этих дисциплин, также им необходимо знание дифференциального и

интегрального исчисления, умение решать простейшие дифференциальные уравнения; обладать знаниями в области математического анализа.

### 3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

#### 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

ОК-8 Способность работать самостоятельно

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (уровень)	Знать: основы самостоятельной работы	не знает основы самостоятельной работы	знает в целом основы самостоятельной работы, но допускает грубые ошибки	знает основы самостоятельной работы, но допускает незначительные ошибки	знает основы самостоятельной работы
Второй этап (уровень)	Уметь: работать самостоятельно	не умеет работать самостоятельно	умеет работать самостоятельно, но допускает грубые ошибки	умеет работать самостоятельно, но допускает незначительные ошибки	умеет работать самостоятельно
Третий этап (уровень)	Владеть: навыками самостоятельной работы	не владеет навыками самостоятельной работы	владеет навыками самостоятельной работы, но допускает грубые ошибки.	владеет навыками самостоятельной работы, но допускает незначительные ошибки	владеет навыками самостоятельной работы

ПК-20 Способность принимать участие в научно-исследовательских разработках по профилю подготовки: систематизировать информацию по теме исследований, принимать участие в экспериментах, обрабатывать полученные данные

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (уровень)	Знать: современные научно-исследовательские технологии и системы в области техносферной безопасности; методы систематизации и обработки информации по теме исследования; форму предоставления отчетов	не знает современные научно-исследовательские технологии и системы в области техносферной безопасности; методы систематизации и обработки информации по теме исследования; форму предоставления отчетов	знает в целом современные научно-исследовательские технологии и системы в области техносферной безопасности; методы систематизации и обработки информации по теме исследования; форму предоставления отчетов, но допускает грубые ошибки	знает современные научно-исследовательские технологии и системы в области техносферной безопасности; методы систематизации и обработки информации по теме исследования; форму предоставления отчетов, но допускает незначительные ошибки	знает современные научно-исследовательские технологии и системы в области техносферной безопасности; методы систематизации и обработки информации по теме исследования; форму предоставления отчетов
Второй этап (уровень)	Уметь: принимать участие в научно-исследовательских разработках в области техносферной	не умеет принимать участие в научно-исследовательских разработках в области техносферной	умеет принимать участие в научно-исследовательских разработках в области техносферной безопасности: систематизировать	умеет принимать участие в научно-исследовательских разработках в области техносферной	умеет принимать участие в научно-исследовательских

	<p>безопасности: систематизировать информацию по теме исследований, принимать участие в экспериментах, обрабатывать полученные данные</p>	<p>безопасности: систематизировать информацию по теме исследований, принимать участие в экспериментах, обрабатывать полученные данные</p>	<p>ть информацию по теме исследований, принимать участие в экспериментах, обрабатывать полученные данные, но допускает грубые ошибки</p>	<p>ой безопасности: систематизировать информацию по теме исследований, принимать участие в экспериментах, обрабатывать полученные данные, но допускает незначительные ошибки</p>	<p>разработках в области техносферной безопасности: систематизировать информацию по теме исследований, принимать участие в экспериментах, обрабатывать полученные данные</p>
<p>Третий этап (уровень)</p>	<p>Владеть: навыками участия в научно-исследовательских разработках в области техносферной безопасности: систематизации информации по теме исследований, принятия участия в экспериментах, обработки полученных данных</p>	<p>не владеет навыками участия в научно-исследовательских разработках в области техносферной безопасности: систематизации информации по теме исследований, принятия участия в экспериментах, обработки полученных данных</p>	<p>владеет навыками участия в научно-исследовательских разработках в области техносферной безопасности: систематизации информации по теме исследований, принятия участия в экспериментах, обработки полученных данных, но допускает грубые ошибки.</p>	<p>владеет навыками участия в научно-исследовательских разработках в области техносферной безопасности: систематизации информации по теме исследований, принятия участия в экспериментах, обработки полученных данных, но</p>	<p>владеет навыками участия в научно-исследовательских разработках в области техносферной безопасности: систематизации информации по теме исследований, принятия участия</p>



				допускает незначитель ные ошибки	в эксперим ентах, обработк и получен ных данных
--	--	--	--	--	--

ПК-23 Способность применять на практике навыки проведения и описания исследований, в том числе экспериментальных

Этап (уровень) освоения компетенци и	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворит ельно»)	3 («Удовлетворите льно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлич но»)
Первый этап (уровень)	Знать: основы проведения и описания исследований, в том числе экспериментал ьных	не знает основы проведения и описания исследований, в том числе эксперимента льных	знает в целом основы проведения и описания исследований, в том числе экспериментальн ых, но допускает грубые ошибки	знает основы проведения и описания исследован ий, в том числе эксперимен тальных, но допускает незначитель ные ошибки	знает основы проведен ия и описания исследов аний, в том числе эксперим ентальн ых
Второй этап (уровень)	Уметь: применять на практике навыки проведения и описания исследований, в том числе экспериментал ьных	не умеет применять на практике навыки проведения и описания исследований, в том числе эксперимента льных	умеет применять на практике навыки проведения и описания исследований, в том числе экспериментальн ых, но допускает грубые ошибки	умеет применять на практике навыки проведения и описания исследован ий, в том числе эксперимен тальных, но допускает незначитель ные ошибки	умеет применя ть на практике навыки проведен ия и описания исследов аний, в том числе эксперим ентальн ых
Третий этап (уровень)	Владеть: навыками проведения и	не владеет навыками проведения и	владеет навыками проведения и	владеет навыками проведения	владеет навыкам и

	описания исследований, в том числе экспериментальных	описания исследований, в том числе экспериментальных	описания исследований, в том числе экспериментальных, но допускает грубые ошибки.	и описания исследований, в том числе экспериментальных, но допускает незначительные ошибки	проведения и описания исследований, в том числе экспериментальных
--	--	--	---	--	---

### **Критерии оценки для студентов заочной формы обучения:**

*для экзамена:*

Оценка «отлично» выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки;

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

#### **4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.**

**Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап Знания	основы самостоятельной работы	Способность работать самостоятельно (ОК-8)	Собеседование, письменная контрольная работа, лабораторная работа
	современные научно-исследовательские технологии и системы в	Способность принимать участие в научно-	Собеседование, письменная контрольная

	области техносферной безопасности; методы систематизации и обработки информации по теме исследования; форму предоставления отчетов	исследовательских разработках по профилю подготовки: систематизировать информацию по теме исследований, принимать участие в экспериментах, обрабатывать полученные данные (ПК-20)	работа, лабораторная работа
	основы проведения и описания исследований, в том числе экспериментальных	Способность применять на практике навыки проведения и описания исследований, в том числе экспериментальных (ПК-23)	Собеседование, письменная контрольная работа, лабораторная работа
2-й этап	работать самостоятельно	Способность работать самостоятельно (ОК-8)	Собеседование, письменная контрольная работа, лабораторная работа
Умения	принимать участие в научно-исследовательских разработках в области техносферной безопасности: систематизировать информацию по теме исследований, принимать участие в экспериментах, обрабатывать полученные данные	Способность принимать участие в научно-исследовательских разработках по профилю подготовки: систематизировать информацию по теме исследований, принимать участие в экспериментах, обрабатывать полученные данные (ПК-20)	Собеседование, письменная контрольная работа, лабораторная работа
	применять на практике навыки проведения и описания исследований, в том числе экспериментальных	Способность применять на практике навыки проведения и описания исследований, в том числе экспериментальных (ПК-23)	Собеседование, письменная контрольная работа, лабораторная работа
3-й этап	навыками самостоятельной работы	Способность работать самостоятельно (ОК-8)	Собеседование, письменная контрольная
Владеть			

навыками			работа, лабораторная работа
	навыками участия в научно-исследовательских разработках в области техносферной безопасности: систематизации информации по теме исследований, принятия участия в экспериментах, обработки полученных данных	Способность принимать участие в научно-исследовательских разработках по профилю подготовки: систематизировать информацию по теме исследований, принимать участие в экспериментах, обрабатывать полученные данные (ПК-20)	Собеседование, письменная контрольная работа, лабораторная работа
	навыками проведения и описания исследований, в том числе экспериментальных	Способность применять на практике навыки проведения и описания исследований, в том числе экспериментальных (ПК-23)	Собеседование, письменная контрольная работа, лабораторная работа

### Экзаменационные билеты

Пример вопросов экзаменационного билета:

1. Предмет и методы гидрогазодинамики.
2. Основные свойства жидкостей и газов.
3. Два способа описания движения сплошных сред
4. Уравнение неразрывности
5. Уравнение Эйлера.
6. Основы гидростатики. Закон Паскаля
7. Барометрическая формула.
8. Закон Архимеда
9. Условия плавания тела.
10. Уравнение Бернулли
11. Приложения уравнения Бернулли
12. Гидравлический удар.
13. Основное уравнение динамики сплошной среды
14. Динамика вязкой несжимаемой жидкости
15. Движение тела в вязкой жидкости. Формула Стокса.
16. Подъемная сила.
17. Задача Пуазейля
18. Ламинарные и турбулентные течения. Число Рейнольдса.

Образец экзаменационного билета:

Направление подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность»

Дисциплина «Гидрогазодинамика»

1. Предмет и методы гидрогазодинамики.
2. Закон Архимеда.

Зав. кафедрой прикладной физики



Ковалева Л.А.  
2018-2019 учебный год  
Кафедра прикладной физики

### Критерии оценивания результатов экзамена для ЗФО:

Оценка «отлично» выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки;

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

### Пример варианта письменной контрольной работы

#### Вариант 1.

Задача 1.

В воде тело весит  $P_1$ , в керосине –  $P_2$ . Найти его вес в глицерине. Плотности воды –  $1000 \text{ кг/м}^3$ , керосина –  $800 \text{ кг/м}^3$ , глицерина –  $1250 \text{ кг/м}^3$ .

Задача 2.

Кусок льда массой  $m=1.9 \text{ кг}$ , плавает в цилиндрическом сосуде, наполненном жидкостью с плотностью  $\rho_1 = 950 \text{ кг/м}^3$ . Площадь дна сосуда  $S=40 \text{ см}^2$ . Насколько уменьшится уровень жидкости когда лед растает. Плотность воды  $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

Задача 3.

В V-образную трубку наливают ртуть, затем в одну из колен трубки наливают масло, в другую воду. Границы раздела ртути с маслом и водой в обоих коленах находятся на одном уровне. Найти высоту столба воды  $h_0$ , если высота столба масла  $h=20$ см. Плотность масла  $\rho = 900$ кг/м<sup>3</sup>, воды  $\rho_0 = 1000$ кг/м<sup>3</sup>.

$$h_0 = \frac{\rho h}{\rho_0} = 18 \text{ см.}$$

Вариант 2.

Задача 1.

В цилиндрический сообщающийся сосуд с двумя коленками наливают ртуть. Сечение одного колена вдвое больше сечения другого. Широкое колено доливают водой до края. На какую высоту  $h$  поднимается при этом уровень ртути в другом сосуде? Первоначально уровень ртути был на расстоянии  $l$  от верхнего края широкого колена. Плотности воды  $\rho = 1000$ кг/м<sup>3</sup> и ртути  $\rho_0 = 13600$ кг/м<sup>3</sup>.

Задача 2.

В V-образной трубке одинакового сечения находится ртуть. На сколько повысится уровень ртути в правой части, если в левую налить воду высотой  $H=136$ мм.

Задача 3.

В V-образную трубку с сечением  $S$  налиты ртуть, занимающая объем  $V$ . Затем в одну из колен трубки налили воду и опустили железный шарик массой  $m$ . На какую высоту  $h$  поднялся уровень ртути в другом колене? Плотность воды  $\rho_0$  и ртути  $\rho$  известны.

$$h = \frac{m + \rho_0 V}{2gS}.$$

Контрольная работа №1.

Вариант 1.

1. Вода протекает по горизонтальной трубе переменного сечения, диаметр узкой части  $d_2=3$ см, диаметр широкой части  $d_1=9$ см. Скорость течения воды в широкой части  $V_1=25$ см/с. На какую высоту  $h$  поднимется вода в вертикальной трубке, впаянную в узкую часть трубы?
2. В узкую часть горизонтальной трубы впаяна вертикально трубка, уровень воды в которой  $h=25,5$ см. Диаметры узкой и широкой частей трубы соответственно  $d_2=3$ см и  $d_1=9$ см. Определить скорость течения воды в широкой и узкой частях трубы.
3. В сосуд льется вода, причем за единицу времени наливается объем воды  $V_1=0,2$ л/с. Каким должен быть диаметр  $d$  отверстия в дне сосуда, чтобы вода в нем держалась на постоянном уровне  $h=8,3$ см?

Контрольная работа №2.

Вариант 1.

1. По узкой части трубы радиусом  $r_1=2$ см за 30 минут протекает  $m=1,2$ кг углекислого газа, плотностью  $7,5$ кг/м<sup>3</sup>. Найти скорость течения газа  $v_2$  в широкой части трубы, радиус которой  $r_2=4$ см.
2. Вода течет по трубе переменного сечения. Массовый расход воды в широкой части трубы составляет  $100$  кг/с. Найти скорость воды в узкой части, радиус которой  $r=10$ см. Плотность воды  $\rho=1000$ кг/м<sup>3</sup>.
3. Площадь сечения широкого участка трубы в 2 раза больше площади сечения узкой части. На сколько отличается давления в широкой части от давления в узкой части, если скорость в узкой части  $1$ м/с, плотность воды  $1000$ кг/м<sup>3</sup>.

Критерии оценки для ЗФО:

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько недостатков;

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если нет правильного ответа.

### Собеседование

Собеседование - средство контроля, организованное как специальная беседа с обучающимся на темы, связанные с изучаемой (проработанной) темой и служащая для оценки степени навыка формируемой компетенции, рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме, умение анализировать и обобщать материал.

Критерии оценки собеседования для заочной формы обучения:

- ✓ продемонстрирована способность анализировать и обобщать информацию;
- ✓ продемонстрирована способность синтезировать новую информацию;
- ✓ сделаны обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения;
- ✓ установлены причинно-следственные связи, выявлены закономерности;
- ✓ «отлично», если задание выполнено полностью;
- ✓ «хорошо», если задание выполнено с незначительными погрешностями;
- ✓ «удовлетворительно», если обнаруживает знание и понимание большей части задания;
- ✓ «неудовлетворительно», если не обнаруживается знание и понимание большей части задания.

*Пример тем для собеседования по учебному курсу:*

1. Схемы сплошной среды и понятия «жидкая частица»; вязкость капельных жидкостей и газов, идеальная (лишенная вязкости) и реальная жидкость, ньютоновская и неньютоновская жидкости.
2. Поверхностное натяжение; кипение жидкостей, кавитация.
3. Силы, действующие в жидкости, находящейся в статическом положении. Гидростатическое давление. Основная формула гидростатики.
4. Понятие о напоре: гидростатический и пьезометрический напоры. Равновесие жидкостей в сообщающихся сосудах. Методы и приборы для измерения давления.
5. Закон Архимеда. Плавание тел.
6. Режимы движения жидкости (ламинарный, турбулентный, переходный). Местная скорость движения жидкости. Поле скоростей движения жидкости. Линии тока. Расход жидкости.
7. Дифференциальные уравнения движения идеальной (невязкой) жидкости (уравнения Эйлера).
8. Уравнение Бернулли для идеальной и вязкой жидкости.
9. Уравнения турбулентного движения жидкости (уравнения Рейнольдса). Основные гипотезы о переносе энергии турбулентности в вязких потоках жидкости.
10. Теория подобия и ее роль в гидрогазодинамике. Основные понятия и определения теории подобия.
11. Критерии подобия гидрогазодинамических процессов.
12. Гидрогазодинамический пограничный слой: основные физические представления о формировании и структуре внутреннего и внешнего пограничных слоев.
13. Методы расчета ламинарного и турбулентного пограничных слоев.
14. Методы и средства измерений скоростей и расходов жидкостей, давления и температуры потоков.
15. Метрологические характеристики средств измерений. Оценка погрешности измерений

## Лабораторная работа

Лабораторная работа – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу. Лабораторная работа – письменное задание, выполняемое в течение заданного времени. Как правило, лабораторная работа предполагает наличие определенных ответов на поставленные вопросы и решение практической задачи.

Критерии оценки лабораторной работы для заочной формы обучения:

- ✓ соответствие предполагаемым ответам;
- ✓ правильное использование алгоритма выполнения действий (методики проведения измерений);
- ✓ логика рассуждений сопоставления полученных результатов;
- ✓ умение делать выводы.
- ✓ «зачтено», если задание выполнено полностью или с незначительными погрешностями;
- ✓ «не зачтено», если обнаруживает знание и понимание большей части задания

### Перечень лабораторных работ

Лабораторная работа № 1 Измерение динамической вязкости и определение энергии активации.

Лабораторная работа №2 Определение вязкости светлых нефтепродуктов на капиллярном вискозиметре ВПЖ 4.

Лабораторная работа №3 Определение скорости звука в воздухе методом стоящей волны.

Лабораторная работа №4 Определение коэффициента внутреннего трения по методу Стокса.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### ИЗМЕРЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ АКТИВАЦИИ.

- Цель работы:
1. Знакомство с методами реологических исследований ньютоновских жидкостей на установке "Реотест-2.1".
  2. Экспериментальное определение динамической вязкости и энергии вязкого течения активации.

### *Теория.*

Вязкость жидкости обуславливается внутренним трением, возникающим при перемещении отдельных слоев жидкости друг относительно друга. Молекула, имеющая достаточно большую энергию теплового движения, отрывается от других молекул, с которыми она была связана, перемещается по пути "свободного" пробега и вновь закрепляется, связываясь с другими молекулами. Упорядоченное движение этих молекул жидкости, возникающее под действием внешней силы, обуславливает внутреннее трение жидкости.

Длительность воздействия внешней силы и температура определяют, какое из свойств жидкости - ее упругость или текучесть, - проявляется более ярко. При низких температурах и кратковременных воздействиях силы текучести малы, но заметно проявляются упругие силы, и наоборот.

Вязкость жидкости связана с энергией активации молекул и температурой. Допустим, что слой жидкости находится между двумя параллельными пластинами, из которых нижняя



закреплена, а к свободно расположенной верхней пластине приложена сила  $F$  на единицу ее площади. Наличие трения верхней пластины о жидкость при постоянном градиенте скорости  $U_o/d$ . где  $d$  - расстояние между пластинами, сказывается в том, что эта пластина перемещается не ускоренно, а равномерно со скоростью  $U_o$ , причем

$$U_o = \frac{(F \cdot d)}{\mu}, \quad (1)$$

где  $\mu$  - коэффициент внутреннего трения жидкости. Таким образом

$$F = \mu \cdot \left( \frac{U_o}{d} \right) \quad (2)$$

Слои жидкости, прилегающие к пластинам, имеют ту же скорость, что и пластина. При переходе по оси  $y$  от нижней пластины к верхней, скорость слоев жидкости возрастает от 0 до  $U_o$ . При постоянном градиенте скорости на расстоянии  $y$  от нижней пластины скорость слоя жидкости равна  $U = (U_o/d) \cdot y$ , а разность скоростей между двумя слоями на расстояниях  $y_1$  и  $y_2$  от нижней пластины будет равна:

$$\Delta U = \frac{U_o}{d} (y_2 - y_1) \quad (3)$$

Если расстояние между двумя слоями жидкости равно размеру молекулы  $\delta$ , то

$$\Delta U = \frac{U_o}{d} \cdot \delta \quad (4)$$

Можно считать, что при движении верхнего слоя относительно нижнего, молекулы верхнего слоя отрываются тепловым движением от молекул нижнего слоя и упорядоченно перемещаются под действием внешней силы. На каждую молекулу действует сила  $f$ , равная произведению силы  $F$  на площадь, соответствующей одной молекуле. Это - площадь порядка  $\delta^2$ . Относительная скорость упорядоченного перемещения молекул под действием внешней силы равна произведению подвижности молекулы  $\chi'$  на величину внешней силы:

$$\Delta U = \chi' \cdot F \cdot \delta^2 \quad (5)$$

Комбинируя (2), (3), (5) получим:

$$\mu = \frac{1}{(\chi' \cdot \delta)} \quad (6)$$

Подвижность молекулы можно выразить:

$$\chi' = \frac{\delta^2 U}{6kT} \exp\left(-\frac{E_o}{kT}\right) \quad (7)$$

Тогда из (6) в (7) имеем:

$$\mu = \frac{6kT}{\delta^3 U} \exp\left(\frac{E_o}{kT}\right) \quad (8)$$

В теории Френкеля [8] рассматривается вопрос об изменении энергии активации кинетических процессов в твердых телах и жидкостях с изменением объема. По Френкелю, энергия активации, подобна потенциальной энергии молекул, должна уменьшаться с увеличением общего объема тела по линейному закону.

Согласно вышеуказанному механизму движения молекул - формулы, выражающие зависимость кинетических свойств от внешних условий, одинаковы как применительно к жидкостям, так и к твердым телам.

Например, зависимость вязкости  $\mu$  от температуры при постоянном давлении выражается формулой экспоненциального вида [3]:

$$\mu = \mu_o \exp \frac{E_\mu}{RT} \quad (9)$$

здесь  $E_\mu$  - энергии активации вязкого течения  $T$  - абсолютная температура,  $R$  – газовая универсальная постоянная,  $\mu_0$ , - предэкспоненциальные множители, которые рассчитываются количественно при атмосферном и другом низком давлении. Например:

$$\mu_0 = \frac{1,09 \cdot 10^{-3} M^{\frac{1}{3}} T^{\frac{3}{2}}}{V^{\frac{2}{3}} q} \quad (10)$$

где  $h$  - постоянная Планка,  $M$  и  $V$  - молекулярная масса и объем,  $q$  - энергия испарения.

Величины энергий активации теориями не устанавливаются. Имеются лишь общие указания на то, что у кристаллов они связаны с энергией решетки, у жидкостей – с теплотами испарения. Так как теплота испарения и энергия решетки зависят от внешних условий, то теория допускает изменение энергии активации кинетических процессов с изменением внешних условий.

В настоящее время в большинстве работ, посвященных кинетическим свойствам жидкости и твердых тел, экспериментальные данные обсуждаются с точки зрения теории Эйринга. В этой теории энергия активации кинетических процессов связывается не с изменением потенциальной энергии атома (или молекулы) в процессе перехода от одного равновесного положения в другое, а с изменением свободной энергии или, при заданном давлении, с изменением термодинамического потенциала всего комплекса, образуемого как этим атомом, так и всеми окружающими молекулами.

Энергия активации вязкого течения согласно (9) определяется по формуле:

$$E_\mu = R \frac{d \ln \mu}{d 1/T} \quad (11)$$

#### *Методики реологических измерений и обработки данных.*

Измерение динамической вязкости производится на ротационном вискозиметре "Реотест-2.1". Исследуемое вещество, предварительно нагревается до 70-80 °С, перемешивается, затем помещается в кольцевой зазор, образованный двумя коаксиальными цилиндрами. В зависимости от вязкости нефтепродукта используются следующие цилиндрические измерительные устройства:

S1 - для  $\mu$  от 0.002 до 3800 Па·с

H - для  $\mu$  от 0.1 до 180000 Па·с

Затем измерительная емкость вместе с сырьем в течении 5 минут выдерживается в печи: для улучшения контакта между сырьем и измерительными цилиндрами и во избежания образования пузырьков. Вязкость исследуется в температурном интервале от 20 до 90°С, перед каждым измерением производится термостатирование образца в течении 30 минут. Для полной реологической кривой снимаются зависимости сдвигающего напряжения и вязкости от скорости сдвига. Для сравнения вязкостей нефтепродуктов, находящихся в разных физических состояниях, необходимо брать вязкость разрушенной структуры.

Формула (11) служит для определения энергии активации. Для этого строится экспериментальная зависимость  $\mu = \mu(T)$  в координатах  $\ln \mu - 1/T$ . Далее эта зависимость аппроксимируется какой-либо кривой, например, можно использовать линейную аппроксимацию, выражаемую уравнением

$$y = ax + b.$$

При построении графика в вышеуказанных координатах, как видно из соотношения (11), энергия активации  $E$  будет равна тангенсу угла наклона аппроксимируемой кривой, умноженному на газовую постоянную  $R$ . Аппроксимация проводится методом наименьших квадратов.

### Порядок выполнения работы. Результаты экспериментов.

1. Ознакомиться с экспериментальной установкой и общей методикой измерений на установке "Реотест-2.1".

2. Произвести измерения для исследуемой жидкости и результаты занести в следующую таблицу:

№ ступен и	$\alpha$ , показан ия прибор а	$D$ , скорост ь сдвига, $c^{-1}$	$D_r$ , скорректи рованная скорость сдвига, $c^{-1}$	$\tau$ - напряже ние сдвига $10^{-1}$ Па	$\mu$ - вязкость, мПа·с	Другие условия
1 bc						Частота сети
...						
6 bc						
1 ad						Темпера- тура опыта
2 ad						
...						
12 ad						

Основные расчетные формулы:

$$\tau_r = z\alpha,$$

где  $\tau_r$  - сдвигающее напряжение ( $10^{-1}$  Па),  $z$  - постоянная цилиндра ( $10^{-1}$  Па/дел. шкалы),  $\alpha$  - отсчитываемое значение шкалы на индикаторном приборе (дел. шкалы).

$$D_{rk} = D_r \frac{\nu}{50},$$

где  $D_{rk}$  - скорректированное значение скорости сдвига ( $c^{-1}$ ),  $D_r$  - скорость сдвига по таблице ступеней ( $c^{-1}$ ),  $\nu$  - частота (Гц).

$$\mu = \frac{\tau_r}{D_r} \cdot 100,$$

где  $\mu$  - динамическая вязкость (мПа·с),  $\tau_r$  - сдвигающее напряжение ( $10^{-1}$  Па),  $D_r$  - скорость сдвига ( $c^{-1}$ ).

3. Для исследуемой жидкости построить график зависимости  $\mu = f(D_r)$  или  $\tau = f(D_r)$  и определить из них вязкость разрушенной структуры.

4. Построить графики зависимостей

$$\mu = f(T) \text{ и } \ln \mu = f(1/T)$$

На основе этих зависимостей рассчитать энергию активации вязкого течения  $E_\mu$

Пример: на рисунке 1 представлены результаты реологических исследований трансформаторного масла.

Для трансформаторного масла энергия активации  $E_\mu = 25.8$  кДж/моль зависимость напряжения сдвига от скорости деформации показывает, что трансформаторное масло представляет собой ньютоновскую вязкую жидкость, поскольку отсутствует начальное напряжение сдвига.

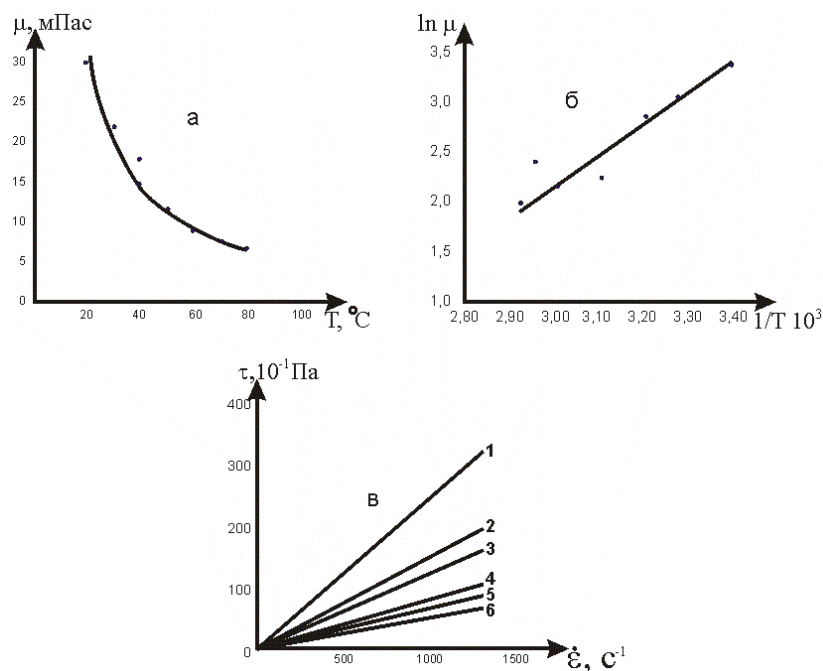


Рис.1. Результаты экспериментальных реологических исследований трансформаторного масла

- а) зависимость вязкости от температуры.
- б) зависимость  $\ln \mu$  от обратной температуры.
- в) зависимость напряжения сдвига от скорости деформации для разных температур: 1-20<sup>0</sup>С, 2-30<sup>0</sup>С, 3-40<sup>0</sup>С, 4-50<sup>0</sup>С, 5-60<sup>0</sup>С, 6-70<sup>0</sup>С.

### Контрольные вопросы

1. Что изучает реология?
2. Какая среда называется упругой, вязкой и вязкоупругой?
3. Что называется вязкостью? Единица измерения вязкости?
4. В чем отличие динамической и кинематической вязкости?
5. Запишите обобщенный закон Ньютона для несжимаемой вязкой жидкости?
6. Назовите реологические модели.
7. Запишите формулу, с помощью которой вычисляется вязкость?
8. Какой вид имеет реологическая кривая ньютоновской жидкости?
9. Что такое энергия активации?
10. Запишите формулу, по которой определяется энергия активации?
11. Каков принцип действия ротационного вискозиметра типа «Реотест 2.1»?
12. Выведите формулу (8).

### 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

##### Основная литература:

1. Гидрогазодинамика (с элементами процессов и аппаратов) : учебное пособие / А.Л. Лукс, Е.А. Крестин, А.Г. Матвеев, А.В. Шабанова. - Самара, 2015. - 366 с. : табл., граф., ил. - Библиогр.: с. 360-364 - ISBN 978-5-9585-0625-5 ; [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=438366>
2. Жуков, Н.П. Гидрогазодинамика : учебное пособие : в 2 ч. / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова. - Тамбов : Издательство, 2015. - Ч. 1. Гидравлика. - 141 с. : ил.,табл. - Библиогр.

в кн. - ISBN 978-5-8265-1433-7. - ISBN 978-5-8265-1434-4 (ч. 1) ; [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444914>

#### Дополнительная литература:

1. Минибаева, Л.Р. Расчет аппаратов с перемешивающими устройствами методами вычислительной гидродинамики : монография / Л.Р. Минибаева, А.Г. Мухаметзянова, А.В. Клинов. - Казань : Издательство КНИТУ, 2014. - 110 с. : табл., граф., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7882-1627-0 ; [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428763>

2. Жуков, Н.П. Газодинамика : учебное пособие : в 2 ч. / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова. - Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. - Ч. 1. Гидравлика. - 141 с. : ил., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8265-1433-7. - ISBN 978-5-8265-1434-4 (ч. 1) ; [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444914>

3. Кудинов, И.В. Аналитические решения гиперболических уравнений теплопереноса и колебаний упругих тел : монография / И.В. Кудинов. - Самара, 2013. - 144 с. : ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9585-0519-7 ; [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=256109>

#### 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

1. Электронная библиотечная система «ЭБ БашГУ» - <https://elib.bashedu.ru/>
2. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» - <https://biblioclub.ru/>
3. Электронная библиотечная система издательства «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
4. Электронный каталог Библиотеки БашГУ - <http://www.bashlib.ru/catalogi/>
5. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор №104 от 17.06.2013 г. OLP NL Academic Edition. Лицензия бессрочная.
6. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор №114 от 12.11.2014 г. OLP NL Academic Edition. Лицензия бессрочная.

#### 6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

<i>Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий</i>	<i>Вид занятий</i>	<i>Наименование оборудования, программного обеспечения</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<p>1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: аудитория № 218 (физмат корпус-учебное).</p> <p>2. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа: аудитория № 422 (физмат корпус-учебное)</p> <p>3. Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных</p>	<p><i>Лекции</i></p> <p><i>Практические занятия</i></p> <p><i>Лабораторные работы</i></p>	<p><b>Аудитория № 218</b></p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, кондиционер (сплит-система) Haier HSU-24HEK203/R2- HSU-24HUN03/R2, экран настенный с электроприводом ClassicLyra 203x203 (E195x195/1 MW-L8/W), ноутбук HPMini 110-3609er Atom N455/2/250/WiFi/BT/Win7St/10.1"/1.29кг, проектор BenQ MX520 (9HJ6V77. 13E/9HJ6V77.13F)</p> <p><b>Аудитория № 422</b></p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия;; доска аудиторная, копировальный аппарат Canon FC-224, монитор 17 SamsungSyncmaster 783 DF – 3 шт., персональный компьютер в комплекте №1 KlamaSoffice, монитор DELL 21, системный блок компьютера Celeron – 3 шт.; прибор "Реостат", прибор для исследования теплоемкости твердого тела ФПТ1-8, прибор</p>

<p><b>консультаций:</b>  аудитория № 218  (физмат корпус-  учебное).</p> <p><b>6. Учебная аудитория  для текущего контроля  и промежуточной  аттестации:</b> аудитория  № 218 (физмат корпус-  учебное).</p> <p><b>7. Помещения для  самостоятельной  работы:</b> Читальный зал  №1 (главный корпус, 1  этаж), Читальный зал  №2 (корпус физмата, 2  этаж)</p>		<p>д/опред.отнош-я теплоемкостей воздуха при пост. давлении и  объеме ФПТ1-6, стол лабор. с мойкой, стол лабораторный – 8  шт., термостат медицинский TW-2.02, весы аналитические WA-  31, омметр Щ-30, аппарат Сокслета 45/40 экс 250 мл</p> <p><b>Читальный зал №1</b>  Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) -  3 шт, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный  доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 76.</p> <p><b>Читальный зал №2</b>  Научный и учебный фонд, научная периодика, Wi-Fi доступ для  мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД;  количество посадочных мест – 50.</p> <p><b>Программное обеспечение</b></p> <p>1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade.  Договор №104 от 17.06.2013 г. OLP NL Academic Edition.  Лицензия бессрочная.</p> <p>2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор №114 от  12.11.2014 г. OLP NL Academic Edition. Лицензия бессрочная.</p>
--	--	---

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ИНСТИТУТ ИСТОРИИ И ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины «Гидрогазодинамика» на 5,6 семестры  
заочная  
форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	5 / 180
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	21,7
лекций	4
практических/ семинарских	12
лабораторных	4
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,7
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	150,5
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	7,8

Форма контроля:

экзамен 6 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Предмет и методы гидрогазодинамики. Основные свойства жидкостей и газов.	2			16	Осн. 1-2 доп. 1-3	Самостоятельное изучение рекомендуемой основной и дополнительной литературы	Собеседование, письменная контрольная работа
2	Основные гипотезы гидрогазодинамики. Два способа описания движения сплошных сред				16	Осн. 1-2 доп. 1-3	Самостоятельное изучение рекомендуемой основной и дополнительной литературы	Собеседование, письменная контрольная работа
3	Уравнение неразрывности		2		16	Осн. 1-2 доп. 1-3	Самостоятельное изучение рекомендуемой основной и дополнительной литературы	Собеседование, письменная контрольная работа
4	Модель идеальной жидкости. Уравнение Эйлера		2		16	Осн. 1-2 доп. 1-3	Самостоятельное изучение рекомендуемой основной и дополнительной литературы	Собеседование, письменная контрольная работа



5	Основы гидростатики. Закон Паскаля. Барометрическая формула. Закон Архимеда. Условия плавучести.		2	2	16	Осн. 1-2 доп. 1-3	Самостоятельное изучение рекомендуемой основной и дополнительной литературы	Собеседование, письменная контрольная работа, лабораторная работа
6	Уравнение Бернулли и его приложения	2	2		20	Осн. 1-2 доп. 1-3	Самостоятельное изучение рекомендуемой основной и дополнительной литературы	Собеседование, письменная контрольная работа
7	Основное уравнение динамики сплошной среды		2		17,5	Осн. 1-2 доп. 1-3	Самостоятельное изучение рекомендуемой основной и дополнительной литературы	Собеседование, письменная контрольная работа
8	Динамика вязкой несжимаемой жидкости. Задача Стокса.		2		16	Осн. 1-2 доп. 1-3	Самостоятельное изучение рекомендуемой основной и дополнительной литературы	Собеседование, письменная контрольная работа
9	Задача Пуазейля, число Рейнольдса. Ламинарные и турбулентные режимы течения.			2	17	Осн. 1-2 доп. 1-3	Самостоятельное изучение рекомендуемой основной и дополнительной литературы	Собеседование, письменная контрольная работа, лабораторная работа
	<b>Всего часов:</b>	4	12	4	150,5			

