



**ПРИМЕРНАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ**

"МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ И ГАЗА" ("ГИДРАВЛИКА")

Для групп специальностей:

- 070000 Междисциплинарные естественно-технические специальности.
- 080000 Геология и разведка полезных ископаемых
- 090000 Разработка полезных ископаемых
- 100000 Энергетика и энергомашиностроение
- 110000 Metallургия
- 120000 Машиностроение и материалобработка
- 130000 Авиационная и ракетно-космическая техника
- 140000 Морская техника
- 150000 Наземные транспортные средства
- 170000 Технологические машины и оборудование
- 210000 Автоматика и управление
- 230000 Сервис
- 250000 Химическая технология
- 270000 Технология продовольственных продуктов
- 290000 Строительство и архитектура
- 310000 Сельское и рыбное хозяйство
- 320000 Экология и природопользование
- 330000 Безопасность жизнедеятельности

Издание официальное

Государственный комитет Российской Федерации
по высшему образованию

*

Москва

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ

Одобрена научно-методическим советом по гидравлике (технической механике жидкости)
Председатель

А.А.Шейпак

Составлена в соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников по указанным специальностям.

Утверждаю:

Начальник Главного управления
образовательно-профессиональных программ и технологий

Ю.Г.Татур

ПРИМЕРНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

"МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ И ГАЗА"

Для групп специальностей:

- 070000 Междисциплинарные естественно-технические специальности.
- 080000 Геология и разведка полезных ископаемых
- 090000 Разработка полезных ископаемых
- 100000 Энергетика и энергомашиностроение
- 110000 Metallургия
- 120000 Машиностроение и материалобработка
- 130000 Авиационная и ракетно-космическая техника
- 140000 Морская техника
- 150000 Наземные транспортные средства
- 170000 Технологические машины и оборудование
- 210000 Автоматика и управление
- 230000 Сервис
- 250000 Химическая технология
- 270000 Технология продовольственных продуктов
- 290000 Строительство и архитектура
- 310000 Сельское и рыбное хозяйство
- 320000 Экология и природопользование
- 330000 Безопасность жизнедеятельности

Москва, 1996 г.

Примерная программа дисциплины
"Механика жидкости и газа "

Для групп специальностей:

- 070000 Междисциплинарные естественно-технические специальности.
- 080000 Геология и разведка полезных ископаемых
- 090000 Разработка полезных ископаемых
- 100000 Энергетика и энергомашиностроение
- 110000 Metallургия
- 120000 Машиностроение и материалобработка
- 130000 Авиационная и ракетно-космическая техника
- 140000 Морская техника
- 150000 Наземные транспортные средства
- 170000 Технологические машины и оборудование
- 210000 Автоматика и управление
- 230000 Сервис
- 250000 Химическая технология
- 270000 Технология продовольственных продуктов
- 290000 Строительство и архитектура
- 310000 Сельское и рыбное хозяйство
- 320000 Экология и природопользование
- 330000 Безопасность жизнедеятельности

В Государственных образовательных стандартах используется несколько десятков наименований дисциплин, содержание которых связано с механикой жидкости и газа (МЖГ) и её практическими приложениями. Научно-методический совет рекомендует применять только два названия: либо механика жидкости и газа, либо гидравлика, раскрывая содержание дисциплины не в названии, а в рабочей программе в соответствии с модульным принципом построения примерной программы.

I. ПРЕДИСЛОВИЕ

Механика жидкости и газа (гидравлика) - наука, входящая в цикл механических дисциплин, изучающая законы равновесия и движения жидких и газообразных тел и применение этих законов для решения технических задач.

Дисциплина базируется на высшей математике (теория поля, дифференциальные уравнения), физике (механика, свойства жидкостей и газов), теоретической механике. Анализ содержания реферативного журнала "Механика" за последние 5 лет показал, что

только 12% публикаций относится к механике твёрдого недеформируемого тела (включая теорию механизмов и машин, а также теорию машин-автоматов), механика жидкости и газа, а также устройства и машины на её основе, отражена в 34% публикаций, а механика деформируемого твёрдого тела (сопротивление материалов, теория упругости, пластичность, и т.д.) - в 54%. Таким образом, появление новых машин и технологий следует связывать, скорее всего, с методологией и результатами, полученными в механике деформируемой сплошной среды. Поэтому специфическую запись закона сохранения импульса - уравнение движения в напряжениях - и закона сохранения массы - уравнение неразрывности - необходимо знать каждому инженеру. Без знания основ теории турбулентности невозможно грамотно решать задачи охраны окружающей среды.

В различных отраслях техники в зависимости от конкретного состава учебного курса, практических приложений и аспекта изложения применяются различные практически эквивалентные наименования: "Механика жидкости и газа", "Гидравлика", "Техническая гидромеханика", "Гидрогазодинамика", "Гидроаэромеханика", "Гидравлика и аэродинамика", "Техническая механика жидкости". Кроме того, в некоторых учебных планах гидравлика объединяется в одном курсе с другими дисциплинами: "Гидравлика и гидравлические машины", "Гидравлика и гидропневмоавтоматика", "Гидравлика, гидрология и гидрометрия", "Гидравлика, водоснабжение и канализация", "Гидравлика, гидромашин и гидропневмопривод", "Гидравлика и гидропневмосистемы", "Гидродинамика и основы тепло-массообмена", "Основы тепло-массообмена", "Процессы и аппараты" и т.д.

Научно-методический совет рекомендует применять только два названия: либо "Механика жидкости и газа", либо "Гидравлика", раскрывая содержание дисциплины не в названии, а в рабочей программе в соответствии с модульным принципом построения примерной программы.

Специфика Механики жидкости и газа (МЖГ) обусловлена деформируемостью материала тел, являющихся объектом изучения. Отсюда следует специфическая форма записи общих законов сохранения массы, импульса, энергии и соответствующие специфические методы их решения. Эти методы требуют целесообразного выбора конфигурации контрольного жидкого объема, формирования начальных и граничных условий (часто с привлечением экспериментальных данных) и корректной постановки математической задачи.

Многие численные методы решения нелинейных уравнений в частных производных разработаны и разрабатываются применительно к задачам МЖГ. Для получения практически приемлемых результатов необходимо также привлечение опытных данных и допустимое упрощение исходных уравнений. Специфической чертой МЖГ является существенное влияние диссипативных процессов и нелинейных эффектов. В практическом плане учет этих явлений приводит к специфике методов расчета трубопроводных систем и проточных частей гидравлических и газовых машин и устройств. Важнейшей частью МЖГ является эксперимент, который служит как для первичного изучения явления, так и для создания адекватных расчетных схем, причем одним из важнейших объектов эксперимента являются поля скоростей и давлений. Поэтому для инженерных специальностей объём лабораторного практикума должен составлять не менее 25% обязательных аудиторных занятий.

Развитие дисциплины связано с использованием численных методов для определения влияния диссипативных процессов и нелинейных эффектов, являющихся наиболее существенными чертами предмета, а также с включением задач течения жидкости с физическими и химическими эффектами, которые могут послужить основой создания новых высоких технологий в том числе для разработки высокотехнологических производств (облитерация, эффект Томаса, электромагнитные явления, течения с химическими реакциями и т.д.)

Примерная программа для инженеров, как и бакалаврская, состоит из двух частей: 1. общие законы механики жидкости и типовые для всех отраслей техники инженерные задачи (базовое содержание или "ядро" дисциплины); 2. специальные разделы дисциплины ("модули"), которые рекомендуется включать в состав рабочей программы в том или ином наборе, наиболее подходящем для определённой группы специальностей или отдельной специальности.

Содержание "ядра" и всех "модулей" даёт цельное представление о всей дисциплине и может быть полезным УМО для расширения подготовки специалистов в общинженерной области, тем более что ряд специальностей МЖГ входит в блок специальных дисциплин.

Программой не определяется полнота изложения отдельных вопросов. В результате изучения дисциплины студенты должны овладеть её методами в той степени, которая достаточна для решения типовых инженерных задач и для чтения современной научной

и технической литературы.

Такие же принципы были заложены и в основу составления программы для бакалавров, однако имеются и существенные отличия, обусловленные широтой бакалаврской подготовки и спецификой отдельных специальностей.

Так, для большинства инженерных специальностей дисциплина МЖГ в отличие от бакалаврской подготовки носит более прикладной характер. Поэтому "ядро" программы сужается за счёт некоторых "модулей". В то же время для некоторых специальностей, например "Гидроаэродинамика", "Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика", эта дисциплина является основной, формирующей специфику специальности. её фундамент. В этом случае дисциплину почти целиком должно определять расширенное "ядро", а "модули" превращаются в отдельные специальные дисциплины.

Для строительных специальностей и специальностей, относящихся к природопользованию, необходимо более глубокое изучение тех разделов (модулей), в которых рассматриваются движение жидкости (воды) в открытых руслах и каналах, движение воды в водопроводящих, водосбросных и сопрягающих сооружениях, движение грунтовых вод и т.д.

Чрезвычайно важное значение механика жидкости и газа имеет для горной, нефтяной и газовой промышленности. Знание основных законов механики жидкости и газа необходимо уже на начальной стадии разработки месторождений, транспорте и хранении нефти, нефтепродуктов и газа. Центральное место механика жидкости и газа занимает в решении экологических задач, возникающих в процессе разработки и эксплуатации месторождений углеводородного сырья.

Энергетика и энергомашиностроение - обширная область техники - включает в себя теплоэнергетику, гидроэнергетику, турбо и двигателестроение и др. Почти для всех её отраслей МЖГ является базовой научной дисциплиной, однако состав модулей может существенно отличаться в зависимости от специальности и специфики ВУЗ-а.

Гидравлика является одной из важнейших дисциплин общепрофессионального цикла для подготовки специалистов, связанных с разработкой или эксплуатацией аэрокосмической техники. Содержание и объём курса не могут быть едиными для всех специальностей, поэтому рекомендации относятся к тем, для которых механика жидкости и газа носит, в соответствии с ГОС-ом, наиболее полный

характер.

Последнее утверждение относится и к некоторым другим группам специальностей.

Рекомендуемые научно-методическим советом комбинации разделов "ядра" и "модулей" в зависимости от специальности или группы специальностей даны в таблице.

Таблица.
Рекомендуемый состав базовой части ("ядра") дисциплины и "модулей."

Индексы	Разделы "ядра"	Модули	Рекомендуемая литература
1	2	3	4
060000 060300	1.1;1.2; 1.3.2.; 1.3.3;1.4.1; 1.4.2;1.4.3.	2.3.1;2.3.2;2.4.1; 2.5.1;2.6.1;2.7;2.8; 2.17.1;2.19;2.20; 2.30.	
070000 070800	1.1;1.2;1.3; 1.4.	2.13;2.16;2.17;2.28; 2.30.	10.1.4;10.2.20; 10.2.26;10.2.30
071300	1-А	2.30	10.1.5;10.1.7; 10.1.12;10.2.4.
080000	1.1;1.2;1.3; 1.4.1;1.4.2; 1.4.3;1.4.4; 1.4.5.	2.16;2.30.	10.1.4;10.2.20; 10.2.26;10.2.30
090000	1.1;1.2;1.3; 1.4.1;1.4.2; 1.4.3;1.4.4; 1.4.5.	2.16;2.17;2.30.	10.1.4;10.2.20; 10.2.26;10.2.30

1	2	3	4
100000	1.1;1.2;1.3; 1.4.	2.1;2.2;2.3;2.4;2.5; 2.6;2.16;2.30;2.32.	10.1.7;10.1.9; 10.2.3;10.2.5; 10.2.6;10.2.13.
110000	1.1;1.2;1.3.1;	2.21;2.22;2.23;2.25;	10.1.3;10.1.7;
120000	1.3.2;1.3.5;	2.26;2.27;2.28;2.30;	10.2.3;10.2.8;
(кроме	1.4.1;1.4.2;	2.33.	10.2.16.
121100)	1.4.3;1.4.4; 1.4.5.		
121100	1-A	2.30;2.32.	10.1.3;10.1.7; 10.1.12;10.1.14 10.2.3.
130000	1.1;1.2;1.3; 1.4.	2.1;2.2;2.13;2.17; 2.18;2.21;2.22;2.23; 2.25;2.26;2.27;2.28; 2.29;2.30;2.31;2.32.	10.1.1;10.1.3; 10.1.5;10.1.7; 10.2.3;10.2.19; 10.2.21;10.2.29
140000	1.1;1.2;1.3; 1.4.	2.1;2.2.1;2.2.2; 2.2.5;2.2.6;2.11; 2.30.	10.1.5;10.1.6; 10.1.7;10.1.12; 10.2.17;10.2.23 10.2.40.
150000	1.1;1.2;1.3.1; 1.3.2;1.3.4; 1.3.5;1.4.	2.21;2.22;2.25;2.26; 2.27;2.28;2.30.	10.1.3;10.17; 10.2.3;10.2.16.
170000	1.1;1.2;1.3.1;	2.21;2.22;2.25;2.26;	10.1.3;10.1.7;
(кроме	1.3.2;1.3.4;	2.27;2.28;2.30.	10.2.3;10.2.16
170900	1.3.5;1.4.		
и			
171100			
170900	1.1;1.2;1.3; 1.4.	2.1.1;2.1.2;2.1.5; 2.2.2;2.16;2.17;2.21 2.22;2.23;2.25;2.26; 2.27;2.28;2.29;2.30.	10.1.3;10.1.7; 10.2.3;10.2.16.

1	2	3	4
171100	1.1;1.2;1.3; 1.4.	2.1.1;2.1.5;2.2.1; 2.2.3;2.2.4;2.2.6; 2.3.1;2.3.2;2.3.3; 2.3.4;2.4.1;2.5;2.6; 2.7;2.8;2.11.1 2.16.1;2.17.1;2.18.1 2.19;2.20;2.21;2.22; 2.23;2.24;2.25;2.26; 2.27;2.28;2.29;2.30.	10.1.3;10.1.7; 10.1.15;10.2.3 10.2.16;10.2.37 10.2.41.
210200	1.1;1.2;1.3.;	2.1.1;2.1.2;2.1.5.2; 2.2;2.16;2.17;2.21; 2.22;2.23;2.24;2.25; 2.26;2.27;2.28;2.30.	10.1.3;10.1.7; 10.2.3;10.2.16.
230000			
230100	1.1;1.2;1.3; 1.4.	2.1.1;2.1.5;2.2.1; 2.2.3;2.2.4;2.2.6; 2.3.1;2.3.2;2.3.3; 2.3.4;2.4.1;2.5;2.6; 2.7;2.8;2.11.1 2.16.1;2.17.1;2.18.1 2.19;2.20;2.21;2.22; 2.23;2.24;2.25;2.26; 2.27;2.28;2.29;2.30.	10.1.3;10.1.7; 10.1.15;10.2.3; 10.2.16;10.2.37 10.2.41.
240000	1.1;1.2;1.3.1; 1.3.2;1.3.5; 1.4.1;1.4.2; 1.4.3;1.4.4; 1.4.5.	2.21;2.25;2.26;2.27; 2.28;2.30.	10.1.3;10.1.7; 10.2.3;10.2.16.
250000	1.1;1.2;1.3;	2.21;2.25;2.27;2.28;	10.1.3;10.1.7;
270000	1.4.	2.30.	10.2.3;10.2.16.
280000	1.1;1.2;1.3.1; 1.3.2;1.3.5;	2.21;2.25;2.26;2.27; 2.28;2.30.	10.1.3;10.1.7; 10.2.3;10.2.16.

1	2	3	4
	1.4.1;1.4.2; 1.4.3;1.4.4; 1.4.5.		
290000			
290300	1.1;1.2;1.3.; 1.4.	2.1.1;2.1.2;2.1.4; 2.1.5.1;2.2;2.3;2.4; 2.16;2.17;2.30.	10.1.2;10.1.5; 10.2.1;10.2.18; 10.2.35;10.2.41
290400	1.1;1.2;1.3.; 1.4.	2.1.1;2.1.2;2.1.3; 2.1.5.1;2.1.5.2; 2.2.1;2.2.2;2.2.3; 2.2.6;2.3;2.4;2.5; 2.6;2.7;2.8;2.9;2.10 2.11;2.12;2.13;2.15; 2.16;2.17;2.30.	10.1.2;10.1.8; 10.1.14;10.1.15 10.2.15;10.2.35 10.2.41.
290500	1.1;1.2;1.3.; 1.4.	2.1.1;2.1.2;2.1.4; 2.1.5.1;2.2;2.3;2.4; 2.16;2.17;2.30.	10.1.2;10.1.15 10.2.1;10.2.18; 10.2.35;10.2.41
290700	1.1;1.2;1.3.; 1.4.	2.1.1;2.1.2;2.1.5; 2.2;2.13;2.17;2.18; 2.30.	10.1.2;10.1.7; 10.2.1;10.2.13.
290800	1.1;1.2;1.3.; 1.4.	2.1.1;2.1.2;2.1.3; 2.1.5.1;2.1.5.2; 2.2.1;2.2.2;2.2.3; 2.2.6;2.3;2.4;2.5; 2.6;2.7;2.8;2.9;2.10 2.11;2.12;2.13;2.15; 2.16;2.17;2.30.	10.1.2;10.1.8; 10.1.14;10.1.15 10.2.1;10.2.35 10.2.41.
291300	1.1;1.2;1.3.; 1.4.	2.1.1;2.1.2;2.1.5.2; 2.2;2.16;2.17;2.21; 2.22;2.23;2.24;2.25; 2.26;2.27;2.28;2.30.	10.1.3;10.1.7; 10.2.3;10.2.16.

1	2	3	4
310000 (кроме 311600)	1.1;1.2;1.3.; 1.4.	2.13;2.17;2.21;2.22; 2.23;2.25;2.30.	10.1.15;10.2.37 10.2.3;10.2.41.
311600	1.1;1.2;1.3.; 1.4.	2.1.1;2.1.2;2.1.3; 2.1.5.1;2.1.5.2; 2.2;2.3;2.4;2.5; 2.6;2.7;2.8;2.9; 2.10;2.11;2.12;2.13; 2.14;2.15;2.16;2.17; 2.18;2.19;2.20;2.21; 2.22;2.24;2.30.	10.1.10;10.1.13 10.1.15;10.2.3; 10.2.41.
320000			
320500	1.1;1.2;1.3.;	2.1.1;2.1.2;2.1.3;	10.1.10;10.1.15
320600	1.4.	2.1.5.1;2.1.5.2;	10.1.13;10.2.41
320800		2.2;2.3;2.4;2.5; 2.6;2.7;2.8;2.9; 2.10;2.11;2.12;2.13; 2.14;2.15;2.16;2.17; 2.18;2.19;2.20;2.21; 2.22;2.24;2.30.	
330000	1.1;1.2;1.3.; 1.4.	2.13;2.17;2.21;2.22; 2.23;2.25;2.30.	10.1.3;10.1.15; 10.2.3;10.2.16; 10.2.41

Примечание: Объем лабораторного практикума должен составлять не менее 25% обязательных аудиторных занятий.

II. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1. Базовое содержание дисциплины ("ядро").

1.1. Вводные сведения. Основные физические свойства жидкостей и газов

Предмет механики жидкости и газа. Примеры гидромеханических задач из различных отраслей техники. Краткие исторические све-

дения о развитии науки.

Объект изучения, физическое строение жидкостей и газов. Основные физические свойства: сжимаемость, текучесть, вязкость, теплоёмкость, теплопроводность. Гипотеза сплошности. Два режима движения жидкостей и газов. Неньютоновские жидкости. Растворимости газов в жидкостях, кипение, кавитация. Смесительные свойства воды. Стандартная атмосфера.

1.2. Основы кинематики

Два метода описания движения жидкостей и газов. Понятие о линиях и трубках тока. Ускорение жидкой частицы. Расход элементарной струйки и расход через поверхность. Уравнение неразрывности (сплошности) в разных формах. Общий характер движения и деформаций жидких частиц, разложение сложного движения на составляющие; вихревое и безвихревое (потенциальное) движения.

1.3. Общие законы и уравнения статики и динамики жидкостей и газов.

1.3.1. Силы, действующие в жидкостях; напряжения поверхностных сил; напряженное состояние. Уравнения движения в напряжениях.

1.3.2. Абсолютный и относительный покой (равновесие) жидких сред. Уравнения Эйлера и их интегралы. Основная формула гидростатики; распределение давления в покоящейся среде. Определение сил давления покоящейся среды на плоские и криволинейные стенки. Относительное равновесие жидкости. Плавание тел.

1.3.3. Модель идеальной (невязкой) жидкости. Уравнения Эйлера и их интегралы для разных случаев движения. Уравнение Бернулли. Напряжения сил вязкости, обобщенная гипотеза Ньютона. Уравнение Навье-Стокса для вязкой жидкости. Уравнение Бернулли для линии тока вязкой жидкости. Уравнение Бернулли для относительного движения.

1.3.4. Общая интегральная форма уравнений количества движения и момента количества движения.

1.3.5. Подобие гидромеханических процессов. Числа и критерии подобия. Методы моделирования. Понятие о методе размерностей.

1.3.6. Общее уравнение энергии в интегральной и дифференциальной формах. Диссипация и перенос энергии. Уравнение переноса теплоты.

1.3.7. Турбулентность и ее основные статистические характеристики. Уравнение Рейнольдса. Основные гипотезы о турбулентных напряжениях.

1.3.8. Конечно-разностные формы уравнений Навье-Стокса и Рейнольдса.

1.3.9. Общая схема применения численных методов и их реализация на ЭВМ.

1.4. Одномерные потоки жидкостей и газов

1.4.1. Одномерная модель и приведение к ней плавноизменяющихся течений. Обобщение уравнения Бернулли для потока вязкой жидкости. Гидравлические сопротивления, их физическая природа и классификация. Структура формул для вычисления потерь удельной энергии (напора). Основная формула равномерного движения.

1.4.2. Сопротивления по длине, основная формула потерь. Данные о гидравлическом коэффициенте трения. Зоны сопротивления. Ламинарный поток в трубе и приведение его к одномерной модели. Турбулентное течение в трубах, физическая природа турбулентных напряжений и их представление на основе полуэмпирических теорий. Законы распределения скоростей и сопротивление при турбулентном течении жидкости в трубах. Наиболее употребительные формулы для гидравлического коэффициента трения.

1.4.3. Местные гидравлические сопротивления, основная формула. Зависимость коэффициента местного сопротивления от числа Рейнольдса и геометрических параметров русла. Виды местных сопротивлений: вход в трубу, внезапное расширение, диффузоры и др.

1.4.4. Истечение жидкости и газа через отверстия и насадки. Истечение жидкости через "малые" отверстия в тонкой стенке: средняя скорость, расход, траектория струи жидкости; истечение через затопленные отверстия. Особенности истечения через внешний цилиндрический насадок. Насадки других видов.

1.4.5. Расчет трубопроводных систем: простые трубопроводы, сложные трубопроводы, трубопроводы с переменным расходом по пути. Принципы расчета тупиковые, кольцевых трубопроводных сетей и коллекторов. Применение ЭВМ. Силовое воздействие пото-

ка на ограничивающие его стенки.

1.4.6. Одномерное неустановившееся движение, основное уравнение, инерционный напор. Случаи малых ускорений - истечение из резервуаров при переменном напоре. Большие ускорения, колебания давлений и уровней в напорных системах. Гидравлический удар в трубах, формулы Жуковского.

1.4.7. Одномерное течение невязкого газа. Основные термодинамические соотношения. Уравнение Бернулли для газа. Параметры торможения и критическая скорость. Газодинамические функции. Уравнение Гюгонио и его анализ; переход через скорость звука. Сопло Лавалья. Адиабаты Гюгонио и Пуассона. Истечение газа через сужающееся сопло. Прямой скачок уплотнения.

1.4.8. Изотермическое и адиабатное движение газа в трубах. Основы расчета газопроводов при малых и больших перепадах давлений. Расчет газопроводов систем вентиляции и газоходов.

1-А. Основное содержание курса для специальностей 071300 "Гидроаэродинамика" и 121100 "Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика"

1.1 Введение.

Предмет науки. Области приложения и роль механики жидкости и газа (МЖГ). Основные физические свойства жидкостей и газов. Гипотеза сплошности и единство математической модели этих сред. Общая характеристика методов МЖГ.

1.2 Кинематика жидкой среды .

Два метода математического описания деформируемых сред. Поле скоростей, линии и трубки тока. Понятие о потоке массы и расходе. Ускорение жидкой частицы в переменных Эйлера. Установившееся и неустановившееся движение.

Уравнение сплошности (неразрывности) в интегральной, дифференциальной и гидравлических формах. Применение криволинейных систем координат. Общий характер движения и деформации жидкой частицы теорем Коши-Гельмгольца. Тензор скоростей деформации.

Вихревое движение: вихревые линии и трубки тока. Напряженность вихревых трубок, теоремы Гельмгольца. Циркуляция скорости и теорема Стокса для одно- и многосвязных областей .

Безвихревое движение. Потенциал скорости и его свойства . Плоское безвихревое движение : функция тока и гидродинамическая сетка течения. Приближенный расчет поля скоростей по сетке течения.

1.3 Напряженное состояние жидкой среды.

Силы действующие в жидкостях и газах. Плотность распределения массовых сил. Напряжение поверхностных сил. Тензор напряжений. Уравнения движения сплошной среды в напряжениях.

1.4 Гидростатика.

Свойства напряжений в покоящейся ньютоновской среде. Давление в точке. Уравнение Эйлера и их общие интегралы. Гидростатический закон распределения давлений в несжимаемой тяжелой жидкости. Закон Паскаля. Распределение давлений в покоящемся газе, барометрические формулы, стандартная атмосфера.

Силы давления тяжелой жидкости на плоские и криволинейные твердые поверхности. Закон Архимеда и основные понятия теории плавания.

Относительное равновесие жидкости в ускоренно движущихся резервуарах.

1.5 Общие уравнения и теоремы динамики жидкостей и газов.

Обобщенная гипотеза Ньютона о связи тензоров напряжений и скоростей деформации в вязкой жидкости. Уравнение Навье-Стокса и формулировка граничных условий. Уравнение Бернулли для линии тока вязкой жидкости. Его энергетическая трактовка и геометрическая иллюстрация. Уравнение Бернулли для относительного движения.

Ламинарный и турбулентный режимы течения сред. Пульсации гидродинамических параметров. Уравнение Рейнольдса для турбулентных потоков и турбулентные напряжения. Основные гипотезы о турбулентных напряжениях.

Модель идеальной жидкости. Уравнения Эйлера и их общие интегралы для несжимаемой и сжимаемой сред. Уравнение Бернулли для тяжелой жидкости, для изотермического и адиабатного течения газа. Динамические свойства вихрей. Теорема Томсона. Обра-

зование вихрей; теорема Бьеркнеса.

Интегральные формы уравнений количества движения и моментов количества движения. Общее уравнение энергии, ее диссипация и понятие о потерях. Перенос энергии. Уравнение переноса теплоты.

Подобие гидродинамических процессов. Числа и критерии подобия. Необходимые и достаточные условия подобия. Моделирование. Методы аналогий. Понятие о методе размерностей.

1.6 Одномерные течения вязкой несжимаемой жидкости.

Модель одномерного потока. Обобщенное уравнение Бернулли и понятие о гидравлических сопротивлениях. Основные закономерности течения вязкой жидкости в трубах при ламинарном и турбулентном режимах. Силовое воздействие потока на твердые поверхности (в одномерной постановке); применение уравнений количества движения и момента количества движения.

Нестационарные одномерные потоки. Переходные и колебательные процессы; гидравлический удар в трубах.

1.7 Потенциальные течения несжимаемой жидкости.

Уравнение Лапласа для потенциала скорости. Принцип суперпозиции. Применение функции комплексного переменного для описания плоских потенциальных течений. Комплексный потенциал и сопряженная скорость. Простейшие плоские потенциальные течения. Обтекание круглого цилиндра. Парадокс Даламбера, поперечная сила Жуковского, эффект Магнуса. Метод конформных отображений. Обтекание плоской пластины. Постулат Жуковского-Чаплыгина. Общая задача обтекания крыльевого профиля. Формула Чаплыгина для главного вектора и главного момента сил давления на обтекаемое тело. Методы особенностей для построения плоских потенциальных течений. Метод дискретных вихрей. Плоские струйные потенциальные течения. Физические предпосылки. Сущность методов Кирхгофа, Жуковского, метода особых точек. Примеры струйных течений.

Пространственные потенциальные течения. Применение метода суперпозиции. Приведение задачи к интегральному уравнению. Примеры пространственного обтекания тел потенциальным потоком.

1.8 Ламинарные неоднородные течения вязкой жидкости.

Граничные условия для вязких сред. Примеры точных решений уравнений Навье-Стокса: течения в плоской и кольцевой трубах, течение между соосными вращающимися цилиндрами, диффузия вихрей. Общая характеристика приближенных методов, способы упрощений уравнений Навье-Стокса. Уравнение Рейнольдса для смазочного слоя. Плоский клиновидный слой смазки, основы теории цилиндрического подшипника.

Численные методы решений уравнений Навье-Стокса. Ламинарный пограничный слой. Структура течения и его схематизация. Уравнения Прандтля. Интегральные соотношения импульса и энергии. Толщины вытеснения и потери импульса. Общая схема решения интегрального соотношения методом полиномов; другие методы. Влияние градиента давления и отрыв пограничного слоя.

Примеры расчета ламинарного пограничного слоя: расчет сопротивления пластины, расчет начального участка течения в трубах.

1.9 Турбулентные течения вязкой жидкости.

Условия неустойчивости ламинарных течений и возникновение турбулентности. Внутренняя структура турбулентного потока и основные статистические характеристики. Проблема замыкания уравнений Рейнольдса. Общая характеристика полуэмпирических подходов.

Структура турбулентного пристенного пограничного слоя. Применение интегральных соотношений. Расчет турбулентного пограничного слоя на пластине. Смешанный пограничный слой. Критическое число Рейнольдса и турбулизация ламинарного слоя. Расчет сопротивления трения плоской пластины при наличии смешанного слоя. Общая схема расчета сопротивления крыльевого профиля. Условия отрыва турбулентного пограничного слоя.

Затопленные пограничные струи. Структура течения и уравнения импульсов для плоской и осесимметричной свободных затопленных струй. Расчет поля скоростей. Полуограниченные струи.

Численные методы расчета турбулентных течений.

1.10. Одномерные течения газа

Различные формы уравнения Бернулли для адиабатного течения невязкого газа. Параметры торможения и критическая скорость. Число Маха и приведенные скорости. Изэнтропические формулы. Изменение параметров газа вдоль трубы переменного сечения. Уравнение Гюгонио. Условие непрерывности перехода через критическое состояние. Закон обращения воздействий. Сопло Лавала. Истечение газа через сужающееся сопло. Формулы Сен-Венана-Венцеля и их анализ.

Прямой скачок уплотнения. Ударная адиабата и её анализ. Изменение параметров газа при переходе через скачок. Элементарный расчёт сопла Лавала.

Течение вязкого газа в трубах. Влияние сжимаемости на гидравлический коэффициент трения. Распределение скоростей в трубах при изотермическом и адиабатном течениях вязкого газа. Основные закономерности распространения ударных волн в трубах.

1.11. Плоские и осесимметричные потенциальные течения газа

Уравнения для потенциала скоростей и функции тока. Основные положения теории малых возмущений. Линеаризация уравнений. Расчёт обтекания плоских тел при дозвуковых и сверхзвуковых скоростях. Дозвуковые течения при конечных возмущениях. Методы расчёта, применяемые при дозвуковых скоростях. Сверхзвуковые течения. Уравнения характеристик. Элементарные (базовые) задачи расчёта. Задача Коши, Гурса и граничная задача. Простые волны расширения и сжатия. Течение Прандтля-Майера. Расчёт сверхзвукового течения в плоском канале произвольной формы. Особенности расчёта осесимметричных течений. Косые скачки уплотнения; структура течения и условия их образования. Ударная поляра. Диаграммы и связь между параметрами в косом скачке. Сильные и слабые скачки. Пересечения и отражения косых скачков. Основные закономерности свободных газовых струй.

1.12. Обтекание твердых тел

Силовое взаимодействие между средой и обтекаемым телом. Общее выражение поверхностной силы и её составляющие. Архимедова сила и поперечная сила Жуковского. Лобовое сопротивление и его составляющие. Обтекание цилиндра, крыльевого профиля и шара. Зависимость коэффициента сопротивления от числа Рейнольдса. Кри-

зис сопротивления.

Возникновение кавитации при обтекании тела жидкостью. Стадии кавитации и теоретические схемы суперкавитационных режимов. Глиссирование.

Неустановившееся движение тела в жидкости. Понятие о присоединенных массах и моментах. Вычисление инерционного сопротивления.

Раздел 2. Специальные разделы дисциплины (модули)

2.1. Потенциальные (безвихревые) течения жидкостей и газов.

2.1.1. Общие свойства безвихревых течений; постановка задачи. Суперпозиция потенциальных течений. Плоские течения, гидродинамическая сетка, способы ее построения и использование для расчета поля скоростей. Годограф скорости.

2.1.2. Простейшие плоские потенциальные потоки (равномерный поток, источник-сток, диполь, вихрь, вихревой слой). Суперпозиция элементарных течений. Обтекание круглого цилиндра с циркуляцией; эффект Магнуса и образование подъемной (поперечной) силы Жуковского. Применение функций комплексного переменного. Комплексный потенциал и сопряженная скорость. Метод конформных отображений. Обтекание с циркуляцией плоской пластины. Постулат Жуковского-Чаплыгина. Постановка задачи об обтекании крыльевого профиля. Сущность методов особенностей.

2.1.3. Понятие о разрывных течениях идеальной жидкости. Схемы Кирхгофа и др. Элементы методов теории струй идеальной жидкости.

2.1.4. Пространственные потенциальные течения; применение криволинейных координат. Простейшие пространственные потенциальные течения и их суперпозиция. Применение метода особенностей. Расчеты течений в осесимметричных каналах. Неустановившееся движение тела в идеальной жидкости, инерционное сопротивление и понятие о присоединенных массах.

2.1.5. Плоские и осесимметричные течения невязкого газа.

2.1.5.1. Распространение малых возмущений в газе. Линии возмущения в сверхзвуковом потоке. Основные формулы теории малых возмущений. Обтекание твердых тел дозвуковым и сверхзвуковым потоком газа при малых возмущениях.

2.1.5.2. Общие уравнения для потенциала скорости и функции

тока при конечных возмущениях в потоке газа. Преобразование уравнений для дозвуковых течений. Метод Чаплыгина; приближенные методы расчета. Сверхзвуковые течения; характеристики и их свойства. Общая схема метода характеристик, типовые (элементарные) задачи. Простые волны в сверхзвуковом потоке газа; течение Прандтля-Майера. Обтекание внутреннего угла, косые скачки уплотнения. Расчет сверхзвукового потока в плоском канале произвольной формы.

2.2. Плоские и осесимметричные течения вязкой жидкости.

2.2.1. Общие свойства вязких течений. Точные решения уравнений Навье-Стокса: течения между пластинами, в кольцевой трубе, между вращающимися цилиндрами. Общая характеристика приближенных методов. Ползущие течения. Основы гидродинамической теории смазки. Теория плоского клиновидного слоя и цилиндрического подшипника. Выдавливание жидкости из щели.

2.2.2. Плоский ламинарный пограничный слой. Дифференциальные уравнения и интегральные соотношения. Методы расчета ламинарного пограничного слоя на пластине. Влияние градиента давления и отрыв пограничного слоя. Критическое число Рейнольдса и возникновение турбулентности в слое. Интегральные соотношения для турбулентного слоя и методы его решения. Расчет турбулентного пограничного слоя на пластине. Формулы сопротивления трения пластины при смешанном пограничном слое.

2.2.3. Незатопленные и затопленные струи вязкой жидкости. Основные характеристики незатопленной струи. Ламинарная затопленная струя-источник. Переходные явления и возникновение турбулентности. Турбулентные свободные затопленные струи, их структура и основные параметры. Метод расчета параметров свободных струй. Влияние стенок, полуограниченные струи. Эффект Коанда.

2.2.4. Неизотермические струи. Подсасывающее действие струи и воздушный приток. Воздушные завесы.

2.2.5. Обтекание тел вязкой жидкостью. Силы, действующие со стороны жидкости на обтекаемое тело. Поперечная сила Жуковского и архимедова сила. Силы лобового сопротивления, ее составляющие. Опытные данные об обтекании цилиндра и шара. Кризис сопротивления. Обтекание шара при малых числах Рейнольдса. Формула Стокса. Гидравлическая крупность (скорость витания);

обтекание в зоне квадратичного сопротивления. Структура потока в гидродинамическом следе. Отрывные режимы обтекания. Обтекание пластины. Влияние шероховатости.

2.2.6. Возникновение кавитации, ее виды и стадии. Теоретические схемы суперкавитационного обтекания. Кавитационная эрозия; влияние кавитации на гидродинамические параметры.

2.3. Равномерное движение жидкости в открытых руслах.

2.3.1. Классификация русел. Условия существования равномерного безнапорного движения. Особенности движения жидкости в открытых руслах. Основное уравнение равномерного движения. Зависимость коэффициента Шези от относительной шероховатости и числа Рейнольдса. Формулы для определения коэффициента Шези и скоростной характеристики в квадратичной и неквадратичной областях. Распределение скоростей по сечению открытого потока. Основные формы поперечных сечений каналов. Гидравлически наиболее выгодные сечения. Определение гидравлических элементов живого сечения в трапецеидальных и параболических руслах.

2.3.2. Основные типы задач по расчету каналов. Основные способы расчета движения воды в каналах. Допускаемые скорости движения воды в каналах.

2.3.3. Особенности гидравлического расчета безнапорного движения в каналах замкнутого сечения.

2.3.4. Применение ЭВМ в расчетах равномерного движения.

2.4. Установившееся неравномерное плавно изменяющееся движение жидкости в открытых руслах.

2.4.1. Основные понятия и определения. Удельная энергия сечения, критическая глубина. Критический уклон. Бурное, спокойное и критическое состояние потока. Параметр кинетичности. Число Фруда. Основное дифференциальное уравнение установившегося неравномерного плавно изменяющегося движения. Гидравлический показатель русла. Исследование форм свободной поверхности потока. Методы интегрирования основного дифференциального уравнения неравномерного движения. Построение кривых свободной поверхности. Гидравлические расчеты непризматических русел. Применение ЭВМ в расчетах неравномерного движения.

2.4.2. Методы построения кривых свободной поверхности пото-

ка в естественных руслах.

2.4.3. Неравномерное движение жидкости в открытых руслах с переменным расходом.

2.5. Гидравлический прыжок

2.5.1. Общие сведения. Виды гидравлических прыжков. Совершенный прыжок. Распределение осредненных скоростей по сечению в пределах гидравлического прыжка и послепрыжкового участка. Уравнение совершенного гидравлического прыжка. Формулы сопряженных глубин для прямоугольных русел. Потери энергии в прыжке. Длина прыжка и послепрыжкового участка. Отогнанный, надвинутый прыжки и прыжок в предельном положении. Прыжок в негоризонтальных руслах и в руслах с большой шероховатостью. Гидравлический прыжок в непризматических руслах. Прыжок-волна.

2.5.2. Косые гидравлические прыжки; условия их возникновения, виды и свойства. Система расчетных уравнений косых прыжков. Расчетная диаграмма. Пересечение косых прыжков и их взаимодействие со стенками.

2.6. Водосливы.

2.6.1. Классификация водосливов. Основная формула расхода водосливов. Коэффициент расхода. Водосливы с тонкой стенкой. Типы струй, переливающихся через водослив. Условия подтопления водосливов с тонкой стенкой. Учет бокового сжатия и подтопления. Использование водосливов с тонкой стенкой для измерения расхода. Наклонные водосливы.

2.6.2. Водосливы с широким порогом. Форма свободной поверхности на пороге водослива. Условия подтопления. Определение глубины на пороге водослива. Учет бокового сжатия.

2.6.3 Водосливы практического профиля полигонального и криволинейного очертаний. Безвакуумные и вакуумные водосливы. Влияние формы, полноты напора, бокового сжатия и подтопления водослива на его пропускную способность.

2.6.4. Другие виды водосливов: кольцевые, косые, боковые.

2.7. Истечение жидкости из-под затворов.

Истечение из-под плоского затвора. Свободное и затопленное

истечения. Критерий затопления. Свободное истечение. Глубина в сжатом сечении. Затопленное истечение. Определение глубины над сжатым сечением. Истечение через щитовое отверстие непрямоугольной формы. Истечение из-под криволинейного затвора.

2.8. Сопряжения бьефов

Общие понятия и терминология. Сопряжение потоков при изменении продольного уклона русла. Беспрыжковое сопряжение бьефов. Сопряжение бьефов за водосливным сооружением. Глубина в сжатом сечении и глубина, ей сопряженная. Формы сопряжения бьефов. Сопряжение свободной струи с потоком в нижнем бьефе, дальность отлета струи. Общие указания о гашении энергии в нижнем бьефе сооружений. Гасители энергии. Гидравлический расчет водобойных колодцев, водобойных стенок и других гасителей энергии. Поверхностный режим сопряжения бьефов. Гидравлический расчет плотин с уступом.

2.9. Гидравлические расчеты сопрягающих сооружений.

2.9.1. Основные понятия. Классификация. Перепады. Расчет одноступенчатого перепада: входная часть, водопадный участок, выходная часть. Определение положения сжатого сечения после перепада. Гасители энергии после перепада.

2.9.2. Гидравлические расчеты многоступенчатых перепадов колодезного и бесколодезного типов. Форма свободной поверхности на ступени бесколодезного перепада.

2.9.3. Быстротоки. Расчет " длинных" и " коротких" быстротоков. Устойчивость потока и его аэрация на быстротоке. Искусственная шероховатость на быстротоке. Расчет быстротока по допускаемой скорости. Гасители энергии после быстротока.

2.9.4. Консольный перепад. Рассеивающий трамплин. Трубчатый перепад. Шахтный водосброс. Сооружения, управляющие бурными потоками.

2.10. Гидравлические расчеты специальных водопропускных сооружений.

Принципы расчета водопропускных сооружений, работающих по схемам водосливов. Расчеты отверстий плотины и водозаборных сооружений. Делители расходов. Водомерные лотки. Вертикальные

и горизонтальные решетки систем канализации и дорожного водоотвода. Расчеты отверстий мостов и дорожных водопропускных труб. Безнапорные водопропускные сооружения. Формы свободной поверхности потока и факторы, их определяющие. Условия затопления. Гидравлический расчет безнапорных сооружений. Косогорные трубы. Расчет входного участка с учетом интерференции косых гидравлических прыжков. Полунапорные трубчатые водопропускные сооружения. Методика расчета. Напорные трубчатые водопропускные сооружения.

Условия затопления и гидравлический расчет с учетом аккумуляции в верхнем бьефе. Растекание потока и сбойное течение в нижнем бьефе водопропускных сооружений. Размывы отводящих русел и их крепление.

2.11. Неустановившееся движение воды в открытых руслах

2.11.1. Виды волн перемещения, длинные и прерывные волны. Дифференциальные уравнения неустановившегося движения в открытых руслах и их интегрирование. Неустановившееся движение воды в горизонтальном русле прямоугольного сечения. Трансформация волны попуска.

Применение ЭВМ в расчетах неустановившегося движения. Особенности расчета прерывных волн.

2.11.2. Основные сведения о ветровых волнах. Классификация волн. Граничные и начальные условия. Плоские, стоячие и прогрессивные волны. Скорость распространения волн. Групповая скорость. Энергия волн. Волны на мелкой воде.

2.12. Плановые задачи теории открытых потоков.

Особенности плановых потоков. Дифференциальные уравнения установившегося резко изменяющегося в плане безнапорного движения воды. Обтекание потоком боковой стенки русла, имеющего повороты в плане. Особенности расчета ковшей водозаборных сооружений. Бурный режим течения, характеристики и их свойства. Диаграмма характеристик и графоаналитический прием расчета. Численный расчет методом характеристик с использованием ЭВМ. Газогидравлическая аналогия. Построение плана растекания бурного потока в прямоугольном русле ограниченной ширины.

2.13. Двухфазные потоки жидкости и газа.

Виды двухфазных потоков и их классификация. Концентрация объемная и массовая. Основные понятия гидродинамики дисперсных сред, исходные гипотезы. Системы газ - твердые частицы, жидкость - твердые частицы. Поведение твердой изолированной частицы. Витание твердых частиц в различных потоках. Коэффициент сопротивления при обтекании твердого тела установившимся потоком. Установившееся и неустановившееся течение газожидкостных смесей. Расход жидкости, газа и газожидкостной смеси. Осаждение монодисперсной и полидисперсной взвесей. Стесненное осаждение твердых частиц. Принципы гидравлического расчета отстойников. Взвешивание частиц восходящим потоком. Понятие о псевдосжиженном слое. Особенности осаждения (всплывания) капель жидкости и газовых пузырей. Двухфазные потоки жидкости. Критическая скорость. Взвешенные и донные наносы. Принципы расчета напорных и безнапорных пульповодов. Особенности расчета ило- и трубопроводов для пневмотранспорта и систем гидрозолоудаления. Движение донных наносов, виды их перемещения. Формирование гряд в размываемых руслах. Расход донных наносов. Размывающая скорость. Принципы гидравлического расчета трубопроводов и аппаратов с двухфазной жидкостью.

Особенности течения жидкостей с высокомолекулярными присадками.

2.14. Потоки в естественных руслах.

Методы расчета однофазных течений в естественных руслах. Приведение потока в естественном русле к одномерной модели. Общее дифференциальное уравнение. Речной бассейн. Речная система. Русло, пойма, долина реки. Продольный и поперечный профили рек. Питание рек. Межень. Половодья и паводки, гидрографы. Виды движения воды в реках. Связь между расходом и уровнем. Распределение скоростей по вертикали и в живом сечении. Движение воды на изгибе русла. Поперечная циркуляция. Термический и ледовый режимы рек

2.15. Движение наносов и русловые процессы.

Физико-механические характеристики наносов. Форма и размер частиц наносов. Скорость выпадения частиц в стоячей воде. Общие сведения о движении наносов. Воздействие потока на подвиж-

ные частицы дна. Лобовое сопротивление. Подъемная сила. Движение влекомых наносов. Расход влекомых наносов на безгрядовом дне. Донные волны. Движение взвешенных наносов. Уравнение движения взвешенной жидкости. Распределение взвешенных наносов по вертикали. Транспортирующая способность потока и полный расход русловых наносов.

Общие свойства руслового процесса. Многолетние и сезонные переформирования русла. Уравнение деформации русла. Формирование русла побочного типа. Устойчивость речных русел. Движение донных гряд. Режим перекатов. Прогноз русловых деформаций.

2.16. Движение жидкости и газа в пористой среде. (фильтрация)

2.16.1. Основные характеристики фильтрации в грунтах. Основной закон фильтрации. Коэффициент фильтрации и методы его определения. Ламинарная и турбулентная фильтрации. Равномерное и неравномерное движения грунтовых вод. Дифференциальные уравнения неравномерного плавноизменяющегося движения грунтовых вод. Формы кривых депрессии. Интегрирование дифференциальных уравнений для случая плоской задачи.

2.16.2. Основные дифференциальные уравнения гидромеханической теории фильтрации. Напорная функция. Потенциал скорости. Функция тока. Уравнение Лапласа для движения грунтовых вод. Гидродинамическая сетка при фильтрации через гидротехнические сооружения. Метод электрогидродинамических аналогий (ЭГДА). Применение ЭВМ при решении фильтрационных задач.

2.16.3. Приток грунтовых вод к водосборным сооружениям. Приток к дренажному и артезианскому колодцам. Расчет группы совершенных колодцев при водопонижении. Приток к одиночной совершенной водосборной галерее. Основы расчета системы горизонтальных совершенных и несовершенных дрен. Фильтрация воды через земляные плотины и под гидротехническими сооружениями.

2.16.4. Расчет фильтрующих насыпей.

2.16.5. Фильтрование жидкостей и газов. Специальные виды фильтров.

2.16.6. Теория упругого режима фильтрации. Интерференция скважин в условиях упругого режима. Определение коллекторских свойств пласта по данным исследования скважин при упругом ре-

жиме. Приближенные методы решения задач теории упругого режима. Приток упругой жидкости к укрупненной скважине.

2.16.7. Неустановившееся движение газа в пористой среде. Вывод дифференциальных уравнений Лейбензона. Применение принципа суперпозиции к задачам неустановившейся фильтрации газа. Точные и приближенные решения задач неустановившейся фильтрации газа.

2.16.8. Движение границы раздела при взаимном вытеснении жидкостей и газов. Кинематические условия на подвижной границе раздела. Прямолинейно-параллельное вытеснение нефти водой. Плоскорадиальное вытеснение нефти водой. Устойчивость движения границы раздела. Дифференциальное уравнение границы раздела. Образование конуса подошвенной воды.

2.16.9. Теория двухфазной фильтрации несмешивающихся жидкостей. Уравнение Бакли-Левретта. Решение уравнения Бакли-Левретта. Практическое применение решения Бакли-Левретта. Основы теории фильтрации многофазных систем. Модель Маскета-Миреса трехфазной фильтрации. Движение газированной жидкости в пористой среде.

2.16.10. Гидродинамические модели теории фильтрации методов повышения нефте- и газоконденсатотдачи пластов. Вытеснение нефти раствором активной примеси. Основы теории неизотермической фильтрации. Уравнение энергии фильтрационного потока и его анализ. Нагревание призабойной зоны пласта при закачке горячей воды. Определение потерь теплоты через кровлю и подошву пласта.

2.16.11. Особенности фильтрации неньютоновской жидкости. Одномерные задачи фильтрации вязкопластичной жидкости. Неустановившаяся фильтрация вязкопластичной жидкости. Образование застойных зон при вытеснении нефти водой.

2.16.12. Движение жидкостей и газов в трещиноватых и трещиновато-пористых средах. Вывод дифференциальных уравнений движения жидкости и газа в трещиноватых и трещиновато-пористых средах. Установившаяся и неустановившаяся фильтрация жидкости и газа в трещиноватом и трещиновато-пористом пласте. Вытеснение нефти водой из трещиновато-пористых сред.

2.17. Основы гидромеханического моделирования.

2.17.1. Метод анализа размерностей. Пи-теорема. Геометрическое, кинематическое и динамическое подобия. Математические

модели и использование ЭВМ. Физические модели. Критерии гидромеханического подобия. Основные правила гидромеханического моделирования. Моделирование движения жидкости в напорных трубопроводах, открытых руслах, сооружениях, гидropневмосистемах и гидромашинах.

2.17.2. Планирование экспериментальных исследований. Методы и приборы для измерения глубин, давлений, скоростей, расходов, частот вращения, мощности, концентрации и т. д. Измерение мгновенных скоростей и давлений. Обработка экспериментальных данных и определение характеристик объектов.

2.18. Основы массопередачи (массопереноса)

2.18.1. Основные понятия и определения массопередачи. Разность концентраций вещества в двух точках жидкой среды - движущая сила процесса массопередачи. Консервативные и неконсервативные примеси. Массоперенос и диффузия. Ламинарная и турбулентная диффузии в движущейся среде. Основной закон массопередачи (закон Фика) и его приложение при расчете разбавления сточных вод. Массопередача в однофазной среде. Диффузия в трубах и каналах в условиях равномерного и неравномерного движений. Массопередача в диффузионном слое при внешнем обтекании. Основы массопередачи воздух-жидкость применительно к пневматической аэрации.

Явления переноса теплоты, массы, импульса (законы Фурье, Фика, Ньютона) и их аналогия. Практическое значение этой аналогии. Характерные критериальные зависимости (Нуссельта, Пекле, Рейнольдса, Прандтля, Шмидта). Математические модели процессов массопередачи.

2.18.2. Стратифицированные течения. Классификация стратифицированных течений. Температурная, химическая и механическая стратификации. Прямая и обратная стратификации. Основные уравнения и критерии подобия. Устойчивость стратифицированных течений.

2.19. Гидрологические расчеты

Влагооборот в природе. Уравнение водного баланса речных бассейнов. Факторы, оказывающие влияние на поверхностный сток. Роль рельефа, почв и грунтов, растительности, болот, озер в формировании максимальных расходов поверхностного стока. Мето-

ды определения расчетных гидрологических характеристик при наличии и отсутствии наблюдений в зависимости от класса сооружений. Определение расчетных расходов методами математической статистики. Построение и экстраполяция кривых вероятности превышения расходов. Определение расчетных уровней воды. Построение и экстраполяция кривой расхода. Перенос расчетного расхода из одного створа реки в другой. Расчетные гидрографы половодий и паводков. Сток с малых водосборных бассейнов. Расчет расходов ливневого стока и снеготаяния. Применение ЭВМ в сложных гидрологических расчетах. Основные методы расчетов регулирования речного стока.

2.20. Измерение параметров естественных водных потоков

Организация гидрометрических работ и основные требования при их выполнении. Безопасность производства гидрометрических изысканий. Способы измерения уровней, глубин и уклонов, приборы для измерения. Водомерные посты. Построение продольных и поперечных профилей. Измерение скоростей: способы и приборы. Гидрометрические створы, их разбивка по данным измерения плана течений.

Измерение векторов скоростей на участке мостового перехода. Применение аэрометодов и гидролокации в гидрометрии. Методы определения расходов воды по местным скоростям и глубинам потока. Построение кривых расходов, площадей живых сечений и средних скоростей.

2.21. Гидравлические машины

Общие сведения о гидромашинах. Классификация насосов и гидродвигателей. Принцип действия динамических и объемных машин. Основные параметры: подача (расход), напор, мощность, КПД. Баланс мощности в гидромашинах.

2.22. Лопастные насосы

2.22.1. Основы теории лопастных насосов. Центробежные насосы, схема проточной части, кинематика потока. Уравнение Эйлера. Теоретический напор, влияние конструктивных и режимных параметров. Полезный напор. Баланс энергии. Коэффициенты полез-

ного действия. Характеристики центробежных насосов. Основы теории подобия и формулы пересчета. Коэффициент быстроходности и типы лопастных насосов. Основные сведения об осевых насосах.

2.22.2. Эксплуатационные расчеты лопастных насосов. Насосные установки. Регулирование подачи. Последовательное и параллельное соединение насосов. Кавитация в лопастных насосах. Кавитационный запас и кавитационные характеристики. Формула С.С.Руднева и ее применение.

2.23. Динамические насосы

Схема вихревого насоса, принцип действия, характеристика, области применения. Схема лабиринтного насоса, принцип действия, характеристика, области применения. Черпаковые насосы, принцип действия, характеристика, области применения. Характеристики и методы расчета струйных насосов и эжекторов.

2.24. Гидравлические турбины

Общие понятия о гидротурбинах и их установках. Классы, современные системы и типы гидротурбин. Схемы турбинных установок, основные параметры гидротурбин.

Основы теории рабочего процесса реактивных гидротурбин. Структура потока в проточной части реактивных турбин. Основное уравнение гидротурбины. Турбинные камеры. Гидромеханический расчет спиральных камер. Уравнение регулирования расхода гидротурбины. Отсасывающие трубы реактивных гидротурбин.

Основы моделирования гидротурбин. Условия геометрического, кинематического и динамического подобия. Коэффициент быстроходности. Масштабный эффект в гидротурбинах.

Модельные исследования гидротурбин. Определение основных параметров модельной гидротурбины. Основные характеристики гидротурбин.

Кавитация в гидротурбинах. Уравнение кавитации гидротурбин. Условия бескавитационной работы. Высота отсасывания и ее выбор, учет масштабного эффекта. Меры борьбы с кавитацией. Кавитационные испытания гидротурбин.

Активные гидротурбины. Ковшовые гидротурбины. Схема, основные параметры и уравнение ковшовой турбины. Регулирование расхода ковшовой гидротурбины.

2.25. Гидродинамические передачи

Назначение и области применения гидродинамических передач. Принцип действия и классификация. Рабочие жидкости. Гидродинамические муфты, устройство и рабочий процесс гидромукты. Основные параметры, уравнения, характеристики. Совместная работа гидромукты с двигателем. Регулирование гидромукты. Гидродинамические трансформаторы, устройство, классификация, рабочий процесс и уравнения. Потери энергии в трансформаторе. Внешние характеристики гидротрансформаторов различных типов. Формулы подобия для гидротрансформаторов и их применение. Совместная работа гидротрансформаторов.

2.26. Объемные насосы

Общие сведения, принцип действия, основные свойства и классификация, области применения. Насосы возвратнопоступательного действия. Устройство и области применения поршневых, плунжерных и диафрагменных насосов. Графики подачи и способы ее выравнивания.

Общие свойства, классификация и области применения роторных насосов. Подача роторных насосов и ее равномерность, регулирование подачи. Характеристики роторных насосов и их работа на трубопровод. Устройство и особенности роторных насосов различных типов: шестеренных, пластинчатых, роторнопоршневых, винтовых, коловратных.

2.27. Объемный гидропривод и средства гидроавтоматики

2.27.1. Принцип действия объемного гидропривода. Классификация объемных гидроприводов по характеру движения выходного звена и другим признакам, элементы гидропривода (гидродвигатели, гидроаппаратура, фильтры, гидроаккумуляторы, гидрелинии).

2.27.2. Гидродвигатели, силовые гидроцилиндры, их назначение и устройство. Расчет цилиндров, поворотные гидродвигатели.

2.27.3. Роторные гидродвигатели - гидромоторы. Обратимость роторных насосов и гидромоторов. Гидромоторы роторно-поршневых, пластинчатых, шестеренных и винтовых типов. Расчет крутящего момента и мощности на валу гидромотора. Регулирование ра-

большого объема. Высокмоментные гидромоторы.

2.27.4. Гидроаппаратура и элементы гидроавтоматики. Классификация гидроаппаратов и элементов гидроавтоматики. Распределительные устройства. Назначение, принцип действия и основные типы. Клапаны. Принцип действия, устройство и характеристики. Дроссельные устройства, назначение, принцип действия и характеристики.

Фильтры, гидроаккумуляторы. Обозначение гидроаппаратов и элементов гидроавтоматики по ЕСКД.

2.27.5. Схемы гидропривода и системы гидроавтоматики. Схемы гидропривода с замкнутой и разомкнутой циркуляцией, с дроссельным и объемным регулированием скорости. Сравнение различных способов регулирования скорости гидропривода. Стабилизация скорости. Синхронизация движения нескольких гидродвигателей.

2.27.6. Следящий гидропривод. Назначение, принцип действия, схема и области применения следящего гидропривода в системах автоматического управления. Чувствительность, точность и устойчивость гидроусилителей.

2.28. Пневмопривод и средства пневмоавтоматики

Основные элементы и схемы пневмоприводов. Пневматические распределительные устройства. Пневматические двигатели. Источники сжатого газа. Пневматический привод с поршневым двигателем и дроссельным регулированием. Пневматические приводы с роторными и турбинными пневмодвигателями. Струйные системы пневмоавтоматики. Пневматические элементы вычислительных устройств. Системы струйных элементов.

2.29. Рабочие жидкости гидросистем

Эксплуатационные требования, предъявляемые к жидкостям и газам: температура самовоспламенения, вспышки и застывания, совместимость с уплотнениями и покрытиями, смазочная способность, токсичность, коррозионная и радиационная стойкость к механической деструкции и т.д. Модели жидкостей. Совершенные и несовершенные газы. Примеры применяемых рабочих жидкостей и газов.

2.30. Гидроаэродинамические расчёты в экологических задачах

Основные положения. Расчет сосредоточенных и рассеивающих выпусков в водоемы и водотоки. Определение величины санитарного выпуска. Изменение кинематической структуры потока при регулировании естественных потоков. Прогнозирование размывов русел водотоков и каналов при проведении водохозяйственных работ. Фильтрация из каналов. Изменение режима движения подземных вод при водозаборе и пополнении запасов подземных вод. Задача о поступлении морской воды в подземные горизонты при регулировании речного стока. Загрязненность и очистка вод поверхностного стока с урбанизированных территорий. Эрозионное воздействие водных потоков. Гидравлические основы очистки стоков промышленных предприятий.

2.31. Основы механики разреженных газов

Основы кинетической теории и взаимодействия газов с обтекаемыми поверхностями. Свободномолекулярная область механики разреженных газов. Переходная область механики разреженных газов. Течения, близкие к свободномолекулярным. Течения слаборазреженного газа.

2.32. Основы магнитной и электро- гидрогазодинамики

Основные определения и понятия. Основные соотношения магнитной гидродинамики. Основные соотношения электрогидродинамики. Способы создания и возможности технического применения магнитных и электрогидрогазодинамических течений.

2.33. Основы контактной гидродинамики

Физические явления в контакте. Течение жидкости. Контактная деформация тел. Постановка задач контактной гидродинамики. Примеры решений.

3. КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Студентам всех специальностей рекомендуется выполнять контрольные работы по гидростатике, основным законам гидродинамики, гидравлическим сопротивлениям и гидравлическим расчетам сооружения или системы в соответствии с направлением или специальностью.

Возможны семинарские занятия по этим темам.

4. ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

4.1. Темы лабораторных занятий, рекомендуемые для обязательного выполнения.

- 4.1.1. Методы и приборы измерения давления.
- 4.1.2. Относительное равновесие жидкости.
- 4.1.3. Определение сил давления на твердые плоские и криволинейные поверхности.
- 4.1.4. Изучение режимов движения (опыт Рейнольдса).
- 4.1.5. Опытная иллюстрация уравнения Бернулли.
- 4.1.6. Измерение поля скоростей на входном участке трубы или плоского канала.
- 4.1.7. Определение гидравлического коэффициента трения в трубах и плоских каналах (потери по длине).
- 4.1.8. Определение коэффициентов местных сопротивлений (диафрагма, задвижка, колено и т.д.).
- 4.1.9. Истечение через отверстия и насадки при постоянном напоре.
- 4.1.10. Определение силового воздействия потока.

4.2. Темы лабораторных работ по выбору кафедры

- 4.2.1. Расходомер Вентури.
- 4.2.2. Потери напора при внезапном расширении трубопровода.
- 4.2.3. Осреднение и пульсационные характеристики потока.
- 4.2.4. Построение пьезометрической линии при движении жидкости в трубопроводах с переменным расходом.
- 4.2.5. Истечение через отверстия при переменном напоре.
- 4.2.6. Изучение течений в диффузорах и конфузорах.
- 4.2.7. Измерение поля скоростей свободной турбулентной

струи.

- 4.2.8. Водослив с тонкой стенкой.
 - 4.2.9. Водослив с широким порогом.
 - 4.2.10. Водослив практического профиля.
 - 4.2.11. Истечение из под шита.
 - 4.2.12. Неравномерное установившееся движение жидкости в открытом русле.
 - 4.2.13. Гидравлический прыжок.
 - 4.2.14. Донный режим сопряжения бьефов.
 - 4.2.15. Поверхностный режим сопряжения бьефов.
 - 4.2.16. Изучение гидравлических условий работы водопропускных сооружений.
 - 4.2.17. Исследование работы модели быстрого тока.
 - 4.2.18. Исследование работы водобойных колодцев.
 - 4.2.19. Исследование работы ступенчатого перепада.
 - 4.2.20. Определение коэффициента фильтрации однородного грунта.
 - 4.2.21. Исследование фильтрационных потоков на установке ЭГДА.
 - 4.2.22. Фильтрация через земляную плотину.
 - 4.2.23. Фильтрация под основанием сооружения.
 - 4.2.24. Исследование дренажных систем.
 - 4.2.25. Испытание лопастного насоса.
 - 4.2.26. Кавитационное испытание насоса.
 - 4.2.27. Испытание объемного насоса.
 - 4.2.28. Статические и динамические характеристики переливных клапанов.
 - 4.2.29. Испытание объемного гидропривода с дроссельным регулированием.
 - 4.2.30. Испытание гидропривода с объемным регулированием.
 - 4.2.31. Характеристика струйных усилителей.
 - 4.2.32. Испытание мембранного пневмопривода.
 - 4.2.33. Испытание следящего электрогидропривода.
 - 4.2.34. Гидравлический удар в трубе.
 - 4.2.35. Испытания реактивных турбин.
 - 4.2.36. Рабочие колеса гидротурбин.
- И другие.

5. ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

- 5.1. Темы практических занятий, рекомендуемых для обязательного выполнения.
- 5.1.1. Определение абсолютного и избыточного давлений, вакуум, распределение давления.
- 5.1.2. Относительное равновесие жидкости.
- 5.1.3. Силовое воздействие покоящейся жидкости и газа на твердые поверхности.
- 5.1.4. Примеры использования уравнения Бернулли в гидравлических расчетах. Построение линии полного напора и пьезометрической линии.
- 5.1.5. Определение потерь напора по длине и в местных сопротивлениях.
- 5.1.6. Типовые задачи на истечение жидкостей и газов через отверстия и сопла.
- 5.1.7. Построение поля скоростей плоских потенциальных течений.
- 5.1.8. Расчеты одномерного течения газа.
- 5.1.9. Элементарный расчет сопла Лавала.
- 5.1.10. Расчеты течения вязкой жидкости в щелях и зазорах.
- 5.2. Темы практических занятий по выбору кафедры.
- 5.2.1. Расчеты скачков уплотнения.
- 5.2.2. Расчеты течения вязкого газа в трубах.
- 5.2.3. Расчеты ламинарного и турбулентного пограничного слоя.
- 5.2.4. Гидравлический расчет равномерного движения жидкости в открытых призматических каналах.
- 5.2.5. Гидравлический расчет водосливов.
- 5.2.6. Определение удельной энергии сечения; критическая глубина, критический уклон.
- 5.2.7. Расчет параметров потока при неравномерном плавноизменяющемся движении в открытых каналах.
- 5.2.8. Сопряженные глубины гидравлического прыжка.
- 5.2.9. Сопряжение бьефов водосливных плотин.
- 5.2.10. Расчет сопрягающих сооружений (быстротоков, перепадов, консольных перепадов и т.п.)
- 5.2.11. Расчеты малых водопропускных сооружений (малых мос-

тов, труб).

- 5.2.12. Расчет систем дренажа.
- 5.2.13. Определение расчетных гидрологических характеристик, дорожно-мостовых и аэродромных гидротехнических сооружений.
- 5.2.14. Расчет напорной фильтрации под сооружением.
- 5.2.15. Расчет притока к водосборным колодцам.
- 5.2.16. Фильтрация через земляные дамбы и перемычки.
- 5.2.17. Определение потребного напора насоса.
- 5.2.18. Расчеты всасывающей и нагнетательной линий насоса.
- 5.2.19. Расчеты двухфазных потоков.
- 5.2.20. Расчеты загрязненности и очистки воды.

И другие.

6. КУРСОВЫЕ РАБОТЫ

Расчетные и расчетно-графические курсовые работы являются формой закрепления и развития знаний, полученных на лекциях, а также практических и лабораторных занятиях. Они посвящаются комплексному расчету простых сооружений и гидравлических систем по специальностям, как правило, с применением ЭВМ.

- 6.1. Определение силы гидростатического давления на плоские и криволинейные поверхности.
- 6.2. Использование уравнения Бернулли при решении инженерных задач.
- 6.3. Гидравлический расчет "длинных" и "коротких" трубопроводов; расчет сложных трубопроводов.
- 6.4. Истечение через отверстия и насадки.
- 6.5. Расчеты равномерного движения воды в открытых руслах и каналах замкнутого поперечного сечения.
- 6.6. Неравномерное установившееся движение в открытых руслах; построение кривых свободной поверхности в призматических руслах.
- 6.7. Расчет сопряжения бьефов.
- 6.8. Гидравлический расчет водобойных устройств.
- 6.9. Гидравлический расчет быстротоков и перепадов.
- 6.10. Расчет напорной фильтрации под основанием сооружения.

- 6.11. Неустановившееся движение жидкости в трубопроводах.
- 6.12. Неустановившееся движение жидкости в открытых каналах.
- 6.13. Осаждение (всплывание) твердых частиц в жидкости.
- 6.14. Расчет двухфазных потоков.
- 6.15. Обтекание тел потенциальным потоком.
- 6.16. Расчеты пограничного слоя.
- 6.17. Течение вязкой жидкости в щелях гидромашин и гидромеханизмов.
- 6.18. Определение потребного напора насоса.
- 6.19. Нахождение рабочей точки трубопровода с насосной подачей.
- 6.20. Нахождение экономически оптимального диаметра трубопровода.
- 6.21. Динамические характеристики объемного гидропривода станка, приспособления.
- 6.22. Динамические характеристики пневмопривода.
- 6.23. Расчет объемной гидротрансмиссии.
- 6.24. Гидравлический расчет системы тормозов.
- 6.25. Гидравлический расчет системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания.
- 6.26. Гидравлический расчет системы смазки двигателя внутреннего сгорания.
- 6.27. Гидравлический расчет системы питания автомобильного карбюраторного двигателя.
- 6.28. Гидравлический расчет системы питания дизеля.
- 6.29. Расчет характеристик гидропривода с дроссельным регулированием.
- 6.30. Гидравлический расчет централизованной подачи охлаждающей жидкости.

И другие.

7. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Темы курсовых проектов должны соответствовать профилю специальности.

8. ВНЕАУДИТОРНАЯ САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

При изучении дисциплины механика жидкости и газа (гидравлика) планируется контролируемая преподавателем самостоятельная работа студентов. Цели самостоятельной работы студентов определяются кафедрами в соответствии с направлением или специальностью и предусматривают более глубокое изучение отдельных теоретических вопросов гидравлики, лабораторные исследования или расчеты на ЭВМ процессов, сооружений, аппаратов и гидравлических систем. Одним из видов самостоятельной работы являются контрольные работы по основным разделам курса.

9. Использование ЭВМ.

9.1. Для обучения и контроля знаний студентов по основным разделам курса.

9.2. Исследование влияния различных параметров на характеристики сооружений, устройств и машин.

9.3. Расчет полей скоростей и давлений в элементах устройств, сооружений и машин.

10. ЛИТЕРАТУРА

10.1. Основная

- 10.1.1. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. -М.: Наука, 1969. -824 с.
- 10.1.2. Альтшуль А.Д., Животовский Л.С., Иванов Л.П. Гидравлика и аэродинамика. -М.: Стройиздат, 1987. -410 с.
- 10.1.3. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. и др. Гидравлика, гидромшины и гидроприводы. -М.: Машиностроение, 1982. -423 с.
- 10.1.4. Басниев К.С., Кочина И.Н., Максимов В.М., Подземная гидромеханика. -М.: Недра, 1993. -416с.
- 10.1.5. Бондарев Е.Н., Дубасов В.Т., Рыжов Ю.А. Аэро-гидродинамика. -М.: Машиностроение, 1993. -608 с.
- 10.1.6. Войткунский Я.И., Фаддеев Ю.И., Федяевский К.К. Гидромеханика. -Л.: Судостроение, 1982. -455 с.

- 10.1.7. Емцев Б.Т. Техническая гидромеханика. -М.: Машиностроение, 1987. - 460 с.
- 10.1.8. Константинов Н.М., Петров Н.А., Высоцкий Л.И. Гидравлика, гидрология, гидрометрия. -М.: Высш. шк., 1987. - Ч.1. - 304 с.
- 10.1.9. Круглов М.Г., Меднов А.А. Газовая динамика комбинированных двигателей внутреннего сгорания.-М.:Машиностроение,1988.-360с..
- 10.1.10.Кривченко Г.И.Гидравлические машины.-М.:Энергоатомиздат,1983.-320с.
- 10.1.11.Карелин В.Я.,Минаев В.В.Насосы и насосные станции.-М.:Стройиздат,1986.-320с.
- 10.1.12.Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. -М.: Наука, 1987. - 840 с.
- 10.1.13.Насосы и насосные станции.Под ред. Чебаевского В.Ф.-М.: Агропромиздат,1989.-416с.
- 10.1.14.Чугаев Р.Р. Гидравлика.-Л.: Энергоиздат, 1982.- 672 с.
- 10.1.15.Штеренлихт Д.В. Гидравлика. -М.: Энергоатомиздат, 1991. -кн.1 351 с.,кн.2 367с.

10.2. Дополнительная

- 10.2.1. Альтшуль А.Д., Калицун В.И. и др. Примеры расчетов по гидравлике. -М.:Стройиздат, 1976. - 256 с.
- 10.2.2. Беренда Т.К. и др. Элементы и схемы пневмоавтоматики. -М.: Машиностроение, 1976. - 242 с.
- 10.2.3. Бугаев Д.А. и др. Сборник задач по машиностроительной гидравлике/Под ред. И.И.Куколевского и Л.Г.Подвизва. - М.: Машиностроение, 1981. - 484 с.
- 10.2.4. Бэтчелор Дж. Введение в механику жидкости. -М.:Мир,1973,758с.
- 10.2.5. Бекнев В.С.,Панков О.М., Янсон Р.А.и др.Газовая динамика газотурбинных и комбинированных установок.-М.:Машиностроение.1973.-392с.
- 10.2.6. Бекнев В.С.,Епифанов В.М.,Круглов М.Г.и др.Сборник задач и упражнений по газовой динамике.-М.:Машиностроение,1992.-272с.
- 10.2.7. Васильев Б.А.,Грецов Н.А.Гидравлические машины.-М.:Агропромиздат,1988.-272с.

- 10.2.8. Галахов М.А.,Гусятников П.Б.,Новиков А.П.Математические модели контактной гидродинамики.-М.:Наука,1985.-294с.
- 10.2.9. Герц Е.В., Крейнин Г.В. Расчет пневмоприводов. -М.: Машиностроение, 1975. - 272 с.
- 10.2.10.Герц Е.В.,Кудрявцев А.И.,Ложкин В.В. и др.Пневматические устройства и системы в машиностроении.Справочник.-М.: Машиностроение,1981.-408с.
- 10.2.11.Гликман Б.Е. Математические модели пневмогидравлических систем. - М.: Наука, 1986. - 336 с.
- 10.2.12.Давидсон В.Е.Основы газовой динамики в задачах.-М.: Высшая школа,1987.-207с.
- 10.2.13.Дейч М.Е., Зарянкин А.Е. Газогазодинамика. -М.: Энергоатомиздат, 1984. - 384 с.
- 10.2.14.Дмитриев В.Н., Градецкий В.Г. Основы пневмоавтоматики. -М.:Машиностроение, 1978. - 360 с.
- 10.2.15.Железняков Г.В. Гидрология и гидрометрия. -М.: Высш. шк., 1984. - 264 с.
- 10.2.16.Задачник по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам Под ред.Б.Б.Некрасова. -М.:Высш. шк., 1989. -245 с.
- 10.2.17.Золотов С.С.и др. Задачник по гидромеханике для судостроителей. - Л.:Судостроение, 1984. - 230 с.
- 10.2.18.Константинов Н.М., Петров Н.А.,Александров В.А.и др.Примеры гидравлических расчетов.-М.:Транспорт, 1987. - 440 с.
- 10.2.19.Кутателадзе С.С.,Сырикович М.А. Гидродинамика газожидкостных систем. -М.:Энергия,1976.-296с.
- 10.2.20.Леонов Е.Г.,Исаев В.И. Гидроаэромеханика в бурении.М.: Недра, 1987. -276с.
- 10.2.21.Новицкий А.С.,Любин Л.Я. Основы динамики и теплообмена жидкостей и газов при невесомости.-М.:Машиностроение,1972.-252с.
- 10.2.22.Мхитарян А.М., Ушаков В.В. и др. Аэрогидромеханика. -М.:Машиностроение, 1984. - 352 с.
- 10.2.23.Патрашев А.Н.и др. Прикладная гидромеханика. - Л.: Военмориздат, 1979. - 605 с.
- 10.2.24.Повх И.Л. Техническая гидромеханика. -Л.:Машиностроение, 1976. - 502 с.

- 10.2.25. Половин Р.В., Демуцкий В.П. Основы магнитной гидродинамики. -М.: Энергоатомиздат, 1987. -206с.
- 10.2.26. Роуч П. Вычислительная гидродинамика. -М.: Мир, 1980. -612с.
- 10.2.27. Рубашов И.Б., Бортников Е.Б. Электрогазодинамика. -М.: Атомиздат, 1971. -168с.
- 10.2.28. Самойлович Г.С. Газогазодинамика. -М.: Машиностроение, 1990. - 384с.
- 10.2.29. Степчиков А.А. Задачник по гидрогазовой динамике. -М.: Машиностроение, 1980. -182с.
- 10.2.30. Сборник задач по гидравлике и газодинамике для нефтяных вузов. Под ред. Г.Д. Розенберга. -М.: Недра, 1990. -240с.
- 10.2.31. Следящие гидроприводы / Под ред. Б.К. Чемоданова. -М.: Энергия, 1976. - Кн.1. - 480 с.; кн.2 - 334 с.
- 10.2.32. Справочник по гидравлическим расчетам / Под ред. П.Г. Киселева. -М.: Энергия, 1972. - 312 с.
- 10.2.33. Крупные осевые и центробежные насосы. Монтаж, эксплуатация и ремонт. Справочное пособие. (Кисилев И.И. и др.). -М.: Машиностроение, 1977. 184с.
- 10.2.34. Справочник по гидротурбинам. Под ред. Н.Н. Ковалева. -Л.: Машиностроение, 1984. -496с.
- 10.2.35. Сырицин Т.А. Надежность гидро- и пневмопривода. -М.: Машиностроение, 1981. - 228 с.
- 10.2.36. Уилкинсон У.Л. Неньютоновские жидкости. -М.: Мир, 1964, 216с.
- 10.2.37. Фонарев А.Л. Гидравлика и гидравлические машины в промышленном рыболовстве. -М.: Колос, 1993. -208с.
- 10.2.38. Черный Г.Г. Газовая динамика. -М.: Наука, 1988. -424с.
- 10.2.39. Чупраков Ю.И. Гидропривод и средства гидроавтоматики. -М.: Машиностроение, 1979. - 232 с.
- 10.2.40. Шашин В.М. Гидромеханика. -М.: Высшая школа, 1990. -384с.
- 10.2.41. Штеренлихт Д.В., Алышев В.М., Яковлева Л.В. Гидравлические расчёты. -М.: Колос, 1992. -287 с.

Примечание: В связи с трудностями в централизованном издании учебной литературы рекомендации в рабочих программах должны определяться в зависимости от конкретного библиотечного фонда и наличия внутривузовских изданий.

Программу составили:

- Басниев К.С. - профессор государственной Академии нефти и газа
- Бутаев Д.А. - профессор Московского государственного технического университета
- Емцев Б.Т. - профессор Московского энергетического института (технического университета)
- Иванов Л.П. - профессор Московского государственного строительного университета
- Шейпак А.А. - профессор Московского автомобилестроительного института (ВТУЗ-ЗИЛ)
- Штеренлихт Д.В. - профессор Московского государственного университета природообустройства
- Шумилов И.С. - профессор Московского государственного технического университета

Ответственный редактор:

- Схиртладзе А.Г. - профессор Московского государственного технологического университета "Станкин"