

Министерство транспорта Российской Федерации (Минтранс России)
Федеральное агентство воздушного транспорта (Росавиация)
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный
университет гражданской авиации»

**Решения задач размещены
на сайте zadachi24.ru**

ГИДРАВЛИКА

Методические указания

по изучению дисциплины и выполнению контрольной работы

Для студентов 3Ф специализации

Специальности «Эксплуатация воздушных судов и
организация воздушного движения» специализации **ОрТОР** и
студентов 2-го высшего образования направления подготовки
«Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей»
профиль подготовки **ТОЛААД**

Санкт-Петербург

2018

Одобрено и рекомендовано к изданию
Учебно-методическим советом Университета

Ш87(03)

ГИДРАВЛИКА: Методические указания по изучению дисциплины и выполнению контрольной работы / СПб ГУГА. С.-Петербург, 2018.

Издаются в соответствии с программой курса «Гидравлика» и предназначены для студентов 3Ф специализации специальности «Эксплуатация воздушных судов и организация воздушного движения» специализации ОрТОР и студентов 2-го высшего образования направления подготовки «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей» профиль подготовки ТОЛААД.

Содержат общие методические указания, темы по дисциплины, вопросы для самопроверки, контрольные задания и таблицы по выбору варианта, список литературы.

Табл.6 , библи. 8 назв., Ил. 6.

Составитель Е.В. Советникова старший преподаватель

Рецензент В.Н. Тарасов, д-р техн. наук, доцент

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Чтобы освоить высокопроизводительные машины, обеспечивающие внедрение прогрессивных технологических процессов, промышленных технологий, современный специалист должен знать: основные законы гидравлики, основы теории гидромашин, их конструкций, принципы работы, элементы конструкции систем гидропривода, то есть владеть фундаментальными инженерными знаниями в области гидравлики.

Современная гидравлика – это наука, изучающая физические законы и закономерности равновесия и движения жидкостей, их взаимодействие с твердыми телами (поверхностями тел), а также разрабатывающая методы решения инженерных задач. Цель изучения дисциплины – получить знания, необходимые для решения инженерных задач, связанных с использованием и применением жидкостей в различных областях авиационной техники.

Основной формой занятий по изучению дисциплины для студентов заочного факультета является самостоятельная работа. Лекции, практические занятия и сдача дифференциального зачета проводятся в период экзаменационной сессии.

Приступая к изучению учебной дисциплины, необходимо ознакомиться с содержанием тем. Изучение тем учебной дисциплины рекомендуется вести в той последовательности, в которой они представлены в методических рекомендациях.

При проработке теоретического курса внимательно изучить выводы основных формул, обращая при этом особое внимание на применяемые при выводе этих формул законы физики. Особо важно помнить допущения, сделанные в ходе вывода формул, так как они ограничивают применимость полученных закономерностей. В конце каждой темы приведены контрольные вопросы для самопроверки, на которые необходимо ответить.

ТЕМЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Введение

Предмет и задачи учебной дисциплины, ее место в подготовке специалистов. Краткие исторические сведения о развитии гидравлики как науки. Вклад отечественных ученых в развитие гидравлики.

Литература: [1, с. 9 - 10], [2, с. 3 - 36], [3, с. 3 - 7], [4, с.11 - 12], [5, с.5 - 8]

ТЕМА 1. Физические свойства жидкостей и газов

Физические свойства жидкостей и газов (плотность, удельный вес, инерционность, температурное расширение, сжимаемость, упругость, вязкость, текучесть, сопротивление разрыву, парообразование, кипение, кавитация), их количественные характеристики. Силы, действующие в жидкостях. Давление в жидкости. Модель сплошной среды. Модель идеальной жидкости. Закон Ньютона для вязкого трения. Ньютоновские и неньютоновские жидкости.

Литература: [1, с.11 - 25], [2, с. 37 - 53], [3, с. 7 - 11], [4, с.16 - 19], [5, с.9 - 22] , [6, с. 4 - 13]

Вопросы для самопроверки

1. В чем отличие жидкостей от твердых тел и газов?
2. Какова взаимосвязь между плотностью и удельным весом жидкости?
Укажите единицы.
3. Что называется коэффициентом объемного сжатия жидкости? Какова его связь с модулем упругости?
4. Что называется вязкостью жидкости? В чем суть закона вязкого трения Ньютона?
5. В чем принципиальная разница между силами внутреннего трения в жидкости и силами трения при относительном перемещении твердых тел?

6. Какова связь между динамическим и кинематическим коэффициентами вязкости? Укажите их единицы.

7. Укажите свойства идеальной жидкости. С какой целью в гидравлике введено понятие об идеальной жидкости? В каких случаях при практических расчетах жидкость можно считать идеальной?

ТЕМА 2. Основы гидростатики

Абсолютный и относительный покой (равновесие) жидкости. Свойства давления в неподвижной жидкости. Основное уравнение гидростатики. Поверхности равного давления. Закон Паскаля. Приборы для измерения давления. Силы давления жидкости на плоские и криволинейные стенки. Закон Архимеда. Условие плавания тел.

Литература: [1, с.27 - 83], [2, с. 50 - 101], [3, с. 13 - 33], [4, с.21 - 55], [5, с.24 - 54] , [6, с. 14 - 43].

Вопросы для самопроверки

1. Каковы свойства гидростатического давления?
2. Запишите и проанализируйте основное уравнение гидростатики. В каких случаях оно справедливо?
3. Что такое поверхность равного давления, и какова ее форма при абсолютном покое жидкости?
4. Как формулируется закон Паскаля и какова его связь с основным уравнением гидростатики?
5. Приведите примеры гидравлических установок, действие которых основано на законе Паскаля.
6. Каковы соотношения между абсолютным давлением, избыточным и вакуумметрическим давлением? Что больше: абсолютное давление, равное 0,12 МПа, или избыточное, равное 0,06 МПа?
7. Чему равна пьезометрическая высота (в метрах водяного столба) для

атмосферного давления?

8. Почему центр давления всегда находится ниже центра тяжести смоченной поверхности наклонной плоской стенки?

9. Сформулируйте закон Архимеда.

ТЕМА 3. Основы кинематики жидкости

Виды движения жидкости. Поле скоростей и поле давлений. Установившееся и неуставившееся движение жидкости. Метод Лагранжа и метод Эйлера. Уравнение неразрывности для жидких частиц. Основные понятия кинематики жидкости: линия тока, трубка тока, струйка, нормальное сечение, расход. Средняя скорость. Уравнение расхода для несжимаемой жидкости.

Литература: [1, с.84 - 113], [2, с. 103 - 110], [3, с. 34 – 41, 43 - 47], [4, с.56 – 58, 60 – 69, 218 - 223], [5, с. 56 – 60, 68 - 75] , [6, с. 44 - 53]

Вопросы для самопроверки

1. Дайте определение и приведите примеры основных видов движения жидкости: установившегося и неуставившегося, напорного и безнапорного, равномерного и неравномерного, медленно изменяющегося.

2. Что такое линия тока, трубка тока и элементарная струйка?

3. При каких условиях сохраняется постоянство расхода вдоль потока?

4. Запишите и проведите анализ дифференциального уравнения неразрывности для несжимаемой жидкости при установившемся движении.

5. Что понимается под полем скоростей и полем давлений?

6. Каковы основные пути определения средней скорости?

ТЕМА 4. Гидродинамика жидкостей и газов

Уравнения Бернулли для потоков идеальной и несжимаемой вязкой жидкостей. Уравнения Эйлера и уравнения Навье - Стокса. Общая схема

применения численных методов и их реализации на ЭВМ. Общая интегральная форма уравнений количества движения и момента количества движения. Общее уравнение энергии в интегральной и дифференциальной формах. Подобие гидромеханических процессов.

Литература:[1, с.114 – 168, 442 - 454], [2, с. 110 - 136], [3, с. 41 – 43, 47 – 65, 225 -235], [4, с.70 – 96, 207 – 212], [5, с. 76 – 79, 84 – 106,584 - 590] , [6, с. 53 - 71]

Вопросы для самопроверки

1. Укажите различие между уравнениями Эйлера и уравнениями Навье – Стокса.
2. Чем обусловлена необходимость использования численных методов при решении уравнений Навье – Стокса?
3. Поясните общую схему применения численных методов к решению дифференциальных уравнений. Каковы особенности реализации данных методов на ЭВМ?
4. Запишите уравнение Бернулли для элементарной струйки (потока) идеальной жидкости. Каков физический смысл входящих в него слагаемых?
5. Чем обусловлены различия в записи уравнений Бернулли для идеальной и несжимаемой вязкой жидкостей?
6. Объясните наблюдаемую вариативность размерности слагаемых в различных формах записи уравнения Бернулли.
7. Поясните порядок построения диаграммы Бернулли. Какова ее практическая значимость?
8. Каковы достоинства диаграммы Бернулли?
9. Сформулируйте условия гидродинамического подобия потоков жидкости.
10. Объясните физический смысл критериев Рейнольдса, Фруда и Эйлера.

ТЕМА 5. Режимы движения жидкости

Режимы движения жидкости. Число Рейнольдса. Критическая скорость и критическое число Рейнольдса. Турбулентность и ее основные статистические характеристики. Структура турбулентного потока, статистические характеристики турбулентности. Потери напора на трение по длине трубопроводов. Потери напора на местных сопротивлениях. Формулы для определения потерь напора, их анализ. Особенности определения коэффициентов гидравлического трения. Краткая классификация трубопроводов. Основное уравнение простого трубопровода. Характеристика простого трубопровода. Три задачи по расчету простого трубопровода. Последовательное и параллельное соединение труб. Гидравлический удар в трубопроводах и меры борьбы с ним. Истечение жидкости через малое отверстие в тонкой стенке при постоянном напоре истечения. Виды насадок. Особенности истечения жидкости через внешний цилиндрический насадок при постоянном напоре истечения.

Литература: [1, с.160 – 286], [2, с. 136 – 151, 164 – 175, 184 - 193], [3, с. 66 – 122, 131 - 136], [4, с.58 – 60, 98 – 127, , 154 – 181], [5, с. 112 – 120, 129 - 135, 140 -142, 146 -231] , [6, с. 73 - 118]

Вопросы для самопроверки

1. От каких характеристик потока зависит режим движения жидкости?
2. В чем отличие турбулентного течения от ламинарного?
3. Поясните физический смысл и практическое значение критерия Рейнольдса.
4. Что понимается под критической скоростью и критическим числом Рейнольдса?
5. Что понимается под осредненной скоростью?
6. Изобразите эпюру осредненных скоростей в сечении круглой трубы. В

чем ее отличие от местных эпюры скоростей при ламинарном режиме движения?

7. Какова структура турбулентного потока жидкости в круглой трубе?

8. Поясните основные статистические характеристики турбулентного потока жидкости.

9. Чем обусловлено наличие потерь напора на трение по длине трубопроводов?

10. Может ли одна и та же труба быть как гидравлически гладкой, так и гидравлически шероховатой и почему?

11. Области гидравлического трения на графике Никурадзе. Каковы их особенности?

12. Дайте определение местного сопротивления. Что ответственно за необратимые потери части полной механической энергии потока при их прохождении?

13. По какой причине потери напора на трение и на местных сопротивлениях определяются в долях удельной кинетической энергии потока жидкости?

14. Что понимают под простым трубопроводом?

15. В чем различия между решениями второй и третьей задач по расчету простого трубопровода?

16. Дайте определение характеристики простого трубопровода. Что ответственно за ее кривизну?

17. Чем обусловлено различие в расчетах труб при их последовательном и параллельном соединении?

18. Чем отличается полный гидравлический удар от неполного гидравлического удара и почему?

19. Каковы меры борьбы с гидроударом?

20. По какой причине происходит сжатие струи при истечении жидкости через малое отверстие в тонкой стенке?

21. Почему коэффициенты скорости и расхода по своей величине всегда

меньше единице?

22. Чем обусловлен достигаемый положительный эффект при использовании внешнего цилиндрического насадка?

ТЕМА 6. Гидравлические машины

Назначение и краткая классификация гидравлических машин. Устройство и принцип работы типовых гидромашин. Основные параметры насосов. Характеристики насосов. Работа насоса на сеть. Рабочая точка. Регулирование работы насосов.

Литература: [6, с. 138 - 282]

Вопросы для самопроверки

1. Расскажите о принципе действия динамических и объемных насосов.
2. Как определяется напор действующего насоса по показаниям приборов и по элементам насосной установки?
3. Как определяется полезная и затраченная мощность насоса?
4. Что представляет собой полный коэффициент полезного действия насоса?
5. Начертите схему и объясните принцип действия одноступенчатого центробежного насоса.
6. Приведите параллелограммы скоростей на входе и выходе из рабочего колеса и поясните их.
7. Приведите входной и выходной треугольники скоростей и поясните их.
8. Что называется рабочей и универсальной характеристиками центробежных насосов?
9. Как найти подачу и напор (рабочую точку) при работе одного и двух центробежных насосов на сеть? Приведите соответствующие графики и характеристики.
10. Что такое осевое давление, как оно возникает и каковы меры его

устранения (уравновешивания)?

11. Какова физическая сущность явления кавитации в лопастных машинах?

12. Укажите методы регулирования подачи центробежных насосов и расскажите об их физической сущности.

ТЕМА 7. Гидропередачи и гидропневмоприводы

Гидро- и пневмоприводы, их краткая классификация; назначение элементов и узлов конструкций приводов. Гидропередача как основной узел гидропривода. Гидромуфты и гидротрансформаторы, особенности устройства и функционирования.

Литература: [6, с. 300 - 343]

Вопросы для самопроверки

1. Каковы преимущества и недостатки гидропривода в сравнении с механическими приводами?

2. Поясните принцип и особенности работы гидродинамической муфты.

3. Каковы преимущества и недостатки применения гидромуфты в системе силового привода?

4. Какие способы регулирования работы гидромуфты вам известны?

5. Поясните устройство, принцип действия и особенности работы гидротрансформатора.

6. Какие параметры, характеризующие преобразующие свойства гидротрансформатора Вам известны?

7. Из каких основных частей состоит объемный гидропривод?

8. Какие требования предъявляются к рабочим жидкостям?

9. В чем отличие гидропневмопривода от гидропривода?

10. Что понимается под КПД гидропривода?

ТЕМА 8. Гидравлический расчет трубопровода.

Расчет простого трубопровода. Расчет последовательно соединенных трубопроводов. Расчет параллельно соединенных трубопроводов. Расчет разветвленных трубопроводов. Трубопровод с насосной подачей жидкости. Общая схема применения численных методов и реализация на ЭВМ.

Литература: [1, с.291 – 331], [2, с. 155 - 164], [3, с. 116 - 131], [4, с.139 -154, 256 - 258], [5, с. 248 - 259] , [6, с. 119 - 131]

Вопросы для самопроверки

1. Что называют простым трубопроводом и каковы основные виды соединения простых трубопроводов?
2. Что называют характеристикой трубопровода?
3. Что представляет собой эквивалентная длина трубопровода и для чего ее используют?
4. Что называют сложным трубопроводом?
5. Как определяют расход жидкости и потери давления при последовательном соединении простых трубопроводов?
6. Как определяют расход жидкости и потери давления при параллельном соединении простых трубопроводов?
7. Как определяют расход жидкости и потери давления в разветвленном соединении простых трубопроводов?

Методические указания по выполнению контрольной работы

К решению задач контрольного задания следует приступать после изучения соответствующих разделов курса, указанных к каждой задаче. Такой подход поможет лучше усвоить и закрепить знания и сократит затраты времени за счет правильного выполнения работы с первого предъявления.

Вариант задания выбирается из таблиц в соответствии с последней цифрой шифра. Вычисления выполнять в системе единиц СИ. Следует помнить, что не соблюдение единой системы единиц приводит к ошибкам при вычислениях.

Наличие зачтенных лабораторных и контрольных работ является основанием для допуска студента к сдаче экзамена (зачета).

Работы, выполненные не по своему варианту, не рассматриваются. Если при проверке работа была не зачтена, то к исправленной следует обязательно приложить незачтенную.

Контрольная работа выполняется в тетради школьного образца с пронумерованными страницами и полями 25-30 мм для замечаний преподавателя.

При выполнении задач следует соблюдать следующие условия:

- 1) выписывать условия задачи и соответствующие варианту исходные данные;
- 2) решение сопровождать кратким пояснительным текстом, в котором указывается: какая величина определяется и по какой формуле (в случае преобразований указывать, из какой исходной формулы она получена);
- 3) приводить численные значения всех величин, подставляемых в формулу, указывать размерность конечного результата.

Например:

$$p = \frac{RT}{v} = \frac{300 \cdot 300}{0,9} = 1 \cdot 10^5 \text{ Па},$$

- 4) в случае использования величин, заимствованных из приложений, справочника или литературы, привести их численные значения с размерностью

и указать, откуда они взяты;

5) вычисления производить только в системе СИ.

При решении задач по гидростатике необходимо различать такие понятия, как давление p и сила давления F . Применяя основное уравнение гидростатики нужно помнить, что второй член в правой части уравнения может быть как положительным, так и отрицательным. Необходимо также твердо различать давления абсолютное, избыточное и вакуумметрическое, а также весовое давление жидкости.

При решении задач, в которых даны поршни или системы поршней, следует писать уравнение равновесия, то есть равенство нулю суммы всех сил, действующих на поршень или систему поршней.

В задачах на относительный покой жидкости следует учитывать повышение давления за счет силы инерции переносного движения.

При применении уравнения Бернулли важно правильно выбрать те два сечения, для которых оно записывается. В качестве сечений рекомендуется брать:

- свободную поверхность жидкости в резервуаре (баке), где скорость $v = 0$;
- выход в атмосферу, где $p_{изб} = 0$; $p_{абс} = p_{атм}$;
- сечение, где присоединен тот или иной манометр, пьезометр или вакуумметр;
- неподвижный воздух вдалеке от входа в трубу, в которую происходит всасывание из атмосферы;

Уравнение Бернулли рекомендуется сначала записать в общем виде, а затем переписать с заменой его членов заданными буквенными величинами и исключить члены, равные нулю.

При этом необходимо помнить, что:

- вертикальная ордината z всегда отсчитывается от произвольно

выбранной плоскости вверх;

- давление p , входящее в правую и левую части уравнения, должно быть задано в одной системе отсчета.

По определяемым параметрам и методике расчета простых трубопроводов задачи делят на три группы:

- при известном диаметре d , длине ℓ и заданном расходе Q требуется определить напор;
- определить расход Q , зная действующий напор H и параметры трубопровода;
- определить диаметр трубопровода, если известен действующий напор H , расход Q и длина трубопровода ℓ .

Во всех трех случаях известны плотность жидкости, кинематическая вязкость и шероховатость стенок трубопровода.

Каждую задачу решают с помощью уравнения Бернулли и уравнения неразрывности.

I тип. Даны расход жидкости Q в трубопроводе, все геометрические размеры (ℓ , d , Δz), шероховатость труб, давление в конечном сечении (для всасывающих трубопроводов в начальном), и характеристика жидкости (плотность ρ и кинематическая вязкость ν). Местные сопротивления либо заданы коэффициентами ζ или эквивалентными длинами $\ell_{\text{эке}}$, либо оцениваются по справочным данным.

Требуется найти потребный напор $H_{\text{потр}}$.

По Q , d и ν находится число Рейнольдса Re и определяется режим течения жидкости.

При ламинарном режиме течения искомый напор определяется по формулам:

$$H_{\text{потр}} = H_{\text{ст}} + KQ^m,$$

где $K = 128 \nu \ell_{\text{рас}} / \pi d^4$, $m = 1$.

При турбулентном режиме задача решается с помощью формул:

$$H_{\text{нотр.}} = H_{\text{ст}} + KQ^m,$$

$$\text{где } K = (\lambda_m \ell / d + \sum \zeta_m) 8 / g \pi^2 d^4, m = 2.$$

II тип. Даны: напор $H_{\text{расп}}$, который будем называть располагаемым, и все величины, перечисленные в I типе задач, кроме расхода Q . Требуется определить расход жидкости Q .

Скорость течения жидкости в трубопроводе неизвестна, и задачу решить нельзя, так как число Рейнольдса и коэффициент гидравлического сопротивления в данной задаче подсчитать нельзя, то необходимо выразить расход Q через критическое число Рейнольдса $Re = 2300$ и определить $H_{\text{кр}}$, соответствующее смене режима. Сравнив $H_{\text{кр}}$ и $H_{\text{расп}}$, можно легко определить режим течения.

При ламинарном режиме задача решается просто, как и в задаче I типа.

При турбулентном режиме задача решается по формулам

$$H_{\text{нотр.}} = H_{\text{ст}} + KQ^m,$$

$$\text{где } K = (\lambda_m \ell / d + \sum \zeta_m) 8 / g \pi^2 d^4, m = 2.$$

В уравнении содержатся два неизвестных (Q и λ_m), зависящие от числа Рейнольдса. Для решения задачи задают значение коэффициента λ_m с учетом шероховатости и определяют его по формуле Альтшуля при $Re \rightarrow \infty$:

$$\lambda_m = 0,11 (\Delta / d)^{0,25}.$$

Значение коэффициента Дарси изменяется в небольших пределах ($\lambda_m = 0,015 \dots 0,04$).

$$\text{Затем, решая уравнения } H_{\text{нотр.}} = H_{\text{ст}} + KQ^m,$$

$$\text{где } K = (\lambda_m \ell / d + \sum \zeta_m) 8 / g \pi^2 d^4,$$

находят расход Q в первом приближении. По найденному расходу Q определяют Re в первом приближении, а по Re - уже более точное значение λ_m . Обычно бывает достаточно второго приближения.

Для решения этой же задачи графическим способом строят кривую потребного (располагаемого) напора для данного трубопровода с учетом переменности λ_m , то есть для ряда значений Q подсчитывают v , Re , λ_m и $H_{потр}$ по приведенной выше формуле. Затем, построив кривую $H_{потр} = f(Q)$, и зная ординату $H_{потр} = H_{расп}$, находят соответствующую ей абсциссу, то есть находят расход Q .

III тип. Даны расход Q , располагаемый напор $H_{расп}$, и все величины, перечисленные ранее, кроме диаметра трубопровода d , который и нужно определить.

Так как число Рейнольдса определить нельзя, то выражают диаметр через критическое число Рейнольдса $Re = 2300$ и определяют $H_{кр}$, соответствующее смене режима движения жидкости. Сравнивая $H_{кр}$ и $H_{расп}$, определяют режим течения.

При ламинарном режиме задача решается просто по формулам

$$h_m = 128 \nu \ell_{рас.} / \pi d^4 \text{ и } H_{потр.} = H_{см} + KQ^m.$$

При турбулентном режиме задачу решают графически. При этом задаются рядом значений диаметра d и по ним подсчитывают $H_{потр}$. Затем строят график $H_{потр} = f(d)$ и по нему, зная $H_{расп}$, определяют диаметр d .

Если трубопровод состоит из n последовательно соединенных участков, то справедливы равенства:

$$\begin{cases} Q = Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n \\ h_{мп} = \sum h_1 + \sum h_2 + \dots + \sum h_n. \end{cases}$$

При параллельном соединении n трубопроводов:

$$\begin{cases} Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n \\ \sum h_1 = \sum h_2 = \dots = \sum h_n, \end{cases}$$

где Q – расход в точке разветвления.

ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Решить задачи:

1. Какое давление больше: N или M ?

Данные к п.п. 1 брать по таблице № 1

Таблица № 1

Данные	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$N, \text{ м вод. ст}$	2	4	3	6	5	1	8	7	10	9
$M, \text{ мм.рт.ст}$	100	200	150	300	250	50	400	350	500	450

2. Два горизонтальных цилиндрических трубопровода A и B содержат соответственно минеральное масло плотностью 900 кг/м^3 и воду плотностью 1000 кг/м^3 . Высоты жидкостей, представленные на рис. 1., имеют следующие значения: h_m , h_{pm} ; h_b . Зная, что гидростатическое давление на оси трубопровода A равно p_A , определить давление на оси трубопровода B p_B .

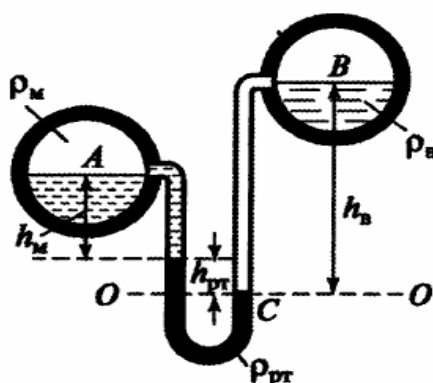


Рис. 1

3. Определить давление масла p_1 , подводимого в поршневую полость гидроцилиндра, если избыточное давление в штоковой полости p_2 , усилие в штоке R , сила трения в подвижных сочленениях $F_{тр} = 1,1 \text{ кН}$, диаметр поршня $D = 125 \text{ мм}$, диаметр штока $d = 70 \text{ мм}$ (рис. 2).

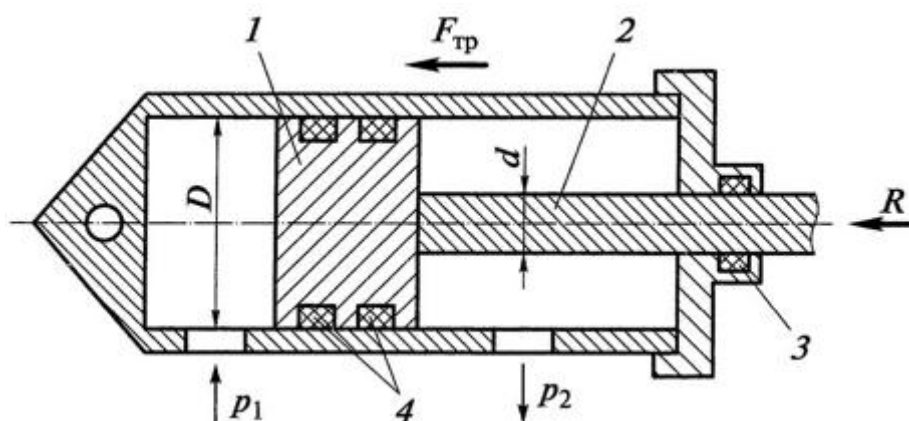


Рис. 2

Данные к п.п. 2 и 3 брать по таблице № 2.

Таблица № 2

Последняя цифра шифра	$h_m, м$	$h_{pm}, м$	$h_{\phi}, м$	$p_A,$ $10^5 Па$	$p_2,$ кПа	$R,$ кН
0	0,2	0,4	0,9	0,6	80	20
1	0,25	0,42	0,95	0,8	82	20,50
2	0,30	0,44	1,00	1,0	84	21
3	0,35	0,46	1,05	1,2	86	21,50
4	0,40	0,48	1,10	1,4	88	22
5	0,45	0,50	1,15	1,6	90	22,50
6	0,50	0,52	1,20	1,8	92	23
7	0,55	0,54	1,25	2,0	94	23,50
8	0,60	0,56	1,30	2,2	96	24
9	0,65	0,58	1,35	2,4	98	24,50

4. Определить средние скорости, смоченные периметры и гидравлические радиусы в сечениях постепенно расширяющегося трубопровода, где диаметры $D_1 = 100 \text{ мм}$, $D_2 = 150 \text{ мм}$, $D_3 = 220 \text{ мм}$ при расходе Q .

5. Определить давление p_1 в сечении 1-1 горизонтально расположенного сопла гидромонитора (рис. 3), необходимое для придания скорости в воде в выходном сечении 2-2 v_2 , если скорость движения воды в сечении 1-1 v_1 .

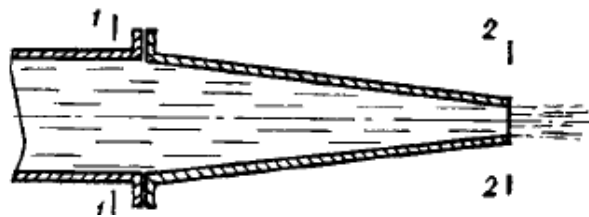


Рис. 3

Данные к п.п. 4 и 5 брать по таблице №3.

Таблица № 3

К задаче 4										
Параметры	варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q, \text{л/с}$	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
К задаче 5										
Параметры	варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Скорость $v_1, \text{м/с}$	1	1,5	2	2,5	3,0	3,50	4,0	4,5	5,0	5,5
Скорость $v_2, \text{м/с}$	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55

6. Трубка полного давления помещена в поток жидкости, движущейся в открытом канале (рис. 4). Жидкость поднялась в трубке на высоту $\Delta h = 0,4 \text{ м}$. на какую высоту поднимается жидкость в трубке, если скорость движения жидкости увеличится в два раза?

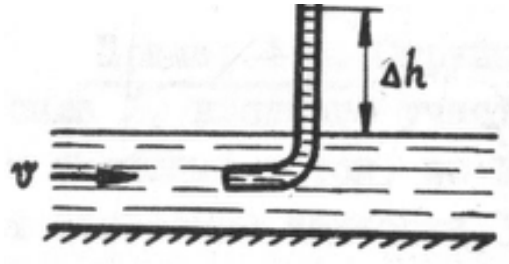


Рис.4

7. Определить режим течения керосина в трубопроводе диаметром d , при известном расходе.

Данные к п.п. 7 брать по таблице № 4.

Таблица № 4

Параметры	варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
К задаче 7										
$Q, \text{кг/с}$	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
$d, \text{мм}$	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120

8. Определить местные потери давления на полнопоточном фильтре, установленном в трубопроводе (рис. 5), если расход жидкости Q , показания манометров $p_1 = 0,1 \text{ МПа}$, $p_2 = 0,25 \text{ МПа}$, а диаметры труб $d_1 = 5 \text{ мм}$, $d_2 = 10 \text{ мм}$, кинематическая вязкость и плотность жидкости $\nu = 0,4 \text{ см}^2/\text{с}$ и плотность $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$. Потерями на трение по длине пренебречь.

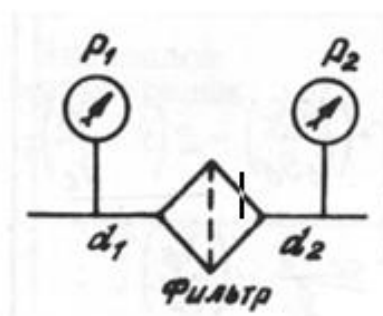


Рис. 5

Данные к п.п. 8. брать по таблице № 5.

Таблица № 5

Параметры	варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
К задаче № 8										
$Q, \text{ л/с}$	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9

9. В бак, разделенный на две секции перегородкой (рис.6) с отверстием, поступает вода в количестве Q . Из первой секции вода вытекает через цилиндрический насадок, а из второй – через конический насадок, с углом конусности $\theta = 6^\circ$. Диаметры отверстий и входные сечения насадок одинаковы и равны $d = 20\text{ мм}$, длины насадок. Определить расход через каждый насадок.

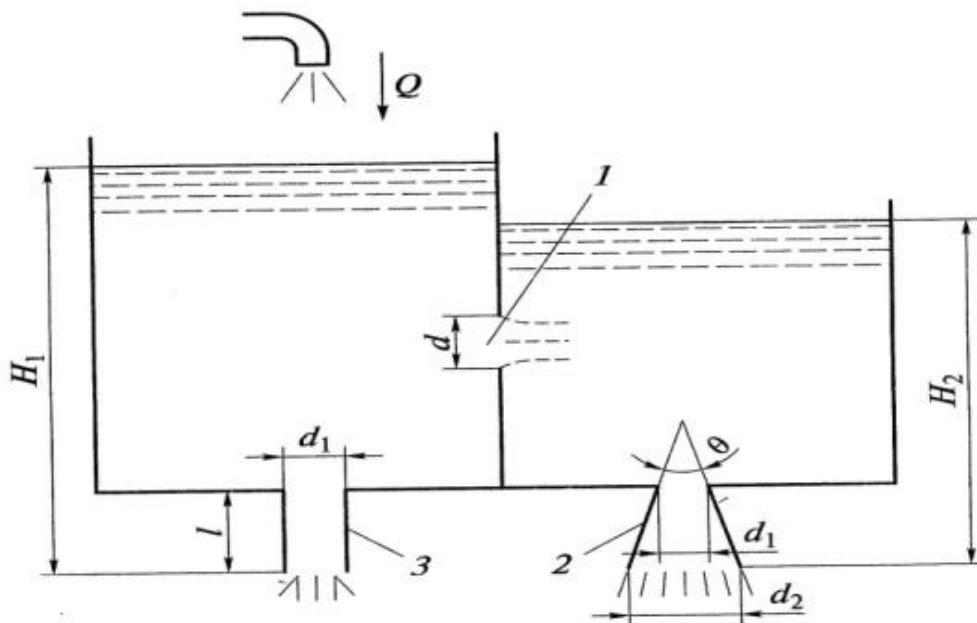


Рис. 6

Данные к п.п. 9 брать по таблице № 6

Таблица № 6

К задаче 9										
Параметры	варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q \cdot 10^{-4}, \text{м}^3/\text{с}$	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
$l, \text{мм}$	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85

**Примерный перечень вопросов к
дифференцированному зачету (экзамену)
по дисциплине «Гидравлика»**

1. Жидкость. Общие сведения о жидкости. Физическая величина, единица измерения. Системы единиц измерения, применяемые в гидравлике.
2. Сплошная среда, её параметры, силы, действующие в сплошной среде.
3. Физические свойства жидкости: плотность, удельный вес, температурное расширение, сжимаемость, вязкость, кипение, кавитация. Единицы измерения.
4. Ньютоновские и неньютоновские жидкости.
5. Силы, действующие на жидкость.
6. Гидростатическое давление и его свойства (доказательство).
7. Дифференциальное уравнение равновесия жидкости (доказательство).
8. Поверхности равного давления. Применение дифференциальных уравнений равновесия при абсолютном и относительном покое жидкости.
9. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля.
10. Виды давления. Пьезометрическая высота. Гидростатический напор. Энергетический смысл основного уравнения гидростатики. Геометрический смысл основного уравнения гидростатики.

11. Силы давления жидкости на плоские стенки. Центр давления.
12. Силы давления жидкости на криволинейные поверхности.
13. Закон Архимеда, основы теории плавания.
14. Задачи кинематики. Виды движения жидкости. Поток и его гидравлические элементы. Линия тока. Траектория.
15. Методы описания движения жидкости. Уравнения постоянства расхода. Уравнение неразрывности в дифференциальной форме.
16. Удельная энергия элементарной струйки. Уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости.
17. Дифференциальное уравнение движения идеальной жидкости (уравнение Эйлера).
18. Дифференциальное уравнение движения вязкой жидкости (уравнение Навье-Стокса).
19. Практическое применение уравнения Бернулли: водомер Вентури, трубка Пито.
20. Истолкование уравнения Бернулли: гидравлическое, геометрическое, энергетическое.
21. Режимы движения вязкой жидкости. Критическая скорость. Число Рейнольдса.
22. Виды гидравлических сопротивлений и потерь напора.
23. Потери напора по длине потока (формула Дарси-Вейсбаха) . Потери напора по длине потока при ламинарном движении и при турбулентном движении.
23. Местные гидравлические сопротивления. Местные потери напора. (формула Вейсбаха, формула Пуазейля-Гагена).
24. Местные потери напора при внезапном расширении потока. Формула Борда. Местные потери напора при плавном расширении потока.
25. Местные потери при внезапном сужении потока. Местные потери при плавном сужении потока.

26. Работа расширения стенок трубы. Работа сжатия жидкости. Меры по предотвращению гидравлического удара.
27. Истечение жидкости через отверстия. Классификация.
28. Истечение жидкости через отверстия в тонкой стенке. Отверстие незатопленное.
29. Истечение жидкости через отверстия в тонкой стенке. Отверстие затопленное.
30. Истечение жидкости через большие отверстия.
31. Истечение жидкости через отверстия в тонкой стенке при переменном напоре. Истечение при переменном напоре в резервуаре.
32. Истечение при переменном напоре в сообщающихся сосудах.
33. Истечение жидкости через насадки. Основные типы насадок.
34. Истечение жидкости через внешние цилиндрические насадки.
35. Истечение жидкости через внутренние цилиндрические насадки. Истечение жидкости через нецилиндрические насадки.
36. Подобие гидродинамических процессов: геометрическое подобие, кинематическое подобие, динамическое подобие.
37. Критерии гидродинамического подобия: критерий Ньютона, критерий Рейнольдса, критерий Эйлера. Основы моделирования гидравлических явлений.
38. Трубопроводы. Определение трубопровода. Виды трубопроводов (простые, сложные, короткие, длинные). Три основные задачи гидравлического расчета трубопровода.
39. Кавитация. Сифонный трубопровод.
40. Явление гидравлического удара в трубопроводах. Скорость распространения ударной волны. Формула Жуковского. Физический смысл параметров, входящих в формулу параметров.
41. Работа расширения стенок трубы. Работа сжатия жидкости. Меры по предотвращению гидравлического удара.
42. Гидро- пневмопривод. Классификация. Элементы гидропривода.

Типовая структура гидро – привода.

43. Рабочая жидкость. Объёмный гидропривод (принцип действия и характеристики, параметры).

44. Насосы. Общие сведения. Классификация, параметры насосов.

45. Центробежные насосы. Классификация, устройство. Теоретическая производительность центробежного насоса.

46. Основное уравнение центробежного насоса.

47. Характеристики центробежного насоса. Явление кавитации в центробежном насосе.

48. Работа насоса на заданную сеть. Рабочие характеристики насоса. Методы регулирования подачи центробежных насосов. Расширение области применения центробежного насоса.

49. Объёмные насосы. Принцип работы. Классификация.

50. Поршневые насосы. Классификация. Простейшая схема, принцип действия. Теоретическая и действительная производительность поршневого насоса. Характеристики поршневого насоса.

51. Принцип и особенности работы гидродинамической муфты. Способы регулирования работы гидромуфты.

52. Устройство, принцип действия и особенности работы гидротрансформаторов. Параметры, характеризующие свойства гидротрансформаторов.

53. Расчет простого трубопровода постоянного сечения.

54. Расчет последовательно соединенных трубопроводов.

55. Расчет параллельно соединенных трубопроводов.

56. Расчет разветвленных трубопроводов.

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

ЛИТЕРАТУРА

а) основная литература:

1. Ухин, Б.В. Гидравлика. Учебное пособие / Б.В. Ухин.- М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М. 2009. – 464с.
2. Калекин, А.А. Основы гидравлики и технической гидромеханики. Учебное пособие для студентов вузов / А.А. Калекин. – М.: Мир. 2008. – 280 с.
3. Лапшев, И. Н. Гидравлика: Учебник для вузов / И.Н. Лапшев. – М.: Академия, 2008. – 272с.
4. Гусев, А. А. Гидравлика / А. А. Гусев. – М.: Юрайт, 2013. – 285 с
5. Штерленлихт, Д.В. Гидравлика / Д.В. Штерленлихт. - М.: КолосС, 2008. – 656 с.

б) дополнительная литература:

6. Артемьева, Т.В. Гидравлика и гидропневмопривод: учебник для студ. учреждений высш. образования / Т.В. Артемьева, Т.М. Лысенко, А.Н. Румянцева С. П. Стесин; под редакцией С. П. Стесина - М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 352 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (Электронный ресурс):

7. Российское образование. Федеральные порталы: www.edu.ru и www.fepo.ru

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

8. Электронно-библиотечная система издательства «Лань». Режим доступа: www.e.lanbook.com []

Примечание: Библиографический перечень литературы печатается с порядковыми номерами, на которые в дальнейшем (вместо фамилии автора и наименования) делаются ссылки.

Печатается в авторской редакции

Подписано к печати 09. 06. 2018. Формат бумаги 60х90 $\frac{1}{16}$.

Тираж 150. Уч.-изд.л.1,75. Усл.печ.л.1,75. Заказ 435. С 40

Тип. Университета ГА. 196210. С.-Петербург, ул. Пилотов, дом 38.