

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
"Воронежский государственный технический университет"

Кафедра автоматизированного оборудования
машиностроительного производства

МЕХАНИКА ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ

Методические указания
к выполнению контрольных работ
для студентов направления подготовки 15.03.01
«Машиностроение», профиля «Технологии, оборудование,
автоматизация машиностроительных производств»
всех форм обучения

Воронеж 2020

УДК 621.01
ББК 34.5

Составители:

д-р техн. наук, проф. С.Ю. Жачкин
канд. техн. наук, доц. М.Н. Краснова

Механика жидкостей и газов: методические указания к выполнению контрольных работ для студентов направления подготовки 15.03.01 «Машиностроение», профиля «Технологии, оборудование, автоматизация машиностроительных производств» всех форм обучения / ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет"; сост.: С. Ю. Жачкин. М. Н. Краснова. - Воронеж, 2020. - 29 с.

Методические указания предназначены для освоения материалов по устройствам и принципам действия гидравлических и пневматических приводов машиностроительного оборудования.

Методические указания подготовлены в электронном виде в текстовом редакторе MS WORD и содержатся в файле МУ. КР МЖиГ .doc.

Ил. 21. Библиогр.: 1 назв.

УДК 621.01
ББК 34.5

Рецензент – С. Н. Яценко, канд. физ.-мат. наук, доц, кафедры автоматизированного оборудования машиностроительного производства ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

ВВЕДЕНИЕ

Целями дисциплины являются освоение материалов по устройствам и принципам действия гидравлических и пневматических приводов машиностроительного оборудования; получение знаний по основам физических закономерностей статики, кинематики и динамики жидкой (газообразной) среды, методов применения этих закономерностей при решении практических задач гидравлических и пневматических систем, используемых в машиностроении.

При выполнении контрольных работ студенты знакомятся с принципами действия основных узлов, входящих в гидравлическую систему машиностроительного оборудования. Изучают физические свойства рабочей среды гидравлических и пневматических систем; основных законов механики жидких и газообразных сред, основ моделирования гидромеханических явлений. А так же получают навыки применения математических моделей гидромеханических явлений и процессов при проектировании конструкций, входящих в гидравлическую техническую систему машиностроительного оборудования.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Вязкость динамическая (сопротивление сдвигу) - основное свойство реальных жидкостей, заключающееся в том, что при взаимном относительном перемещении слоев жидкости с определенной скоростью возникает сила сопротивления их относительному смещению. В практических расчетах часто пользуются кинематическим коэффициентом вязкости $\nu = \mu/\rho$ - отношение динамического коэффициента вязкости к плотности жидкости.

Согласно определению кинематического коэффициента вязкости физический смысл ν - работа, которую необходимо совершить при относительном движении слоев жидкости для единицы массового расхода. Величина ν зависит только от физических свойств жидкости и не зависит от условий ее движения.

Динамический и кинематический коэффициенты вязкости определяют экспериментальным путем при помощи вискозиметров разных типов и конструкций.

Для определения кинематического коэффициента вязкости в лабораторной работе используется вискозиметр Энглера, состоящий из двух концентрично расположенных резервуаров (рис. 1).

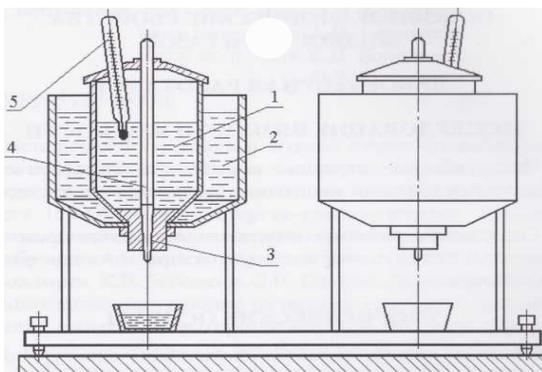


Рис. 1. Вискозиметр Энглера

В цилиндрический резервуар 1 заливается жидкость (вода или нефтепродукт), температура которой может изменяться с помощью водяной ванны 2 и фиксироваться термометром 5. При заданной температуре с помощью запорной иглы 4 открывается сопло³, расположенное в центре резервуара 1 и обеспечивающее истечение жидкости, время которого фиксируется секундомером. При этом, вязкость выражают в градусах Энглера - отношение времени истечения исследуемой жидкости через калиброванный капилляр ко времени истечения t_v такого же объема дистиллированной воды при 20°C (293 K), т.е.

$$E = t/t_v.$$

Кинематический коэффициент вязкости жидкости на основании измерений вискозиметром Энглера определяется при помощи эмпирической формулы Убеллоде:

$$\nu = 0.0731 E - \frac{0.0631}{E}, \text{Ст.}$$

Как известно, объемный расход жидкости при ламинарном течении в трубе определяется формулой Пуазейля

$$Q = \frac{\gamma(h_1 - h_2)}{8\mu l} \pi R^4.$$

где l - длина участка трубы;

$(h_1 - h_2)$ - потери напора на трение на рассматриваемой длине;

R - радиус трубы;

γ - удельный вес жидкости.

Зависимость для определения динамического коэффициента вязкости μ жидкости будет иметь вид:

$$\mu = \frac{\gamma \pi R^4}{8l} \cdot \frac{h_{\text{ТР}}}{Q}$$

Из этого уравнения следует, что для определения динамического коэффициента вязкости достаточно при известных геометрических размерах l и R измерить расход жидкости Q и разность показаний пьезометров $h_{\text{ТР}}$. Эксперименты выполняются на приборе О. Рейнольдса, схема которого представлена на рис. 2.

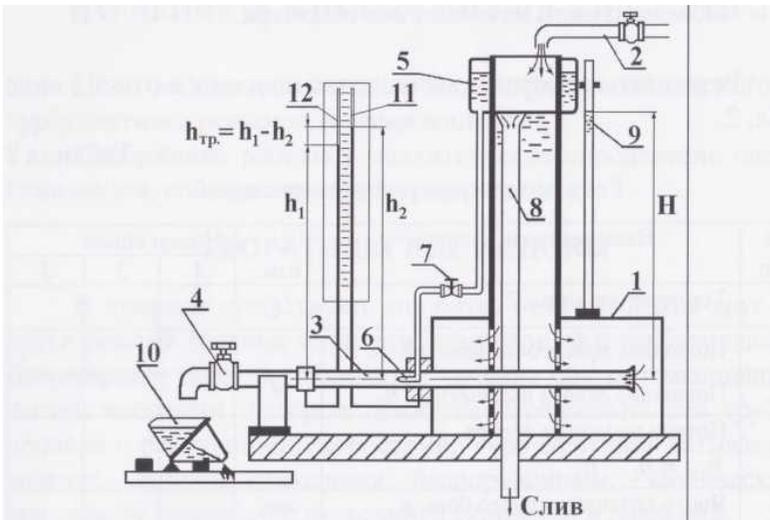


Рис. 2. Схема прибора Рейнольдса

Прибор (рис. 2) состоит из напорного бака 1, в который поступает вода по трубопроводу, снабженному вентилем 2. Для поддержания в баке постоянного уровня воды имеется сливная труба 8. Уровень воды в баке контролируется с помощью мерного стекла 9. К баку подсоединена стеклянная труба 3, в конце которой имеется вентиль 4 для регулирования расхода воды. Над баком 1 установлен кольцевой сосуд 5 с подкрашенной жидкостью. К днищу сосуда подключена трубка 6 с краном 7, при помощи которого регулируется расход подкрашенной жид-

кости. Открытый отогнутый конец трубки 6 установлен по оси трубы 3. Прибор снабжен качающимся водомером 10, служащим для определения расхода воды через трубу 3. На трубе 3 имеются отводы к пьезометрам 11 и 12. Пьезометры предназначены для определения потерь напора в трубе 3 на фиксированном участке. Расход жидкости Q находят по формуле:

$$Q = n \cdot w / t \text{ (см}^3 \text{ / с),}$$

где n - число качаний водомера за время t ;

w - объем полости качающегося водомера.

В природе существуют два резко отличающихся друг от друга режима течения жидкости: ламинарный и турбулентный.

Ламинарным называют слоистое течение без перемешивания частиц жидкости, которые движутся параллельно оси трубопровода с различными скоростями.

Турбулентным называется течение, сопровождающееся беспорядочным, хаотическим движением жидкости с пульсацией скоростей и давлений.

Английский физик О. Рейнольдс установил в 1883 г. условия, при которых возможно существование одного из указанных режимов и переход от одного к другому. Для характеристики режима течения жидкости было введено безразмерное число Рейнольдса:

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} .$$

Границы существования того и другого режима определяются двумя критическими числами. Число Рейнольдса, ниже которого наблюдается устойчивое ламинарное течение, называется нижним критическим числом Рейнольдса ($Re_{\text{кр.н.}} = 2300$). При числе Рейнольдса, превышающем верхнее критическое значение, наблюдается устойчивый турбулентный режим течения ($Re_{\text{кр.в.}} \approx 4000$). С физической точки зрения число Рейнольдса есть величина, пропорциональная отношению сил вязкости к силам инерции.

При определении числа Рейнольдса вычисляются средне-расходная скорость v и кинематический коэффициент вязкости ν формулам:

$$v = Q/S \text{ (см/с)},$$

где $Q = n \cdot w/t$ (см³/с); где

n - число качаний водомера за время

w - объем полости качающегося водомера;

S — площадь живого сечения потока в стеклянной трубе;

$$\nu = \frac{0,0178}{1 + 0,337T + 0,000221T^2},$$

где T - температура воды в градусах Цельсия.

При переходе ламинарного течения в турбулентное изменяется характер распределения скоростей по сечению трубы, а также величина и характер гидравлических сопротивлений. Если пропускать воду по трубе с различной скоростью и, замерив при этом потери напора, построить график $h_{\text{ТР}} = f(v)$, то потери напора по длине потока при ламинарном режиме течения будут составлять:

$$h_{\text{ТР}} = K_{\text{л}}v,$$

где $K_{\text{л}}$ - коэффициент пропорциональности для ламинарного ре-жима течения;

v - средняя скорость течения потока.

При турбулентном течении потери напора по длине определяются выражением

$$h_{\text{ТР}} = K_{\text{т}} \cdot v^n,$$

где K_T - коэффициент пропорциональности для турбулентного режима течения;

n - показатель степени, изменяющийся от 1,75 до 2,0. С увеличением числа Рейнольдса показатель степени увеличивается. При развитой турбулентности $n = 2,0$

Ротаметры относятся к приборам для измерения секундных расходов жидкостей или газов, называемых расходомерами обтекания или расходомерами постоянного перепада давления. Ротаметр (рис. 3) в простейшем виде состоит из вертикальной конусной стеклянной трубки 1, внутри которой находится чувствительный элемент 2, выполненный в виде поплавка. Для обеспечения устойчивости работы поплавка его верхний обод снабжен каналами с крутым наклоном.

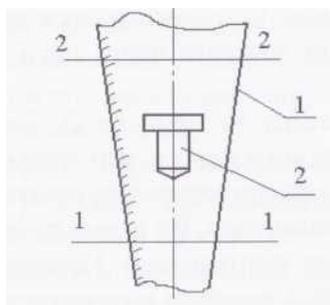


Рис. 3. Схема ротаметра

Под действием потока жидкости или газа поплавок перемещается вертикально в трубке 1, одновременно приходит во вращательное движение и центрируется в середине потока. По перемещению поплавка ротаметра вдоль его шкалы, нанесенной на конусной стеклянной трубке, судят об объеме расхода жидкости или газа.

Если допустить, что скорость при всех расходах остается почти постоянной (потому что с увеличением расхода поплавок перемещается вверх и увеличивается площадь кольцевого канала), то величину расхода рабочей среды через ротаметр можно

определить по формуле:

$$Q = \alpha \cdot f_k \cdot \sqrt{\frac{2gv(\rho_{\text{п}} - \rho)}{\rho \cdot f}},$$

где α - коэффициент расхода ротаметра, включающий в себя ряд геометрических и режимных параметров.

Однако аналитическое определение величины коэффициента расхода ротаметра в значительной степени затруднено, поэтому его, обычно, определяют экспериментальным путем.

Под градуировкой ротаметра понимают выявление зависимости $Q = Q(H)$ или $G = G(H)$, где H - шкала прибора (ротаметра). В результате градуировки ротаметра должна быть установлена экспериментальным путем зависимость между расходом жидкости через ротаметр и делениями шкалы, против которых устойчиво устанавливается верхний уровень поплавка ротаметра при течении через него определенного расхода жидкости.

Работа выполняется на приборе Д. Бернулли (рис. 4), состоящем из центробежного насоса, питательного бака, трех автономных, параллельно расположенных опытных участков трубопровода и набора пьезометров. Во время проведения опытов вода в системе циркулирует непрерывно. Измерение расхода жидкости осуществляется при помощи ротаметров X и Y, установленных на нагнетательной линии, которые перед началом работ градуируют, используя для этого мерный сосуд, вмонтированный в бак. Расход жидкости определяется путем измерения времени наполнения γ мерного бака известного объема ($V = 3\text{л}$). Выводы из расчетных сечений от всех пьезометрических трубок сосредоточены на общем щите со шкалой для отсчета высоты уровня в трубках. Все пьезометры имеют общий нуль отсчетов. Направление потока жидкости и его расход регулируются при помощи соответствующих кранов и вентиляей.

На схеме прибора Д. Бернулли (см. рис. 4) показаны значения диаметров всех участков трубопровода и координаты центров рассматриваемых сечений на участке.

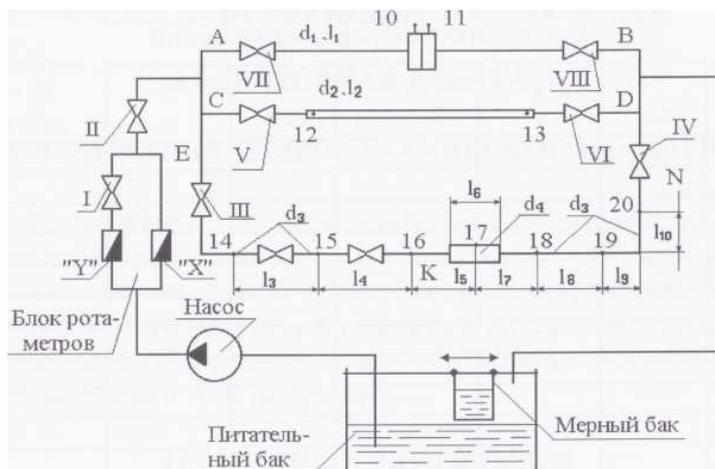


Рис. 4. Схема прибора Д. Бернулли
 $(d_1 = 1,9 \text{ см}; d_2 = 1,0 \text{ см}; d_3 = 1,7 \text{ см}; d_4 = 2,8 \text{ см};$
 $l_1 = l_2 = 130 \text{ см}; l_3 = l_4 = l_8 = 30 \text{ см}; l_5 = l_7 = 27 \text{ см};$
 $l_9 = l_{10} = 8 \text{ см}; l_6 = 32 \text{ см})$

Гидростатическим давлением называется напряжение сжатия в точке покоящейся жидкости (газа). Различают следующие виды гидростатического давления: манометрическое ($P_{\text{МАН}}$); вакуумметрическое ($P_{\text{ВАК}}$); атмосферное или барометрическое ($P_{\text{АТМ}}$) и абсолютное ($P_{\text{АБС}}$).

Абсолютное гидростатическое давление определяется зависимостями:

$$P_{\text{АБС}} = P_{\text{АТМ}} + P_{\text{МАН}} \text{ или } P_{\text{АБС}} - P_{\text{ВАК}} .$$

Измерение давления в замкнутом объеме проводится на экспериментальной установке, схема которой представлена на рис. 5. Установка включает в себя герметичный резервуар 1 и открытый стеклянный баллон 3, образующих с помощью соеди-

нительного шланга 2 сообщающиеся сосуды, частично заполненные водой. Стекланный баллон имеет подъемное устройство, позволяющее перемещать его в вертикальном направлении. При перемещении баллона вверх вода из него поступает в резервуар. Имеющийся в резервуаре воздух сжимается и давление в нем повышается. При опускании баллона происходит обратное движение воды из резервуара в баллон. Объем воздуха в резервуаре увеличивается, а давление в нем понижается.

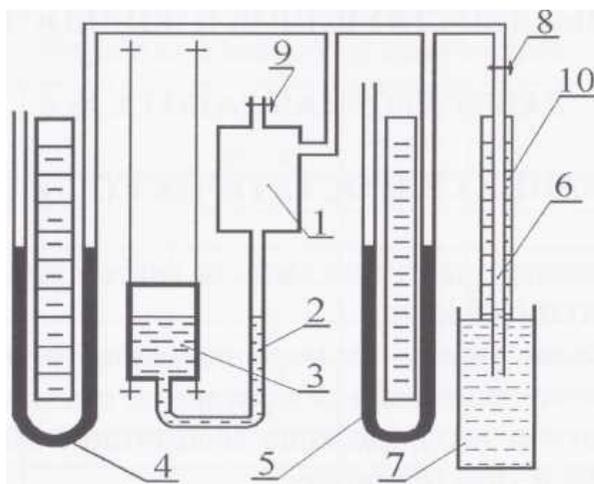


Рис. 5. Схема установки для измерения гидростатического давления

Измерение манометрического и вакуумметрического давления производится с помощью мановакуумметров, подключенных к резервуару. Мановакуумметры состоят из двух U-образных трубок 4 и 5, концы которых соединены коллектором, по которому передается давление воздуха; вторые концы трубок открыты и сообщаются с атмосферой. Трубка 4 заполнена водой с удельным весом $\gamma_B = 9760 \text{ Н/м}^3$, а трубка 5 - спиртом с удельным весом $\gamma_C = 7440 \text{ Н/м}^3$. К резервуару подключен вакуумметр 6 (обратный пьезометр). Стакан вакуумметра 7, открытый сверху, заполнен водой. При измерении манометрического давления вакуумметр с помощью крана отключается от резервуара. Изме-

рение уровней жидкости в трубках мановакуумметров и вакуумметра производится по шкалам измерительных линеек 10. Резервуар 1 сообщается с атмосферой посредством крана 9. Измерение атмосферного давления производят при помощи ртутного барометра, с удельным весом ртути $\gamma_{\text{РТ}} = 133000 \text{ Н/м}^3$.

Пусть открытый вертикальный прямой круглый цилиндрический сосуд с жидкостью вращается вокруг своей оси с постоянной угловой скоростью ω . Жидкость, постепенно увлекаясь во вращение вследствие вязкости, в установленном режиме вращается вместе с сосудом, как единое целое с той же угловой скоростью ω , т.е. находится в состоянии покоя относительно стенок сосуда. Это состояние поддерживается равновесием сил гидростатического давления (P), тяжести (g) и центробежной силы инерции ($\omega^2 \cdot r$), действующих на каждую частицу жидкости (сила вязкого трения в установившемся состоянии относительного покоя отсутствует). Из уравнения равновесия Эйлера получается следующее распределение давлений в жидкости:

$$P = P_{\text{БАР}} - \rho g z + \frac{\rho \omega^2 r^2}{2},$$

где z - ордината жидкой частицы, отсчитанная по вертикали вверх от самой нижней точки свободной поверхности;

r - расстояние до частицы по горизонтали от оси вращения;

ω - угловая скорость вращения;

ρ - плотность жидкости;

P - давление в жидкой частице с координатами z и r .

Из приведенного уравнения при $P = \text{const}$ ($dP = 0$) получаются уравнения поверхностей равного давления, образующих семейство осесимметричных параболоидов вращения с общей осью z . В частности, при $P = P_{\text{БАР}}$ получается уравнение свободной поверхности, любое меридиональное сечение которой представляет собой параболу с вертикальной осью симметрии.

$$z = \omega^2 r^2 / 2g.$$

Как видно из последнего уравнения, форма свободной поверхности определяется только параметрами ω и r и не зависит от рода используемой жидкости.

Лабораторная установка (рис. 6) состоит из открытого круглого цилиндрического сосуда 1, днище которого закреплено на вертикальном валу 2, расположенном на оси симметрии сосуда. Сосуд, наполненный примерно на половину водой, приводится во вращение с постоянным числом n оборотов в минуту электродвигателем 3 через передачу 4. Определение координат свободной поверхности 5 производится с помощью координатника 6, закрепленного на неподвижной раме 7 прибора. По горизонтальным направляющим с миллиметровой шкалой 8 с помощью винта 9 перемещается каретка с измерительной иглой 10. Игла может перемещаться по вертикальным направляющим с миллиметровой шкалой 11 и фиксироваться винтом 12. Для отсчета горизонтальных и вертикальных координат на каретке и игле нанесены риски.

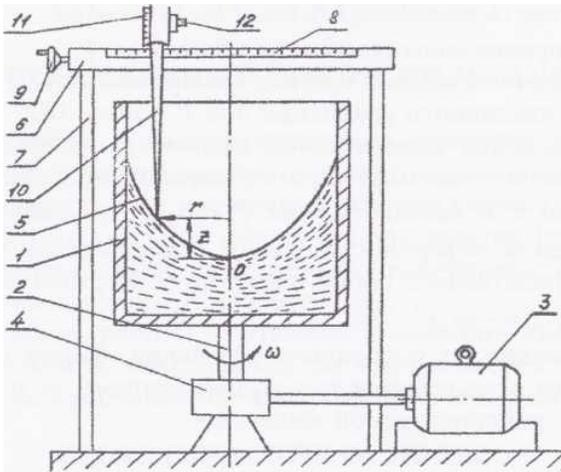


Рис. 6. Схема лабораторной установки

При математической обработке наблюдений вычисляются расстояния r , от оси вращения до симметрично расположенных левых и правых точек с номером i по формуле:

$$r_i = \frac{1}{2} \cdot (r_i'' - r_i').$$

Опытные значения координат $(\pm r_i, z_i)$ наносятся на график симметрично относительно оси z и соединяются ломаной кривой (рис. 7).

Форма этой кривой напоминает параболу, поэтому опытную кривую аппроксимируют уравнением:

$$z = Ar^2 + B.$$

Подставляя вместо r и z их опытные значения r_i, z_i ($i = 1, 2, \dots, N$, где N — число наблюдений), вычисляют опытные значения коэффициента A_i по формуле

$$A_i = \frac{z_i}{r_i^2},$$

Легко видеть, что в разных наблюдениях значения A_i отличаются друг от друга. В качестве оценки истинного значения коэффициента A принимают среднее арифметическое

$$A = \bar{A} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N A_i.$$

Используя найденную величину коэффициента $A = \bar{A}$ и придавая r значения $\pm r_i$ ($i = 1, 2, \dots, N$), вычисляем теоретические значения. Точки $(\pm r_i, z_i)$ наносим на график (рис. 7) и соединяем их плавной кривой. Это и есть наблюдаемая форма свободной поверхности жидкости в сосуде, вращающемся с постоянной угловой скоростью.

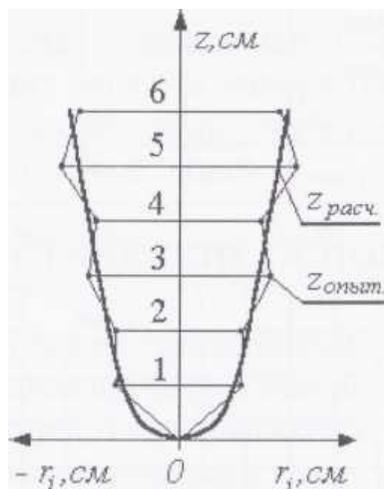


Рис. 7. Согласование опытных и расчетных данных

При движении жидкости по трубопроводу между нею и стенками трубы возникают силы сопротивления, в результате чего частицы жидкости, прилегающие к поверхности трубы, тормозятся. Это и есть силы гидравлического трения (сопротивление гидравлического трения). Потери напора, затрачиваемые на преодоление сопротивления трения, носят название потерь напора на трение или потерь напора по длине потока и обозначают через $h_{тр}$. Их можно определить по формуле Дарси-Вейсбаха:

$$h_{тр} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g},$$

где λ - коэффициент гидравлического трения (коэффициент Дарси).

Коэффициент Дарси зависит от числа Рейнольдса и от некоторой безразмерной величины, характеризующей пограничную геометрию поверхности трубопровода. Геометрической ха-

рактической поверхностью является относительная шероховатость δ , определяемая в соответствии с выражением $\delta = \Delta/d$.

Никурадзе и А.П. Загжда было установлено существование четырех зон сопротивлений, каждая из которых характеризуется определенными закономерностями.

I зона - зона ламинарного течения (вязкостного сопротивления) имеет место при $Re < Re_{кр} = 2300$.

В этой зоне $h_{ТР} = f(Re)$, причем $\lambda = 64 / Re$.

В диапазоне $2300 < Re < 4000 - 5000$ происходит смена режимов течения жидкости от ламинарного к турбулентному (переходная зона).

При $Re > 4000 - 5000$ в трубе устанавливается турбулентный режим течения, однако при турбулентном режиме у стенки сохраняется ламинарный подслой, толщина которого может быть определена выражением $\delta_{пл} = 30d / (Re \cdot \sqrt{\lambda})$.

В зависимости от соотношения $\delta_{пл}$ и Δ явления при турбулентном течении можно разбить на три зоны.

Для зоны гидравлически гладких труб характерно

$$\delta_{пл} > \Delta, h_{ТР} = f(Re) \text{ и } \lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}, (Re \leq 10^5)$$

$$\text{или } \lambda = 0,032 + \frac{0,221}{Re^{0,237}} \cdot (Re = 5 \cdot 10^4 \div 3 \cdot 10^6).$$

Для зоны докватратичного сопротивления величина потерь $h_{ТР}$ и коэффициент λ зависят как от числа Рейнольдса, так и от относительной шероховатости

В зоне квадратичного сопротивления коэффициент λ практически не зависит от числа Рейнольдса, а является функцией только относительной шероховатости. При этом

$$\lambda = \frac{1}{(2 \lg(d/\Delta_3) + 1,14)^2} \text{ или } \lambda = 0,11 \cdot (\Delta_3/d)^2$$

А.Д. Альтшуль предложил формулу, охватывающую все три зоны сопротивления при турбулентном движении жидкости в трубах с естественной шероховатостью в виде:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{68}{Re} + \frac{\Delta_3}{d} \right)^{0,25} .$$

При движении жидкости по трубам и каналам часть энергии потока жидкости расходуется на преодоление разного рода местных сопротивлений. В отличие от потерь на трение по длине трубопровода, распределенных на всем его протяжении, местные потери носят локальный характер. Местные потери h_M в гидравлических расчетах принято выражать в долях от скоростного напора.

$$h_M = \xi \cdot \frac{V^2}{2g} .$$

где ξ - коэффициент местного гидравлического сопротивления.

Квадратичная зависимость наблюдается только при относительно больших числах Рейнольдса (более 1000), когда КМС зависит только от конфигурации самого сопротивления и не зависит от числа Рейнольдса. Во всех других случаях КМС является функцией числа Рейнольдса. В подавляющем большинстве случаев величина КМС не может быть определена теоретическим путем и находится по результатам экспериментов.

Расходные шайбы относятся к скоростным расходомерам, которые нашли широкое применение в технике при измерении расходов жидкости. Они представляют собой элементы, создающие в потоке сужение сечения. В настоящее время стандартизированы три типа сужающих устройств: диафрагма (шайба), сопла и сопло Вентури. Стандартные диафрагмы (шайбы) могут быть использованы в трубопроводах диаметром $D \geq 50$ мм. Геометрическая форма стандартной диафрагмы представлена на рис. 15.

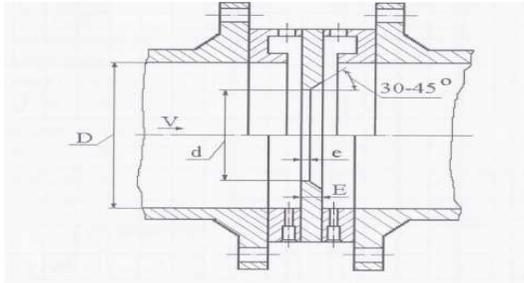


Рис. 15. Конструкция стандартной диафрагмы

Проходное отверстие диаметром d имеет цилиндрическую форму с острой прямоугольной входной кромкой без заусенцев и зубурин. Ширина цилиндрической части отверстия диафрагмы e должна лежать в пределах $(0,005 - 0,02) D$. Толщина диафрагмы E не должна превышать $0,05 D$. Диаметры трубопровода и отверстия исследуемой диафрагмы соответственно равны $D = 1,9 \cdot 10^{-2}$ м и $d = 10^{-2}$ м. Перед диафрагмой и после нее устанавливают пьезометры. Возникающий перепад давления на диафрагме определенным образом связан с расходом. В общем случае, с учетом реальных свойств жидкости расход определяют в соответствии с уравнением

$$Q = \mu \cdot S_2 \sqrt{\frac{2g}{1 - (S_2/S_1)}} \cdot \sqrt{\Delta H} ,$$

где μ - коэффициент расхода (для воды отношение действительного расхода к теоретическому равно $\mu = 0,648$), или

$$Q_{\text{теор}} = C \cdot \sqrt{\Delta H} ,$$

где $C = \mu S_2 \cdot \sqrt{2g} / \sqrt{1 - (S_2/S_1)^2}$ - величина постоянная для данного расходомера.

Зная величину C и наблюдая за показаниями пьезометров, можно найти расход в трубопроводе для любого момента времени, причем связь между ΔH и $Q_{\text{ТЕОР}}$ получается параболической.

ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Вариант 1

Найти давление воздуха в резервуаре В (рис. 1), если избыточное давление на поверхности воды в резервуаре А равно p_n , разности уровней ртути ($\rho_{рт}$ = 13600 кг/м³) в двухколенном дифференциальном манометре h_1 и h_2 , а мениск ртути в левой трубке манометра ниже уровня воды на h . Пространство между уровнями ртути в манометре заполнено спиртом ($\rho_{сп}$ = 800 кг/м³).

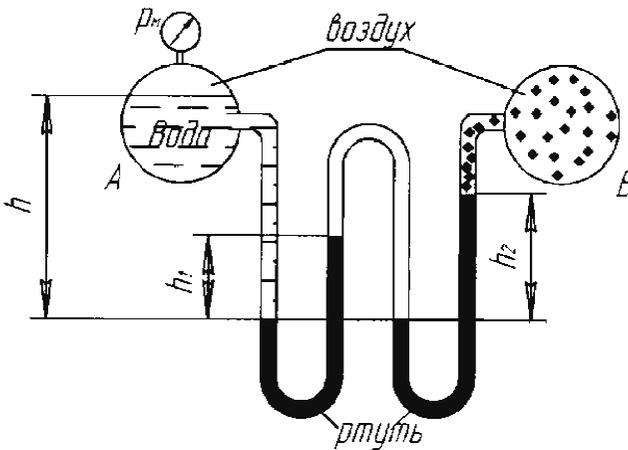


Рис. 1

Вариант 2

Колокол 1 газгольдера диаметром D весит G (рис. 2). Определить разность уровней H под колоколом газгольдера и в его станине 2.

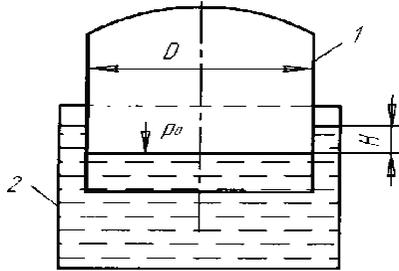


Рис. 2

Вариант 3

Щит, перекрывающий канал, расположен под углом α к горизонту и закреплен шарнирно к опоре над водой (рис. 3). Определить усилие, которое необходимо приложить к тросу для открытия щита, если ширина щита b , глубина воды перед щитом H_1 , а после щита H_2 . Шарнир расположен над высоким уровнем воды на расстоянии H_3 . Весом щита и трением в шарнире пренебречь.

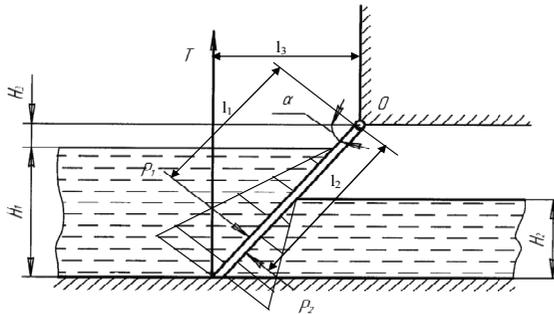


Рис. 3

Вариант 4

Определить высоту вытяжной трубы вентиляционной системы, осуществляемой за счет разности веса теплового газа в сети и веса атмосферного воздуха. Газ вытесняется через трубу 1, а воздух притекает через зазоры крышки колодца 2 (рис. 4). Разность напоров Δh . Определить количество и диаметр d приемных отверстий 3, если скорость газа в трубе w , диаметр D . Температура газа в сети t_1 , температура воздуха t_2 .

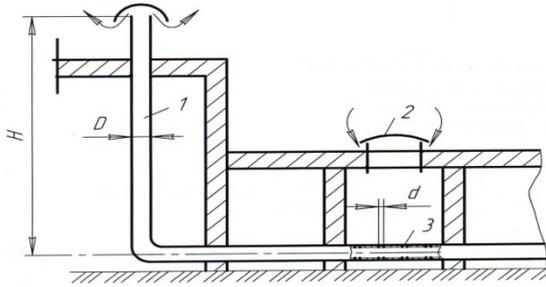


Рис. 4

Вариант 5

Определить сжимающее усилие большого поршня F_2 и силу F_0 , которую необходимо приложить к свободному концу рычага гидравлического пресса (рис. 5), если диаметр большого поршня D , длина рычага l , расстояние a . Усилие малого поршня F_1 , диаметр малого поршня d .

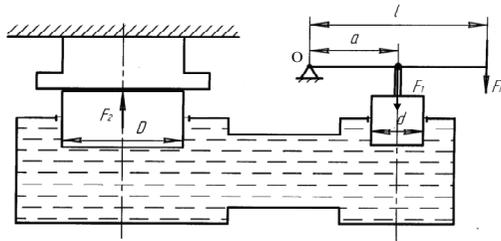


Рис. 5

Вариант 6

Определить величину и направление силы суммарного давления на секторный затвор, и ее направление (рис. 6). Глубина воды перед затвором H , ширина затвора b .

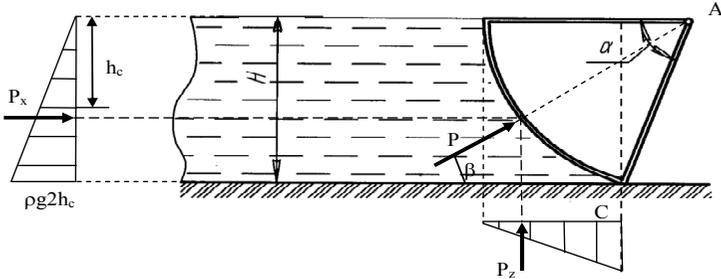


Рис. 6

Вариант 7

Определить отрывающее и сдвигающие усилия и полную силу давления жидкости на полусферическую крышку радиуса R , если заданы пьезометрический напор воды H над центром крышки и угол α наклона стенки бака к горизонту (рис. 7).

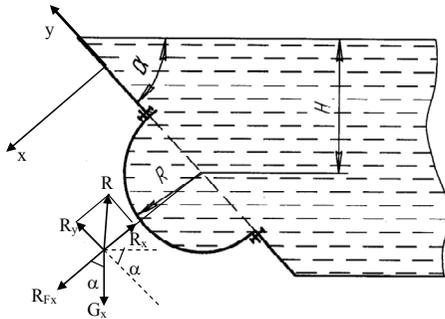


Рис. 7

Вариант 8

Определить расход воды в трубопроводе диаметром d_1 при помощи водомера Вентури, если диаметр горловины d_2 и разность показаний пьезометров h (рис. 8). Температура воды t .

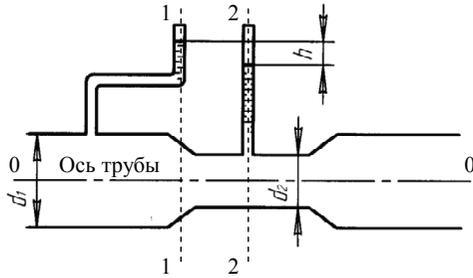


Рис. 8

Вариант 9

Сифонный бетонный водосброс внешним диаметром d общей длиной l сбрасывает воду из водохранилища в реку, уровень которой на H ниже уровня водохранилища (рис. 9). Определить подачу сифонного водосброса, если он имеет два поворота: $\alpha_1 = 90^\circ$, α_2 с радиусами закругления R . Длина горизонтального участка l_2 , толщина стенок водосброса δ . Температура воды в водохранилище t . Определить также вакуум в верхней точке сифона.

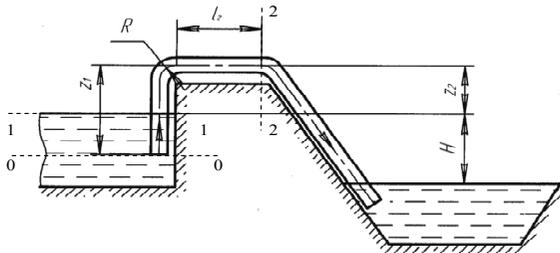


Рис. 9

Вариант 10

По короткому трубопроводу, участки которого имеют диаметры d_1 и d_2 , вода перетекает из закрытого бака с избыточным давлением воздуха p_m в открытый бак при постоянной разности уровней H (рис. 10). Ось трубопровода заглублена под уровень в правом баке на h . Определить расход (пренебрегая потерями по длине) для случая, когда задвижка полностью открыта и ее коэффициент сопротивления $\zeta_3 = 0$, и для случая, когда она открыта на 0,25 и ζ_3 .

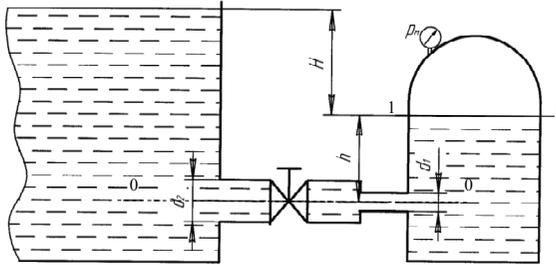


Рис. 10

Вариант 11

По трубопроводу, состоящему из двух участков труб (см. Рис.) диаметрами d_1 и d_2 и длиной l_1 и l_2 подаётся бензин ($\rho_{\text{бенз.}} = 750 \text{ кг/м}^3$) из бака с избыточным давлением P_M в расположенный выше бак, где поддерживается вакуумметрическое давление $P_{\text{вак.}}$. Разность уровней в баках h . Коэффициент сопротивления трения для труб $\lambda = 0,02$, коэффициенты местных сопротивлений $\zeta_{\text{вентиль}} = 4$; $\zeta_{\text{вх.}} = 0,5$; $\zeta_{\text{вых.}} = 1$. Требуется определить расход бензина V .

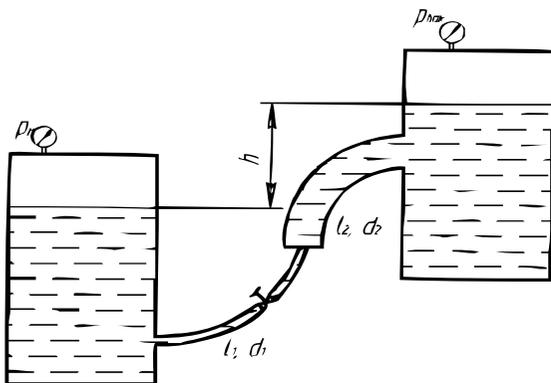


Рис. 11

Вариант 12

Известны следующие величины простейшего гидравлического подъёмного устройства (см. Рис.): масса груза m , длина стрелы l , максимальный угол α , давление нагнетания насоса $P = 16 \text{ МПа}$, подача насоса $Q = 1,2 \text{ л/с}$.

Требуется определить:

1. Диаметр поршня гидроцилиндра $D_{\text{ц}}$;
2. Скорость движения штока при рабочем ходе ω_p ;
3. КПД гидропривода при рабочем ходе, если КПД насоса $\eta_{\text{н.р.}} = 0,8$.

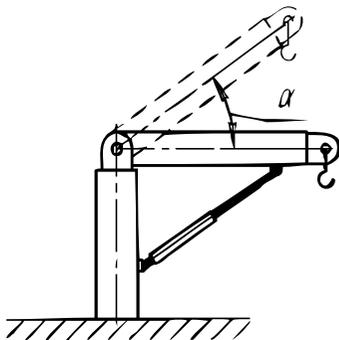


Рис. 12

Вариант 13

Известны следующие величины гидравлической лебёдки (см. Рис.): рабочий объём гидромотора q_M ; КПД гидромотора $\eta_M = 0,93$; механический КПД гидромотора $\eta_{\text{мех.}M} = 0,98$; частота вращения вала гидромотора $n_M = 15\text{с}^{-1}$; крутящий момент на валу гидромотора $M_{\text{кр.}}$. Диаметр барабана лебёдки $D_{\text{б.}} = 300\text{мм}$; масса груза m , скорость подъёма v .

Требуется определить:

1. перепад давления на гидромоторе ΔP_M ;
2. потребную подачу насоса Q_H ;
3. КПД гидропривода η .

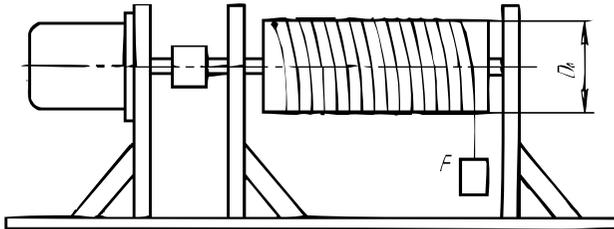


Рис. 13

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполнив контрольные работы, студент ознакомится с устройствами и принципами действия гидравлических и пневматических приводов машиностроительного оборудования; получит знания по основам физических закономерностей статики, кинематики и динамики жидкой (газообразной) среды, методами применения этих закономерностей при решении практических задач гидравлических и пневматических систем, используемых в машиностроении. А также получит навыки применения математических моделей гидромеханических явлений и процессов при проектировании конструкций, входящих в гидравлическую техническую систему машиностроительного оборудования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ткаченко Ю. С. Механика жидкостей и газов: учеб. пособие [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф. данные (2,03 МБ) / Ю.С. Ткаченко, В.М. Пачевский. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2015.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ.....	4
ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ.....	20
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	28
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	28

МЕХАНИКА ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ"

Методические указания
к выполнению контрольных работ
для студентов направления подготовки 15.03.01
«Машиностроение», профиля «Технологии, оборудование,
автоматизация машиностроительных производств»
всех форм обучения

Составители
Жачкин Сергей Юрьевич
Краснова Марина Николаевна

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 04. 12. 2020.
Уч.-изд. л. 1,8.

ФГБОУ ВО "Воронежский государственный
технический университет"
394026 Воронеж, Московский просп., 14