

Институт гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии

Направление подготовки 13.04.03 Энергетическое машиностроение

Банк заданий по специальной части вступительного испытания в магистратуру

Базовая часть

Задание №1 экзаменационного билета (5 баллов)

Задание 1.1 (правильный ответ)

Для кинематического коэффициента вязкости (ν) справедливо (указать верное утверждение):

- а) $\nu = \mu/\rho$, где μ — динамический коэффициент вязкости;
- б) $\nu = \mu/p$, где p — гидростатическое давление;
- в) в системе СИ для кинематического коэффициента вязкости используется размерность $\text{Па} = [\text{Н}/\text{м}^2]$ (Паскаль);
- г) в системе СГС для кинематического коэффициента вязкости используется размерность $\text{Ст} = [\text{м}^2/\text{с}]$ (Стокс);
- д) сила вязкости пропорциональна кинематическому коэффициенту вязкости вне зависимости от плотности жидкости;
- е) все приведённые варианты не верны.

Задание 1.2

Для динамического коэффициента вязкости (μ) справедливо (указать верное утверждение):

- а) $\mu = \nu\rho$, где ν — коэффициент расхода;
- б) с ростом температуры воды коэффициент μ увеличивается;
- в) с ростом температуры воздуха коэффициент μ уменьшается;
- г) $\mu = \nu/\rho$, где ν — коэффициент расхода;
- д) сила вязкости пропорциональна динамическому коэффициенту вязкости;
- е) все приведённые варианты не верны.

Задание 1.3

Для измерений скорости трубкой Пито-Прандтля с U-образным жидкостным манометром (в перевёрнутом (\cap) виде) в потоке воды со свободной поверхностью под атмосферным давлением справедливо (указать верное утверждение):

- а) статическое давление снимается с носика трубки,
- б) полное давление снимается с боковой поверхности трубки,
- в) в верхней части манометра присутствует вакуум, если он расположен ниже свободной поверхности воды,
- г) измеряемая скорость пропорциональна разности высот жидкости в трубках манометра,
- д)** ось трубки направлена против скорости течения.

Задание 1.4

Для модели идеальной жидкости справедливо (указать верное утверждение):

- а) плотность жидкости всегда считается величиной постоянной;
- б)** на твердой неподвижной стенке скорости течения могут отличаться от нуля;
- в) могут присутствовать отличные от нуля силы вязкости;
- г) идеальной жидкостью может быть только сжимаемая среда;
- д) все предложенные утверждения не верны.

Задание 1.5

Свойством текучести ньютоновской жидкости называется способность (укажите точное определение):

- а) неограниченно деформироваться под действием усилий;
- б) неограниченно деформироваться под действием сколь угодно малых усилий;
- в) неограниченно деформироваться под действием поверхностных сил;
- г) неограниченно деформироваться под действием сколь угодно малых поверхностных сил;
- д) неограниченно деформироваться под действием силы сдвига.
- е)** неограниченно деформироваться под действием сколь угодно малой силы сдвига.

Задание 1.6

Жидкой частицей называется (укажите правильный вариант):

- а) достаточно большой объем сплошной среды, который при движении деформируется, но не смешивается с окружающей массой;
- б) достаточно большой объем сплошной среды, который при движении деформируется, смешиваясь с окружающей массой;
- в)** малый объем сплошной среды, который при движении деформируется, но не смешивается с окружающей массой;
- г) малый объем сплошной среды, который при движении деформируется, смешиваясь с окружающей массой;
- д) достаточно большой объем сплошной среды, который при движении не деформируется и не смешивается с окружающей массой;
- е) малый объем сплошной среды, который при движении не деформируется, смешиваясь с окружающей массой.

Задание 1.7

В основной формуле гидростатики $p = p_0 + \rho gh'$, где p_0 – избыточное внешнее давление, величина h' является (указать правильный вариант):

- а) пьезометрической высотой;
- б) пьезометрическим напором;
- в)** глубиной жидкости в точке с давлением p ;
- г) глубиной жидкости в точке с давлением p_0 ;
- д) размером жидких частиц,
- е) все ответы не верны.

Задание 1.8

При недостатке абсолютного давления до атмосферного состояние жидкости называется (указать правильный термин):

- а) вакуумметрическим давлением;
- б) избыточным давлением;
- в) абсолютным давлением;
- г)** вакуумом;
- д) разрежением.

Задание 1.9

В основной формуле гидростатики $p = p_0 + \rho gh'$ слагаемое $\rho gh'$ называется (указать правильное название):

- а) весовой составляющей давления,
- б) действием веса жидкости,
- в) внешним давлением,
- г) действием сил тяжести,
- д) жидкостным давлением.

Задание 1.10

Внешним давлением называется (указать верное определение):

- а) давление, входящее в правую часть основной формулы гидростатики,
- б) давление на свободной поверхности жидкости,
- в) одно из слагаемых основной формулы гидростатики,
- г) давление под верхней крышкой бака,
- д) давление жидкости в пьезометрической плоскости,
- е) давление газа под верхней крышкой бака.

Задание 1.11

Относительно абсолютного $p_{\text{абс}}$, избыточного $p_{\text{изб}}$ и вакуумметрического $p_{\text{вак}}$ давлений справедливы положения (указать неверное положение):

- а) значение вакуумметрического давления в определённой точке всегда меньше значения абсолютного давления в этой точке,
- б) значение избыточное давление в определённой точке всегда меньше значения абсолютного давления в этой точке,
- в) справедливо $p_{\text{вак}} = -p$,
- г) значение вакуумметрического давления не может быть больше атмосферного давления,
- д) абсолютное давление при вакууме всегда меньше атмосферного давления.

Задание 1.12

Плоскостью сравнения называется (указать верное определение):

- а) горизонтальная плоскость, совпадающая со свободной поверхностью жидкости;
- б)** горизонтальная плоскость, от которой отсчитывается координата по вертикальной оси, направленной вверх;
- в) вертикальная плоскость, от которой отсчитывается координата по горизонтальной оси, ортогональной этой плоскости;
- г) плоскость, совпадающая с плоской твёрдой стенкой в жидкости;
- д) горизонтальная плоскость, в которой избыточное давление равно нулю;
- е) горизонтальная плоскость, в которой гидростатическое давление равно нулю;

Пример выполнения задания 1.

Для кинематического коэффициента вязкости ν справедливо (указать верное утверждение):

Решение:

- а)** $\nu = \mu/\rho$, где μ — динамический коэффициент вязкости

Задание №2 экзаменационного билета (5 баллов)

Задание 2.1 (правильный ответ)

Плавно изменяющимся течением называется (указать верное определение):

- а) равномерное течение несжимаемой жидкости;
- б) течение, кривизна линий тока и угол расхождения между линиями тока которого пренебрежимо малы;**
- в) течение, кривизна линий тока которого пренебрежимо мала;
- г) течение, эпюра скоростей в сечениях которого близка к равномерной;
- д) течение, по длине которого изменение скорости пренебрежимо мало;
- е) все определения не точны.

Задание 2.2

Течение, по длине которого живое сечение и профиль скорости остаются неизменными, называется (указать правильный вариант):

- а) установившимся,
- б) стационарным,
- в) равномерным,**
- г) одномерным,
- д) одинаковым.

Задание 2.3

Относительно энергетического смысла слагаемых уравнения Бернулли для потока несжимаемой жидкости справедливы положения (указать верное положение):

- а) слагаемое z является отношением потенциальной энергии в объёме V жидкости, прошедшей через всё контрольное сечение, к весу ρgV этой жидкости;
- б) слагаемое $p/\rho g$ представляет отношение работы сил давления над объёмом V жидкости, прошедшей через всё контрольное сечение, к её весу ρgV ;
- в) сумма слагаемых $(z + p/\rho g)$ представляет сумму удельной работы силы давления и удельной потенциальной энергии в точке измерения давления и может существенно отличаться от величины в других точках соответствующего контрольного сечения;
- г) слагаемое h_c в правой части уравнения Бернулли представляет отношение потерь полной энергии в объёме V жидкости, прошедшей через всё контрольное сечение, к весу ρgV данной жидкости;
- д) сумма слагаемых $(z + p/\rho g + \alpha v^2/2g)$ представляет сумму удельной работы сил давления, удельной потенциальной и удельной кинетической энергии в точке на оси течения;
- е) слагаемое $\alpha v^2/2g$ является отношением удельной кинетической энергии в объёме V жидкости, прошедшей через всё контрольное сечение, к весу ρgV этой жидкости.

Задание 2.4

Относительно энергетического смысла слагаемых уравнения Бернулли для потока несжимаемой жидкости справедливы положения (указать верное положение):

- а) слагаемое z является отношением потенциальной энергии в объёме V жидкости, прошедшей через всё контрольное сечение, к весу ρgV этой жидкости;
- б) слагаемое $p/\rho g$ представляет отношение работы сил давления над объёмом V жидкости, прошедшей через всё контрольное сечение, к её весу ρgV ;
- в) сумма слагаемых $(z + p/\rho g)$ представляет сумму удельной работы силы давления и удельной потенциальной энергии в точке измерения давления и может существенно отличаться от величины в других точках соответствующего контрольного сечения;
- г) слагаемое $\alpha v^2/2g$ является отношением удельной кинетической энергии в объёме V жидкости, прошедшей через всё контрольное сечение, к весу ρgV этой жидкости;
- д) сумма слагаемых $(z + p/\rho g + \alpha v^2/2g)$ представляет отношение суммы работы сил давления над объёмом V жидкости, прошедшей через всё контрольное сечение, потенциальной и кинетической энергий этого объёма к весу ρgV данного объёма;
- е) слагаемое h_c в правой части уравнения Бернулли представляет потери полной удельной энергии на оси течения.

Задание 2.5

Относительно энергетического смысла слагаемых уравнения Бернулли для потока несжимаемой жидкости справедливы положения (указать верное положение):

- а) слагаемое z является отношением потенциальной энергии в объёме V жидкости, прошедшей через всё контрольное сечение, к весу ρgV этой жидкости;
- б) слагаемое $p/\rho g$ представляет отношение работы сил давления над объёмом V жидкости, прошедшей через всё контрольное сечение, к её весу ρgV ;
- в) сумма слагаемых $(z + p/\rho g)$ представляет сумму удельной работы силы давления и удельной потенциальной энергии в точке измерения

давления и может существенно отличаться от величины в других точках соответствующего контрольного сечения;

- г) слагаемое $\alpha v^2/2g$ является отношением кинетической энергии в объёме V жидкости, прошедшей через всё контрольное сечение, к весу ρgV этой жидкости
- д) сумма слагаемых $(z + p/\rho g + \alpha v^2/2g)$ представляет сумму удельной работы сил давления, удельной потенциальной и удельной кинетической энергии в точке на оси течения;
- е) слагаемое h_c в правой части уравнения Бернулли представляет потери полной удельной энергии на оси течения.

Задание 2.6

Коэффициент количества движения зависит только от (указать верное утверждение):

- а) недостатка скорости до средней в живом сечении потока;
- б) полноты эпюры скоростей, характеризуемой степенью приближения к равномерному распределению;
- в) площади живого сечения потока и средней скорости по этой площади;
- г) средней скорости в живом сечении потока;
- д) числа Рейнольдса.

Задание 2.7

Коэффициентом кинетической энергии называется (указать точное определение):

- а) отношение действительного потока кинетической энергии к потоку кинетической энергии, вычисленной по средней скорости;
- б) отношение действительной удельной кинетической энергии к кинетической энергии, вычисленной по осевой скорости;
- в) отношение действительного потока кинетической энергии к потоку кинетической энергии, вычисленной по осевой скорости;
- г) отношение действительной удельной кинетической энергии к удельной кинетической энергии, вычисленной по средней скорости;

д) все приведённые определения не точны.

Задание 2.8

Гидростатический закон распределения давления справедлив в живых сечениях (указать верное утверждение):

- а) любого течения несжимаемой жидкости в прямолинейных каналах;
- б) любого установившегося течения в прямолинейных каналах;
- в) любого установившегося течения несжимаемой жидкости в прямолинейных каналах;
- г) любого течения в цилиндрических каналах на достаточном удалении от местных сопротивлений;
- д) любого равномерного течения

Задание 2.9

Размерность слагаемых уравнения Бернулли в системе СИ (указать верный вариант):

- а) эрг;
- б) Ст;
- в) Вт;
- г) Па;
- д) Н;
- е) $\text{м}^3/\text{с}$;
- ж) все ответы не верны

Задание 2.10

Размерность слагаемых уравнения Бернулли в системе СИ (указать верный вариант):

- а) эрг;
- б) м;
- в) Вт;
- г) Па;
- д) Н;
- е) $\text{м}^3/\text{с}$;
- ж) все ответы не верны

Задание 2.11

Относительно внезапного расширения справедливо (указать **неверное** утверждение):

- а) непосредственно перед внезапным расширением течение не является равномерным,
- б) за внезапным расширением существует возвратный поток,
- в)** существует область выравнивания эпюры скоростей, в которой гидравлический уклон меньше, чем в равномерном течении,
- г) равномерное течение наблюдается в удалении за внезапным расширением,
- д) за внезапным расширением пьезометрический напор возрастает.

Задание 2.12

К гидравлическим сопротивлениям относят (указать **не верное** утверждение):

- а) любые снижения гидродинамического напора;
- б)** любые снижения скоростного напора;
- в) участки канала, по длине которых происходит падение гидродинамического напора;
- г) внешние факторы, воздействие которых на поток обуславливает гидравлические потери;
- д) геометрические особенности канала, обуславливающие гидравлические потери.

Задание 2.13

Местными сопротивлениями являются (указать **некорректное** утверждение):

- а)** любые местные гидравлические потери;
- б) любые гидравлические сопротивления, отличающиеся от сопротивлений по длине;
- в) гидравлические сопротивления, вызывающие резкое изменение величины или направления скорости течения;
- г) геометрические особенности канала, вызывающие резкие изменения эпюры скоростей по длине течения;
- д) участки канала, характеризуемые резким изменением формы или площади живых сечений по длине потока.

Задание 2.14

Сопротивлениями по длине могут являться (указать **некорректное** утверждение):

- а) гидравлическое трение по длине равномерного или плавно изменяющегося течения;
- б)** потери по длине равномерного или плавно изменяющегося течения;
- в) любые гидравлические сопротивления, отличающиеся от местных сопротивлений;
- г) достаточно протяженные цилиндрические участки канала;
- д) гидравлические сопротивления участков канала с равномерным или плавно изменяющимся течением;
- е) тормозящее действие стенок трубы, обусловленное прилипанием к ним жидких частиц равномерного или плавно изменяющегося течения.

Задание 2.15

Относительно внезапного расширения справедливо (указать **неверное** утверждение):

- а) непосредственно перед внезапным расширением течение не является равномерным,
- б)** за внезапным расширением существует возвратный поток и поток постоянной массы с равномерным течением по своей длине,
- в) существует область выравнивания эпюры скоростей, в которой гидравлический уклон больше, чем в равномерном течении,
- г) равномерное течение наблюдается в удалении за внезапным расширением,
- д) за внезапным расширением пьезометрический напор возрастает.

Задание 2.16

Потери напора по длине рассчитываются по формуле $h_d = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}$, где

(указать правильные наименования):

- а) λ — гидравлический коэффициент трения, v — скорость по длине l ;
- б) λ — коэффициент потерь, v — скорость по длине;
- в)** λ — гидравлический коэффициент трения, v — средняя скорость;
- г) λ — коэффициент потерь, где v — средняя скорость;
- д) λ — гидравлический коэффициент трения, v — усреднённая скорость.

Задание 2.17

Сопротивлениями по длине могут являться (указать **некорректное** утверждение):

- а) гидравлическое трение по длине равномерного или плавно изменяющегося течения;
- б)** потери по длине равномерного или плавно изменяющегося течения;
- в) любые гидравлические сопротивления, отличающиеся от местных сопротивлений;
- г) достаточно протяженные цилиндрические участки канала;
- д) гидравлические сопротивления участков канала с равномерным или плавно изменяющимся течением;
- е) тормозящее действие стенок трубы, обусловленное прилипанием к ним жидких частиц равномерного или плавно изменяющегося течения

Задание 2.18

Местными сопротивлениями являются (указать **некорректное** утверждение):

- а)** любые местные гидравлические потери;
- б) любые гидравлические сопротивления, отличающиеся от сопротивлений по длине;
- в) гидравлические сопротивления, вызывающие резкое изменение величины или направления скорости течения;
- г) геометрические особенности канала, вызывающие резкие изменения эпюры скоростей по длине течения;
- д) участки канала, характеризуемые резким изменением формы или площади живых сечений по длине потока

Задание 2.19

Местными сопротивлениями являются (указать **некорректное** утверждение):

- а) гидравлические сопротивления, вызывающие резкое изменение величины или направления скорости течения;
- б) любые гидравлические сопротивления, отличающиеся от сопротивлений по длине;
- в) любые местные гидравлические потери;
- г) геометрические особенности канала, вызывающие резкие изменения эпюры скоростей по длине течения;
- д) участки канала, характеризуемые резким изменением формы или площади живых сечений по длине потока

Задание 2.20

Относительно внезапного расширения справедливо (указать **неверное** утверждение):

- а) непосредственно перед внезапным расширением течение является равномерным,
- б) за внезапным расширением существует возвратный поток,
- в) существует область выравнивания эпюры скоростей, в которой гидравлический уклон выше, чем в равномерном течении,
- г) равномерное течение наблюдается в удалении за внезапным расширением,
- д) за внезапным расширением пьезометрический напор возрастает

Задание 2.21

Относительно внезапного расширения справедливо (указать **неверное** утверждение):

- а) непосредственно перед внезапным расширением течение не является равномерным,
- б) за внезапным расширением существует возвратный поток,
- в) существует область выравнивания эпюры скоростей, в которой гидравлический уклон больше, чем в равномерном течении,
- г) равномерное течение наблюдается в удалении за внезапным расширением,
- д) за внезапным расширением пьезометрический и гидродинамический напоры возрастают.

Пример выполнения задания 2.

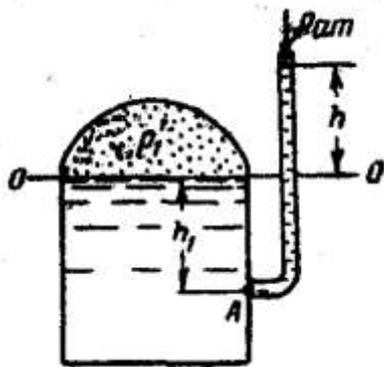
Плавно изменяющимся течением называется (указать верное определение):

Решение:

б) течение, кривизна линий тока и угол расхождения между линиями тока которого пренебрежимо малы

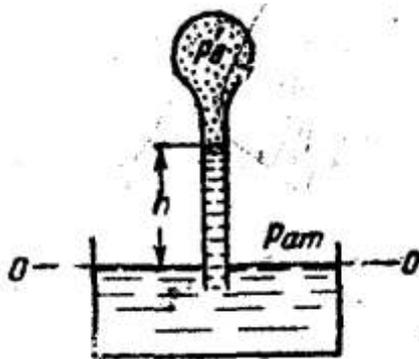
Задание №3 экзаменационного билета (15 баллов)

Задание 3.1



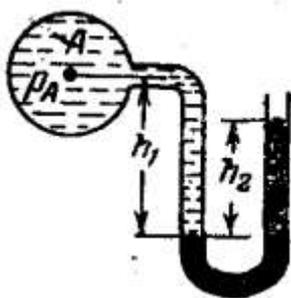
Определить высоту столба воды в пьезометре над уровнем жидкости в закрытом сосуде. Вода в сосуде находится под абсолютным давлением $p_1 = 1,06$ ат (см. рисунок).

Задание 3.2



Определить вакуум $p_{\text{вак}}$ и абсолютное давление внутри баллона p_0 , если показание вакуумметра $h = 0,7$ м вод. ст.

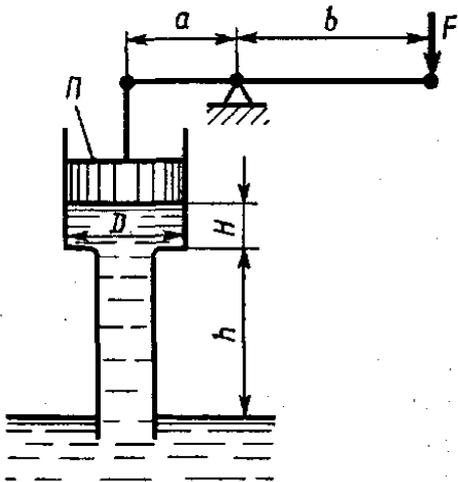
Задание 3.3



Подсчитать манометрическое и абсолютное давление в баллоне А (см. рисунок) в двух случаях:

- 1) в баллоне и в левой трубке – вода ($\gamma = 9810$ Н/м³), а в правой трубке – ртуть ($\gamma = 133416$ Н/м³);
- 2) в баллоне и в левой трубке – воздух ($\gamma = 12,65$ Н/м³), а в правой трубке – вода.

Задание 3.4

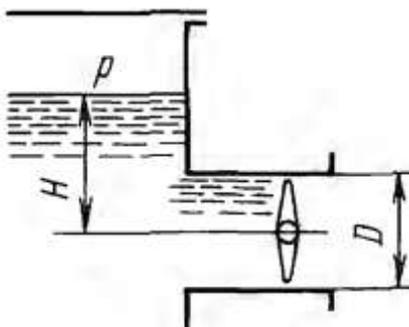


Определить силу F , необходимую для удержания в равновесии поршня П, если труба под поршнем заполнена водой, а размеры трубы: $D=100$ мм, $H=0,5$ м; $h=4$ м.

Длины рычага: $a=0,2$ м и $b=1,0$ м.

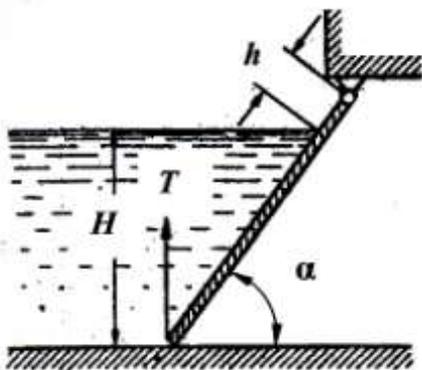
Собственным весом поршня пренебречь.

Задание 3.5



Закрытый резервуар с жидкостью плотностью $\rho=900$ кг/м³ имеет выпускную трубу диаметром $D=0,5$ м, перекрытую дисковым затвором. Избыточное давление в резервуаре равно $p=8$ кПа, уровень жидкости находится над горизонтальной плоскостью, проходящей через ось затвора, на высоте $H=0,65$ м.

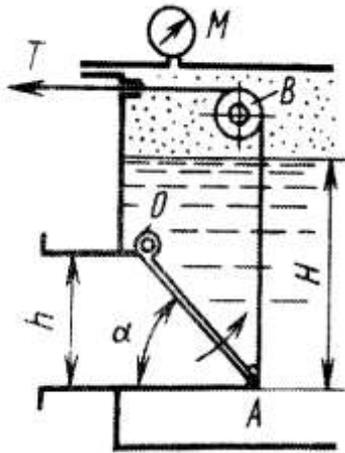
Найти силу давления R на затвор и момент M этой силы относительно оси поворота затвора.



Задание 3.6

Определить силу T , необходимую для подъема шарнирного наклонного щита шириной $b = 2,5$ м, расположенного под углом $\alpha = 60$ град. В канале глубиной $H = 2,5$ м, если расстояние от уровня воды до оси шарнира равно $h = 25$ см. Собственным весом щита и трением в шарнире пренебречь.

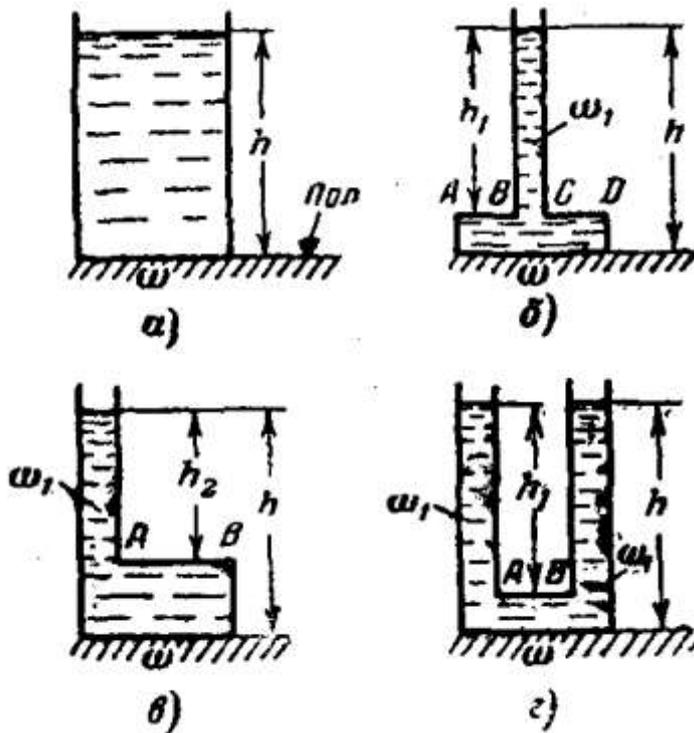
Задание 3.7



Поворотный клапан АО закрывает выход из бензохранилища в трубу квадратного сечения со стороной $h = 0,3$ м. Прямоугольная пластина клапана опирается на срез трубы, сделанный под углом $\alpha = 45^\circ$. В трубе жидкость отсутствует.

Определить (без учёта трения в опоре О клапана и в ролике В) силу T натяжения троса, необходимую для открытия клапана, если уровень бензина $H = 0,85$ м, а давление над ним по манометру $M = 5$ кПа. Плотность бензина $\rho = 700$ кг/м³.

Задание 3.8



Определить силу манометрического давления на дно сосудов а, б, в, г (см. рисунок), наполненных водой.

Высота столба $h=60$ см, $h_1=50$ см и $h_2=40$ см.

Площадь дна сосудов $\omega=1250$ см², а площадь сечения $\omega_1=12,50$ см².

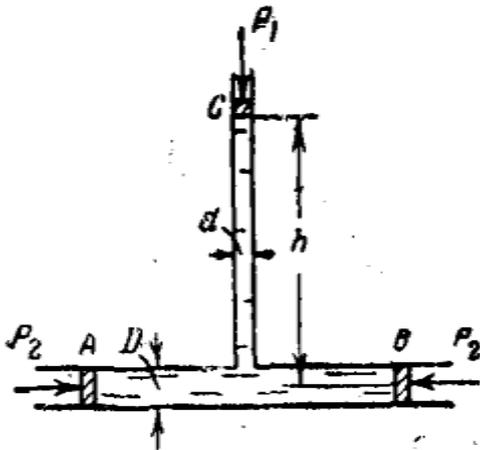
Найти силу, передаваемую в каждом случае на пол, пренебрегая весом сосуда.

Почему сила давления на дно не всегда совпадает с весом воды в сосуде?

Объясните гидростатический парадокс, определив силу

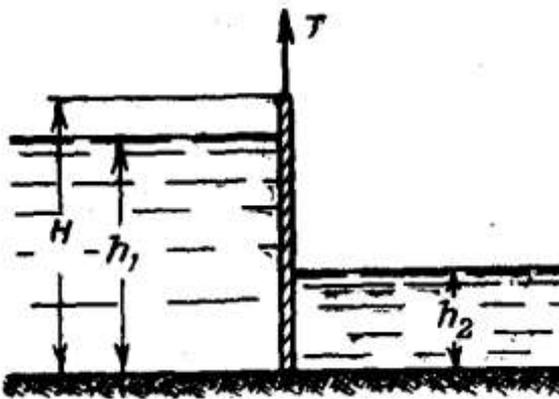
манометрического давления, воспринимаемую фасонной частью ABCD (рис. б) или АВ (рис. в и г).

Задание 3.9



Труба диаметром $D=400$ мм соединена с трубой диаметром $d=50$ мм, как показано на чертеже (см. рисунок). Высота столба воды $h=80$ см. в трубах имеются поршни. Какое усилие P_2 нужно приложить на поршни A и B , чтобы система находилась в равновесии, если на поршень C действует сила $P_1=98,1$ Н?

Задание 3.10



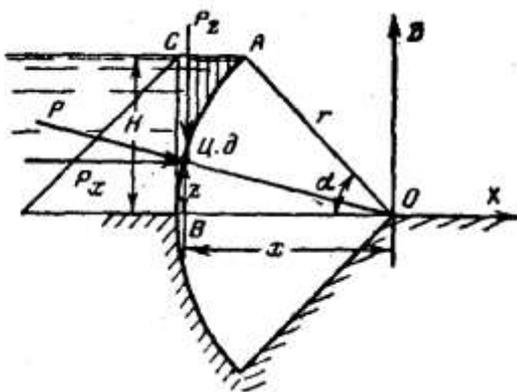
Определить силу давления на плоский прямоугольный затвор и центр давления. Глубина воды слева $h_1=3$ м, справа $h_2=1,2$ м. ширина затвора $b=4$ м, высота $H=3,5$ м (см. рисунок).

Расчет произвести аналитическим и графо-аналитическим способом.

Найти начальное подъемное усилие, если толщина затвора $t=0,08$ м, удельный вес материала, из которого

сделан затвор, $\gamma=1,18 \cdot 10^4$ Н/м³, а коэффициент трения затвора о пазы $f=0,5$.

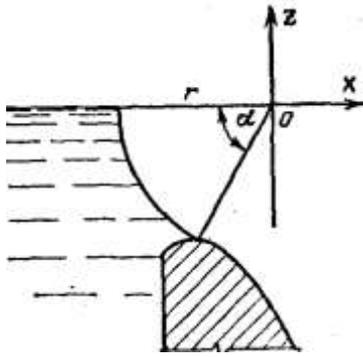
Задание 3.11



Определить силу давления воды на секторный затвор (см. рисунок) и координаты центра давления при следующих данных: $H=3$ м, угол $\alpha=45^\circ$. Ширина пролёта, перекрываемого затвором, $b=8$ м.

Ответ: $P=365$ кН, $x=-4,09$ м, $z=+1,09$ м.

Задание 3.12



Сегментный затвор радиусом $r=3,5$ м установлен на водосливе. Угол $\alpha=60^\circ$.

Определить:

- 1) Силу давления на 1 м ширины затвора ($b=1$ м);
- 2) Координаты центра давления относительно осей OX и OZ , считая, что уровень воды совпадает с верхней кромкой затвора.
- 3) Какой угол составляет равнодействующая с осью OX ?

Ответ: 1) $P=58,2$ Н, 2) $x=-2,71$ м, $z=-2,22$ м, 3) $\varphi=39^\circ 19'$.

Задание 3.13

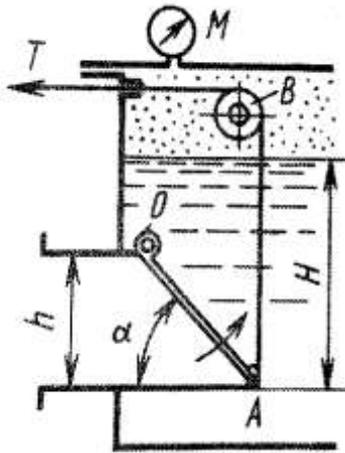
Сосуд, имеющий форму вогнутой полусферы, диаметром 1,4 м, наполнен до краев водой.

Определить:

- 1) Результирующую силу давления на смоченную поверхность.
- 2) Расположение центра давления относительно свободной поверхности.

Ответ: $P=7044$ Н, $l_d=0,7$ м.

Пример выполнения задания 3.



Поворотный клапан АО закрывает выход из бензохранилища в трубу квадратного сечения со стороной $h = 0,3$ м. Прямоугольная пластина клапана опирается на срез трубы, сделанный под углом $\alpha = 45^\circ$. В трубе жидкость отсутствует.

Определить (без учёта трения в опоре О клапана и в ролике В) силу T натяжения троса, необходимую для открытия клапана, если уровень бензина $H = 0,85$ м, а давление над ним по манометру $M = 5$ кПа. Плотность бензина $\rho = 700$ кг/м³.

Решение:

Сила манометрического давления на клапан равна

$$F_M = M \cdot S,$$

где S – площадь клапана,

$$S = h \cdot \frac{h}{\sin \alpha} = \frac{0,3^2}{0,707} = 0,1273 \text{ м}^2.$$

$$F_M = 5000 \text{ Па} \cdot 0,1273 \text{ м}^2 = 0,6365 \text{ кН}.$$

Точка приложения силы F_M – центр тяжести клапана с координатой:

$$y_c = \frac{1}{2} \frac{h}{\sin \alpha} = \frac{0,3}{2 \cdot 0,707} = 0,212 \text{ м от опоры О}.$$

Сила гидростатического давления жидкости на клапан:

$$F_{ж} = \rho g h_c S = \rho g \left(H - \frac{h}{2} \right) \cdot S = 0,7 \cdot 9,81 \cdot \left(0,85 - \frac{0,3}{2} \right) \cdot 0,1273 = 0,612 \text{ кН}.$$

Центральный момент инерции клапана:

$$I_c = \frac{h \left(\frac{h}{\sin \alpha} \right)^3}{12} = \frac{0,3^4}{12 \cdot 0,707^3} = 1,91 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4.$$

Расстояние между центром тяжести и центром давления:

$$\Delta y = \frac{I_0}{\frac{h_c}{\sin \alpha} \cdot S} = \frac{1,91 \cdot 10^{-3}}{\frac{0,7}{0,707} \cdot 0,1273} = 0,0151 \text{ м}.$$

Центр давления находится на расстоянии y_D от опоры О.

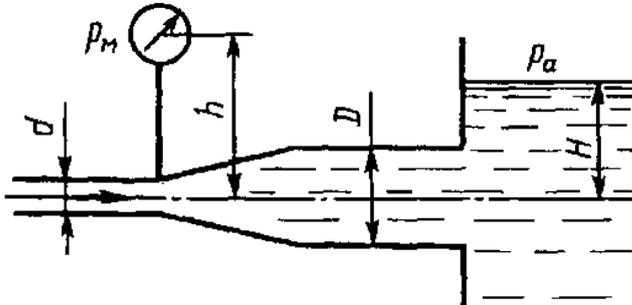
$$y_D = y_c + \Delta y = 0,212 + 0,0151 = 0,227 \text{ м}.$$

Из условия равновесия клапана: $Th = F_M \cdot y_c + F_{ж} \cdot y_D$ находим:

$$T = \frac{F_M \cdot y_c + F_{ж} \cdot y_D}{h} = \frac{0,6365 \cdot 0,212 + 0,612 \cdot 0,227}{0,3} = 0,913 \text{ кН}.$$

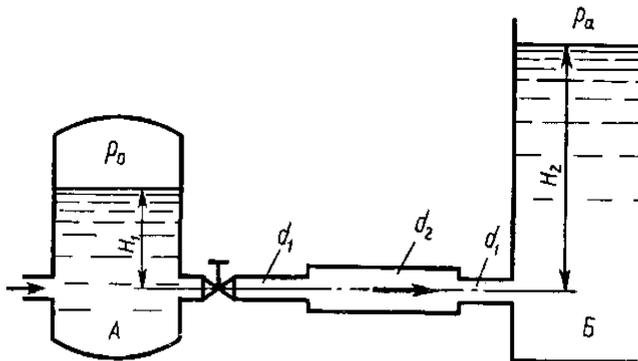
Задание №4 экзаменационного билета (15 баллов)

Задание 4.1



Определить расход жидкости, вытекающей из трубы диаметром $d=16$ мм через плавное расширение (диффузор) и далее по трубе диаметром $D=20$ мм в бак. Коэффициент сопротивления диффузора $\zeta=0,2$ (отнесен к скорости в трубе), показание манометра $p_m=20$ кПа; высота $h=0,5$ м; $H=5$ м; плотность жидкости $\rho=1000$ кг/м³. Учесть потери на внезапное расширение, потерями на трение пренебречь, режим течения считать турбулентным.

Задание 4.2

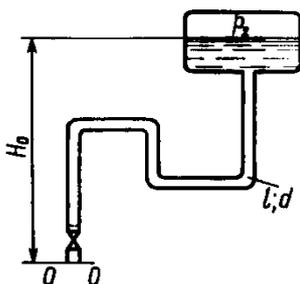


Вода перетекает из напорного бака A в резервуар B через вентиль с коэффициентом сопротивления $\zeta_B=3$ по трубе. Диаметры: $d_1=40$ мм; $d_2=60$ мм. Считая режим течения турбулентным и пренебрегая потерями на трение по длине,

определить расход.

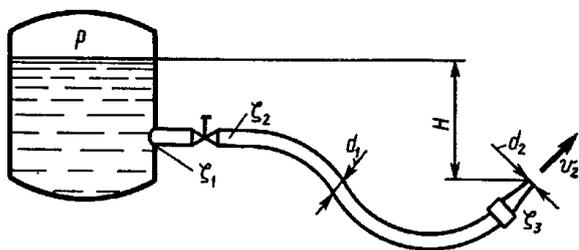
Учесть потери напора при внезапных сужениях и расширениях. Высоты: $H_1=1$ м, $H_2=2$ м; избыточное давление в напорном баке $p_0=0,15$ МПа.

Задание 4.3



Определить потребный напор, который необходимо создать в сечении 0—0 для подачи в бак воды с вязкостью $\nu=0,008$ Ст, если длина трубопровода $l=80$ м; его диаметр $d=50$ мм; расход жидкости $Q=15$ л/с; высота $H_0=30$ м; давление в баке $p_2=0,2$ МПа; коэффициент сопротивления крана $\zeta_1=5$; колена $\zeta_2=0,8$, шероховатость стенок трубы $\Delta=0,04$ мм.

Задание 4.4

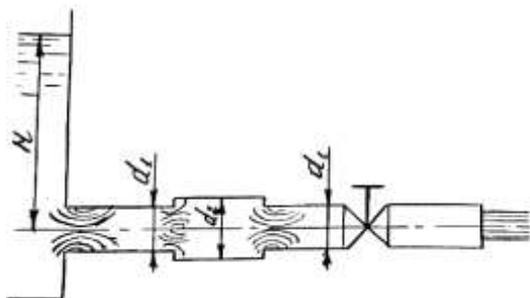


Определить давление в напорном баке p , необходимое для получения скорости истечения из брандспойта $V_2=20$ м/с. Длина шланга $l=20$ м; диаметр $d_1=20$ мм; диаметр выходного отверстия брандспойта $d_2=10$ мм. Высота

уровня воды в баке над отверстием брандспойта $H=5$ м.

Учтеть местные гидравлические сопротивления при входе в трубу $\zeta_1=0,5$; в кране $\zeta_2=3,5$; в брандспойте $\zeta_3=0,1$, который отнесен к скорости V_2 . Шланг считать гидравлически гладким ($\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}$). Вязкость воды $\nu=0,01$ Ст.

Задание 4.5



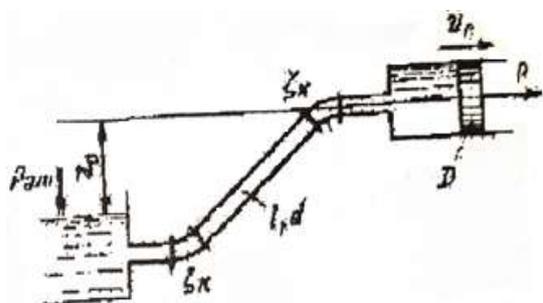
Вода вытекает в атмосферу по короткому горизонтальному трубопроводу, на котором установлен вентиль, под постоянным напором $H=16$ м. Диаметры участков трубопровода $d_1=50$ мм и $d_2=70$ мм. Коэффициент сопротивления вентиля $\zeta=4$.

Определить расход в трубе, учитывая только местные потери напора.

Построить линию полного напора и пьезометрическую линию.

Определить расход в трубе, учитывая

Задание 4.6



Поршень диаметром $D=60$ мм, двигаясь равномерно, всасывает керосин ($\rho_k=850$ кг/м³) из открытого бака при атмосферном давлении $p_{ат}=100$ кПа.

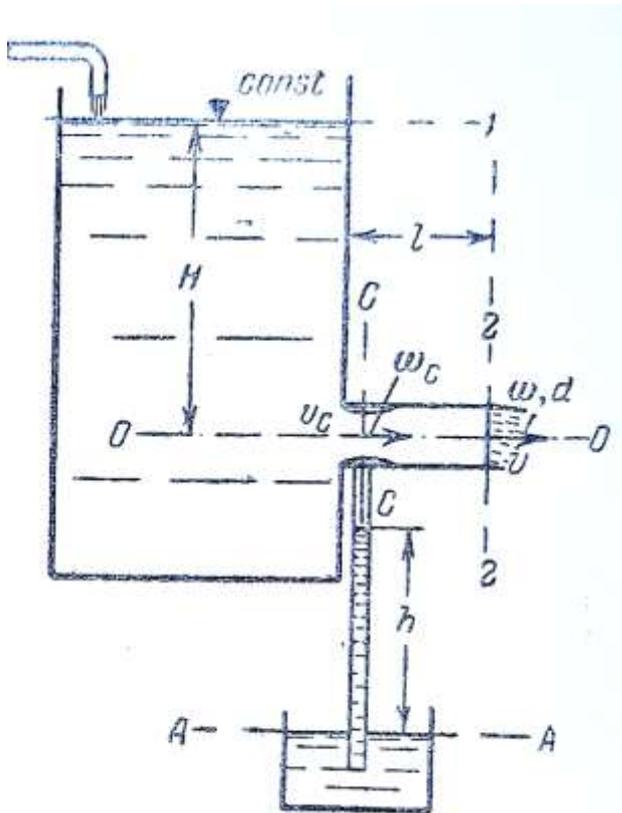
Высота всасывания $z_0=3$ м. Всасывающая труба (шероховатость $\Delta=0,05$ мм) имеет размеры $l=8$ м, $d=20$ мм.

Коэффициент сопротивления каждого из колен на трубе $\zeta=0,4$.

Определить максимально возможную скорость V_p поршня по условию кавитации в цилиндре, если известно, что давление насыщенных паров керосина $p_{н.п.}=16,6$ кПа. Какова при этом внешняя сила P , которая должна быть приложена к поршню?

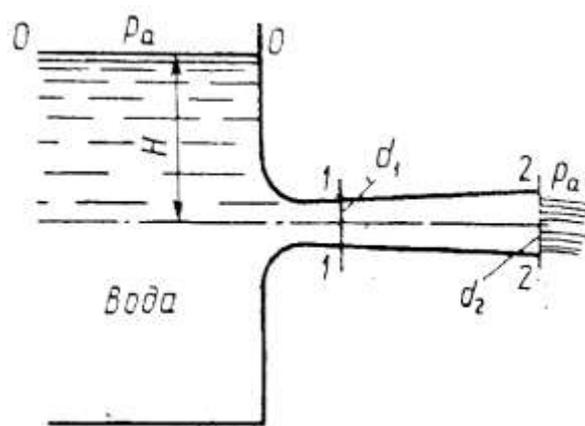
Трением поршня в цилиндре пренебречь. Построить график напоров.

Задание 4.7



Определить вакуум в цилиндрическом насадке длиной $l=15$ см и диаметром $d=4$ см. напор над центром отверстия $H=1$ м. при расчете скоростным напором в резервуаре пренебречь, коэффициент потерь на сжатие струи при входе, отнесенный к скорости в сечении С-С, принять $\zeta_{суж}=0,06$. Потери по длине насадки не учитывать. Отношение площадей $\omega_C/\omega=0,64$. На какую высоту h поднимается вода в рубке, присоединенной к насадку?

Задание 4.8



Жидкость вытекает из открытого резервуара в атмосферу через трубу, имеющую плавное сужение до диаметра d_1 , а затем постепенное расширение до d_2 . Истечение происходит под действием напора $H=3$ м.

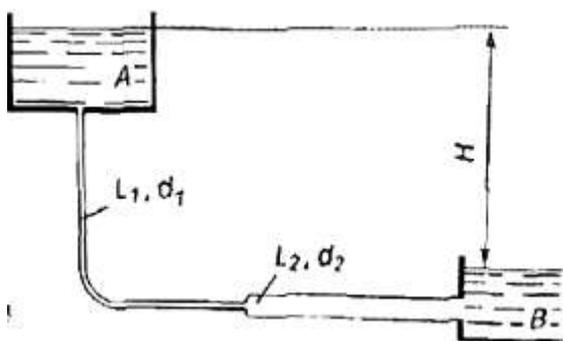
Пренебрегая потерями энергии, определить абсолютное давление в узком сечении трубы 1-1, если соотношение диаметров $d_2/d_1=\sqrt{2}$;

атмосферное давление соответствует $h_a=750$ мм рт. ст.; плотность жидкости $\rho=1000$ кг/м³.

Найти напор $H_{кр}$, при котором абсолютное давление в сечении 1-1 будет равно нулю.

Указание. Уравнение Бернулли следует записать два раза, например, для сечения 0-0 и 2-2, а затем для сечений 1-1 и 2-2.

Задание 4.9



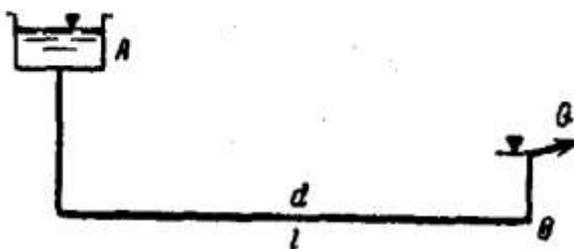
По двум последовательно соединенным стальным трубопроводам ($\Delta=0,2$ мм) длинами $L_1=L_2=400$ м и диаметрами $d_1=40$ мм, $d_2=60$ мм из бака А в бак В самотеком поступает вода ($\nu=0,01$ Ст). Местными потерями пренебречь.

1. Определить расход Q воды при разности уровней в баках $H=20$ м.

2. Как изменится расход, если к одному из трубопроводов присоединить параллельную ветвь той же длины и того же диаметра?

Ответ: 1. $Q=1,35$ л/с. 2. $Q=2,35$ и $1,4$ л/с.

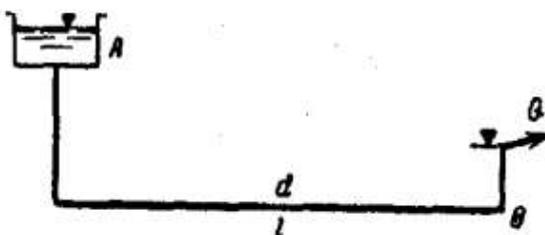
Задание 4.10



Определить расход и скорость в трубопроводе, имеющем диаметр $d=250$ мм и длину $l=180$ м, если в напорном баке А отметка горизонта воды 12,0 м и в конечном пункте В отметка пьезометрической линии 7,2 м (см. рисунок).

Дать расчет для случая: трубы шероховатые, $n=0,015$.

Задание 4.11



Из напорного бака А с горизонтом воды на отметке 31,0 м в пункт В поступает расход $Q_1=25,8$ л/с по трубопроводу, имеющему размеры: $l=1520$ м, $d=200$ мм (см. рисунок). Трубы стальные, новые.

Определить:

1) Отметку в пункте В, на которую

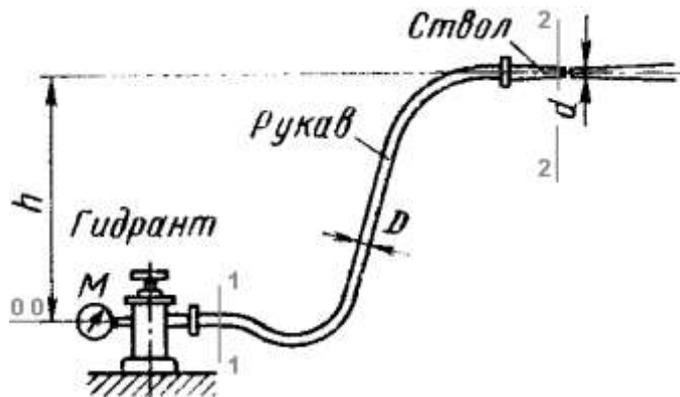
поднимается вода.

2) Какой расход Q_2 будет пропускать трубопровод при заданных его размерах и отметке в пункте В -23,85 м после длительной эксплуатации.

Ответ: 1) отметка пункта В -23,85 м; 2) расход $Q_2=22,3$ л/с.

Примечание: в обоих случаях имеем переходную область сопротивления.

Пример выполнения задания 4.



Какой предельной длины L можно сделать пожарный рукав диаметром $D=65$ мм, если при давлении $M=0,8$ МПа (по манометру на гидранте) подача через установленный на конце ствола насадок, выходной диаметр которого $d=30$ мм, должна составлять $Q=1.2$ м³/мин?

Ствол поднят выше манометра на $h=10$ м; коэффициент сопротивления ствола с насадкой $\zeta=0,1$ (сжатие струи на выходе отсутствует). Местные потери в рукаве не учитывать.

Задачу решить, предполагая, что используются не прорезиненные ($\lambda=0,054$) и прорезиненные ($\lambda=0,025$) рукава.

Решение:

Запишем уравнение Бернулли для сечений 1-1 и 2-2:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_c \quad (1)$$

Выберем расчетные сечения и плоскость сравнения. Тогда:

Сечение 1-1	Сечение 2-2
$V = V_1$	$V = V_2$
$p = p_1$	$p = p_2$
$z = 0$	$z = h$

(2)

Из уравнения неразрывности $Q = V_1 S_1 = V_2 S_2$ получаем, что $V_1 = V_2 S_2 / S_1$.

Примем коэффициенты кинетической энергии $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$.

$$h_c = \frac{V_2^2}{2g} \left(\xi + \lambda \frac{L}{D} \frac{S_2^2}{S_1^2} \right) \quad (3)$$

Так как сжатие струи на выходе отсутствует, а местные потери в рукаве не учитываются, то, учитывая (2), (3), а также, что

$$S_1 = \pi D^2 / 4, \quad S_2 = \pi d^2 / 4, \quad \text{а} \quad V_2 = 4Q / (\pi d^2),$$

из (1) получим:

$$\frac{p_1 - p_2}{\rho g} + 8 \frac{Q^2}{\pi^2 \text{Diam}^4 g} = h + 8 \frac{Q^2}{\pi^2 d^4 g} + 8 \frac{Q^2 \left(\xi + \frac{\lambda L d^4}{\text{Diam}^5} \right)}{\pi^2 d^4 g}$$

Разрешив это уравнение относительно L , получим:

$$L = \frac{1}{8} \frac{Diam \left(Dp \pi^2 Diam^4 d^4 + 8 Q^2 \rho d^4 - h \rho g \pi^2 Diam^4 d^4 - 8 Q^2 \rho Diam^4 - 8 Q^2 \rho \xi Diam^4 \right)}{Q^2 \rho \lambda d^4}$$

Отсюда, подставив числовые значения, получим ответы для обоих случаев:

$$\lambda = 0,054 \quad L = 18,54 \text{ м}$$

$$\lambda = 0,025 \quad L = 40,05 \text{ м}$$

Ответ: $L = 18,54$ и $40,05$ м.

Специальная часть

Задание №5 экзаменационного билета (10 баллов)

Объемные гидромашины (задачи)

Задание 5.1

Для проектируемого ПКН ПТЗ/100, предназначенного для перекачивания минерального масла, выбрать частоту вращения вала n , об/мин, и конструкцию клапанов, одинаковых на всасывающей и нагнетательной линиях. Рассчитать высоту подъема клапана h_{max} .

Задание 5.2

Коэффициент подачи ПКН определяется по следующей формуле

$$K_Q = \eta_o - K_{газ} - K_{сж}. \quad (1)$$

Поясните смысл каждого члена формулы (1), как они определяются?

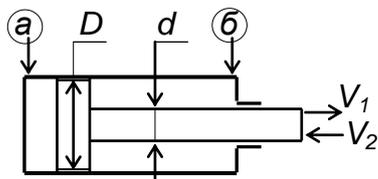
Задание 5.3

Исходная формула для определения диаметра плунжера D и его хода S трехплунжерного ПКН является следующая:

$$Q = zFSnK_Q / 60$$

Поясните, как из этой формулы определить D и S если задана подача Q .

Задание 5.4



Для гидроцилиндра с размерами, показанными на рисунке, и площадями сечений: поршня $F = \pi D^2 / 4$ и штока $f = \pi d^2 / 4 = 0,25F$

определить все возможные скорости v движения выходного звена при постоянном расходе рабочей жидкости Q . Указать максимальное и минимальное значения скорости v .

Задание 5.5

ПКН марки *ПТ 2/100* имеет частоту вращения $n=250$ об/мин и допустимую высоту всасывания при нормальных условиях (на уровне моря) $H_{S,доп} = +2$ м. Будет ли работать этот насос на высоте установки при отметке местности $\nabla=1800$ м над уровнем моря или что-то придется изменить?

Задание 5.6

Какая формула является исходной для расчета трехвинтового насоса при заданных исходных параметрах: Q , p_n и n ?

Задание 5.7

Подача аксиально-поршневого насоса $Q_n = 210$ л/мин при давлении $p_n = 22$ МПа и частоте вращения вала $n_n = 1400$ об/мин. Полный КПД насоса $\eta = 0,88$, объёмный КПД $\eta_{н.об} = 0,94$. Определите мощность в кВт на валу приводящего двигателя $N_{дв}$.

Задание 5.8

Определите подачу насоса Q_n в л/мин если располагаемая мощность на валу насоса $N_n = 12$ кВт, перепад давлений на насосе $\Delta p_n = 10$ МПа, а общий КПД насоса $\eta_n = 0,85$.

Задание 5.9

Определите перепад давлений Δp_n на насосе в МПа, если располагаемая мощность на валу насоса $N_n = 12$ кВт, подача насоса равна $Q_n = 3,6$ м³/час, а общий КПД насоса равен $\eta_n = 0,89$.

Задание 5.10

Определите развиваемый объёмным насосом перепад давлений Δp_n в МПа, действительная подача которого $Q_n = 64$ л/мин. Полный КПД насоса $\eta_n = 0,86$, мощность на валу приводного двигателя $N_n = 39$ кВт.

Примеры расчета для задачи 5.

Задача 1.

Подача аксиально-поршневого насоса $Q_H = 210$ л/мин при давлении $p_H = 22$ МПа и частоте вращения вала $n_H = 1400$ об/мин. Полный КПД насоса $\eta = 0,88$, объёмный КПД $\eta_{H.об} = 0,94$. Определите мощность в кВт на валу приводящего двигателя $N_{дв}$.

Решение задачи 1:

А. Мощность насоса (полезная)

$$N_{пол} = p_H \cdot Q_H = (22 \cdot 10^6) \cdot \left(\frac{210 \cdot 10^{-3}}{60} \right) = 77 \cdot 10^3 \text{ Вт.}$$

Б. Мощность на валу приводящего двигателя

$$N_{дв} = \frac{N_{пол}}{\eta} = \frac{77 \cdot 10^3}{0,88} = 87,50 \cdot 10^3 \text{ Вт} = 87,50 \text{ кВт.}$$

Ответ: 87,50 кВт

Задача 2.

Определите подачу насоса Q_H в л/мин если располагаемая мощность на валу насоса $N_H = 12$ кВт, перепад давлений на насосе $\Delta p_H = 10$ МПа, а общий КПД насоса $\eta_H = 0,85$.

Решение задачи 2:

А. Располагаемая мощность на валу насоса определяется выражением

$$N_H = \frac{\Delta p_H \cdot Q_H}{\eta_H}.$$

Б. Находим подачу насоса

$$Q_H = \frac{N_H \cdot \eta_H}{\Delta p_H} = \frac{(12 \cdot 10^3) \cdot 0,88}{10 \cdot 10^6} = 0,996 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с} = 59,76 \text{ л/мин.}$$

Ответ: 59,76 л/мин

Предлагаемые задачи имеют принципиально разносторонний и качественный характер, а потому - не требуют примера образцового решения. Далее под s понимается, естественно, либо оператор дифференцирования d/dt , либо комплексная переменная $s = \alpha + i\omega$

Задание №6 экзаменационного билета (10 баллов)

Лопастные гидромашины (задачи)

Задание 6.1

Определить напор насоса К 100-80-160 при перекачке воды с расходом $90 \text{ м}^3/\text{час}$ при следующих условиях:

- показания манометра, присоединенного к выходному патрубку насоса через заполненную водой соединительную трубку и установленного на высоте $z_2 = 0,8 \text{ м}$ от оси насоса, $p_2 = 0,27 \text{ МПа}$;

- показания манометра, присоединенного к выходному патрубку насоса через заполненную воздухом соединительную трубку, $p_1 = - 0,05 \text{ МПа}$.

Задание 6.2

Определить напор насоса К 200-150-315 при перекачке воды с расходом $300 \text{ м}^3/\text{час}$ при следующих условиях:

- показания манометра, присоединенного к выходному патрубку насоса через заполненную водой соединительную трубку и установленного на высоте $z_2 = 0,7 \text{ м}$ от оси насоса, $p_2 = 0,32 \text{ МПа}$;

- показания манометра присоединенного к входному патрубку насоса через заполненную водой соединительную трубку и установленного на высоте $z_1 = 0,2 \text{ м}$ от оси насоса, $p_1 = 0,03 \text{ МПа}$.

Задание 6.3

Определить допустимую частоту вращения консольного насоса перекачивающего воду из открытого резервуара с расчетной подачей $180 \text{ м}^3/\text{час}$ и высотой всасывания $+ 4,4 \text{ м}$. Принять, что потери во всасывающем трубопроводе не превышают $1,0 \text{ м}$.

Задание 6.4

На ГЭС с расчетным напором турбины $= 36,7 \text{ м}$ установлены гидротурбины единичной мощности 46 МВт .

Параметры оптимального режима приведены ниже:

- КПД $= 0,94$;

- $n_s = 520 \text{ об/мин}$; - $n_1' = 132 \text{ об/мин}$.

Определить частоту вращения турбины, диаметр рабочего колеса, и величину приведенного расхода.

Задание 6.5

Известна характеристика насоса при частоте вращения n . Как определить частоту вращения n_1 , если необходимо, чтобы напорная характеристика насоса прошла через точку А, не лежащую на заданной зависимости $H_{стн} = f(Q)$, причем $H_{стн} \neq 0$? Определите КПД насоса в этом режиме (при работе в точке А). Как рассчитать мощность насоса при работе в этом режиме?

Задание 6.6

При реконструкции малой ГЭС её располагаемый напор будет увеличен с 3,0 до 4,3 м. Предполагая, что расход реки достаточен, определить расчетную мощность и число оборотов нового генератора при сохранении кинематически подобного режима существующей гидротурбины, имевшей следующие режимные параметры:

$$N = 350 \text{ кВт};$$

$$Q = 14 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$n = 125 \text{ об/мин.}$$

Определить также КПД агрегата и требуемый расход турбины.

Задание 6.7

Рабочие колеса двух центробежных насосов имеют одинаковые размеры и формы меридианных сечений, но разное количество лопастей (одинаковой формы). Как повлияет это обстоятельство на параметры и напорную характеристику этих насосов?

Задание 6.8

Известно, что температура перекачиваемой насосом жидкости в процессе эксплуатации может изменяться. Как должно учитываться это обстоятельство при выборе отметки расположения насоса?

Задание 6.9

Давление над свободной поверхностью жидкости во всасывающем резервуаре в процессе эксплуатации изменяется, прочие параметры конечных элементов гидросистемы неизменны. Как следует учитывать это обстоятельство при проверке условий бескавитационной работы насоса? Повлияют ли эти изменения на расход в гидросистеме? Пояснить ответ с помощью графических иллюстраций

Задание 6.10

Давление над свободной поверхностью жидкости в напорном резервуаре в процессе эксплуатации существенно изменяется. Как следует учесть это обстоятельство при проверке условий бескавитационной работы насоса? Повлияют ли эти изменения на расход в гидросистеме? Пояснить ответ с помощью графических иллюстраций.

Пример расчета для задачи 6.

Указания к расчету:

1. Из формулы для коэффициента быстроходности можно определить частоту вращения турбины

$$n_s = 1,167 * n * \frac{(N_{\text{квт}})^{0,5}}{(H)^{5/4}};$$
$$n = 520 * \frac{(36,7)^{5/4}}{1,167 * (46000)^{0,5}} = 187,7 \text{ об/мин}$$

2. Из формулы для приведенных чисел оборотов можно определить диаметр рабочего колеса

$$n'_i = \frac{n * D}{(H)^{0,5}};$$
$$D = \frac{132 * (36,7)^{0,5}}{187,7} = 4,26 \text{ м}$$

3. Из формулы мощности определяем расход агрегата и величину приведенного расхода

$$N = \rho * g * Q * H * \eta \text{ (Вт)}$$
$$Q = \frac{(46 * 10^6)}{1000 * 9,81 * 36,7 * 0,94} = 136 \frac{\text{м}^3}{\text{сек}}.$$
$$Q'_i = \frac{Q}{D^2 * (H)^{0,5}} = 1,23 \frac{\text{м}^3}{\text{сек}}.$$

Задание №7 экзаменационного билета (10 баллов)

Лопастные гидромашины (теория)

Задание 7.1

Насосные гидросистемы (ГС) и задачи их гидравлического расчета. Виды ГС. Элементы ГС. Характеристика простой ГС (вывод формулы, общий случай). Определение параметров работы насоса в простой ГС. Примеры простых ГС и графическое представление их характеристик.

Задание 7.2

Получить теоретические характеристики центробежного насоса (напор, гидравлический момент, гидравлическая мощность) в зависимости от расхода через рабочее колесо при постоянной частоте вращения. Обосновать изменение этих характеристик при других частотах вращения.

Задание 7.3

Основные способы регулирования подачи лопастных насосов изменением характеристики гидросистемы и их сравнительный анализ по технико-экономическим показателям. Области применения.

Задание 7.4

Основные способы регулирования подачи лопастного насоса изменением его характеристики и их сравнительный анализ по конструктивным, схемным и технико-экономическим показателям. Универсальные характеристики регулируемых насосов.

Задание 7.5

Устойчивая и неустойчивая работа лопастного насоса в простой гидросистеме. Условие устойчивой работы. Стабильный и нестабильный участки напорной характеристики. Явление «помпажа» и способы его предотвращения.

Задание 7.6

Условия подобия режимов работы лопастных насосов. Безразмерные комплексы и расчётные формулы подобия для подачи, напора, мощности и момента (вывод). Масштабный эффект: его причины и практика учёта. Параболы подобия в полях $Q-H$ и $Q-N$.

Задание 7.7

Критический и допустимый кавитационные запасы. Условие бескавитационной работы насоса лопастного насоса. Определение допустимой подачи и допустимой высоты всасывания насоса. Способы увеличения допустимой подачи.

Задание 7.8

Вывод основного уравнения реактивной гидротурбины. Его разновидности и применение.

Задание 7.9

Получить теоретические характеристики гидротурбины (напор, гидравлический момент, гидравлическая мощность) в зависимости от расхода через рабочее колесо при постоянной частоте вращения. Обосновать изменение этих характеристик при других открытиях направляющего аппарата.

Задание 7.10

Формулы подобия для основных рабочих параметров в изогональных режимах работы гидротурбин, приведенные величины, коэффициент быстроходности.

Задание 7.11

Методы и средства проведения энергетических и кавитационных испытаний модельных гидротурбин.

Задание 7.12

Основное уравнение кавитации. Коэффициенты кавитации установки и турбины, способы определения и учет при проектировании ГЭС.

Задание 7.13

Вывод формулы регулирования расхода в гидротурбинах. Конструктивная реализация изменения параметров регулирования.

Задание 7.14

Рабочий процесс отсасывающей трубы реактивной гидротурбины (назначение, виды отсасывающих труб, коэффициент восстановления).

Задание №8 экзаменационного билета (10 баллов)

Гидравлические приводы (теория)

Задание 8.1

Гидропривод дроссельного регулирования с последовательной установкой дросселя. Статические и энергетические характеристики. Особенности установки дросселя на входе и выходе гидродвигателя.

Задание 8.2

Гидропривода дроссельного регулирования с параллельной установкой дросселя. Статические и энергетические характеристики. Область применения.

Задание 8.3

Стабилизация скорости движения выходных звеньев исполнительных устройств гидроприводов с помощью двухлинейных регуляторов расхода. Математические модели.

Задание 8.4

Гидроприводы с трехлинейными регуляторами расхода. Принцип действия. Математические модели. Особенности применения трехлинейных регуляторов расхода.

Задание 8.5

Гидроприводы с машинным управлением. Области применения. Статические и энергетические характеристики. Диапазон регулирования скорости и возможность его расширения.

Задание 8.6

Гидропривод с машинно-дроссельным управлением. Области применения. Статические и энергетические характеристики. Принцип действия регулятора насоса.

Задание 8.7

Редукционные клапаны давления. Область применения, статические характеристики

Задание 8.8

Напорные клапаны прямого и непрямого действия. Принцип действия. Области применения. Математические модели и статические характеристики.

Задание 8.9

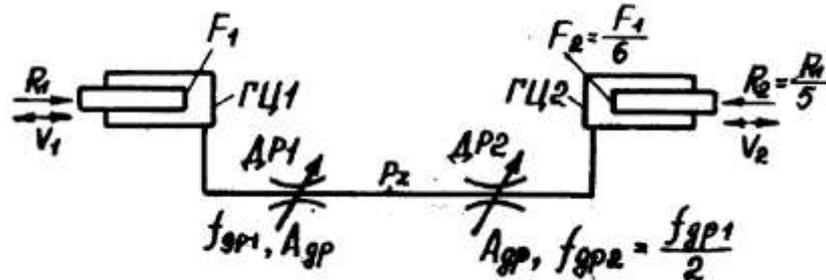
Редукционные клапаны прямого и непрямого действия. Принцип действия. Области применения. Математические модели и статические характеристики. Особенности трехлинейных редукционных клапанов.

Задание 8.10

Клапаны соотношения расходов. Назначение и принцип действия. Математические модели. Статические характеристики.

Задание №9 экзаменационного билета (10 баллов)
Гидравлические приводы (задачи)

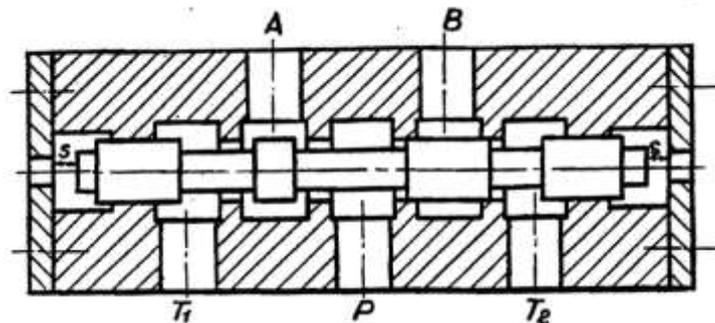
Задание 9.1



Дано: $R_1, F_1, A_{dp}, f_{dp1}$

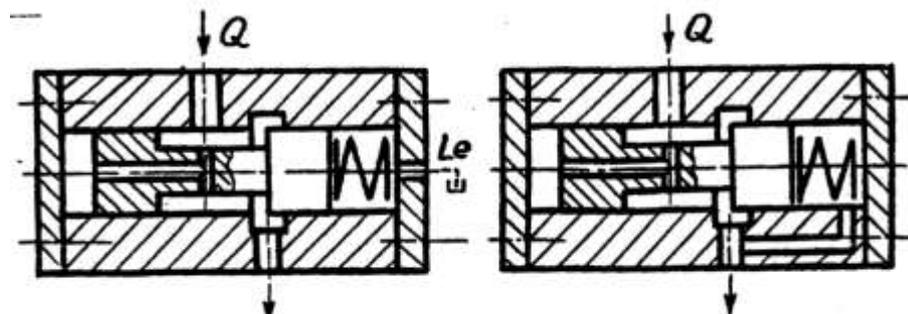
Найти: p_z , направление и величину скоростей V_1 и V_2 .

Задание 9.2



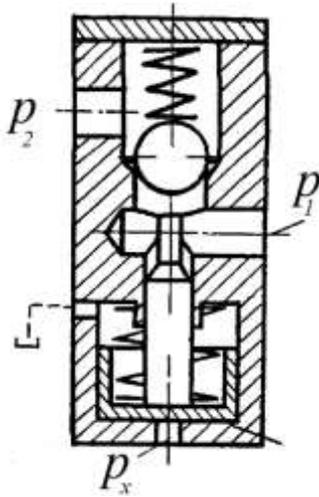
Укажите наименование и назначение устройства. Приведите его условное обозначение. Обозначьте гидролинии.

Задание 9.3



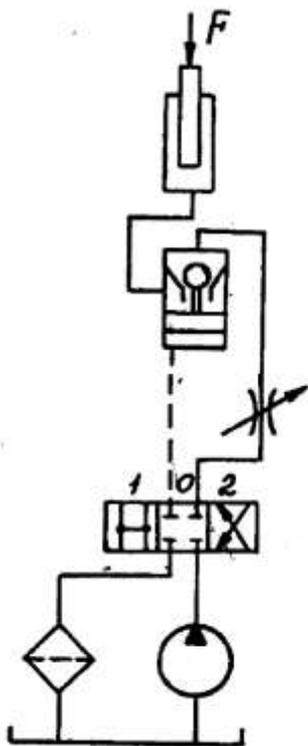
Приведите условные обозначения обоих изображенных устройств. Укажите их наименование и опишите все функциональные сходства и различия.

Задание 9.4



Какое устройство изображено на рисунке?
Укажите его функциональное назначение и приведите пример применения.

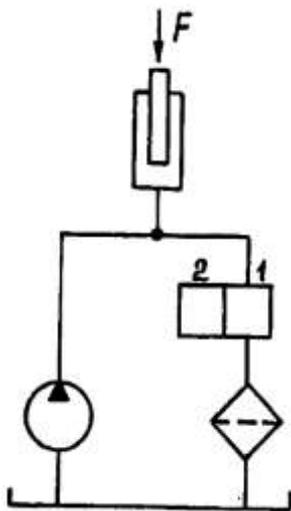
Задание 9.5



Исправить и дополнить схему, обеспечив работоспособность привода и выполнение следующего цикла:

1. Движение вверх с максимальной скоростью независимо от открытия дросселя;
2. Останов и надежное стопорение плунжера с одновременной разгрузкой насоса;
3. Опускание с регулируемой скоростью.

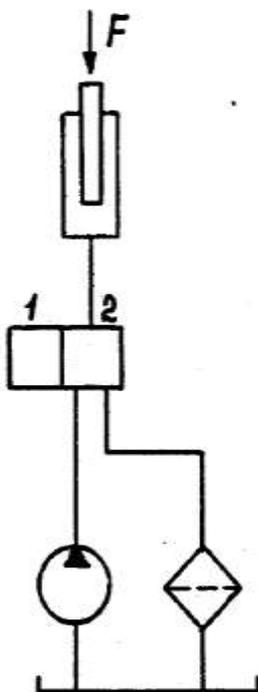
Задание 9.6



Дополнить схему, обеспечив выполнение следующих требований:

1. В позиции 1 распределителя плунжер движется вверх с максимальной скоростью независимо от открытия дросселя.
2. В позиции 2 распределителя плунжер движется вниз с регулируемой скоростью, обеспечиваемой дросселем.
3. Управление – электромагнитное.
4. При самопроизвольном отключении электромагнита плунжер должен перемещаться вверх.

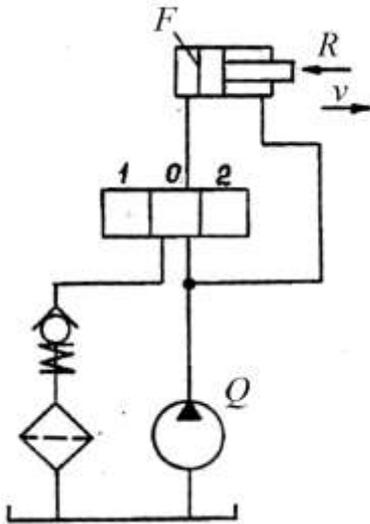
Задание 9.7



Дополнить схему, обеспечив ее работоспособность и выполнение следующих требований:

1. В позиции 1 обеспечить подъем с максимально возможной скоростью
2. В позиции 2 обеспечить опускание с регулированием скорости и разгрузкой насоса
3. Управление – электромагнитное
4. При самопроизвольном отключении электромагнита плунжер должен автоматически опускаться вниз

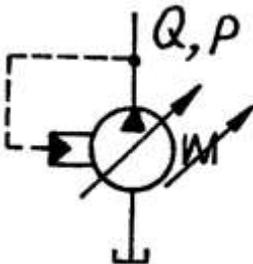
Задание 9.8



Дополнить схему, обеспечив ее работоспособность и выполнение следующих требований:

1. В позиции 0 обеспечить стопорение поршня с разгрузкой насоса.
2. В позиции 1 обеспечить перемещение поршня влево с регулированием скорости.
3. В позиции 2 обеспечить быстрое перемещение вправо со скоростью $v > Q/F$.

Задание 9.9



Охарактеризуйте насос, имеющий данное обозначение.

Какие преимущества и недостатки дает применение данного насоса?

Приведите качественно его характеристику $Q = f(p)$.

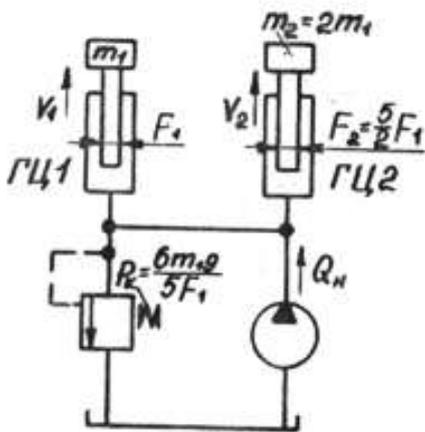
Задание 9.10

Изобразить гидравлическую схему привода, обеспечивающего поступательное перемещение рабочего органа по следующему циклу:

1. Перемещение вправо с бесступенчато регулируемой скоростью, не зависящей от нагрузки;
2. Стопорение выходного звена с обеспечением разгрузки насоса;
3. Быстрое перемещение влево.

Пример расчета для задачи 9.

Дано: m_1, F_1, Q_H . Оба плунжера находятся в нижнем положении.



Движутся ли оба плунжера одновременно или последовательно? Найти скорости движения плунжеров v_1, v_2 . Обеспечивается ли движение обоих плунжеров давлением p_K ?

Согласно рисунку гидроцилиндры включены параллельно, поэтому плунжеры двигаются последовательно друг за другом.

Левый плунжер начнет движение после того, как рабочее давление достигнет величины

$$p_1 = \frac{m_1 g}{F_1}.$$

Аналогично движение правого плунжера начнется, если рабочее давление достигнет

$$p_2 = \frac{m_2 g}{F_2} = \frac{2m_1 g}{5/2 F_1} = \frac{4m_1 g}{5F_1}.$$

Очевидно $p_1 > p_2$.

В начале работы плунжеры неподвижны. Жидкость, подаваемая насосом, начинает сжиматься, давление в системе начинает повышаться. При достижении давления величины p_2 начнется движение плунжера правого гидроцилиндра. Этого давления недостаточно для работы левого гидроцилиндра. При этом вся подача насоса поступает в правый гидроцилиндр. Скорость движения его плунжера равна

$$v_2 = \frac{Q_H}{F_2} = \frac{2Q_H}{5F_1}.$$

Пока двигается плунжер давление за насосом не меняется. После достижения упора и остановки, давление за насосом начнет повышаться. Когда оно достигнет давления p_1 , начнется движение плунжера левого гидроцилиндра.

Скорость движения левого плунжера равна

$$v_1 = \frac{Q_H}{F_1}.$$

Движение плунжеров обеспечивается давлением настройки клапана, поскольку оно больше p_1 и p_2 .

Задание №10 экзаменационного билета (10 баллов)

Управление техническими системами (задачи)

Предлагаемые задачи имеют принципиально разносторонний и качественный характер, а потому - не требуют примера образцового решения. Далее под s понимается, естественно, либо оператор дифференцирования d/dt , либо комплексная переменная $s = \alpha + i\omega$

Задание 10.1

Построить качественно логарифмические амплитудно-частотные характеристики динамического звена с передаточной функцией

$$W(s) = \frac{k}{s(T_s + 1)}$$

Задание 10.2

На основании алгебраического критерия Гурвица установить условия устойчивости САР, характеристический полином которой

$$D(s) = a_0 s^3 + a_1 s^2 + a_2 s + a_3$$

Задание 10.3

По передаточной функции системы найти ее реакцию на единичное ступенчатое воздействие (переходную функцию)

$$W(s) = \frac{k_1}{s} + k_2$$

Задание 10.4

Чему будет равна частота среза системы с передаточной функцией разомкнутого контура вида:

$$W(s) = 28/s.$$

Задание 10.5

Найти частотную передаточную функцию звена, описываемого дифференциальным уравнением

$$y = k \frac{dx}{dt}.$$

Задание 10.6

Устойчива ли САР, характеристический полином которой имеет вид

$$Q(s) = s^4 + 0,2s^3 - 1,2s^2 + 3s + 5$$

Задание 10.7

Найти передаточную функцию системы $W(s)$ по известной функции веса $w(t)$

$$w(t) = 4 \cdot t^2.$$

Задание 10.8

Найти АЧХ и АФЧХ по известной передаточной функции системы

$$W(s) = \frac{7}{s}$$

Задание 10.9

Найти АЧХ и АФЧХ по известной передаточной функции системы

$$W(s) = \frac{10}{6s + 1}$$

Задание 10.10

Найти передаточную функцию системы $W(s)$ по известной функции веса $w(t)$

$$w(t) = 11.$$

Пример расчета для задачи 10.

Устойчива ли САР, характеристический полином которой имеет вид

$$D(s) = s^4 + 0,7s^3 + 2,1s^2 + 0,3s + 1$$

Пример решения задачи, тип которой содержится в ряде далее сформулированного задания.

Построить частотные логарифмические характеристики динамического звена (д.з.), имеющего передаточную функцию (п.ф.)

$$W(s) = \frac{ks}{1 + Ts}$$

Решение:

Данное д.з. – дифференцирующее 1-го порядка.

Переходим к частотной п.ф., принимая $s = i\omega$

$$W(i\omega) = \frac{ik\omega}{1 + iT\omega}$$

Модуль частотной п.ф. и ее аргумент (фаза)

$$A(\omega) = \frac{k|\omega|}{\sqrt{1 + T^2\omega^2}}, \quad \varphi(\omega) = \text{arctg}T\omega$$

ЛАЧХ: $L(\omega) = 20 \lg k + 20 \lg \omega - 20 \lg \sqrt{1 + T^2\omega^2}$

Асимптотическая ЛАЧХ:

$$L_1(\omega) = 20(\lg k + \lg \omega), \quad 0 < \omega < \frac{1}{T}$$

$$L_2(\omega) = 20 \lg \frac{k}{T}$$

сопрягающая частота $\omega_c = \frac{1}{T}$ частота среза $\omega_{cp} = \frac{1}{k}$.

В результате имеем:

