*Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение*

*Ростовской области*

***«Октябрьский аграрно-технологический техникум»***

**

***Сборник задач по гидравлике и теплотехнике***

***для специальности***

***«Механизация сельского хозяйства»***

**

2017-2018 учебный год

**Задача № 1.**

В отопительный котел поступает вода в объеме ***V =*** *50 м3* при температуре ***t =*** *70˚ С*. Коэффициент температурного расширения воды ***β =*** *0,00064 1/град*.

Сколько кубометров воды ***ΔV*** будет выходить из котла, если его нагреть до температуры ***t1*** *= 90˚ С* ?

*Правильное решение:*

*При нагреве 50 м3 воды ее объем увеличится до величины* ***ΔV****, который определяется по формуле:*

***ΔV= βV (t1 – t)*** *= 0,00064×50×(90 – 70) = 0,64 м3.*

*Ответ: при нагреве котла из него выйдет 0,64 м3 воды.*

**Задача № 2.**

В отопительной системе (котел, нагреватели и трубопроводы) жилого дома вмещается ***V*** *= 0,4 м3* воды. Сколько воды войдет в расширитель при нагревании системы от *20* до *90˚ С*?

*Справочные данные:*

плотность воды при температуре *20˚ С*: ***ρ20*** *= 998 кг/м3*;

плотность воды при температуре *90˚ С*: ***ρ90*** *= 965 кг/м3*.

*Правильное решение:*

*Зная плотность воды при температуре 20˚ С, определим массу воды, вмещаемой системой отопления:* ***m = ρ20V*** *= 998×0,4 = 399 кг.*

*При нагревании воды увеличивается ее объем, а масса остается неизменной, тогда можно записать:*

***V2 = m/ρ90*** *= 399/965 = 0,414 м3, где* ***V2*** *– объем воды в системе после нагревания.*

*Очевидно, что в расширитель войдет разница между объемом воды при 20 градусах и объемом воды при 90 градусах:* ***ΔV = V2 – V*** *= 0,414 – 0,4 = 0,014 м3 = 14 л.*

*Ответ: при нагревании системы от 20 до 90˚ С в расширитель войдет 14 литров воды.*

**Задача № 3.**

Медный шар диаметром ***d*** *= 100 мм* весит в воздухе ***G1****= 45,7 Н*, а при погружении в жидкость его вес стал равен ***G2****= 40,6 Н*. Определить плотность жидкости.

*Правильное решение:*

*Вес шара в жидкости меньше, чем его вес в воздухе, поскольку в жидкости на него действует выталкивающая архимедова сила, равная весу вытесненной шаром жидкости.*

*Очевидно, что вес вытесненной шаром жидкости будет равен разности между весом шара в воздухе и его весом в жидкости:*

***Gж = G1 – G2*** *= 45,7 – 40,6 = 5,1 Н.*

*Чтобы определить плотность жидкости, необходимо ее массу разделить на объем, который равен объему шара, определяемого по формуле:*

***Vш = πd3/6*** *= 3,14×0,13/6 = 0,00052 м3.*

*Массу жидкости можно определить, зная ее вес:*

***mж = Gж/g*** *= 5,1/9,81 ≈ 0,52 кг.*

*Определив массу и объем, находим плотность жидкости:*

***ρ = mж/Vш*** *= 0,52/0,00052 = 1000 кг/м3.*

*Ответ: плотность жидкости равна 1000 кг/м3 (судя по плотности, жидкость - вода).*

**Задача № 4.**

Определить избыточное давление в забое скважины глубиной ***h*** *= 85 м*, которая заполнена глинистым раствором плотностью ***ρ*** *= 1250 кг/м3*.

*Правильное решение:*

*Избыточное давление – это давление, которое оказывает столб жидкости на единицу площади на данной глубине без учета внешнего давления (атмосферы, твердого тела, например, поршня) на поверхности жидкости, и определяется, как произведение удельной плотности жидкости на высоту столба (глубины погружения). Удельная плотность жидкости определяется, как произведение абсолютной плотности на ускорение свободного падения.*

*Тогда избыточное давление в скважине исходя из условий задачи можно записать так:*

***pизб = γh = ρgh*** *= 1250×9,81×85 = 1040000 Па ≈ 1 МПа.*

*Ответ: избыточное давление в забое скважины составляет примерно 1 МПа.*

**Задача № 5.**

Водолазы при подъеме затонувшего судна работали в море на глубине ***h*** *= 50 м*. Определите давление воды на этой глубине и силу давления на скафандр водолаза, если площадь поверхности ***S*** скафандра равна *2,5 м2*. Атмосферное давление считать равным ***p0*** *= 1,013×105 Па*, плотность воды ***ρ*** *= 1000 кг/м3*.

*Правильное решение:*

*Давление воды на глубине 50 м складывается из атмосферного давления и избыточного давления, обусловленного столбом воды высотой 50 м:*

***p = p0*** *+* ***ρgh*** *= 1,013×105 + 1000×9,81×50 = 5,918×105 Па.*

*Сила давления воды на скафандр водолаза равна произведению площади скафандра на избыточное давление (внутри скафандра давление равно атмосферному, поэтому* ***p0*** *не учитывается) и определяется по формуле:*

***F = ρgh****×****S*** *= 1000×9,81×50×2,5 = 1226250 Н ≈ 1226 кН.*

*Ответ: давление воды на глубине 50 м равно 591 МПа, а сила давления на скафандр равна 1226 кН.*

**Задача № 6.**

Баржу, имеющую форму параллелепипеда, загрузили песком в количестве *18 тонн*. Ее осадка ***h0*** (глубина погружения) составила ***h0*** *= 0,5 м*. Определить массу пустой баржи, если ее размеры: длина ***l*** *= 12 м*; ширина ***b*** *= 4 м*; высота бортов ***h*** *= 1 м*.

Плотность воды принять равной *1000 кг/м3*.

*Правильное решение:*

*В соответствии с законом Архимеда, на баржу со стороны воды действует выталкивающая сила, равная весу воды, вытесненной погруженной частью баржи. Этот вес (обозначим его* ***GВ****) можно определить, зная ширину, длину и осадку баржи, а также плотность воды:*

***GВ*** *=* ***mg = b****×****l****×****h0****×****ρ****×****g*** *= 4×12×0,5×1000×9,81 = 235400 Н.*

*Итак, на баржу действует выталкивающая сила, равная 235400 Н, удерживая ее в равновесном состоянии на поверхности воды. Следовательно, вес* ***GБГ*** *баржи с грузом тоже равен 235400 Н, тогда масса баржи с грузом равна:*

***mБГ*** *=* ***GБГ/g*** *= 235400/9,81 ≈ 24000 кг.*

*Чтобы найти массу пустой баржи, необходимо из массы груженой баржи вычесть массу груза:*

***mБ*** *=* ***mБГ*** *-* ***mГ****= 24000 – 18000 = 6000 кг.*

*Ответ: пустая баржа весит 6 тонн.*

**Задача № 7.**

Определить скорость перемещения поршня в гидроцилиндре, если диаметр поршня равен

***d*** *= 0,2 м*, а объемная подача жидкости из напорной магистрали ***Q*** *= 0,01 м3/с*.

Какое усилие можно получить на штоке поршня, если давление ***p*** в системе равно

*2 МПа*? Потери на трение и объемные потери не учитывать.

*Правильное решение:*

*Чтобы определить скорость перемещения поршня в цилиндре, следует объемную подачу разделить на площадь поршня:*

***vп = Q/Sп = 4Q/πd2*** *= 4×0,01/3,14×0,22 = 0,318 м/с.*

*Усилие на штоке поршня равно произведению давления в системе на площадь поршня:*

***F = pS = pπd2/4*** *= 62800 Н ≈ 6,28 тонн.*

*Ответ: скорость поршня в цилиндре составила 0,318 м, а усилие на штоке – 6,28 т.*

**Задача № 8.**

После сжатия воды в цилиндре под поршнем давление в ней увеличилось на *3 кПа*. Необходимо определить конечный объем ***V2*** воды в цилиндре, если ее первоначальный объем составлял ***V1*** *= 2,55 л*. Коэффициент объемного сжатия воды ***βV*** *= 4,75 · 10-10 Па-1*.

*Правильное решение:*

*Приведем исходные данные задачи к системе единиц СИ:* ***V1*** *= 2,55л = 2,25х10-3 м3.*

*Тогда конечный объем воды в цилиндре будет равен сумме первоначального объема* ***V1****и уменьшения объема* ***ΔV*** *в результате сжатия:*

***V2 = V1 + ΔV*** *= (2,25×10-3) + (2,25×10-3×3000×4,75×10-10) =*

*2,25×10-3(1 + 1,425×10-6) = 2,25000320625×10-3 м3 = 2,2500032625 л.*

*Ответ: конечный объем воды 2,2500032625 л, т. е. изменился ничтожно мало.*

**Задача № 9.**

Баркас изготовлен в форме параллелепипеда шириной ***b*** *= 1 м*, длиной ***l*** = *3 м*, высота бортов ***h*** *= 0,3 м*.

Определить, сколько человек могут разместиться в баркасе, не потопив его.

Средняя масса человека ***mч*** = *70 кг*, плотность воды ***ρ*** *= 1000 кг/м3*.

*Правильное решение:*

*Определим максимальную грузоподъемность баркаса* ***Мmax****, которая равна массе воды, вытесненной им при полном погружении (по обрез бортов). Для этого определим объем корпуса баркаса и умножим полученный результат на плотность воды:*

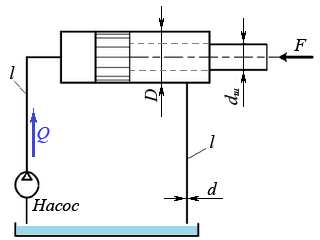
***Мmax = blhρ*** *= 1×3×0,3×1000 = 900 кг.*

*Разделив полученную максимальную грузоподъемность на среднюю массу человека, и округлив результат до целого числа, получим допустимое количество пассажиров баркаса:*

***n = Мmax/mч*** *= 900/70 = 12 человек.*

*Ответ: баркас может принять на борт не более 12 человек.*

**Задача № 10.**

Определить скорость движения жидкости в подводящей линии и скорость поршня, если известны:

* диаметр трубопровода ***d*** ***=*** *0,012 м*;
* диаметр поршня ***D*** *= 0,07 м*;
* подача насоса ***Q*** = *1,7х10-3 м3/с.*

Потери напора в местных сопротивлениях не учитывать.

*Правильное решение:*

*Скорость движения жидкости в подводящей линии:*

**v*Ж = Q/SТ = 4Q/πd2*** *= (4×1,7×10-3)/(3,14×0,0122) = 15,04 м/с.*

*где* ***SТ = πd2/4*** *– площадь сечения трубопровода подводящей линии.*

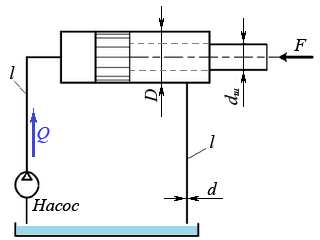
*Скорость перемещения поршня:*

**v*П = Q/SП = 4Q/πD2*** *= (4×1,7×10-3)/(3,14×0,072) = 0,44 м/с.*

*Ответ: скорость движения жидкости в подводящей линии – 15,04 м/с,*

*скорость поршня – 0,44 м/с.*

**Задача № 11.**

Определить расход жидкости, вытесняемой из штоковой области и скорость движения жидкости в отводящей линии, если известны:

* скорость поршня **v*П*** = *0,44 м/с.*
* диаметр трубопровода ***d*** ***=*** *0,012 м*;
* диаметр поршня ***D*** *= 0,07 м*;

Потери напора в местных сопротивлениях не учитывать.

*Правильное решение:*

*Расход жидкости, вытесняемой из штоковой области:*

***QШ =* v*П(SП – SШ) =* v*П (πD2/4 – πd2/4) = π*v*П (D2 – d2)/4*** *= 3,14×0,44×(0,072 – 0,0122)/4 = 1,14×10-3 м3/с,*

*где* ***SП*** *и* ***SШ*** *– соответственно площадь поршня и площадь штока.*

*Скорость движения жидкости в отводящей линии:*

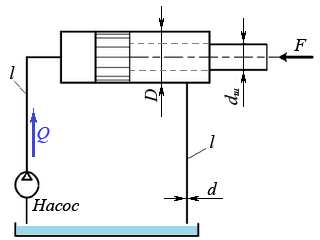
**v*Ж = QШ /SТ = 4QШ /πd2*** *= (4×1,14×10-3)/(3,14×0,0122) = 10,08 м/с,*

*где* ***SТ*** *– площадь сечения отводящей линии.*

*Ответ: расход жидкости в отводящей линии – 1,14 л/с,*

*скорость движения жидкости в отводящей линии – 10,08 м/с.*

**Задача № 12.**

Определить режимы движения рабочей жидкости в питающей и отводящей линии изображенного на схеме гидропривода.

*Исходные данные:*

Скорость движения жидкости в питающей линии

**v1** *= 15,04 м/с*, скорость движения жидкости в отводящей линии **v2** *= 10,08 м/с*, вязкость жидкости ***v*** *= 0,5×10-4*, диаметр трубопроводов ***d*** *= 0,012 м*.

Критическое число Рейнольдса для рабочей жидкости равно***Reкр****=2320*

Потери напора в местных сопротивлениях и трубопроводах не учитывать.

*Правильное решение:*

*Числа Рейнольдса, характеризующее режим движения жидкости*, *определяется по формуле:*

***Re =* v*d /v****,*

*где* **v** *– скорость движения жидкости в трубопроводе,* ***d*** *– диаметр трубопровода,*

***v*** *– кинематическая вязкость жидкости.*

*Тогда для питающей и отводящей линии число Рейнольдса будет соответственно равно:*

***Re1 =* v1*d /v*** *= (15,04×0,012)/(0,5×10-4) = 3610;*

***Re2 =* v2*d /v*** *= (10,08×0,012)/(0,5×10-4) = 2419.*

*Так как, полученные числа* ***Re1*** *и* ***Re2*** *больше критического* ***Reкр****=2320, то движение жидкости в обоих случаях будет турбулентным.*

*Ответ: в питающей и отводящей линии режим движения жидкости будет турбулентным.*

**Задача № 13.**

Для переправы грузов через реку построен плот из *25 штук* пустых железных бочек. Размеры бочек: диаметр ***d*** *= 0,8 м*, высота ***h*** *= 1,3 м*. Масса одной бочки ***m*** *= 50 кг*. Определить грузоподъемность плота ***Мmax*** при условии его полного погружения.

Плотность воды принять равной ***ρ*** *= 1000 кг/м3.*

*Правильное решение:*

*Определим объем бочек, из которых изготовлен плот:*

***V = 25 h πd2/4*** *= 25×1,3×3,14×0,82/4 = 16,33 м3.*

*Масса этих бочек:* ***mБ = 25m*** *= 25×50 = 1250 кг.*

*Масса воды, вытесняемой бочками при полном погружении плота, равна произведению плотности воды на объем бочек:* ***mВ = ρVБ*** *= 1000×1,664 = 16330 кг.*

*Грузоподъемность плота равна массе вытесняемой бочками воды с учетом массы самих бочек:* ***Мmax = mВ – mБ*** *= 16330 – 1250 = 15080 кг.*

*Ответ: максимальная грузоподъемность плота равна 15080 кг.*

**Задача № 14.**

Вода вытекает через отверстие в тонкой стенке в бак, имеющий объем ***V*** *= 1,90 м2*. Площадь отверстия ***S*** *= 20 см2*. Напор над центром отверстия ***Н1*** *= 0,90 м* является постоянным. Коэффициент расхода отверстия ***μS*** *= 0,62*.

Определить время ***t*** наполнения бака водой.

*Правильное решение:*

*При истечении жидкости из малого отверстия в тонкой стенке при постоянном напоре объемный расход определяется по формуле:* ***Q = μS S√(2gH)*** *(м3/с),*

*где:* ***g*** *= 9,81 м/с2 - ускорение свободного падения.*

*Приведем исходные данные к системе единиц СИ (****S*** *= 0,002 м2), и, подставив известные величины в формулу, получим:*

***Q*** *= 0,62×0,002×√(2×9,81×0,9) ≈ 0,00521 м3/с.*

*Чтобы определить время заполнения бака водой необходимо объем бака разделить на полученный объемный расход жидкости:*

***t = V/Q*** *= 1,9/0,00521 ≈ 365 сек.*

*Ответ: время заполнения бака водой составит чуть более 6 минут.*

**Задача № 15.**

Определить режим движения нефти в трубопроводе диаметром ***d*** *= 400 мм* при скорости движения **v** *= 0,13 м/с*. Кинематическая вязкость нефти ***v*** *= 0,3×10-4 м2/с*, критерий Рейнольдса для нефти, определяющий переход от ламинарного движения к турбулентному ***ReКР*** *= 2000…2300*.

*Правильное решение:*

*Приведем исходные данные к системе единиц СИ: d = 0,4 м.*

*Чтобы определить режим движения нефти в трубопроводе, вычислим число Рейнольдса для данного диаметра труб и скорости потока:*

***Re =* v*d/v*** *= 0,13×0,4/0,3×10-4 = 1733.*

*Ответ: поскольку число Рейнольдса менее критического значения, движение нефти в трубопроводе будет осуществляться в ламинарном режиме.*

**Задача № 16.**

Из небольшого отверстия, проделанного в тонкой стенке бака, вытекает струя воды. Центр сечения отверстия расположен на *1,5 м* ниже постоянно поддерживаемого уровня воды в баке. Определить скорость истечения воды из отверстия, если коэффициент расхода равен ***μS*** *= 0,6*.

*Правильное решение:*

*При истечении воды из малого отверстия в баке с постоянно поддерживаемым напором скорость струи может быть определена по формуле Торричелли:* **v *= μS √(2gH)*** *(м/с),*

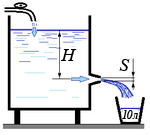
*где:* ***g*** *= 9,81 м/с2 - ускорение свободного падения,* ***Н*** *= 1,5 м – напор (уровень отверстия).*

*Подставив известные величины в формулу, получим:*

**v** *= 0,6×√(2×9,81×1,5) ≈ 3,25 м/с.*

*Ответ: скорость истечения струи – 3,25 м/с.*

**Задача № 17.**

Вода вытекает из бака через конический сходящийся насадок с минимальным пропускным сечением ***S*** *= 2 см2* в ведро емкостью ***V*** = *10 л*. Коэффициент расхода насадка ***μS*** *= 0,96*.

Уровень воды в баке поддерживается постоянным от водопроводной сети. Центр сечения насадка расположен на глубине H = 1,2 м от поверхности воды в баке.

Определить время ***t*** заполнения ведра водой.

*Правильное решение:*

*При истечении жидкости из насадка при постоянном напоре объемный расход определяется по формуле:* ***Q = μS S√(2gH)*** *(м3/с),*

*где:* ***g*** *= 9,81 м/с2 - ускорение свободного падения.*

*Приведем исходные данные к системе единиц СИ (****S*** *= 0,0002 м2,* ***V*** *= 0,01 м3), и, подставив известные величины в формулу, получим:*

***Q*** *= 0,96×0,0002×√(2×9,81×1,2) ≈ 0,00093 м3/с.*

*Чтобы определить время заполнения ведра водой необходимо объем ведра разделить на полученный объемный расход жидкости:*

***t = V/Q*** *= 0,01/0,00093 ≈ 10,75 с.*

*Ответ: ведро наполнится водой через 10,75 секунд.*

**Задача № 18.**

При частоте вращения вала *1000 мин-1* центробежный насос потребляет *4 кВт* энергии, подает *20 литров воды в секунду* под напором *10 метров*. Определить, как изменятся рабочие параметры насоса, если частоту вращения вала увеличить до *3000 мин-1*.

*Правильное решение:*

*Зависимость рабочих параметров насоса от частоты вращения вала выражается уравнениями:*

***n1/n2 =Q1/Q2****;* ***n12/n22 = H1/H2****;* ***n13/n23 = N1/N2****,*

*т. е. при увеличении частоты вращения вала насоса в три раза, его подачу, напор и потребляемую мощность можно определить по формулам:*

***Q2 = Q1 n2/n1 = 3Q1*** *= 60 л/с;* ***H2 = H1 √(n2/n1)*** *≈ 17,3 м;* ***N2 = N1  3√(n2/n1)*** *≈ 11,95 кВт.*

*Ответ: при увеличении частоты вращения до 3000 мин-1 подача насоса составит 60 л/с, напор – приблизительно 17,3 м, а потребляемая мощность – приблизительно 11,95 кВт.*

**Задача № 19.**

Определите, какова объемная подача двухцилиндрового поршневого насоса, если диаметр его поршней ***d*** *= 0,1 м*, рабочий ход поршней ***l*** *= 0,1 м*, частота вращения вала приводного электродвигателя ***n*** *= 960 мин-1*. Объемные потери не учитывать.

*Правильное решение:*

*Объемная подача поршневого насоса может быть определена, как рабочий объем всех его цилиндров, умноженный на количество рабочих циклов за единицу времени. Частота вращения вала насоса* ***n*** *= 960 мин-1 = 16 с-1, т. е. за одну секунду двухцилиндровый насос совершает 2×16 рабочих циклов (каждый цилиндр за один оборот совершает 1 цикл).*

*Рабочий объем одного цилиндра:* ***VЦ = l πd2/4*** *(м3).*

*Тогда объемная подача насоса (без учета потерь) при данной частоте вращения составит:*

***Q = 2****×****16****×****l πd2/4*** *= 2×16×0,1×3,14×0,12/4 = 0,02512 м3/с.*

*Ответ: объемная подача насоса составляет чуть более 25 л/с.*

**Задача № 20.**

Определить диаметр поршней ***d*** аксиально-поршневого насоса, если известны параметры:

* диаметр окружности, на которой размещены поршни ***D*** *= 80 мм*;
* количество поршней в насосе ***z*** *= 6*;
* угол наклона диска (шайбы насоса) к оси цилиндров ***γ*** *= 45˚;*
* подача насоса ***Q*** равна *0,001 м3/с* при частоте вращения вала ***n*** *= 50 с-1*.

*Правильное решение:*

*Подача аксиально-поршневого насоса определяется по формуле:*

***Q = znD tg γ πd2/4****.*

*С учетом того, что* ***tg γ =*** *tg 45˚ = 1, а диаметр* ***D*** *в системе единиц СИ равен 0,08 м, выразим и определим из этой формулы диаметр поршней* ***d****:*

***d = √(4Q/πznD tg γ)*** *= √(4×0,001/3,14×6×50×0,08×1) ≈ 0,0073 м ≈7,3 мм.*

*Ответ: диаметр поршней насоса приблизительно равен 7,3 мм.*

**Задача № 21.**

Определите массу кислорода в баллоне емкостью ***V*** = *0,075 м3* при давлении ***p*** = *9,8 МПа* и температуре *20 ˚С*.

Молекулярная масса кислорода ***μ***= *32*, газовая постоянная ***R0***= *8310 Дж/(кмоль×К)*.

*Правильное решение:*

*Приведем исходные данные к системе единиц СИ, тогда давление в баллоне* ***p*** *= 9,8×106 Па, температура в градусах Кельвина* ***Т*** *= 273 + 20 = 293 К.*

*Для произвольной массы газа* ***M*** *с молекулярной массой* ***μ*** *уравнение состояния можно записать в виде:* ***pV = MR0T/μ****, откуда выражаем и находим искомую массу газа, заключенную в объеме* ***V*** *под давлением* ***p****:*

***M = μpV/R0T*** *= 32×9,8×106×0,075/8310×293 = 9,66 кг.*

*Ответ: масса кислорода в баллоне составляет 9,66 кг.*

**Задача № 22.**

Кислородный баллон объемом ***V*** *= 70 л* заправлен до давления ***p1*** = *9,8 МПа* и хранится на открытом воздухе при температуре -*7 ˚С*.

Определите, каково будет давление ***p2*** газа в баллоне, если его перенести в теплое помещение с температурой *27 ˚C*.

*Правильное решение:*

*Приведем исходные данные к системе единиц СИ, тогда объем* ***V*** *баллона будет равен 0,07 м3, давление в баллоне 9,8×106 Па, температура на открытом воздухе* ***T1*** *= 266 К, температура в помещении* ***Т2*** *= 300 К.*

*Поскольку объем баллона остается неизменным, и равен (в системе единиц СИ) 0,07 м3, можно считать протекающий в нем термодинамический процесс изохорным, для которого справедливо уравнение состояния:* ***p/T = const****, или* ***p1/T1 = p2/T2****.*

*Найдем из этого уравнения давление* ***p2****:*

***p2 = p1T2/T1*** *= 9,8×106×300/266 ≈ 11000000 Па ≈ 11 МПа.*

*Ответ: в теплом помещении давление кислорода повысится примерно до 11 МПа.*

**Задача № 23.**

Углекислый газ в количестве ***M*** *= 8 кг* при давлении ***p1*** *= 245 кПа* и температуре *293 К* подвергается изотермическому сжатию, в результате чего его объем ***V1*** уменьшился в *1,5* раза. Определить конечные параметры газа – его давление, температуру и объем.

*Справочные данные:* Молекулярная масса углекислого газа ***μ***= *44*,

универсальная газовая постоянная ***R0***= *8310 Дж/(кмоль×К)*.

*Правильное решение:*

*Поскольку процесс сжатия являлся изотермическим, температура газа осталась неизменной и составила в первом и втором состоянии 293 К.*

*Для изотермического процесса справедливо уравнение:* ***pV = const*** *или* ***p1V1 = p2V2****, поэтому при уменьшении объема углекислого газа в полтора раза, во столько же раз увеличивается его давление:*

***p2 = 1,5p1*** *= 1,5×245000 Па = 367500 Па = 367,5 кПа.*

*Для определения начального объема газа воспользуемся уравнением состояния:*

***V1 = MR0T/p1μ*** *= 8×8310×293/245000×44 ≈ 1,8 м3.*

*Поскольку объем газа после сжатия увеличился в три раза, он составил* ***V2*** *= 1,8/3 = 0,6 м3.*

*Ответ: после сжатия: давление газа - 367,5 кПа, температура – 293 К, объем – 0,6 м3.*

**Задача № 24.**

Определите, какую мощность должен иметь электродвигатель привода водяного насоса, если насос при подаче ***Q*** = *0,05 м3/с* создает напор ***Н*** *= 40 м*, а его полный *КПД* ***η*** *= 0,6*.

Плотность воды принять равной ***ρ*** = *1000 кг/м3*.

*Правильное решение:*

*Полезная мощность любого насоса может быть определена по формуле:* ***NП = ρgQH****,*

*где* ***g*** *= 9,81 м/с2 – ускорение свободного падения.*

*Потребляемая мощность, т. е. мощность, которую на работу насоса затрачивает электродвигатель (****NЭД****), равна полезной мощности с учетом КПД:*

*NЭД = NП/η = ρgQH/η = 1000×9,81×0,05×40/0,6 = 32700 Вт = 32,7 кВт.*

*Ответ: для обеспечения работы насоса в заданном режиме необходим электродвигатель мощностью 32,7 кВт.*

**Задача № 25.**

Привод водяного насоса обеспечивает частоту вращения его вала ***n1*** *= 15 с-1*, при этом подача насоса составляет ***Q1*** *= 0,01 м3/с*, а напор ***H1*** *= 20 м*. Определите, какова должна быть частота вращения вала насоса, если потребуется увеличить его напор до *80 м*.

Как изменится при этом подача насоса?

*Правильное решение:*

*Зависимость рабочих параметров насоса от частоты вращения его вала выражается уравнениями:*

***n1/n2 =Q1/Q2****;* ***n12/n22 = H1/H2****,*

*т. е. для увеличения напора в четыре раза, частота вращения вала насоса должна возрасти в два раза:* ***n2 = √(n12H2/H1) = n1√4 = 2n1****.*

*В соответствии с первой формулой, при увеличении частоты вращения вала насоса в два раза его подача тоже возрастет в два раза, и составит* ***Q2*** *= 0,02 м3/с.*

*Ответ: для увеличения напора до 80 м вал насоса должен вращаться с частотой 30 с-1, при этом подача насоса возрастет в два раза.*

**Задача № 26.**

В дне бака высотой ***H*** *= 4 м* проделано отверстие площадью ***S*** *= 4 см2*. Бак наполнен водой доверху, при этом уровень воды поддерживается постоянным благодаря пополнению из водопровода.

Определите, какую подачу воды должен обеспечить водопровод, чтобы ее уровень в баке оставался неизменным. Коэффициент расхода отверстия равен ***μS*** *= 0,6*.

*Правильное решение:*

*Подача (расход) воды определяется произведением площади отверстия* ***S*** *на скорость* **v** *истекающей из отверстия струи, поскольку объем вытекающей из отверстия воды должен компенсироваться водой из водопровода. При истечении воды из малого отверстия в баке с постоянно поддерживаемым напором скорость струи может быть определена по формуле Торричелли:* **v *= μS √(2gH)*** *(м/с),*

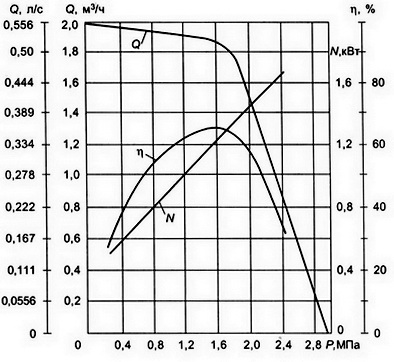
*где:* ***g*** *= 9,81 м/с2 - ускорение свободного падения,* ***Н*** *= 4 м – напор (уровень отверстия).*

*Тогда, с учетом формулы Торричелли, получим требуемую подачу воды из водопровода:*

***Q = S*v *= S μS √(2gH)*** *= 4×10-4×0,6√(2×9,81×4) ≈ 2,126×10-3 м3/с ≈ 2,1 л/с.*

*Ответ: требуемый расход воды из водопровода примерно равен 2,1 л/с.*

**Задача № 27.**



Определите по приведенной здесь графической характеристике поршневого насоса, какова будет потребляемая им мощность и полный *КПД*, если подача равна *0,52 л/с*. Какое давление в системе при этом насос развивает?

Охарактеризуйте форму кривой, отображающей график зависимости

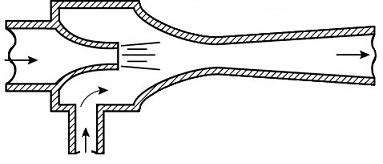
***Q = f(p)***.

*Правильный ответ:*

*При подаче* ***Q*** *= 0,52 л/с насос потребляет мощность примерно равную 1,2 кВт, его КПД составляет 0,65 (максимальное значение). Давление в системе при этом равно 1,6 МПа.*

*Зависимость подачи насоса от давления в системе отображает кривая* ***Q = f(p)****, которая показывает, что с нарастанием давления в системе подача уменьшается, при этом резкий спад величины подачи начинается при увеличении давления от точки на графике, характеризующей максимальный КПД насоса.*

**Задача № 28.**

Какой тип насоса изображен на схеме?

Опишите принцип его работы, укажите достоинства и недостатки конструкции.

В каких системах и устройствах автомобильной, сельскохозяйственной или дорожной техники применяются насосы такого типа?

*Правильный ответ:*

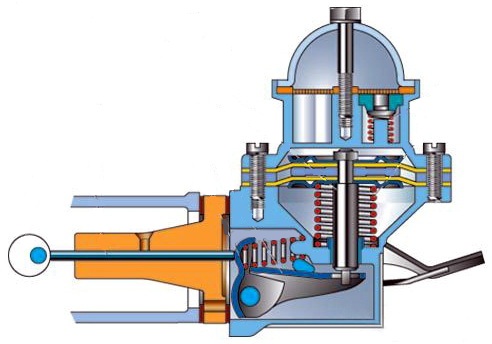
*На схеме изображена работа струйного насоса, принцип действия которого основан на увеличении кинетической энергии перемещаемого потока жидкости за счет постороннего потока жидкости, пара или газа с высокими кинематическими характеристиками.*

*К достоинствам струйных насосов можно отнести простоту конструкции, низкую стоимость изготовления, эксплуатации и обслуживания, достаточно высокую надежность, а также относительно небольшие габариты.*

*Основные недостатки – очень низкий КПД и необходимость подачи больших объемов ускоряющего (эжектирующего) вещества под давлением.*

*Подобный тип насосов можно встретить, например, в конструкциях карбюраторов карбюраторных двигателей, в системах обмывания лобовых (ветровых) стекол кабины, в бензиновых паяльных лампах и системах подогрева двигателя.*

**Задача № 29.**

Какой тип насоса изображен на схеме?

Опишите принцип его работы, укажите достоинства и недостатки конструкции.

В каких системах и устройствах автомобильной, сельскохозяйственной или дорожной техники применяются насосы такого типа?

Какие достоинства и характеристики этих насосов явились причиной их применения в технике?

*Правильный ответ:*

*На схеме изображен диафрагменный насос.*

Преимущества диафрагменных насосов:

* *Простота и надежность конструкции, отсутствие вращающихся деталей и подшипников;*
* *Минимальный риск искрообразования при работе, что делает его удобным для перекачки легковоспламеняющихся жидкостей и газов;*
* *Компактность и малый вес при высоких рабочих характеристиках;*
* *Высокая универсальность – возможность работы в различных жидких и газообразных средах, в т. ч. с вязкими и загрязненными жидкостями;*
* *Хорошее уплотнение рабочей камеры, снижающее вероятность утечки жидкости;*
* *Для работы насоса не требуется смазка деталей;*
* *Достаточно высокое давление на выходе;*
* *Относительно большая высота самовсасывания (до 5 метров);*
* *Работа без жидкости (всухую) не наносит вреда деталям насоса.*

Недостатки диафрагменных насосов:

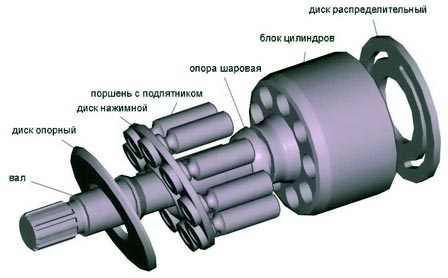
* *Мембрана (диафрагма) при работе значительно изгибается, изнашивается, что может привести к выходу ее из строя;*
* *Слабым местом в конструкции диафрагменного насоса является необходимость использования клапанов, которые могут выйти из строя при загрязнении (залипание клапанов) или износе;*
* *Насосы данного типа не применимы для работы в гидросистемах с высоким давлением;*
* *Диафрагменные и мембранные насосы отличаются особенно высокой неравномерностью подачи среди других типов объемных насосов (шестеренных, лопастных, роторных).*

Область применения диафрагменных насосов

*Сфера применения диафрагменных (мембранных) насосов является весьма обширной.*

*В автомобильной, дорожной и сельскохозяйственной технике они получили наибольшее применение в качестве насосов системы питания карбюраторных двигателей благодаря низкой вероятности искрообразования во время работы, хорошей герметичности конструкции, компактности и другим достоинствам.*

**Задача № 30.**

Какой тип насоса изображен на рисунке?

Опишите принцип его работы, укажите достоинства и недостатки конструкции.

В каких системах и устройствах автомобильной, сельскохозяйственной или дорожной техники применяются насосы такого типа?

Какие достоинства и характеристики этих насосов явились причиной их применения в технике?

*Правильный ответ:*

*На рисунке изображен аксиально-поршневой насос.*

*Аксиально-поршневые насосы нашли применение в гидроприводах, работающих при давлении жидкости до*

*20 МПа. Их устанавливают, например, в гидросистемах экскаваторов и другого горного оборудования, бульдозеров, в гидроприводе металлообрабатывающих станков, асфальтовых катков, дорожной и строительной техники, самолётов.*

*Такого типа насосы используют в приводах оборудования большой мощности (до 60 кВт). Небольшие радиальные размеры насосов позволяют эксплуатировать их при частотах вращения ротора до n = 25 с-1 высоким (до 85%) КПД.*

*Тонкость фильтрации масла должна быть не хуже 25 мкм (с целью повышения ресурса предпочтительна фильтрация с тонкостью 10 мкм).*

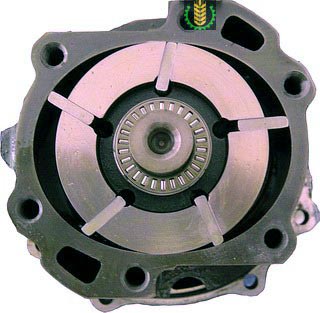
Достоинства аксиально-поршневых насосов:

* *способность создавать высокие рабочие давления в гидроприводе;*
* *возможность плавно и в широких пределах регулировать рабочий объем и объемную подачу;*
* *в сравнении с радиально-поршневыми насосами аксиально-поршневые допускают более высокую частоту вращения;*
* *компактность, высокий КПД при большом давлении;*
* *сравнительно малая инерционность (момент инерции вращающихся масс);*
* *меньшие радиальные размеры, масса и габариты;*
* *значительная энергоемкость на единицу массы (в некоторых высокооборотных конструкциях до 12 кВт/кг);*
* *удобство монтажа, обслуживания и ремонта.*

Недостатки аксиально-поршневых насосов:

* *сложность конструкции и связанная с этим низкая надёжность;*
* *высокие требования к обработке поверхностей и подгонке сопрягаемых деталей, что сказывается на высокой стоимости данного типа гидромашин;*
* *необходимость в тонкой фильтрации рабочей жидкости;*
* *значительные пульсации подачи, что приводит к скачкам давления в гидросистеме.*

**Задача № 31.**



Какой тип насоса изображен на рисунке?

Опишите принцип его работы, укажите достоинства и недостатки конструкции.

В каких системах и устройствах автомобильной, сельскохозяйственной или дорожной техники применяются насосы такого типа?

Какие достоинства и характеристики этих насосов явились причиной их применения в технике?

*Правильный ответ:*

*На рисунке изображен пластинчатый (шиберный) насос двукратного действия.*

*В сравнении с шестерёнными, пластинчатые гидромашины создают более равномерную подачу, а в сравнении с роторно-поршневыми и поршневыми гидромашинами - конструктивно проще, менее требовательны к загрязнениям рабочей жидкости, и, как следствие, - значительно дешевле в изготовлении и эксплуатации.*

*Пластинчатые гидромашины широко применяются в системах объёмного гидропривода (например, в приводе металлорежущих станков, системах гидроусилителей рулевого управления автомобилей и т. п.).*

*Пластинчатые (шиберные) насосы применяют в приводах технологического оборудования с объемным или дроссельным регулированием скорости гидравлического двигателя при сравнительно высоких давлениях (до 12,5 МПа).*

*Эти насосы не на много дороже шестеренных (зубчатых) насосов, отличаются простотой конструкции, компактностью, высоким КПД (до 85%), допускают эксплуатацию при частотах вращения ротора до*

*n = 30 с-1. Именно благодаря этим качествам пластинчатые насосы нашли применение в таких ответственных системах автомобилей, как гидравлические усилители рулевого управления.*

*Достоинства пластинчатых насосов:*

*сравнительно низкая, по сравнению с другими типами объемных насосов, пульсация подачи;*

*достаточно низкий уровень шума (в сравнении, например, с шестерёнными гидромашинами);*

*возможность регулировать рабочий объём за счет геометрических параметров проточной камеры или эксцентриситета вала насоса относительно камеры.*

*Недостатки пластинчатых (шиберных) насосов:*

*сложность конструкции и низкая ремонтопригодность (отражается на стоимости изготовления и эксплуатации);*

*относительно низкие рабочие давления (в сравнении, например, с шестеренными насосами);*

*залипание пластин при низких температурах и вероятность их заклинивания при слишком высоких температурах (конструкционный недостаток).*