

Министерство образования Оренбургской области
ГАПОУ «Сельскохозяйственный техникум»
г. Бугуруслана Оренбургской области

Методические рекомендации
по выполнению практических работ
по дисциплине ОП.06. Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики
по специальности 08.02.08. «Монтаж и эксплуатация оборудования и систем
газоснабжения»

2016г.

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора по
УР

_____Сворочаева Г.М.

" ____ " _____ 2016 г

ОДОБРЕНА
на заседании ЦК

протокол № ____ от
" ____ " _____ 2016 г.

Председатель ЦК
М.А.Карпова

Методические
рекомендации разработаны
в соответствии с рабочей
программой учебной
дисциплины Основы
гидравлики, теплотехники
и аэродинамики
специальности 08.02.08.
«Монтаж и эксплуатация
оборудования и систем
газоснабжения»

Согласовано

" ____ " _____ 2016 г

Методист

_____Бербасова Т.В.

Составил: Катечкина З.В. преподаватель специальных дисциплин

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Прочность, осознанность и действенность знаний учащихся наиболее эффективно обеспечивается при помощи активных методов. Среди них важное место занимают практические занятия по решению задач и конкретных экономических ситуаций. Следует подчеркнуть, что само содержание учебной программы при ограничении времени, отведенном на изучение предмета, требует не столько запоминания, сколько развития умений и навыков самостоятельной работы с учебной литературой.

Решая эти задачи, организуется проведение практических занятий, в ходе которых вырабатываются практические навыки применения экономических знаний.

Методические рекомендации направлены, прежде всего, на оказание методической помощи студентам при проведении практических занятий по дисциплине «Экономика организации». В данном пособии систематизированы задания по решению экономических показателей, охватывающих наиболее значимые темы учебной дисциплины.

Для решения предлагаемых заданий практической работы требуется хорошо знать учебный теоретический материал.

При выполнении практических работ необходимым является наличие умения анализировать, сравнивать, обобщать, делать выводы. Решение задачи должно быть аргументированным, ответы на задания представлены полно.

Методические рекомендации по выполнению практических заданий по дисциплине ОП.06. «Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики», разработаны в помощь студентам для самостоятельного выполнения ими практических работ, предусмотренных рабочей программой.

Практические занятия проводятся после изучения соответствующих разделов и тем учебной дисциплины. Работы выполняются по индивидуальным заданиям. Так как учебная дисциплина имеет прикладной характер, то выполнение студентами практических работ позволяет им понять, где и когда изучаемые теоретические положения и практические умения могут быть использованы в будущей практической деятельности.

Целью практических занятий является закрепление теоретических знаний и приобретение практических умений и навыков по определению уровня инфляции, анализа ситуации на рынке данного товара, эффективности использования ограниченных ресурсов, и др.

Методические рекомендации по каждой практической работе имеют теоретическую часть; алгоритм выполнения заданий.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ.

Целью практических занятий по дисциплине ОП.06. «Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики»:

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **уметь**:

- определять параметры при гидравлическом расчете трубопроводов, воздухопроводов;
- строить характеристики насосов и вентиляторов;

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **знать**:

- режимы движения жидкости;
- гидравлический расчет простых трубопроводов;
- виды и характеристики насосов и вентиляторов;
- способы теплопередачи и теплообмена

Задачи практических занятий обусловлены необходимостью получения выпускником знаний, умений, навыков согласно требованиям ФГОС, на основе которых формируются соответствующие компетенции

ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ.

ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

максимальной учебной нагрузки обучающегося 105 часов, в том числе
обязательной аудиторной учебной нагрузки обучающегося 70 часов
самостоятельной работы обучающегося 35 часов.

ОСНОВНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ, РЕАЛИЗУЕМЫЕ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ

Методические указания к практическим работам написаны в соответствии с рабочей программой дисциплины ОП.06. «Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики», которая является частью основной профессиональной образовательной программы в соответствии с ФГОС по специальности 08.02.08. «Монтаж и эксплуатация оборудования и систем газоснабжения» в части освоения основного вида профессиональной деятельности профессиональных компетенций (ПК) и соответствующих общих (ОК):

Техник должен обладать **профессиональными компетенциями**, соответствующими основным видам профессиональной деятельности:

ПК 1.1. Конструировать элементы систем газораспределения и газопотребления.

ПК 1.2. Выполнять расчет систем газораспределения и газопотребления.

ПК 1.3. Составлять спецификацию материалов и оборудования на системы газораспределения и газопотребления.

ПК 2.1. Организовывать и выполнять подготовку систем и объектов к строительству и монтажу.

ПК 2.2. Организовывать и выполнять работы по строительству и монтажу систем газораспределения и газопотребления.

ПК 2.3. Организовывать и выполнять производственный контроль качества строительно-монтажных работ.

ПК 2.4. Выполнять пусконаладочные работы систем газораспределения и газопотребления.

ПК 2.5. Руководство другими работниками в рамках подразделения при выполнении работ по строительству и монтажу систем газораспределения и газопотребления.

ПК 3.1. Осуществлять контроль и диагностику параметров эксплуатационной пригодности систем газораспределения и газопотребления.

ПК 3.2. Осуществлять планирование работ связанных с эксплуатацией и ремонтом систем газораспределения и газопотребления.

ПК 3.3. Организовывать производство работ по эксплуатации и ремонту систем газораспределения и газопотребления.

ПК 3.4. Осуществлять надзор и контроль за ремонтом и его качеством.

ПК 3.5. Осуществлять руководство другими работниками в рамках подразделения при выполнении работ по эксплуатации систем газораспределения и газопотребления.

ПК.3.6. Руководство другими работниками в рамках подразделения и взаимодействие с сотрудниками смежных подразделений при выполнении работ по эксплуатации систем газораспределения и газопотребления.

Техник должен обладать **общими компетенциями**, включающими в себя способность:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

ОК 10. Исполнять воинскую обязанность, в том числе с применением полученных профессиональных знаний (для юношей).

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

В соответствии с методикой заранее формулируется тема практического занятия, ставятся конкретные цели и задачи, достигаемые в процессе выполнения практического занятия. Приводится литература, необходимая для выполнения практического занятия.

Начинать работу на занятии рекомендуется с ознакомления с кратким теоретическим материалом, касающимся практического занятия. Затем осуществляется контроль понимания обучающимися наиболее общих терминов. Далее следует разбор решения типовой задачи практического занятия. В том случае, если практическое занятие не содержит расчетного задания, а связано с изучением и анализом теоретического материала, необходимо более подробно остановиться на теоретических сведениях и ознакомиться с источниками литературы, необходимыми для выполнения данного практического занятия.

В ходе выполнения расчетных заданий обучающиеся научатся реализовывать последовательность действий при использовании наиболее распространенных методов и делать выводы, вытекающие из полученных расчетов.

Каждое из практических занятий может представлять небольшое законченное исследование одного из теоретических вопросов изучаемой дисциплины.

В конце каждого занятия необходим контроль. Контрольные вопросы должны способствовать более глубокому изучению теоретического курса, связанного с темой практического занятия. Также контрольные вопросы должны помочь в решении поставленных перед учащимися задач и подготовке к сдаче практического занятия.

В общем виде методика проведения практических занятий включает в себя рассмотрение теоретических основ и примера расчета, выдачу многовариантного задания и индивидуальное самостоятельное выполнение обучающимся расчетов. Освоение методики расчета осуществляется во время проведения практических занятий, далее самостоятельно обучающиеся выполняют расчетные работы в соответствии заданиями.

ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ПР №1. Расчет силы гидростатического давления расхода жидкости и скорости истечения
ПР №2. Расчет силы гидростатического давления расхода жидкости и скорости истечения
ПР №3. Расчет силы гидростатического давления расхода жидкости и скорости истечения
ПР №4. Изучение принципа действия приборов для измерения давления
ПР №5. Определение коэффициента сопротивления и потери напора
ПР №6. Изучение характеристик насосов
ПР №7. Изучение характеристик вентилятора
ПР №8. Изучение характеристик котлов, теплообменных аппаратов.
ПР №9. Изучение характеристик теплогенератора
ПР №10. Определение удельной теплоты рабочего тела, термического КПД.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ.

Оценка теоретических знаний

Оценка 5 – «отлично» выставляется, если студент имеет глубокие знания учебного материала по теме практической работы, показывает усвоение взаимосвязи основных понятий используемых в работе, смог ответить на все уточняющие и дополнительные вопросы.

Оценка 4 – «хорошо» выставляется, если студент показал знание учебного материала, усвоил основную литературу, смог ответить почти полно на все заданные дополнительные и уточняющие вопросы.

Оценка 3 – «удовлетворительно» выставляется, если студент в целом освоил материал практической работы, ответил не на все уточняющие и дополнительные вопросы.

Оценка 2 – «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала практической работы, который полностью не раскрыл содержание вопросов, не смог ответить на уточняющие и дополнительные вопросы.

Оценка практических навыков

Оценка «5» - ставится, если студент демонстрирует знание теоретического и практического материала по теме практической работы, определяет взаимосвязи между показателями задачи, даёт правильный алгоритм решения, определяет междисциплинарные связи по условию задания.

Оценка «4» - ставится, если студент демонстрирует знание теоретического и практического материала по теме практической работы, допуская незначительные неточности при решении задач, имея неполное понимание междисциплинарных связей при правильном выборе алгоритма решения задания.

Оценка «3» - ставится, если студент затрудняется с правильной оценкой предложенной задачи, дает неполный ответ, требующий наводящих вопросов преподавателя, выбор алгоритма решения задачи возможен при наводящих вопросах преподавателя.

Оценка «2» - ставится, если студент дает неверную оценку ситуации, неправильно выбирает алгоритм действий.

СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Практическая работа №1. Расчет силы гидростатического давления расхода жидкости и скорости истечения

Цель работы: получить практические навыки расчета силы гидростатического давления расхода жидкости и скорости истечения.

Время: 2 часа

Оборудование: Учебное пособие

Ход выполнения работы:

Вариант	Задачи
01	1
02	2
03	3
04	4

Задача № 1

На пункте заправки автомобильной техники по трубопроводу постоянного поперечного сечения перекачиваются горюче-смазочные материалы плотностью ρ . Избыточное давление в начале трубопровода равно p_1 . Пренебрегая потерями напора при движении жидкости, определить максимальный угол наклона трубопровода к горизонту, чтобы давление в конце трубопровода было равно атмосферному. Длина трубопровода l .

Таблица 1.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\rho, \text{кг/м}^3$	840	860	880	900	950	1000	850	870	920	760
$p, \text{кгс/см}^2$	3	4,5	3,5	4	3	3,6	3,6	2,8	3,7	3,4
$l, \text{км}$	0,42	0,6	0,45	1,2	0,5	1,1	0,52	0,74	0,85	0,93

Задача №2

Для определения расхода воды при ремонте трубопровода диаметром D , на одном из участков он был сужен до диаметра d . Пренебрегая сопротивлениями, определить разность Δh высоты уровней в пьезометрических трубах, установленных в этих сечениях, если известно, что по трубе в данный момент вода течет со скоростью W_1 .

Таблица 2.

	10	11	22	33	44	55	66	77	88	99
$D, \text{мм}$	40	64	72	84	58	100	140	56	94	82
$d, \text{мм}$	15	25	50	30	23	50	75	30	40	50
$W_1, \text{м/с}$	1,1	1,3	1,2	1,4	1,6	1,7	0,85	2,2	1,5	0,7

Задача №3

Определить давление в сечении 1-1 трубопровода (рис.1), по которому течет топливо плотностью ρ . Известно, что скорость топлива в сечении 1-1 равна W_1 , давление в сечении 2-2 равно p_2 и площадь сечения 2-2 в 2,5 раза меньше площади сечения 1-1. Разность высот уровней жидкости в сечениях – Δh . Жидкость считать идеальной.

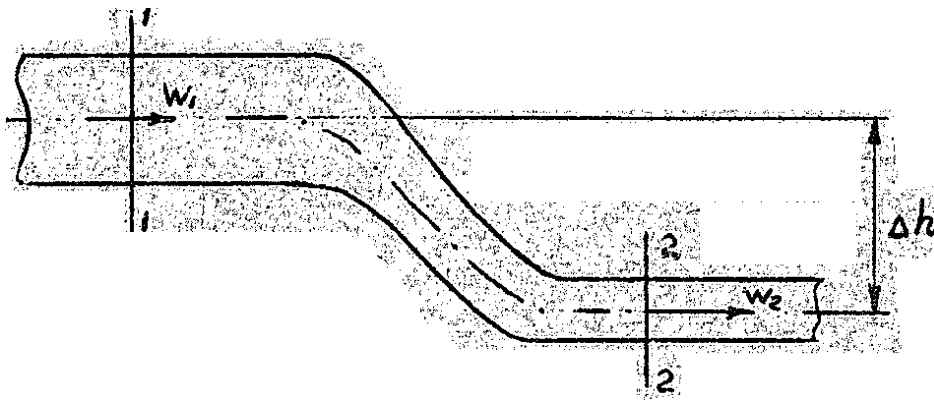


Рис.1

Таблица 3.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\rho_1, \text{кг/м}^3$	800	840	860	880	960	900	940	920	830	760
$W_1, \text{м/с}$	0,7	0,8	0,5	1	1,06	1,1	1,15	0,95	0,85	0,75
$P_2 \times 10^5 \text{ Па}$	2	1,5	1,3	1,4	0,8	1,25	1,66	0,9	1,75	0,63
$\Delta h, \text{м}$	2,4	2,3	2,2	2,1	2	1,8	1,9	2,15	1,75	2,35

Задача №4

На пункте чистки и мойки автомобилей вода из водонапорного бака с высотой уровня H подаётся для мойки машин по трубе диаметром d с расходом Q (рис.2). Длина трубы ℓ . Определить высоту h , на которую необходимо установить водонапорный бак (рис.2). При расчёте учесть гидравлические потери в местных сопротивлениях: вход в трубу, три поворота трубы под прямым углом и полностью открытую задвижку.

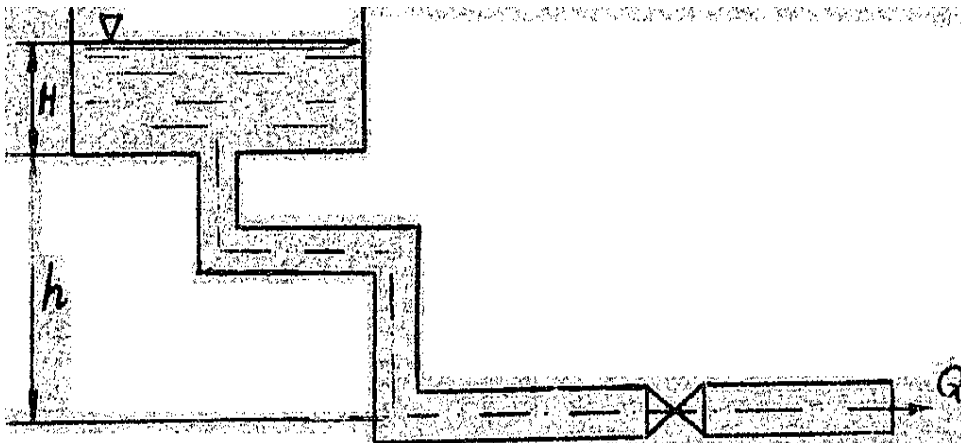


Рис.2

Таблица 4

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$H, \text{м}$	3	1,5	2,5	1,3	2,2	1,7	1,8	2,4	0,6	2,4
$Q, \text{л/с}$	1,4	2,8	1,3	4,4	6,2	7	3,4	8	1,6	2,5
$d, \text{мм}$	24	78	40	76	70	85	92	78	18	58
$\ell, \text{м}$	530	440	250	200	210	170	180	190	210	300

Практическая работа №2. Расчет силы гидростатического давления расхода жидкости и скорости истечения

Цель работы: получить практические навыки расчета силы гидростатического давления расхода жидкости и скорости истечения.

Время: 2 часа

Оборудование: Учебное пособие

Ход выполнения работы:

Вариант	Задачи
01	5
02	6
03	7
04	8

Задача №5

Определить допустимую высоту установки центробежного насоса над уровнем воды в колодце, находящегося за пределами автопарка, если известно, что вакуумметрическая высота всасывания насоса $\Delta h_{\text{вак}}$ (по каталогу насосов), диаметр всасывающей трубы d , подача Q , а расстояние до колодца ℓ . На новом стальном трубопроводе имеются местные сопротивления: сетка с обратным клапаном и поворот на 90° . Шероховатость труб принять из приложения 7. (Изобразить схему насосной установки).

Таблица 5

	0	I	2	3	4	5	6	7	8	9
$\Delta h_{\text{вак}}, \text{ м}$	4,7	5,1	4,6	5,3	4,8	4,9	6,2	4,85	4,65	5
$d, \text{ мм}$	24	65	86	60	80	48	145	58	126	72
$Q, \text{ л/с}$	2	1,8	4,5	3,8	6,2	3	5,4	2,2	4,2	2,6
$\ell, \text{ м}$	17	14	12	15	16	17	18	14	20	18

Задача № 6

Два бассейна, служащие для целей оборотного водоснабжения в автопарке, соединены между собой трубой постоянного сечения, по которой движется вода из одного бассейна в другой (рис.3). Труба новая, длина трубы ℓ , диаметр d . На трубе имеются следующие местные сопротивления: вход в трубу, два колена под углом 90° , полностью открытая задвижка и выход из трубы.

Расход воды равен Q . Определить разность уровней воды в бассейнах Δh , считая уровни в бассейнах постоянными.

Практическая работа № 3. Расчет силы гидростатического давления расхода жидкости и скорости истечения

Цель работы: получить практические навыки расчета силы гидростатического давления расхода жидкости и скорости истечения.

Время: 2 часа

Оборудование: Учебное пособие

Ход выполнения работы:

Вариант	Задачи
01	9
02	10
03	11
04	12

Задача № 9

По проложенному в автопарке трубопроводу длиной ℓ , конечная точка которого размещена на h , ниже начальной, перекачивается жидкость плотностью ρ . Определить величину геометрического и гидравлического уклона, если известно, что давление в начальной точке равно P_1 , давление в конечной точке трубопровода равно атмосферному, расход Q , а диаметры соответственно $d_1 = 72$ мм и $d_2 = 50$ мм. Построить линии полного и пьезометрического напора.

Таблица 9.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\ell, \text{км}$	2,1	2	2,2	2,3	2,4	2,5	1,8	1,9	2,6	2,7
$h, \text{м}$	18	20	34	38	16	25	30	24	32	27
$P, \text{кгс/см}^2$	7	8	9,5	12	6	11	7,5	5	8,5	6,5
$\rho, \text{кг/м}^3$	800	1000	760	740	780	820	950	840	730	1000
$Q, \text{л/с}$	4	5	6	4,5	5,5	3	4,8	2,8	4	5

Задача №10

На трубопроводе, служащем для подпитки системы теплоснабжения парковых сооружений, имеется сужение для подсоса воды из резервуара (эжектор). Расход воды Q , диаметр трубопровода D , давление P_1 . Каким должен быть диаметр узкой части трубопровода, чтобы обеспечить всасывание воды из открытого резервуара на высоту h ? Потерями напора пренебречь (рис.4).

Таблица 10.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q, \text{л/с}$	25	24	21	20	22	23	15	19	18	17
$D, \text{мм}$										
$P_1 \times 10^5 \text{Па}$										
$H, \text{м}$										

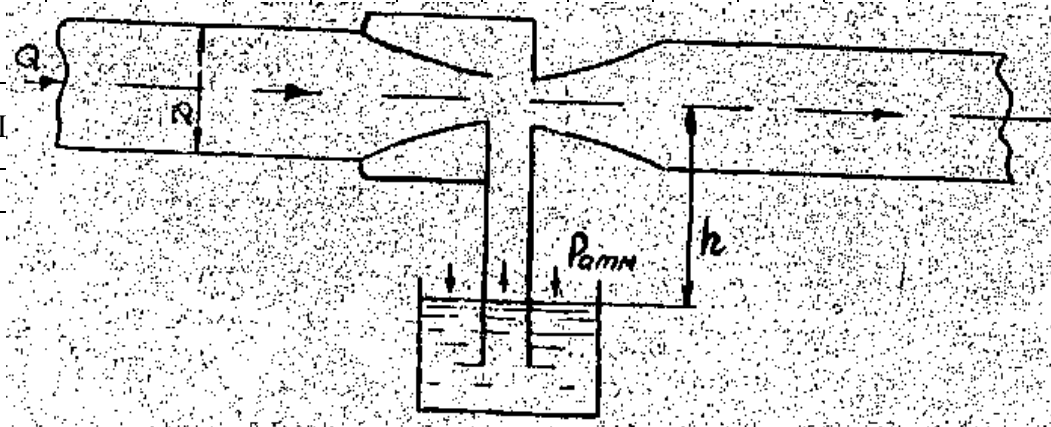


Рис.4

Задача №11

Определить величину подъемной силы P_2 , производимой гидравлическим автомобильным подъемником, если большое плечо рычага имеет длину "а", а малое - "в", диаметр большого поршня D_2 , диаметр малого поршня d_1 , усилие, приложенное к рычагу P_1 . КПД подъемника 0,85 (рис.5).

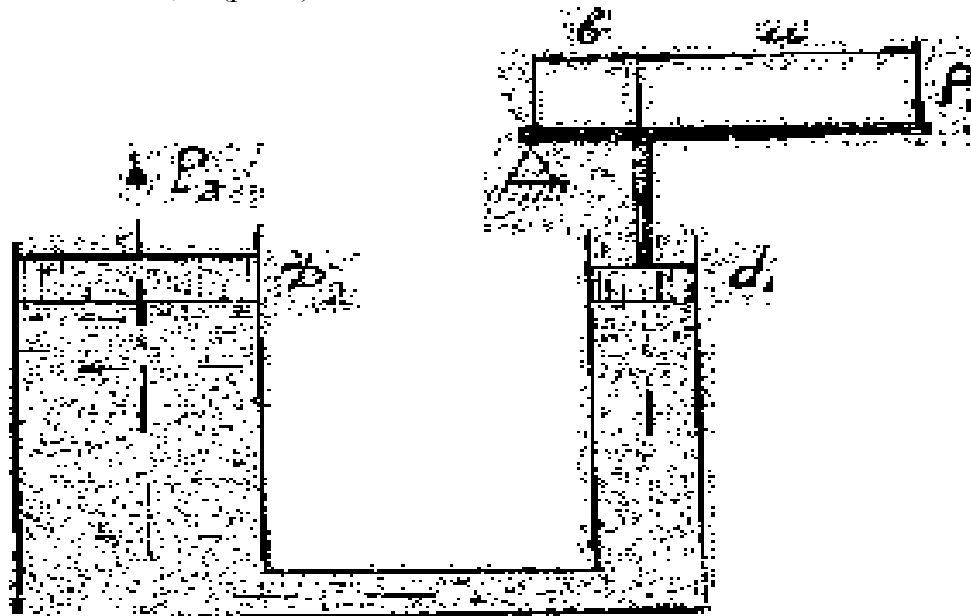


Рис.5

Таблица 11

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
а, м	0,8	1,2	0,9	1,1	1	1,2	1,15	0,85	0,9	0,75
в, м	0,1	0,2	0,1	0,15	0,1	0,1	0,2	0,15	0,12	0,1
д, мм	21	23	20	16	25	24	26	27	18	12
D, мм	235	230	260	200	250	260	270	255	160	148
P ₁ , Н	100	140	135	130	200	138	230	145	150	160

Задача №12

Определить суммарные потери давления при движении масла в масляном радиаторе, если его расход G , а диаметр трубок d . Всего параллельно соединенных трубок - 8, длина каждой - l . Плотность масла $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$. Кинематический коэффициент вязкости принять из приложения Е. Местные потери составляет 3% от потерь по длине.

Таблица 12

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$G \times 10^{-4}, \text{ м}^3 / \text{с}$	2,4	2,3	2,2	2,1	2	1,6	1,7	1,8	1,9	2,2
д, мм	14	13	12	11	10	15	9	8	12	10
l, м	1,2	1,3	1,4	1	1,1	115	125	135	1,5	1,6

Практическая работа № 4. Изучение принципа действия приборов для измерения давления

Цель работы: получить практические навыки принципа действия приборов для измерения давления

Время: 2 часа

Оборудование: Учебное пособие

Ход выполнения работы:

Вариант	Задачи
01	13
02	14
03	15
04	16

Задача № 13

В автопарке насос с подачей Q забирает воду из колодца, сообщаемого с водоемом стальной трубой диаметром d и длиной l . На входе в трубу установлена сетка, температура воды в водоеме 20°C . Найти перепад воды Δh в водоемах, если уровни в них остаются постоянными.

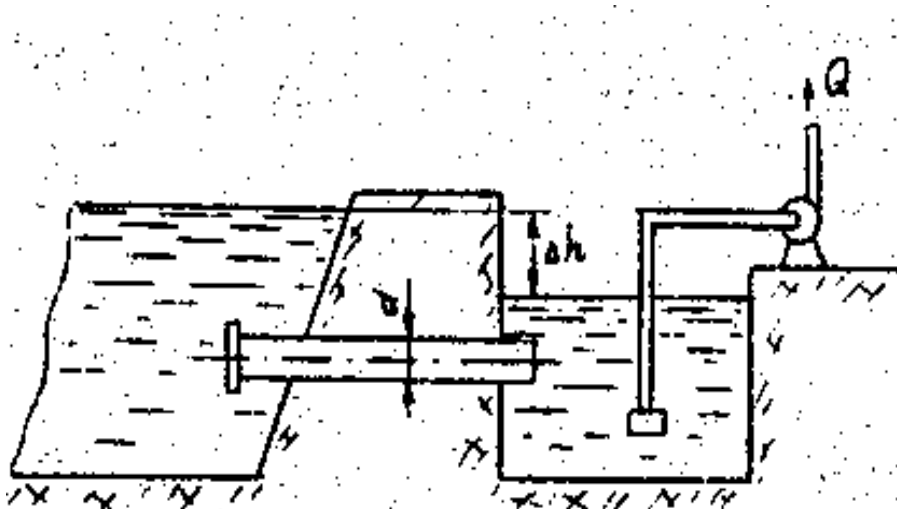


Рис.6

Таблица 13

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q, \text{ м}^3 / \text{с}$	0,014	0,012	0,018	0,015	0,01	0,008	0,006	0,01	0,007	0,016
$d, \text{ мм}$	160	155	150	140	150	130	135	140	130	120
$l, \text{ м}$	130	115	110	120	100	135	140	145	110	90

Задача №14

На стальном трубопроводе, проложенном от водоема до автопарка, диаметром d и толщиной стенки δ установлена задвижка, время закрытия которой τ . Определить повышение давления в трубопроводе на расстоянии $l_{\text{км}}$, если по трубопроводу перекачивается воды с расходом Q .

Таблица 14.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d, \text{ мм}$	110	130	170	150	200	100	120	140	160	190
$\tau, \text{ с}$	7,2	4,4	7,5	7	6,2	5,5	7,2	8,3	2,6	8,8

$l, \text{км}$	4	4,3	4,2	4,5	5	5,2	3,5	3	4,6	4,8
$Q, \text{м}^3 / \text{с}$	0,06	0,05	0,045	0,07	0,08	0,04	0,085	0,09	0,012	0,011
$\delta, \text{мм}$	6	6,5	7	8	10	5	6,2	7,5	8,2	8,5

Задача №15

Определить суммарные потери давления ΔP в магистралях гидropередачи, если из общего коллектора, расход в котором Q , жидкость поступает в две ветви. Расход во второй ветви составляет 0,5 от расхода в первой. Диаметры трубопроводов и их длина соответственно d_1, d_2, l_1, l_2 . Плотность рабочей жидкости $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$. Кинематический коэффициент вязкости $\nu = 6.5 \times 10^{-2} \text{ м}^2/\text{с}$.

Таблица 15

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q, \text{л/с}$	0,35	0,84	0,7	0,64	0,48	0,8	1,2	1,3	0,75	1,4
$l_1, \text{м}$	125	1,3	135	1,2	1	1,23	2,2	1,15	1,1	2,4
$l_2, \text{м}$	2,1	2,2	2,4	2,5	2,35	2,3	1,8	1,9	2	1,75
$d_1, \text{мм}$	8	12	10	14	9	8	14	13	11	15
$d_2, \text{мм}$	10	8	8	6	7	5	9	10	8	9

Задача № 16

В амортизаторе автомобиля на поршень диаметром D действует сила P (рис.7). Определить: а) скорость движения поршня при диаметре отверстия в поршне d и толщине поршня $a = 8 \text{ мм}$; б) силу P , при которой поршень будет перемещаться со скоростью $I \text{ мм/с}$, если диаметр отверстия в поршне d , а толщина поршня $a = 10 \text{ мм}$. Принять плотность жидкости $\rho = 860 \text{ кг/м}^3$, трением поршня о цилиндр пренебречь.

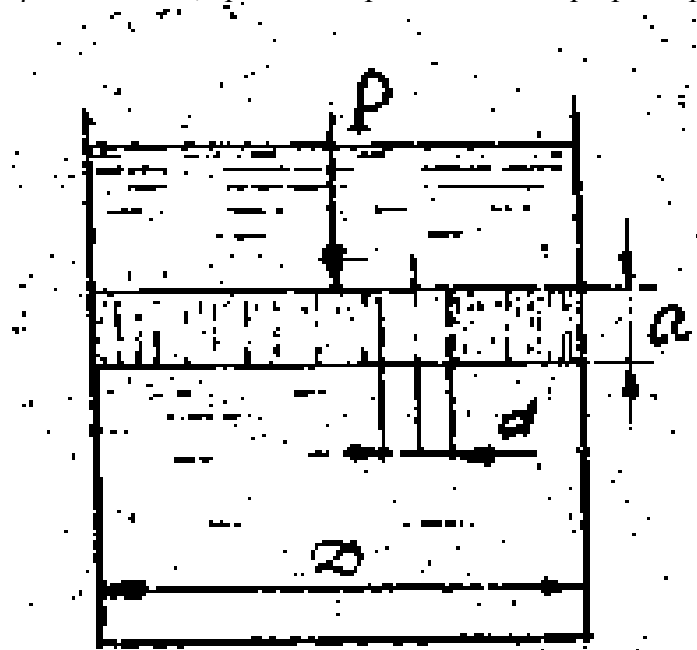


Рис.7

Таблица 16

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$D, \text{мм}$	100	90	80	95	85	70	75	94	82	77
$P, \text{кН}$	1	1,1	1,2	1,3	1,25	0,9	0,95	1,15	0,9	1,13
$D, \text{мм}$	2	1,8	2,2	1,9	2	2,5	2,4	1,9	2	2

Практическая работа № 5. Определение коэффициента сопротивления и потери напора

Цель работы: получить практические знания определения коэффициента сопротивления и потери напора

Время: 2 часа

Оборудование: Учебное пособие

Ход выполнения работы:

Вариант	Задачи
01	17
02	18
03	19
04	20

Задача №17

Определять продолжительность закрытия задвижки стального трубопровода, необходимую для предотвращения повышения давления бензина в нем при гидравлическом ударе свыше P ат. Диаметр трубопровода d , толщина стенок δ , длина ℓ . Расход Q л/с.

Таблица 17

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d, \text{мм}$	20	15	42	36	50	54	45	38	47	52
$\delta, \text{мм}$	1,5	1,3	2,4	1,85	3,2	4,5	3,4	2,36	2,42	4,0
$\ell, \text{м}$	10	12	15	20	25	23	18	16	17	27
$Q, \text{л/с}$	0,35	0,51	1,5	1,25	2,2	2,3	1,8	0,84	1,2	0,85
$P, \text{ат}$	2	2,5	4	3,5	4,5	5,2	5	4	3	3,5

Задача №18

Какое давление развивает бензонасос двигателя ЗИЛ-131, подающий бензин в поплавковую камеру, если длина нагнетательной линии ℓ , диаметр d , скорость бензина W м/с, труба гладкая. Расстояние от оси горизонтальной трубы до дна поплавковой камеры h (рис.8). Игла, перекрывающая доступ бензина в поплавковую камеру, открывается при давлении $P_{изб}$, местные сопротивления: колено ($\zeta_{кол}$), фильтр тонкой очистки ($\zeta_{ф}$). Плотность бензина ρ , коэффициент кинематической вязкости ν взять из таблиц приложения.

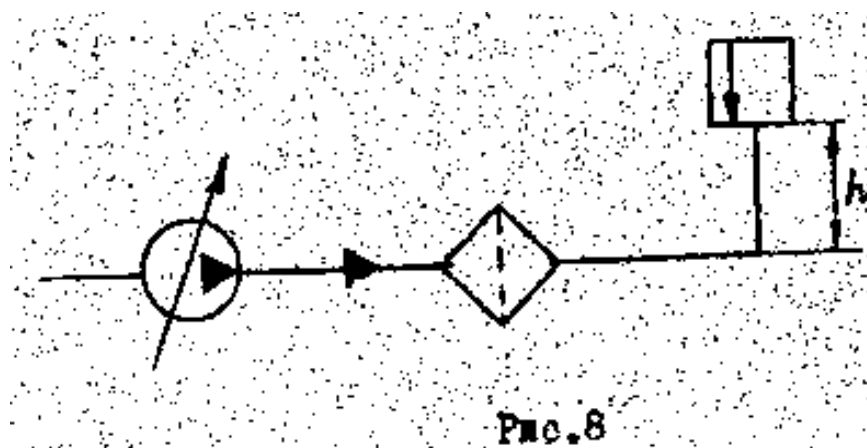


Таблица 18

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ℓ , мм	3,5	3	4	4,5	5	5,5	2,8	3,8	4,2	3,2
d , мм	6	7	8	6,8	6,5	7,5	9	6,2	8,4	8,6
W , м/с	1	1,2	1,3	1,4	1,5	2	1,6	1,7	2,2	1,8
h , м	0,4	0,3	0,35	0,2	0,45	0,31	0,32	0,33	0,25	0,28
$P_{\text{изб}}$, МПа	0,05	0,04	0,03	0,035	0,038	0,042	0,044	0,45	0,048	0,036
$\zeta_{\text{кол}}$	0,5	0,3	0,4	0,25	0,35	0,45	0,28	0,38	0,46	0,37
$\zeta_{\text{ф}}$	2	2,5	3	3,5	2,2	2,4	3,2	2,8	2,6	3,4

Задача № 19

С помощью насоса, установленного в пункте А, требуется подать дизельное топливо в открытый бак В, расположенный на расстоянии ℓ от насосной станции (рис.9). Высота напорной линии H , высота всасывающей линии $h_{\text{вс}} = 4$ м. Напор, развиваемый насосом, $P_{\text{ати}}$, расход – Q . Определить диаметр трубопровода и мощность насоса, если его КПД – 0,75. местные потери составляют 5% от потерь напора по длине. Выбрать плотность ρ из таблицы приложения ,принять коэффициент $\lambda=0,03$.

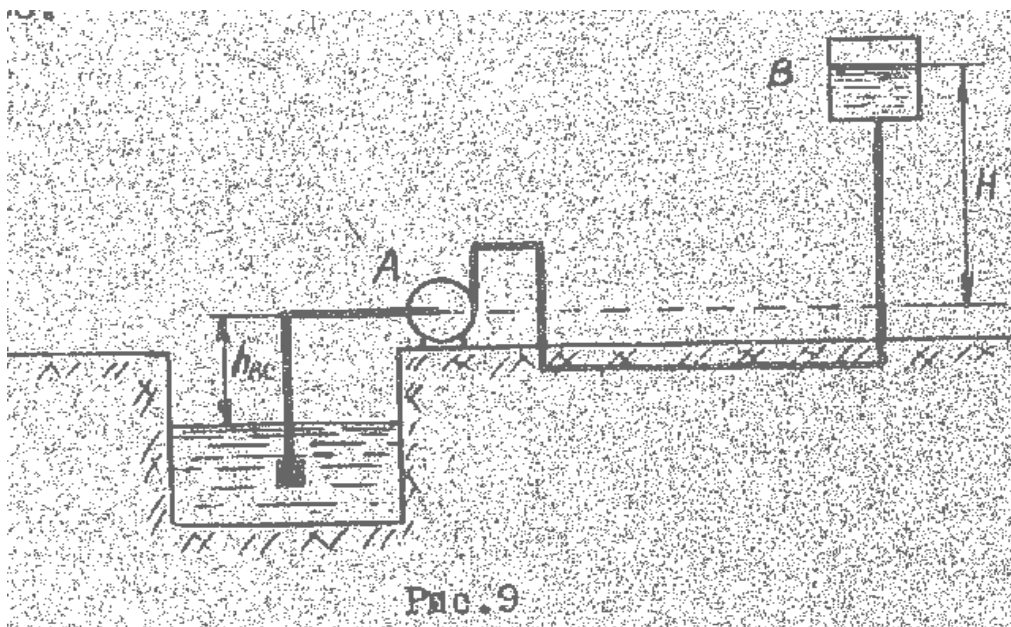


Таблица 19

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P , атм	3,0	3,2	3,4	3,5	3,6	3,8	3,1	3,3	3,7	3,9
Q , м ³ / с	0,15	0,2	0,25	0,38	1,2	0,86	1,6	0,56	2,2	0,07
l , м	400	450	500	520	420	430	460	470	480	500
H , м	12	10	8	16	14	11	13	9	15	12

Задача № 20

Вода в баке подогревается и самотеком по стальному трубопроводу попадает в отделение мойки деталей автомобилей. Какой должна быть величина диаметра трубопровода, чтобы обеспечивалась подача в количестве Q , а манометрическое давление в конце трубопровода было не ниже P_m , если напор в баке равен H . При расчете принять,

что потери по длине равны $h_{тр}$, а местные потери напора составляют 20% от потерь по длине. Определить гидравлический уклон.

Таблица 20

[illegible]

Практическая работа № 6. Изучение характеристик насосов

Цель работы: получить практические знания характеристик насосов

Время: 2 часа

Оборудование: Учебное пособие

Ход выполнения работы:

Вариант	Задачи
01	26
02	27
03	28
04	29

Задача № 26

Изобразить схему насосной установки и определить максимальную высоту всасывания центробежного насоса $h_{вс}$, подающего воду в авторемонтные мастерские в количестве Q , если диаметр всасывающего патрубка $d_{вс}$, допустимое давление на входе в насос $p_{вх}$. Суммарные потери энергии во всасывающем тракте $\Delta p_{пот}$.

Таблица 26

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q, м^3/с$	1,8	1,7	1,6	2,0	2,1	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2
$d_{вс}, мм$	150	130	120	200	210	140	190	200	220	170
$P_{вс}, МПа$	0,03	0,035	0,04	0,045	0,03	0,035	0,04	0,045	0,035	0,03
$\Delta P_{пот}, кПа$	8	8,5	9	9,5	7,5	7	9	9,5	8	8,5

Задача №27

Насос с подачей Q нагнетает воду по трубе диаметром d_n в противопожарный резервуар. Диаметр всасывающего патрубка $d_{вс}$. Определить полный напор H и мощность насоса N , если показание манометра, установленного на напорной трубе p_m , а показание вакуумметра на всасывающей трубе $h_{вс}$.

Таблица 27

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q, л / с$	7	3	9	9,5	10	8	8,5	7,5	9,5	12
$d_n, мм$	90	50	110	95	115	80	90	100	85	110
$d_{вс}, мм$	100	60	120	110	125	100	110	115	125	135
$P_m, кгс / см^2$	3	3,5	4	4,5	5	5,5	4,6	4,8	5,2	5,3
$h_{вс}, мм.рт.ст.$	300	350	400	450	300	450	350	400	320	500

Задача №28

Для определения расхода горюче-смазочных материалов в трубопроводе диаметром d_1 , установлен расходомер Вентури с диаметром малого сечения d_2 . Определить расход жидкости Q , плотность которой $\rho_{ж}$, если подключенный в сечениях I-I и 2-2 ртутный дифференциальный манометр показывает разность давлений Δh мм рт. ст., а коэффициент расхода принять равным 0,85.

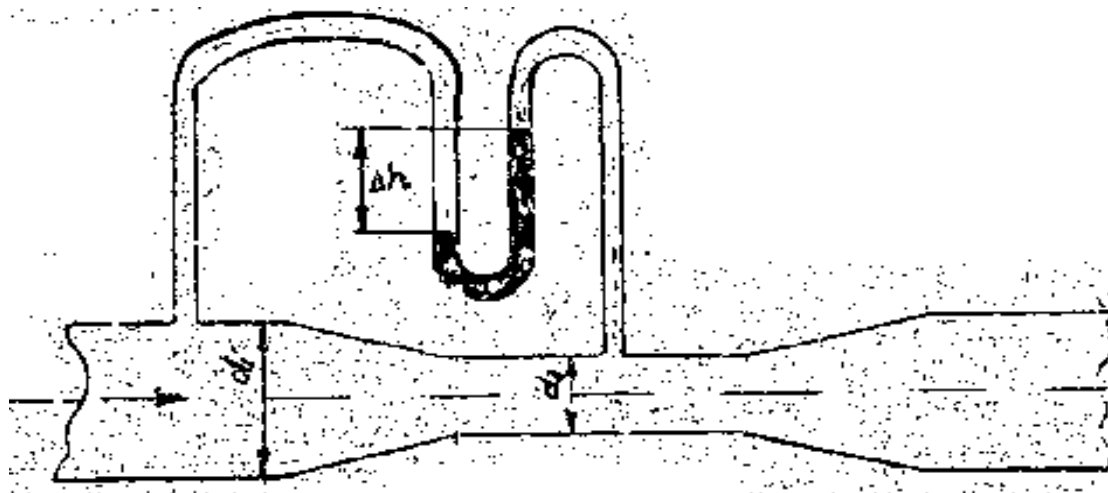


Рис. 12

Таблица 28

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d_1, \text{мм}$	100	76	47	50	80	80	75	40	63	70
$d_2, \text{мм}$	50	38	25	22	60	60	40	20	35	40
$\rho_{\text{жс}}, \text{кг/м}^3$	760	740	750	780	800	820	840	860	880	900
$\Delta h, \text{мм.рт.ст.}$	200	240	250	270	280	300	320	340	360	380

Задача № 29

Центробежный насос выкачивает дизельное топливо из открытого заборного резервуара в количестве Q по всасывающему трубопроводу длиной l_1 и диаметром $d_{\text{вс}}$, а затем по напорному трубопроводу диаметром d_n и длиной l_2 перекачивает его в закрытый напорный резервуар с поверхностным давлением в нем P .

Геометрическая высота всасывания $h_{\text{вс}} = 4 \text{ м}$, геометрическая высота нагнетания $h_n = 10 \text{ м}$. Коэффициент гидравлического трения трубопроводов - λ . Общий КПД установки η . Плотность топлива выбрать из таблиц приложения. Определить напор и потребляемую мощность насоса. (рис. 13)

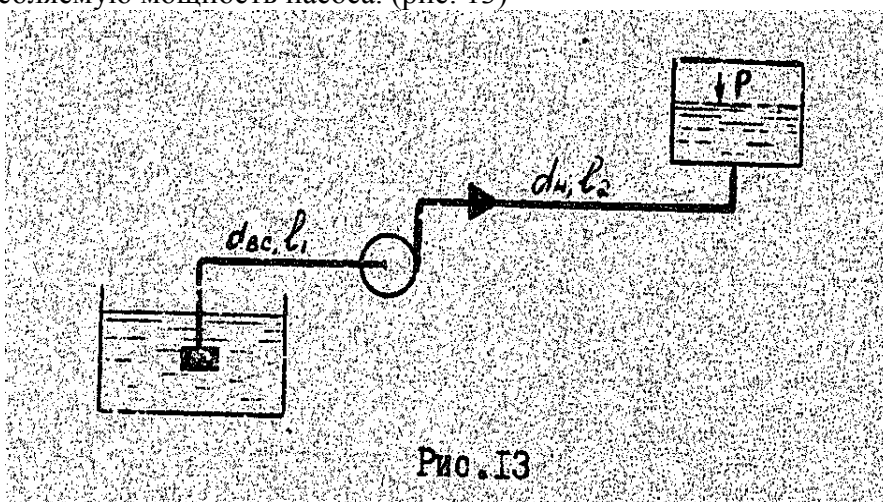


Рис. 13

Таблица 29

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

$Q, л / с$	5	6	10	1,2	14	16	18	12	8	4
$d_{\text{вс}}, мм$	40	46	50	68	80	90	100	110	120	85
$d_{\text{н}}, мм$	35	40	45	60	70	80	90	100	100	72
$P, МПа$	0,2	0,22	0,24	0,26	0,28	0,3	0,32	0,34	0,38	0,36
λ	0,03	0,038	0,035	0,034	0,032	0,038	0,028	0,03	0,033	0,037
η	0,7	0,8	0,73	0,74	0,72	0,75	0,76	0,82	0,71	0,78
$l_1, м$	8	9	10	7	6	12	13	10	8	9
$l_2, м$	1000	1200	1300	1400	1500	1000	1200	1100	1300	1400

Практическая работа № 7. Изучение характеристик вентилятора

Цель работы: получить практические знания характеристик вентилятора

Время: 2 часа

Оборудование: Учебное пособие

Ход выполнения работы:

Задача № 1

В-1. Определить необходимую производительность вентиляторов в медницком отделении ремонтной мастерской предприятия. Площадь помещения 42 м^2 , высота 45 м. Кратность воздухообмена $k = 4$.

Производительность вентилятора: $L = k * V$;

В-2. Производительность вентилятора для вывода из помещения пыли и газов. В размолочном отделении кормоцеха выделяется в 1 час. 12 г. мучной пыли. Рассчитать производительность вентилятора, необходимую для удаления излишков пыли. $P_1 = 4 \text{ мг/м}^3$, $P_0 = 0$

$$L = \frac{P}{P_1 - P_0};$$

Где, P - количество пыли, выделяющейся в помещении, мг/ч,

P_1 – допустимое количество пыли в помещении, мг/м³,

P_0 – содержание пыли в засасываемом чистом воздухе, мг/м³

В-3. Производительность вентилятора для вывода избыточной температуры. В термическом цехе авторемонтного завода установлены три электропечи типа ПН-15Г. Каждая печь отдает в атмосферу цеха 4500 ккал/ч. Если нет вентиляции, то вследствие такого тепловыделения температура в цехе возрастает до $+ 26^\circ \text{С}$. Нужно рассчитать производительность вентилятора, снижающего температуру воздуха в цехе, если наружный воздух нагреет до $+ 15^\circ \text{С}$. Рассчитываем по формуле:

$$L = \frac{Q_{\text{изб.}}}{c * (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) * \gamma_{\text{н}}};$$

Где, $Q_{\text{изб.}}$ – избыточное количество тепла, поступающего в помещение, ккал/ч.

C – средняя удельная теплоемкость воздуха; для практических расчетов весовая теплоемкость воздуха принимается $= 0,24 \text{ ккал/кг} * \text{град}$,

$t_{\text{в}}$ – температура воздуха, удаляемого из помещения, град,

$t_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха, поступающего в помещение, град,

$\gamma_{\text{н}}$ – плотность наружного воздуха, $1,226 \text{ кг/м}^3$.

В-4. Производительность вентилятора для влажных помещений. В моечном отделении ремонтного завода установлены две ванны для выварки загрязненных деталей. Из них ежечасно испаряется 20 кг. воды. Температура помещения $+ 22^\circ \text{С}$. Температура наружного воздуха $+ 15^\circ \text{С}$. При измерении влажности воздуха было найдено $\varphi_{\text{в}} = 75 \%$, $\varphi_{\text{н}} = 40 \%$.

Требуется рассчитать производительность вентилятора для удаления излишних паров воды:

$$L = \frac{\sum m_i * q_i}{\frac{\varphi_{\text{в}} * q_{\text{тв}}}{100} - \frac{\varphi_{\text{н}} * q_{\text{тн}}}{100}};$$

Где, m_i – число источников образования водяных паров;

q_i - количество водяных паров, выделяемых каждым источником, г/ч.;

$q_{\text{тв}}$ – максимально возможное количество водяных паров внутри помещения при $t_{\text{в}}$, 16.4 г.;

$q_{\text{тн}}$ – максимально возможное количество водяных паров в наружном воздухе при $t_{\text{н}}$, 10.5 г.;

Практическая работа № 8. Изучение характеристик котлов, теплообменных аппаратов.

Цель работы: получить практические знания расчета котлов, теплообменных аппаратов.

Время: 2 часа

Оборудование: Учебное пособие

Ход выполнения работы:

В-1. В пароводяном рекуперативном теплообменнике с площадью поверхности F вода нагревается насыщенным паром с абсолютным давлением p . Температура воды на входе $t^1 = 15^\circ\text{C}$, расход ее $G = 1$ кг/с. Определить конечную температуру нагрева воды t^2 , если коэффициент теплопередачи $\kappa = 3000 \text{ Вт} / \text{м}^2 \text{ К}$

Дано:

$$F = 0,8 \text{ м}^2$$

$$p = 0,6 \text{ МПа}$$

Решение:

1. Уравнение теплового баланса:

$$Q = G_1 \cdot C_1 (t_{1н} - t_{1к}) = G_2 \cdot C_2 (t_{2н} - t_{2к})$$

2. Определяем температурный напор по формуле:

$$\Delta t_{cp} = \varphi \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{н}}{\ln \Delta t_{\delta} / \Delta t_{н}}$$

где $\varphi = 1$ для прямоточной и противоточной схеме

при давлении $p = 0,5$ МПа температура греющего пара $t_1 = 85,5^\circ\text{C}$

Предварительно принимаем конечную температуру $t^2 = 50^\circ\text{C}$

$$\Delta t_M = t_1 - t^2 = 85,5 - 50 = 35,5^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_B = t_1 - t^1 = 85,5 - 15 = 70,5^\circ\text{C}$$

$$\text{Если } \frac{\Delta t_B}{\Delta t_M} > 1,7, \text{ тогда}$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{70,5 - 35,5}{2,3 \lg \frac{70,5}{35,5}} = 50,8^\circ\text{C}$$

3. Расход теплоты на нагрев:

$$q = k \cdot F \cdot \Delta t_{cp}$$

$$q = 3000 \cdot 0,8 \cdot 50,8 = 122041 \text{ кВт}$$

4. Расход теплоты на нагрев:

$$Q = G_1 \cdot C_1 (t_{1n} - t_{1k})$$

где: $C = 4190 \text{ кДж} / \text{кг}^\circ\text{C}$ - теплоемкость воды.

$$Q = 1 \cdot 4190 \cdot (50 - 15) = 146650 \text{ кВт}$$

Разность большая принимаем $t^2 = 45^\circ\text{C}$

$$\Delta t_M = t_1 - t^2 = 85,5 - 45 = 40,5^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{70,5 - 40,5}{2,3 \lg \frac{70,5}{40,5}} = 53,9^\circ\text{C}$$

$$q = 3000 \cdot 0,8 \cdot 53,9 = 129474 \text{ кВт}$$

$$Q = 1 \cdot 4190 \cdot (45 - 15) = 125700 \text{ кВт}$$

Определяем разность найденных значений теплоты:

$$\Delta = \frac{129474 - 125700}{129474} = 2\%$$

Выбранная конечная температура верна: $t^2 = 45^\circ\text{C}$

В-2. Определить тепловой поток излучением и конвекцией от боковой поверхности цилиндра диаметром $d = 120 \text{ мм}$ и длиной $l = 10 \text{ м}$, со степенью черноты ε в окружающую среду имеющую температуру $t = 0^\circ\text{C}$, если температура поверхности t_{cm} , а коэффициент теплопередачи конвекцией a_k . Каково значение суммарного коэффициента теплопередачи?

Дано:

$$t_{cm} = 100^\circ\text{C}$$

$$a_k = 10 \text{ Вт} / \text{м}^2$$

$$\varepsilon = 0,9$$

Решение:

Определяем тепловой поток конвекцией:

$$Q_k = \alpha_k (T_{cm} - T_k)$$

$$Q_k = 10(100 - 0) = 1000 \text{ Вт} / \text{м}^2 \text{ К}$$

Определяем тепловой поток излучением:

$$Q_{изл} = \varepsilon \cdot C_0 \left[\left(\frac{T_{cm}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_0}{100} \right)^4 \right] \pi dl$$

$C_0 = 5,67 \text{ Вт} / \text{м}^2 \text{ К}^4$ - излучательная способность абсолютно черного тела.

$$Q_{изл} = 0,9 \cdot 5,67 \left[\left(\frac{373}{100} \right)^4 - \left(\frac{273}{100} \right)^4 \right] 3,14 \cdot 0,12 \cdot 10 = 2654 \text{ Вт} / \text{м}^2 \text{ К}$$

Суммарного коэффициента теплопередачи определяется по формуле:

$$a_{\kappa} + a_{изл} = \frac{Q_{\kappa} + Q_{изл}}{(t_{cm} - t_o)}$$

$$\frac{Q_{\kappa} + Q_{изл}}{(t_{cm} - t_o) \pi d l} = \frac{1000 + 2654}{(100 - 0) 3,14 \cdot 0,12 \cdot 10} = 17,69 \text{ Вт} / \text{м}^2$$

В-3. По данным тепловых измерений средний удельный тепловой поток через ограждение изотермического вагона при температуре наружного воздуха t_n и температуру воздуха в вагоне t_{ϵ}^1 составил q . На сколько процентов изменится количество тепла, поступающего в вагон за счет теплопередачи через ограждение, если на его поверхность наложить дополнительный слой изоляции из пиаатерма толщиной $\delta = 30 \text{ мм}$ и с коэффициентом

теплопроводности $\lambda = 30 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$?

Дано:

$$t_n = 18^\circ \text{C}$$

$$t_{\epsilon}^1 = 1^\circ \text{C}$$

$$q = 8,5 \text{ Вт} / \text{м}^2$$

Решение:

Определяем из уравнения термическое сопротивление теплопередачи:

$$q = k(t_n - t_{\epsilon}^1)$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\lambda_1} + R + \frac{1}{\lambda_2}}$$

Так как в данном примере члены $\frac{1}{\lambda_2}$ и $\frac{1}{\lambda_1}$ постоянны выразим R

$$q = \frac{1}{R}(t_n - t_{\epsilon}^1)$$

$$R = \frac{(t_n - t_{\epsilon}^1)}{q}$$

$$R = \frac{((18 - 1) + 273)}{8,5} = 34,1 \text{ м}^2 \text{ К} / \text{Вт}$$

Если на его поверхность наложить дополнительный слой изоляции из пиаатерма, то

$$R_2 = R + \frac{\delta}{\lambda} = 34,1 + \frac{0,03}{30} = 35,1 \text{ м}^2 \text{ К} / \text{Вт}$$

Подставляем:

$$q_2 = \frac{1}{R} (t_n - t_e^1) = \frac{1}{35,1} ((18-1) + 273) = 8,26 \text{ Вт} / \text{м}^2$$

Таким образом, количество тепла уменьшиться на

$$\Delta = 100 - \frac{q_2}{q_1} \cdot 100\% = 100 - \frac{8,26}{8,5} \cdot 100\% = 3\%$$

В-4. По трубе диаметром $d = 18$ мм, течет вода со средней скоростью $\omega = 1,3 \text{ м} / \text{с}$. Температура трубы на входе в трубу $t_{\text{жс}}^1$ средняя температура внутренней поверхности трубы $t_{\text{ст}} = 100^\circ \text{C}$. На каком расстоянии от входа температура нагреваемой воды достигнет $t_{\text{жс}}^2$

Дано:

$$t_{\text{жс}}^1 = 5^\circ \text{C}$$

$$t_{\text{жс}}^2 = 35^\circ \text{C}$$

Решение:

1. Средняя разность температур $\Delta t_{\text{ср}}$

Если $\frac{t_{\text{жс}}^2}{t_{\text{жс}}^1} > 2$, тогда

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{жс}}^2 - t_{\text{жс}}^1}{2,3 \lg \frac{t_{\text{жс}}^2}{t_{\text{жс}}^1}}$$

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{35 - 5}{2,3 \lg \frac{35}{5}} = 15,4^\circ \text{C}$$

2. Движущая сила процесса теплопередачи:

$$t_2 = t_{\text{ст}} - \Delta t_{\text{ср}} = 100 - 15,4 = 84,6^\circ \text{C}$$

Физические константы нагреваемой жидкости:

$\lambda_{\text{жс}} = 0,128 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$ - коэффициент теплопроводности

$C_{\text{жс}} = 4190 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot \text{К})$ - коэффициент теплоемкости

$\mu_{\text{жс}} = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ - кинематический коэффициент вязкости

$\nu_{\text{жс}} = 24,15 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$ - динамический коэффициент вязкости

Определяем среднее значение конвективной передачи используя следующие зависимости:

$$Nu_{жс} = 0,021 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr_{жс}^{0,43} \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{ст}} \right)^{0,25}$$

$$Nu_{жс} = 0,021 \cdot 1021^{0,8} \cdot 4,3^{0,43} \left(\frac{4,3}{3,4} \right)^{0,25} = 10,6$$

$$Re_{жс} = \frac{wd}{v_{жс}} = \frac{1,37 \cdot 0,018}{24,15 \cdot 10^{-6}} = 1021$$

где: критерий Рейнольдса

$$Pr_{жс} = \frac{\mu \times C}{\lambda} = \frac{1,1 \cdot 10^{-3} \times 4190}{0,128} = 4,3$$

- Критерий Прандтля

$$Pr_{ст} = 3,4$$

$a_{жс}$ - коэффициент теплопроводности

Определяем Нуссельта

$$Nu_{жс} = \frac{\alpha d}{\lambda_{жс}}$$

$$\alpha = \frac{Nu_{жс} \lambda_{жс}}{d} = \frac{10,6 \cdot 0,188}{0,018} = 110,7 \text{ Вт} / \text{м}^2 \text{град}$$

Отсюда:

Удельная тепловая нагрузка со стороны нагреваемой жидкости

$$q_2 = \alpha \cdot t_2 = 110,7 \cdot 84,6 = 9366,2 \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right]$$

Ориентировочная площадь поверхности теплообмена:

$$F = \frac{q_2}{K \cdot t_{cp}}$$

Задаемся коэффициентом теплопередачи K из ряда $K = 500$

$$F = \frac{9366,2}{700 \cdot 84,6} = 0,16 \text{ м}^2$$

Из формулы для поверхности теплообмена определяем длину трубы:

$$L = \frac{F}{\pi \cdot d} = \frac{0,16}{3,14 \cdot 0,018} = 2,8 \text{ м}$$

Практическая работа № 9. Изучение характеристик теплогенератора.

Цель работы: получить практические знания расчета теплогенератора

Время: 2 часа

Оборудование: Учебное пособие

Ход выполнения работы:

В-1. До какой температуры будет нагрет углекислый газ CO_2 объемом V_1 , если сообщить ему теплоту Q при постоянном, абсолютном давлении? Начальная температура газа $t_1 = 100^\circ C$. Определить объем газа в конце процесса, а также удельные значения изменения внутренней энергии, энтальпии и энтропии в процессе. Теплоемкость принять не зависящей от температуры.

Дано:

$$V_1 = 0,1 м^3$$

$$p = 0,9 МПа \quad МПа$$

$$Q = 700 кДж \quad МПа$$

Решение:

Определяем температуру конца процесса из формулы для количества теплоты в данном процессе:

$$Q = V_0 (c^1 t_2 - c^1 t_1)$$

$$V_0 = V \frac{T_0}{T} \frac{p}{p_0} \quad \text{где: } \text{объем газа при нормальных условиях}$$

$$V_0 = 0,1 \frac{273}{(273+100)} \frac{0,9}{0,1} = 0,66 м^3$$

c^1 - теплоемкость

$$c^1 = \frac{\mu c_v}{22,4} = \frac{20,93}{22,4} = 0,9344 \frac{\kappa \text{Дж}}{\text{м}^2 \text{К}}$$

$$\mu c_v = 20,93 \text{ для двухатомного газа}$$

$$t_2 = \frac{Q - V_0 c^1 t_1}{V_0 c^1} = \frac{700 - 0,66 \cdot 0,9344 \cdot 100}{0,66 \cdot 0,9344} = 1035^\circ \text{C}$$

Определяем объем газа в конце процесса:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{t_1}{t_2}$$

$$v_2 = \frac{t_2 \cdot v_1}{t_1} = \frac{1035 \cdot 0,1}{100} = 1,04 \text{ м}^3$$

Определяем работу процесса:

$$l = p(v_2 - v_1)$$

$$l = 0,9 \cdot 10^6 (1,04 - 0,1) = 846 \kappa \text{Дж}$$

Определяем изменение внутренней энергии процесса:

$$q = u + l$$

$$u = l - q = 846 - 700 = 146 \kappa \text{Дж}$$

Определяем изменение энтальпии

$$h = c_v k (T_2 - T_1)$$

$$k = 1,4 \text{ для двухатомного газа}$$

$$h = 0,9344 \cdot 1,4 (1308 - 373) = 1223 \kappa \text{Дж} / \text{кг}$$

Определяем изменение энтропии

$$\Delta S = (c_v + R) \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$\Delta S = \left(0,9344 + \frac{8314}{28} \cdot 10^{-3} \right) \ln \frac{1308}{373} = 1,54 \kappa \text{Дж} / \text{кг} \cdot \text{К}$$

В-2. Определить теоретическую скорость адиабатического истечения и массовый расход воздуха из сужающегося сопла площадью выходного сечения f_2 , если абсолютное давление перед соплом P_1 , а давление среды в которую вытекает воздух P_2 . Температура воздуха перед соплом $t = 47^\circ \text{C}$. Скорость воздуха на входе в сопло и потерями на трение пренебречь. Будет ли полное расширение в сопле, если при прочих равных условиях давление за соплом понизится до 400 кПа? Как при этом изменится расход и скорость истечения воздуха?

Дано:

$$f_2 = 100 \text{ мм}^2$$

$$p_1 = 1000 \text{ МПа}$$

$$p_2 = 100 \text{ МПа}$$

Решение:

Записываем уравнение сплошности:

$$Gv = f c$$

G - массовый расход газа кг/с;

c - скорость потока в рассматриваемом сечении м/с.

$$v_1 = \frac{RT}{p_1} = \frac{297 \cdot (47 + 273)}{1000} = 0,095 \text{ м}^3$$

Так как

$$\left(\frac{p_2}{p_1} \right)_{кр} = 0,528 \quad \left(\frac{p_2}{p_1} \right) > \left(\frac{p_2}{p_1} \right)_{кр}$$

применяем формулу:

$$c = \sqrt{2 \frac{k}{k-1} p_1 v_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}$$
$$c = \sqrt{2 \frac{1,4}{1,4-1} 1000 \cdot 0,095 \left[1 - \left(\frac{100}{1000} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} \right]} = 17,9 \text{ м/с.}$$
$$G = \frac{f c}{v} = \frac{100 \cdot 10^{-4} \cdot 17,9}{0,095} = 18,8 \text{ кг/с}$$

при понижении давление за до 400 кПа

$$p_2 = 100 - 0,4 = 99,6 \text{ МПа}$$

$$c = \sqrt{2 \frac{1,4}{1,4-1} 1000 \cdot 0,095 \left[1 - \left(\frac{99,6}{1000} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} \right]} = 18$$
$$G = \frac{f c}{v} = \frac{100 \cdot 10^{-4} \cdot 18}{0,095} = 18,95 \text{ кг/с}$$

Расход и скорость газа в сопле увеличились

В-3. Воздух с начальными параметрами $p_1=0,3$ МПа и $t_1=40^\circ\text{C}$ вытекает через сужающееся сопло во внешнюю среду, в которой давление постоянно и равно $p_{cp}=0,12$ МПа. Считая воздух идеальным газом с показателем адиабаты $k=1,4$; определить давление, скорость, температуру и плотность воздуха в выходном сечении сопла, если скоростной коэффициент $\varphi=0,95$. Определить также площадь выходного сечения, необходимую для обеспечения расхода воздуха, равного $G=3$ кг/с. Изменится ли расход воздуха, если давление внешней среды снизить до $p_{cp}=0,05$ МПа?

1 Определим соотношение давлений воздуха и среды

$p_{cp}/p_1=0,12/0,3=0,4 < \beta_{xp}=0,528$ следовательно в выходном сечении установится критическое давление и критическая скорость

$$p_{xp}=\beta_{xp} \cdot p_1=0,528 \cdot 0,3=0,1584 \text{ МПа}$$

2 Определим абсолютную температуру воздуха на входе в сопло

$$T_1=t_1+273=40+273=313 \text{ К}$$

3 Определим удельный объем газа на входе в сопло

$$v_1=(T_1 \cdot R)/p_1=(313 \cdot 287)/0,3 \cdot 10^6=0,2994 \text{ м}^3/\text{кг}$$

где, $R=287$ Дж/кг·К – газовая постоянная воздуха

4 Считая газ идеальным, определим удельный объем газа на выходе из сопла

$$v_{xp}=v_1 \cdot (p_1/p_{xp})^{1/k}=0,2994 \cdot (0,3/0,1584)^{1/1,4}=0,4725 \text{ м}^3/\text{кг}$$

где, $k=1,4$ – показатель адиабаты для идеального газа

5 Определим критическую скорость газа

$$w_{xp}=\varphi \cdot \sqrt{\left(2 \cdot \frac{k}{k+1}\right) \cdot R \cdot T_1}=0,95 \cdot \sqrt{\left(2 \cdot \frac{1,4}{1,4+1}\right) \cdot 287 \cdot 313}=308 \text{ м/с}$$

6 Определим площадь выходного сечения

$$f_{\text{вых}}=(G \cdot v_{xp})/w_{xp}=(3 \cdot 0,4725)/308=46 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2=46 \text{ см}^2$$

7 Для ответа на вопрос, вычислим соотношение давлений воздуха и среды для второго случая

$$p_{cp}/p_1=0,05/0,3=0,167 < \beta_{xp}=0,528$$

следовательно, в выходном сечении установится критическое давление и критическая скорость. Поэтому расход воздуха не изменится.

В-4. Определить теоретическую скорость истечения кислорода из баллона, в котором поддерживается давление $p_1=5$ МПа, в среду с давлением $p_2=4$ МПа через сопло. Площадь выходного сечения сопла $f_{\text{вых}}=20 \text{ мм}^2$. Начальная температура кислорода $t_1=100^\circ\text{C}$. Как измениться скорость истечения и расход, если газ будет вытекать в атмосферу? В обоих случаях истечение считать адиабатным. Барометрическое давление считать равным $0,1$ МПа.

1 Определим абсолютную температуру кислорода, находящегося в баллоне

$$T_1 = t_1 + 273 = 100 + 273 = 373 \text{ K}$$

2 Определим удельный объем газа на входе в сопло

$$v_1 = (T_1 \cdot R) / p_1 = (373 \cdot 259,8) / (5 \cdot 10^6) = 0,0194 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$R = 259,8 \text{ Дж/кг} \cdot \text{K}$ – газовая постоянная кислорода

3 Определим соотношение давлений кислорода и среды

$$p_2/p_1 = 4/5 = 0,8 > \beta_{кр} = (2/(k+1))^{(k/(k-1))} = (2/(1,4+1))^{(1,4/(1,4-1))} = 0,528$$

где $k = 1,4$ – показатель адиабаты для двухатомных газов.

3.1 Скорость истечения будет равна:

$$w = \sqrt{\left(\left(2 \cdot \frac{k}{k-1} \right) \cdot p_1 \cdot v_1 \cdot \left(1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right) \right)} = 205 \text{ м/с}$$

3.2 Расход газа через сопло будет равен:

$$M = f_{\text{вых}} \cdot \sqrt{\left(\left(2 \cdot \frac{k}{k-1} \right) \cdot \frac{p_1}{v_1} \cdot \left(\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{2/k} - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{(k+1)/k} \right) \right)} = 0,175 \text{ кг/с}$$

4 Определим соотношение давлений кислорода и атмосферы

$$p_2/p_1 = 0,1/5 = 0,02 < \beta_{кр} = 0,528$$

следовательно скорость истечения будет максимальной.

4.1 Скорость истечения при истечении в атмосферу:

$$w_{\text{атм}} = w_{кр} = 1,08 \cdot \sqrt{(R \cdot T_1)} = 336 \text{ м/с}$$

4.2 Расход газа через сопло будет равен максимальному значению:

$$M_{\text{атм}} = 0,686 \cdot f_{\text{вых}} \cdot \sqrt{\left(\frac{p_1}{v_1} \right)} = 0,22 \text{ кг/с}$$

Скорость истечения увеличилась на 64%, а расход на 25%.

Практическая работа № 10. Определение удельной теплоты рабочего тела, термического КПД.

Цель работы: получить практические знания расчета удельной теплоты рабочего тела, термического КПД.

Время: 2 часа

Оборудование: Учебное пособие

Ход выполнения работы:

В-1. В паротурбинной установке, работающей с начальными параметрами $p_1=11$ МПа и $t_1=550$ °С осуществляется два отбора пара на собственные нужды: при $p_{01}=4$ МПа – $D_1=20000$ кг/час и при $p_{02}=2,5$ МПа – $D_2=10000$ кг/час. Давление в конденсаторе $p_2=40$ гПа. Определить мощность ПТУ, если $\eta_{oi}=0,80$ и паропроизводительность парогенераторов $D=100$ т/час. Определить также удельный расход теплоты. Работу питательного насоса и прочие потери не учитывать.

Решение посмотреть ...

1 По известным начальным параметрам p_1, t_1 , используя h - S диаграмму для перегретого водяного пара, определяем энтальпию пара на входе в турбину

$$h_1 = 3488 \text{ кДж/кг}$$

2 Считая процесс расширения пара в турбине изэнтропийным находим энтальпию пара после его расширения до p_2

$$h_2^* = 2017 \text{ кДж/кг}$$

3 Вычисляем энтальпию пара в конце действительного расширения пара в турбине

$$h_2 = h_1 - (h_1 - h_2^*) \cdot \eta_{oi} = 2311 \text{ кДж/кг}$$

4 Строим на h - S диаграмме линию расширения пара 1-2 и находим точки пересечения с линиями p_{01} и p_{02} , определяем энтальпии отбираемого пара

$$h_{01} = 3160 \text{ кДж/кг}$$

$$h_{02} = 3040 \text{ кДж/кг}$$

5 Вычисляем мощность ПТУ с двумя отборами пара на собственные нужды

$$\begin{aligned} N &= D \cdot (h_1 - h_{01}) + (D - D_1) \cdot (h_{01} - h_{02}) + (D - D_1 - D_2) \cdot (h_{02} - h_2) = \\ &= (100000/3600) \cdot (3488 - 3160) + ((100000 - 20000)/3600) \cdot (3160 - 3040) + \\ &+ ((100000 - 20000 - 10000)/3600) \cdot (3040 - 2311) = 25953 \text{ кВт} \end{aligned}$$

6 Определим количество теплоты цикла ПТУ

$$Q = h_1 - 4,1868 \cdot t_2 = 3488 - 4,1868 \cdot 29,7 = 93433 \text{ кДж/кг}$$

7 Определяем удельный расход теплоты

$$q = Q/N = 93433/25953 = 3,6 \text{ Дж/Дж}$$

Приведем схему решения задачи на h - S диаграмме

В-2. Рассчитать значения внутреннего КПД теоретического цикла газотурбинной установки с изобарным подводом тепла (без регенерации) с целью оценки влияния температуры газов перед турбиной на внутренний КПД ГТУ, для двух случаев : 1) при температуре газов перед турбиной $t_3=600$ °С
2) при температуре газов перед турбиной $t_3=800$ °С
остальные параметры принять следующие: начальная температура рабочего тела $t_1=20$ °С

степень повышения давления $\beta=7$ внутренний КПД компрессора и турбины $\eta_t = \eta_k = 0,85$
Принять показатель адиабаты равным $\kappa=1,4$. Теплоемкость считать постоянной.

Решение посмотреть ...

1 Определим абсолютную температуру рабочего тела в точке 1

$$T_1 = t_1 + 273 = 293 \text{ K}$$

2 Определим абсолютную температуру рабочего тела в точке 2

$$T_2 = T_1 \cdot \beta^{(\kappa-1/\kappa)} = 511 \text{ K}$$

3 Определим абсолютную температуру рабочего тела в точке 3

$$\text{Вариант 1} \quad T_3 = t_3 + 273 = 873 \text{ K}$$

$$\text{Вариант 2} \quad T_3' = t_3 + 273 = 1073 \text{ K}$$

4 Определим абсолютную температуру рабочего тела в точке 4

$$\text{Вариант 1} \quad T_4 = T_3 / \beta^{(\kappa-1/\kappa)} = 500 \text{ K}$$

$$\text{Вариант 2} \quad T_4' = T_3' / \beta^{(\kappa-1/\kappa)} = 615 \text{ K}$$

5 Определим внутренний КПД цикла ГТУ

$$\text{Вариант 1} \quad \eta^{ГТУ}_1 = (1 - \eta_t + 1/\eta_k) / (C_p \cdot (T_3 - T_2)) = (C_p \cdot (T_3 - T_4) \cdot \eta_t + (C_p \cdot (T_2 - T_1)) / \eta_k) / (C_p \cdot (T_3 - T_2)) = ((T_3 - T_4) \cdot \eta_t + (T_2 - T_1) / \eta_k) / (T_3 - T_2) = 0,168$$

$$\text{Вариант 2} \quad \eta^{ГТУ}_2 = ((T_3' - T_4') \cdot \eta_t + (T_2 - T_1) / \eta_k) / (T_3' - T_2) = 0,236$$

С увеличением температуры перед турбиной существенно увеличивается внутренний КПД ГТУ

В-3. На заводской теплоцентрали установлены две паровые турбины, мощностью $N = 4000 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ каждая, работающие по циклу Ренкина. Весь пар из турбин направляется на производство, откуда возвращается в котельную в виде конденсата при температуре насыщения. Турбины работают с полной нагрузкой при следующих начальных

1 По двум известным начальным параметрам пара: $p_1 = 3,5 \text{ МПа}$ и $t_1 = 435^\circ \text{C}$, с помощью h - S диаграммы определяем энтальпию пара в точке 1

$$\text{Энтальпия пара} \quad h_1 = 3302 \text{ кДж/кг}$$

процесс расширения пара в идеальном цикле Ренкина происходит при $S = \text{const}$,

2 По двум известным параметрам пара: $p_2 = 0,12 \text{ МПа}$ и $S_2 = S_1$, с помощью h - S диаграммы определяем энтальпию пара после расширения и энтальпию насыщенной воды

$$\text{Энтальпия пара} \quad h_2 = 2538 \text{ кДж/кг}$$

$$\text{Энтальпия воды} \quad h_2' = 439,4 \text{ кДж/кг}$$

3 Определяем удельный расход пара в идеальном цикле Ренкина

$$d = 3600 / (h_1 - h_2) = 3600 / (3302 - 2538) = 4,71 \text{ кг/кВт} \cdot \text{ч}$$

4 Вычисляем часовой расход пара

$$D = z \cdot N \cdot d = 2 \cdot 4000 \cdot 4,71 = 37680 \text{ кг/ч}$$

5 Вычисляем количество теплоты потребляемое производством

$$Q_{\text{пр}} = D \cdot (h_2 - h_2') = 37680 \cdot (2538 - 439,4) = 79,075 \cdot 10^6 \text{ кДж/ч}$$

6 Вычисляем количество теплоты сообщенной пару в котельной

$$Q = D \cdot (h_1 - h_2') = 37680 \cdot (3302 - 439,4) = 107,9 \cdot 10^6 \text{ кДж/ч}$$

7 Определяем часовой расход топлива

$$B = Q / (Q_p^{\text{н}} \cdot \eta_{\text{ку}}) = (107,9 \cdot 10^6) / (28470 \cdot 0,84) = 4511 \text{ кг/ч}$$

параметрах пара: $p_1=3,5$ МПа, $t_1=435$ °С. Конечное давление пара $p_2=0,12$ МПа. КПД котельной установки $\eta_{ку}=0,84$; теплота сгорания топлива $Q_{рн}=28470$ кДж/кг. Определить часовой расход топлива и количество теплоты, потребляемой в производстве.

В-4. Составить уравнение теплового баланса и определить расход греющего пара G_p на подогреватель низкого давления (ПНД), если известно: расход основного конденсата через ПНД $G_{о.к.}=350$ кг/с; параметры отбираемого пара $p_p=0,24$ МПа, $t_p=203$ °С; энтальпия дренажа, предыдущего по ходу пара, подогревателя $h_{др}=543$ кДж/кг; расход пара через дренаж $G_{др}=7,8$ кг/с; энтальпия основного конденсата на входе и выходе из ПНД $h_{вх}=415,3$ кДж/кг и $h_{вых}=522,6$ кДж/кг.

Решение задачи:

1 По известным параметрам p_p, t_p , используя $h-S$ диаграмму для пара, определяем энтальпию пара на входе в ПНД

$$h_p = 2875 \text{ кДж/кг}$$

2 Составим уравнение теплового баланса ПНД

$$Q_p = Q_{вых} - Q_{вх} + Q_{др}$$

3 Определим теплоту пара на входе в ПНД

$$Q_{вх} = G_{о.к.} \times h_{вх} = 145355 \text{ кДж/с}$$

4 Определим теплоту пара на выходе в ПНД

$$Q_{вых} = G_{о.к.} \times h_{вых} = 182910 \text{ кДж/с}$$

5 Определим теплоту расходуемую на дренаж

$$Q_{др} = G_{др} \times h_{др} = 4235,4 \text{ кДж/с}$$

6 Определим количество теплоты, полученное паром в ПНД

$$Q_p = Q_{вых} - Q_{вх} + Q_{др} = 41790,4 \text{ кДж/с}$$

7 Определим расход греющего пара

$$G_p = Q_p / h_p = 14,356 \text{ кг/с}$$

Схема подогревателя низкого давления приведена ниже

