

КОМИТЕТ ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

«Сосновоборский политехнический колледж»

Методические указания
к практическим работам по дисциплине «Теоретические основы
теплотехники и гидравлика»

Раздел «Гидравлика»

Сосновый Бор, 2020 год

Составила - преподаватель высшей
категории Н.П.Ронжина.

Методические указания предназначены для проведения практических работ при подготовке специалистов по профессиям и специальностям технического профиля среднего профессионального образования, в частности по специальности «Теплоснабжение и теплотехническое оборудование» в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом. Основные цели практических работ — формирование у студентов представления о гидравлических процессах, о работе насосного и вентиляционного оборудования.

Задача лабораторных работ - научить студентов:

- экспериментально определять свойства жидкостей;
- изменения потока жидкости при прохождении трубопровода переменного и постоянного сечения;
- снятие рабочих характеристик насосов и вентиляторов.

Перечень практических работ:

№ п\п	Наименование работы	Стр.
1	Измерение физических свойств жидкости	4
2	Измерение гидростатического давления	11
3	Экспериментальное определение потерь напора по длине в трубопроводе постоянного и переменного сечения	15
4	Построение напорной и пьезометрической линии для трубопровода переменного сечения	19
5	Снятие нормальной характеристики центробежного насоса	23
6	Исследование работы насосов при параллельном и последовательном включении. Снятие суммарных характеристик насосов	31
7	Построение универсальной характеристики насоса и гидравлической сети, определение рабочей точки	42
8	Изучение насосного и вентиляционного оборудования энергетического хозяйства	48

П Р А В И Л А

выполнения лабораторных и практических работ в лаборатории гидравлики
и теплотехники

1. Каждая лабораторная работа выполняется бригадой в составе 3-4 студентов.
2. Прежде чем приступить к лабораторной работе, каждый студент должен изучить ее описание, подготовить бланк отчета и сдать преподавателю коллоквиум по теоретическим вопросам, относящийся к данной работе.
3. Студент, не имеющий бланк отчета или не сдавший коллоквиум, к проведению лабораторной работы не допускается. Он обязан отработать ее в указанное преподавателем время.
4. После окончания лабораторных занятий результаты измерений и расчетов каждый студент предъявляет преподавателю для визирования.
5. К началу следующего лабораторного занятия студент должен сдать законченный отчет по выполненной работе, без данного отчета он не допускается к дальнейшим лабораторным работам.
6. Отчет по работе.. На титульном листе указывается наименование работы, кто выполнил, кто проверил, указывается год выполнения работы. На листах отчета должны быть: цель работы, схема опытного устройства, таблицы результатов измерений и таблицы результатов расчетов, с расчетами. Особое внимание при проведении расчетов необходимо обращать на соблюдение единства систем единиц измерения. Все величины, участвующие в расчетах, выражать в единицах СИ. Графики прилагаются к отчету.

ИНСТРУКЦИЯ

по технике безопасности при работе в лаборатории гидравлики и теплотехники.

1. К практическим занятиям в лаборатории допускаются студенты, получившие инструктаж по технике безопасности с соответствующим оформлением его в журнале.
2. Студентам запрещается без разрешения преподавателя включать электрооборудование, открывать и закрывать задвижки и вентили трубопроводов, включать измерительные приборы и установки.
3. Перед началом работы необходимо ознакомиться с заданием, с правилами безопасности проведения работ, проверить исправность ограждений и предохранительных устройств.
4. При работе в лабораториях выполняется только та лабораторная работа, которая предусмотрена планом. Категорически воспрещается выполнять другие лабораторные работы.
5. Во время выполнения лабораторной работы ходить без дела по лаборатории запрещается, т.к. этим отвлекается внимание других студентов и остается без наблюдения лабораторная установка, что может повлечь за собой несчастный случай.
6. Оборудование лаборатории относится к разряду особо опасных в связи с возможностью поражения электрическим током, поэтому студенты

обязаны строго соблюдать правила безопасности. В случае прекращения подачи электроэнергии необходимо отключить установку и оставаться у рабочего места.

7. Если произошел несчастный случай, то необходимо немедленно оказать первую помощь и сообщить об этом руководителю.
8. Бережное отношение к приборам и оборудованию лаборатории создает условия вашей безопасности.
9. Запрещается в лабораторию приносить верхнюю одежду.
10. По окончании работы приведите в порядок рабочее место.

Лабораторная работа

«Измерение физических свойств жидкости»

Цель работы: Освоение техники измерения плотности, теплового расширения, вязкости и поверхностного натяжения жидкостей.

Студент должен

Знать :

физические свойства жидкостей и газов: плотность, удельный объем, удельный вес, сжимаемость, вязкость;

Уметь: определять физические величины жидкостей и газов по расчетным формулам и справочным таблицам.

Оборудование:

работа выполняется на портативной лаборатории «Капелька»

Общие сведения:

Жидкость называют малосжимаемое тело, изменяющее свою форму под действием весьма малых сил. Основные характеристики жидкости – плотность, сжимаемость, тепловое расширение, вязкость и поверхностное натяжение.

Плотность ρ – отношение массы m жидкости к ее объему W : $\rho = m/W$
Сжимаемость – свойство жидкости уменьшать объем под действием давления. Она оценивается коэффициентом сжимаемости β_p , показывающим относительное уменьшение объема жидкости W при повышении давления p на единицу:

$$\beta_p = (\Delta W / W) / \Delta p$$

Тепловое расширение – свойство жидкости изменять объем при нагревании – характеризуется коэффициентом теплового расширения β_t , равным относительному приращению объема W с изменением температуры T на один градус при постоянном давлении: $\beta_t = (\Delta W / W) / \Delta T$. Как правило при нагревании объем жидкости увеличивается.

Вязкость – свойство жидкости сопротивляться относительному скольжению ее слоев. Ее оценивают динамическим коэффициентом вязкости

μ , который измеряется в паскаль секундах (Па·с) и равен касательному напряжению между соседними слоями, если их относительная скорость перемещения численно совпадает с толщиной слоя. *Кинематический коэффициент вязкости* ν определяют из формулы $\nu = \mu / \rho$ и измеряют квадратными метрами на секунду ($\text{м}^2/\text{с}$) или стоксами ($1 \text{ Ст} = 1 \text{ см}^2/\text{с}$). Эти коэффициенты определяются видом жидкости, не зависят от скорости течения, существенно уменьшаются с возрастанием температуры.

Поверхностное натяжение – свойство жидкости образовывать поверхностный слой взаимно притягивающихся молекул – характеризуется коэффициентом поверхностного натяжения, равным силе на единице длины контура свободной поверхности. Значения ρ , β_p , β_t , ν и σ при 20°C указаны в табл.1

Таблица 1

Жидкость	ρ , $\text{кг}/\text{м}^3$	$\beta_p \cdot 10^3$, МПа^{-1}	$\beta_t \cdot 10^3$, $^\circ\text{C}^{-1}$	$\nu \cdot 10^6$, $\text{м}^2/\text{с}$	$\sigma \cdot 10^3$, $\text{Н}/\text{м}$
Вода пресная	998	0,49	0,15	1,01	73
Спирт этиловый	790	0,78	1,10	1,52	23
Масло:					
Моторное м-10	900	0,60	0,64	800	25
Индустриальное 20	900	0,72	0,73	110	25
Трансформаторное	890	0,60	0,70	30	25
АМГ-10	850	0,76	0,83	20	25



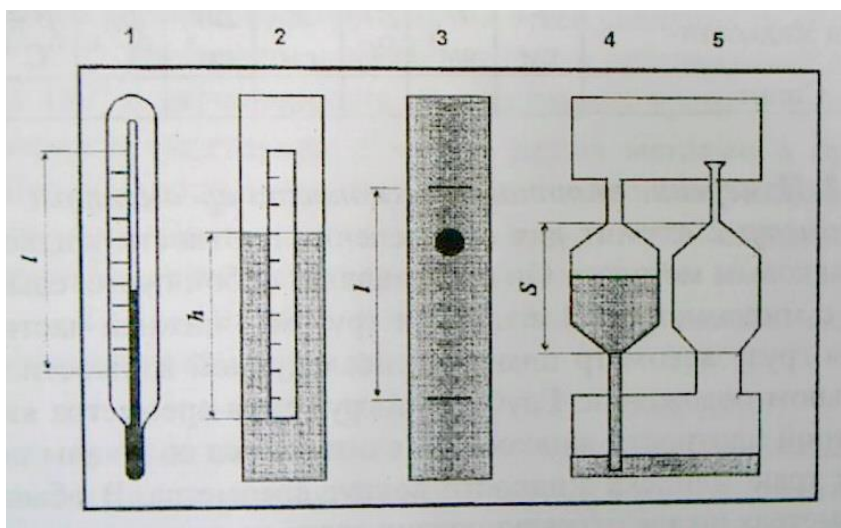


Рис. 1.1 схема устройства №1:

1-термометр; 2-ареометр; 3 -вискозиметр Стокса; 4- капиллярный вискозиметр; 5-сталагмометр

Описание устройства №1

Устройство №1 для изучения физических свойств жидкости содержит 5 приборов, выполненных в общем прозрачном корпусе, на котором указаны параметры для обработки опытных данных. Приборы 3-5 начинают действовать при перевертывании устройства №1. Термометр 1 показывает температуру окружающей среды и, следовательно, температуру жидкостей во всех устройствах.

Ход работы:

1.Определение коэффициента теплового расширения жидкости

Термометр 1 имеет стеклянный баллон с капилляром, заполненные термометрической жидкостью, и шкалу. Принцип его действия основан на тепловом расширении жидкостей. Варьирование температуры окружающей среды приводит к соответствующему изменению объема термометрической жидкости и ее уровня в капилляре. Уровень указывает на шкале изменение температуры.

Коэффициент теплового расширения термометрической жидкости определяется в следующем порядке на основе мысленного эксперимента, т.е. предполагается, что температура окружающей среды повысилась от

нижнего(нулевого) до верхнего предельных значений термометра и уровень жидкости в капилляре возрос на величину l

1. Подсчитать общее число градусных делений ΔT в шкале термометра и измерить расстояние L между крайними штрихами шкалы.
2. Вычислить приращение объема термометрической жидкости $\Delta W = \pi r^2 L$, где r - радиус капилляра термометра.
3. С учетом начального (при 0°C) объема термометрической жидкости W найти значение коэффициента теплового расширения $\beta_T = (\Delta W / W) / \Delta T$ и сравнить его со справочным значением β_T^* . Значения используемых величин заносим в таблицу 2.

Таблица 2

Вид жидкости	$r, \text{см}$	$W, \text{см}^3$	$\Delta T, ^\circ\text{C}$	$L, \text{см}$	$\Delta W, \text{см}^3$	$\beta_T, ^\circ\text{C}^{-1}$	$\beta_T^*, ^\circ\text{C}^{-1}$
Спирт							

2. Измерение плотности жидкости ареометром

Ареометр, служит для определения плотности жидкости поплавковым методом. Он представляет собой пустотелый цилиндр с миллиметровой шкалой и грузом в нижней части. Благодаря грузу ареометр плавает в исследуемой жидкости вертикальном положении. Глубина погружения ареометра является мерой плотности жидкости и считывается со шкалой по верхнему краю мениска жидкости вокруг ареометра. В обычных ареометрах шкала отградуирована сразу по плотности.

Ход работы:

1. Измерить глубину погружения h ареометра по миллиметровой шкале на нем.
2. Вычислить плотность жидкости по формуле $\rho = 4m / (\pi d^2 h)$, где m и d – масса диаметра ареометра. Эта формула получена путем приравнивания силы тяжести ареометра $G = mg$ и выталкивающей (архимедовой) силы $P_A = \rho g W$, где объем погруженной части ареометра $W = (\pi d^2 / 4) h$
3. Сравнить опытное значение плотности ρ со справочным значением ρ . Значения используемых величин свести в таблицу 3.

Таблица 3

Вид жидкости	m,г	d,см	h,см	ρ ,г/см ³	ρ^* ,г/см ³
Вода					

3.Определение вязкости вискозиметром Стокса.

Вискозиметр Стокса 3 достаточно прост, содержит цилиндрическую емкость, заполненную исследуемой жидкостью, и шарик. Прибор позволяет определить вязкость жидкости по времени падения шарика в ней следующим образом.

1. Повернуть устройство № 1 в вертикальной плоскости на 180⁰ и зафиксировать секундомер время t прохождения шариком расстояния l между двумя метками в приборе 3. Шарик должен падать по оси емкости без соприкосновения со стенками. Опыт выполнить три раза, а затем определить среднеарифметическое значение времени t .
2. Вычислить опытное значение кинематического коэффициента вязкости жидкости

$$\nu = gd^2t \left(\frac{\rho_{ш}}{\rho - 1} \right) / [18l + 43.2l \left(\frac{d}{D} \right)],$$

Где g – ускорения свободного падения; d , D – диаметры шарика и цилиндрической емкости; ρ , $\rho_{ш}$ - плотности жидкости и материала шарика.

3. Сравнить опытное значение вязкости ν с табличным значением ν^*
Значения используемых величин свести в таблицу №4

Таблица 4

Вид жидкости	ρ , кг/м ³	t , с	l , м	d , м	D , м	$\rho_{ш}$ кг/м ³	ν , м ² /с	ν^* м ² /с
М -10								

4.Измерение вязкости капиллярным вискозиметром

Вязкость-свойство жидкости сопротивляться относительному скольжению ее слоёв. Ё оценивают динамическим коэффициентом вязкости η , который измеряет в паскаль секундах(Па·с) и равен касательному напряжению между соседними слоями, если их относительная скорость перемещения численно совпадает с толщиной слоя. Кинематический коэффициент ν определяют из формулы $\nu = \eta / \rho$ и измеряют квадратными метрами на секунду ($\text{м}^2/\text{с}$) или стоксами ($1 \text{ Ст} = 1 \text{ см}^2/\text{с}$). Эти коэффициенты определяются видом жидкости, не зависят от скорости течения, существенно уменьшается с возрастанием температуры.

Устройства: Капиллярный вискозиметр 4 включает ёмкость с капилляром. Вязкость определяется по времени истечения жидкости из ёмкости через капилляр.

1. Перевернуть устройство капиллярный вискозиметр в вертикальной плоскости и определить секундомером время t истечения через капилляр объёма жидкости между метками (высотой S) из ёмкости вискозиметра и температуру T по термометру.
2. Вычислить значение кинематического коэффициента вязкости $\nu = M \cdot t$ (M -постоянная прибора) и сравнить его с табличным значением ν^* (см.табл, 1.1).Данные свести в таблицу.5

Таблица 4

Вид жидкости	$M, \text{м}^2/\text{с}^2$	$t, \text{с}$	$\nu, \text{м}^2/\text{с}$	$T, ^\circ\text{C}$	$\nu^*, \text{м}^2/\text{с}$
$M - 10$					

Контрольные вопросы

1. Какое физическое тело называется жидкостью, какие жидкости бывают?
2. Понятие плотности. удельного веса. Формула пересчета, размерность.
3. Сжимаемость, температурное расширение, модуль упругости.
4. Понятие вязкости. Формула Ньютона для сил вязкости, влияние температуры на вязкость жидкости. Природа сил вязкости.
5. Понятие удельной жидкости. В каких случаях реальная жидкость ведет себя как идеальная?
6. Устройство и принцип действия вискозиметра Стокса

7. Коэффициенты вязкости. Формула пересчета. Размерность вязкости.

Литература:

1. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. и др. Гидравлика и гидравлические машины и гидравлические приводы. М., 1982.
2. Осипов П.Е. Гидравлика и гидравлические машины. М., 1981.
3. Брюханов О.Н. Основы гидравлики и теплотехники, 3-е изд.; М., Издательский центр «Академия»; 2008.

Сайты:

gidravl.com

[myvvyz.ru>predmeti_misis...1420...po-gidravllike.html](http://myvvyz.ru/predmeti_misis...1420...po-gidravllike.html)

http://www.ph4s.ru/book_ph_gidravlika.html - учебники по гидравлике

Лабораторная работа

«Измерение гидростатического давления»

Цель работы:

Измерение гидростатического давления.

Студент должен

Знать:

свойства гидростатического давления в точке; основное уравнение гидростатики; единицы измерения давления; устройство, принцип действия приборов для измерения давления; силы гидростатического давления, действующие на различные поверхности;

Уметь:

решать задачи на определение величины давления, напора, сил, действующих на различные поверхности.

Общие сведения:

Абсолютное давление в любой точке покоящейся жидкости определяется по основному уравнению гидростатики

$$p = p_0 + \rho g H,$$

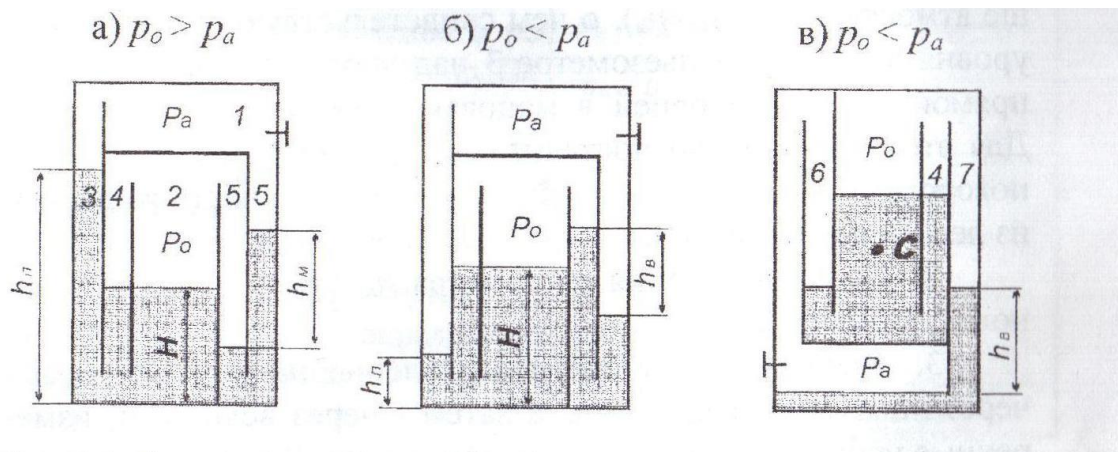
где p_0 – абсолютное давление на свободной поверхности жидкости; ρ – плотность жидкости; H – глубина погружения точки под свободной поверхностью.

В работе вычисляется давление в заданной точке (например, на дне резервуара) через показания различных приборов и затем сравниваются результаты, полученные двумя путями.

Оборудование:

работа выполняется на портативной лаборатории «Капелька»

Ход работы:



1. В резервуаре 2 над жидкостью создать давление выше атмосферного ($p_0 > p_a$), о чем свидетельствуют превышение уровня жидкости в пьезометре 3 над уровнем в резервуаре и прямой перепад уровней в мановакуумметре 5. Для этого устройство поставить на правую сторону, а затем поворотом его против часовой стрелки отлить часть жидкости из левого колена мановакуумметра 5 в резервуар 2.
2. Снять показания пьезометра h_n , уровнемера H и мановакуумметра h_m .
3. Вычислить абсолютное давление на дне резервуара через показания пьезометра, а затем – через величины, измеренные уровнемером и мановакуумметром. Для оценки сопоставимости результатов определения давления на дне резервуара двумя путями найти относительную погрешность δ_r .
4. Над свободной поверхностью жидкости в резервуаре 2 создать вакуум ($p_0 < p_a$), когда уровень жидкости в пьезометре 3 становится ниже, чем в резервуаре, а на мановакуумметре 5 появляется обратный перепад h_v . Для этого поставить устройство на левую сторону, а затем наклоном вправо отлить часть жидкости из резервуара 2 в левое колено мановакуумметра 5. Далее выполнить операции по п.п. 2 и 3
5. Перевернуть устройство против часовой стрелки (рис 2.1, в) и определить манометрические и вакуумметрическое давление в заданной преподавателем точке С через показания пьезометра 6, а затем с целью проверки найти его через показания обратного пьезометра 7 и уровнемера 4.

В процессе проведения опытов и обработки экспериментальных данных заполнить таблицу 1.

№ п/п	Наименование величин	Обозначения, формулы	Условия опыта	
			$P_0 > P_a$	$P_0 < P_a$
1	Пьезометрическая высота, м	h_n		
2	Уровень жидкости в резервуаре, м	H		
3	Манометрическая высота, м	h_m		-----
4	Вакуумметрическая высота, м	h_v	-----	
5	Абсолютное давление на дне резервуара по показанию пьезометра, Па	$p = p_a + \rho g h_n$		
6	Абсолютное давление в резервуаре над жидкостью, Па	$P_0 = p_a + \rho g h_m$ $P_0 = p_a - \rho g h_v$	-----	-----
7	Абсолютное давление на дне резервуара через показания мановакуумметра и уровнемера, Па	$p^* = p_0 + \rho g H$		
8	Относительная погрешность результатов определения давления на дне резервуара, %	$\delta p = 100(p - p^*)/p$		

Примечание. Принять атмосферное давление $p_a = 101325$ Па, плотность воды

$\rho = 1000$ кг/м³

Контрольные вопросы:

1. Понятие гидростатического давления в точке и среднего гидростатического давления.
2. Физический смысл гидростатического давления.
3. Свойства гидростатического давления.
4. Основное уравнение гидростатики, его составляющие.

5. Понятие плоскости сравнения.
6. Понятие высоты положения, пьезометрической высоты, гидростатического напора.
7. Геометрический и физический смысл основного уравнения гидростатики.
8. Закон Паскаля и его демонстрация на установке.
9. Принцип работы гидравлического пресса, расчет силы прессования.
10. Понятие абсолютного избыточного, манометрического и вакуумметрического давлений, их предельные значения, графическая интерпретация этих понятий на числовой оси.
11. Жидкостные приборы для измерения давлений.
12. Механические приборы для измерения давлений, их классификация.
13. Класс точности манометров. Определение класса точности манометра.
14. Соотношение между высотой столба жидкости и давлением, которое он создает.
15. Соотношение между единицами давления в технической системе единиц и системе СИ.

Литература:

1. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. и др. Гидравлика и гидравлические машины и гидравлические приводы. М., 1982.
2. Осипов П.Е. Гидравлика и гидравлические машины. М., 1981.
3. Брюханов О.Н. Основы гидравлики и теплотехники, 3-е изд.; М., Издательский центр «Академия»; 2008.

Сайты:

gidravl.com

myvyz.ru/predmeti_misis...1420...po-gidravlike.html

Лабораторная работа

«Построение напорной и пьезометрической линии для трубопровода переменного сечения»

Цель работы:

Построение напорной и пьезометрической линии для трубопровода переменного сечения

Студент должен:

Знать:

гидравлические характеристики потока жидкости; уравнение Бернулли для потока идеальной и реальной жидкости, его физическую сущность;

Уметь:

анализировать уравнение Бернулли для потока реальной жидкости, выполнять построение напорной и пьезометрической линий для трубопроводов переменного сечения.

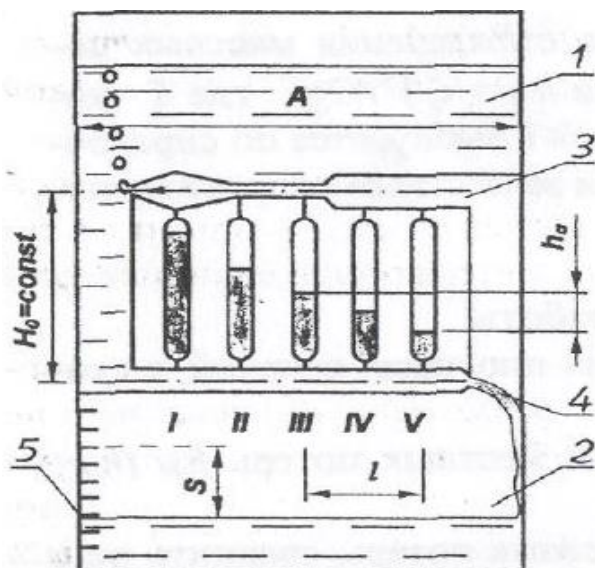
Общие сведения:

Уравнение Д. Бернулли выражает закон сохранения энергии и для двух сечений потока реальной жидкости в упрощённом виде записывается так:

$$P_1/(\rho g) + V_1^2/2g = P_2/(\rho g) + V_2^2/2g + h_{тр},$$

Где P – давление (Па), V – средняя скорость потока в сечении (м/с), ρ – плотность жидкости (м³), g – ускорение свободного падения (с), $h_{тр}$ – суммарные потери напора (м)

Устройства №4:



1,2 –баки; 3,4-опытные каналы переменного и постоянного сечения; 5-уровнемерная шкала; I-V – пьезометры

Устройство содержит баки 1 и 2 сообщаемые через опытные каналы переменного 3 и постоянного 4 сечений. Каналы соединены между собой равномерно расположенными пьезометрами I-V, служащими для измерения пьезометрических напоров в характерных сечениях. Устройство заполнено подкрашенной водой. В одном из баков предусмотрена шкала 5 для измерения уровня воды.

При переворачивании устройства благодаря постоянству напора истечения H_0 во времени, обеспечивается установившееся движение воды в нижнем канале. Другой канал в это время пропускает воздух, вытесняемый жидкостью из нижнего бака в верхний.

Ход работы:

1. При заполненном водой баке перевернуть устройство для получения течения в канале переменного сечения 3.
2. Снять показания пьезометров $H_{\pi} = P/(pg)$ по нижним частям менисков воды в них.
3. Измерить время t перемещения уровня в баке на произвольно заданную величину S .

4. По размерам A и B поперечного сечения бака, перемещению уровня S времени t определить расход Q воды в канале, а затем скоростные H_k и полные H напоры в сечениях канала по порядку, указанному в таблице 1.

Таблица 1.

№ п/п	Наименование величин	Обозначения, формулы	Сечения канала					
			I	II	III	IV	V	VI
1.	Площадь сечения канала, см.	ω						
2.	Средняя скорость, см/с	$V=Q/\omega$						
3.	Пьезометрический напор, см.	$H_p=P/(pg)$						
4.	Скоростной напор, см.	$H_k=V^2/(2g)$						
5.	Полный напор, см.	$H=P/(pg) + V^2/(2g)$						

$A= \quad \text{см}; B= \quad \text{см}; t= \quad \text{с}; Q = ABS / t = \text{см}^3/\text{с}$

5. Вычертить в масштабе канал с пьезометрами (Рис.2). Соединив уровни жидкости в пьезометрах и центром выходного сечения VI, получить пьезометрическую линию 1, показывающую изменение потенциальной энергии (давления) вдоль потока. Для получения напорной линии 2 (линии полной механической энергии) отложить от оси канала полные напоры H и соединить полученные точки.

6. Проанализировать изменение полной механической H , потенциальной P/pg кинетической $V^2/2g$ энергий жидкости вдоль потока; выяснить соответствие этих измерений уравнению Бернулли.

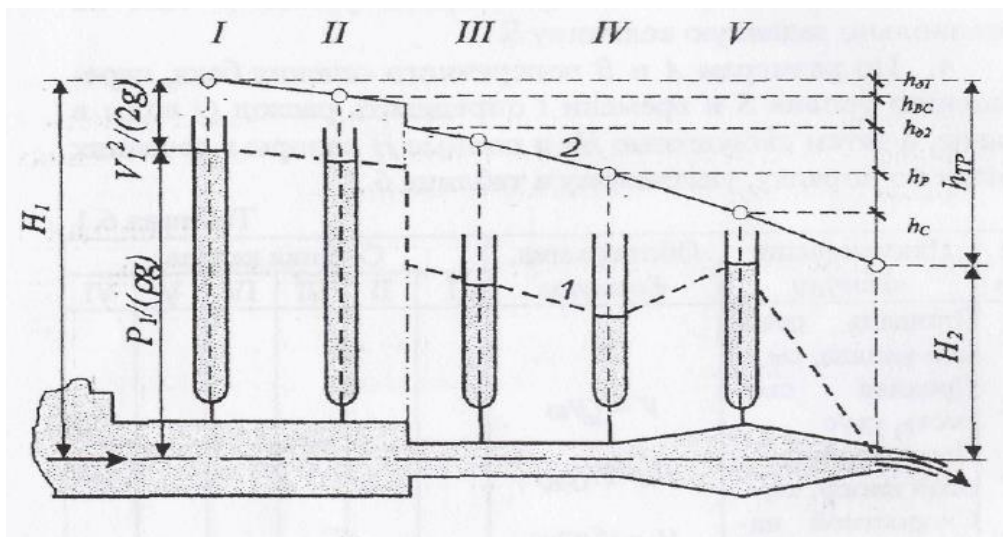


Рис2

Иллюстрация уравнения Бернулли: 1,2-пьезометрическая и напорная линии; H_1 , H_2 - полные напоры(механические энергии) на входе и выходе из канала; $h_{тр}$, $h_{с1}$, $h_{с2}$, $h_{вс}$, h_p , h_c - потери напора: суммарные, по длине на 1^{ом} и 2^{ом} участках, на внезапное сужение, на плавные расширения и сужения.

Контрольные вопросы:

1. Уравнение постоянства расхода и его физический смысл
2. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкостей, для элементарной струйки и потока.
3. Коэффициент Кариолиса и его физический смысл.
4. Геометрический и физический смысл уравнения Бернулли.
5. Геометрическая, пьезометрическая и напорная линии.
6. Напорная линия для идеальной и реальной жидкости.
7. Трубки Пито и Пито-Прандтля, измерение с их помощью скорости движения жидкости.
8. Почему постоянны показания пьезометров во времени?
9. Как определить скорости движения жидкости в данном живом сечении?

Литература:

1. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. и др. Гидравлика и гидравлические машины и гидравлические приводы. М., 1982.
2. Осипов П.Е. Гидравлика и гидравлические машины. М., 1981.

З.Брюханов О.Н. Основы гидравлики и теплотехники, 3-е изд.; М., Издательский центр «Академия»; 2008.

Сайты:

gidravl.com

[myvvyz.ru»predmeti_misis...1420...po-gidravlke.html](http://myvvyz.ru/predmeti_misis...1420...po-gidravlke.html)

Лабораторная работа

«Экспериментальное определение потерь напора по длине в трубопроводе постоянного и переменного сечения»

Цель работы:

освоение экспериментального и расчётного методов определения потерь напора на трение по длине трубопровода.

- снять показания пьезометров при истечении жидкости;
- вычислить число Рейнольдса, опытное и расчётное значения потерь напора;
- объяснить расхождение опытного и расчётного значений потерь напора.

Результат работы представляется в виде таблиц расчетных величин.

*Студент должен
знать:*

- причины потерь напора по длине;
 - формулы для определения потерь напора по длине и местных потерь.
- уметь:*
- определять коэффициенты Дарси для ламинарного и турбулентного режима;
- определять суммарные потери напора

Общие сведения:

Потери напора по длине вызваны тормозящим действием стенок, приводящим к вязкому трению частиц и струек жидкости друг о друга вдоль трубопровода. Определяются эти потери по формуле:

$$h_d = \lambda \frac{l}{d} \frac{V^2}{2g},$$

где λ – коэффициент гидравлического трения;

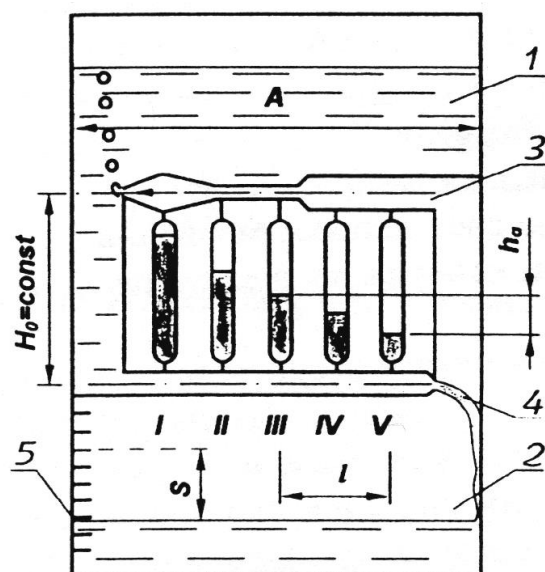
l, d – соответственно длина и внутренний диаметр канала;

V – средняя скорость;

g – ускорение свободного падения.

В опытах потери напора по длине определяются разностью показаний пьезометров, установленных на концах опытного канала, так как скорость и скоростной напор не меняется по пути (сечение канала постоянно).

Схемы установки:



- 1,2 – баки;
3,4 – опытные каналы переменного и постоянного сечений;
5 – уровнемерная шкала;
I-V – пьезометры

Ход работы:

Прибор располагается в вертикальном положении в соответствии со схемой установки. Жидкость переливается из бака 1 в бак 2. Измеряется время переливания, а также напоры в каждом пьезометре. Полученные данные заполняем в таблицу.

Таблица 1 – Определение потерь напора по длине

Наименование величин	Обозначения, формулы	Значения величин
Показания пьезометров, см	$\frac{p_I}{\rho g}, \dots, \frac{p_V}{\rho g}$	
Длина участка с равномерным движением, см	l	
Опытное значение потерь напора, см	$h_0 = \frac{p_{III}}{\rho g} - \frac{p_V}{\rho g}$	
Кинематический коэффициент вязкости воды, см ² /с	$\nu = \frac{17.9}{1000 + 34T + 0.22T^2}$	
Число Рейнольдса	$Re = \frac{Vd}{\nu}$	

Коэффициент трения при Re<2300 2300 < Re < 5000 Re > 5000	$\lambda = \frac{64}{Re}$ $\lambda = \frac{0.316}{Re^{0.25}}$ $\lambda = 0.11 \left(\frac{68}{Re} + \frac{\Delta}{d} \right)^{0.25}$	
Расчётное значение потерь напора по длине, см	$h_d^* = \lambda \frac{l}{d} \frac{V^2}{2g}$	
Относительное расхождение опытного и расчётного значений потерь	$\delta_h = \frac{h_d - h_d^*}{h_d}$	

$d = \text{см}; \quad \omega = \text{см}^2; \quad A = \text{см}; \quad B = \text{см}; \quad T = ^\circ\text{C}; \quad S = \text{см}; \quad t = \text{с};$
 $Q = ABS/t = \text{см}^3/\text{с}; \quad V = Q/\omega = \text{см}/\text{с}$

Контрольные вопросы:

1. Какие виды гидравлических потерь в трубах вы знаете?
2. Напишите формулу для определения коэффициента местного гидравлического сопротивления?
3. Как изменяются потери на трение по длине трубы?
4. Напишите формулу Вейсбаха-Дарси для определения гидравлических потерь на трение в единицах длины и давления и поясните их физический смысл.
5. Напишите формулу Пуазейля для определения коэффициента потерь на трение и укажите, для каких режимов течения жидкости она справедлива.
6. Объясните физический смысл коэффициента потерь на трение по длине трубы.
7. Что называется относительной шероховатостью и относительной гладкостью поверхности?

8. Какие конструктивные элементы в трубопроводах создают местные сопротивления?

9. Напишите формулы для определения коэффициента местного сопротивления для канала с внезапным расширением и диффузора.

10. Напишите формулы для определения коэффициента местного сопротивления для трубы с диафрагмой.

Литература:

1. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. и др. Гидравлика и гидравлические машины и гидравлические приводы. М., 1982.

2. Осипов П.Е. Гидравлика и гидравлические машины. М., 1981.

3. Брюханов О.Н. Основы гидравлики и теплотехники, 3-е изд.; М., Издательский центр «Академия»; 2008.

Сайты:

gidravl.com

myvvyz.ru/predmeti_misis...1420...po-gidravl.html

Лабораторная работа

«Снятие нормальной характеристики центробежного насоса»

Цель

работы:

Снятие нормальной характеристики центробежного насоса.

Студент должен:

Знать:

классификацию, типы, конструктивные особенности, принцип действия центробежных гидравлических насосов; основные уравнения, рабочие и универсальные характеристики, способы регулирования центробежных гидравлических насосов;

Уметь:

выбирать тип центробежного гидравлического насоса по его универсальной характеристике и коэффициенту быстроходности.

Общие сведения.

Характеристика центробежного насоса

Графическая зависимость основных технических показателей (напора, мощности, КПД, допустимой высоты всасывания) от подачи при постоянных значениях частоты вращения рабочего колеса, вязкости и плотности жидкости на входе в насос называется характеристикой насоса. Характеристика зависит от типа насоса, его конструкции и соотношения размеров его основных узлов и деталей. Различают теоретические и экспериментальные характеристики насосов. Теоретические характеристики получают, пользуясь основными уравнениями центробежного насоса, в которые вводят поправки на реальные условия его работы. На работу насоса влияет большое число факторов, которые трудно, а иногда и невозможно учесть, поэтому теоретические характеристики насоса неточны и ими практически не пользуются. Истинные зависимости между

параметрами работы центробежного насоса определяют экспериментально, в результате заводских (стендовых) испытаний насоса или его модели. Насосы испытывают на заводских испытательных станциях. Методика испытаний насосов установлена ГОСТ 6134—71. Для испытания насос устанавливают на стенде, оборудованном аппаратурой и приборами для измерения расхода, давления, вакуума и потребляемой мощности. После пуска насоса подачу регулируют изменением степени открытия задвижки на напорной линии. Таким образом устанавливают несколько значений подачи и измеряют соответствующие этим значениям величины напора и потребляемой мощности.

В некоторых случаях насосы испытывают на месте их установки (например, в насосной станции). Это прежде всего относится к крупным насосам, а также к тем случаям, когда характеристики насоса существенно изменяются под влиянием условий эксплуатации. Полученные в результате экспериментальных измерений значения подачи Q , напора H и мощности N , а также вычисленные по этим величинам значения КПД наносят на график и соединяют плавными кривыми. Обычно все три кривые наносят на один график с разными масштабами по оси ординат (рис. 3.1).

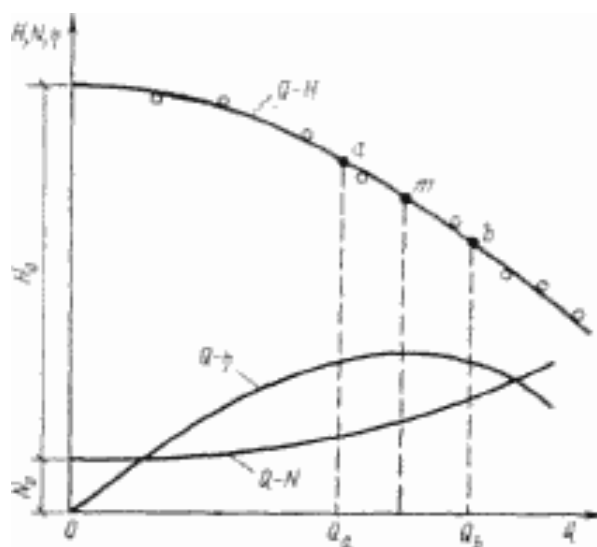


Рис. 3.1

Характеристика центробежного насоса

Характеристики насоса имеют несколько отличительных точек или областей. Начальная точка характеристики соответствует работе насоса при закрытой задвижке на напорном патрубке ($Q = 0$). В этом- случае насос развивает напор H и потребляет мощность N . Потребляемая мощность (около 30 % номинальной) расходуется на механические потери и нагрев воды в насосе. Работа насоса при закрытой задвижке возможна лишь непродолжительное время (несколько минут).

Оптимальная точка характеристики **m** соответствует максимальному значению КПД. Так как кривая $Q—\eta$ имеет в зоне оптимальной точки пологий характер, то на практике пользуются рабочей частью характеристики насоса (зона между точками a и b на рис. 3.1), в пределах которой рекомендуется его эксплуатация. Рабочая часть характеристики зависит от допустимого снижения КПД, которое принимают, как правило, не более 2—3 % максимального его значения.

Максимальная точка характеристики (конечная точка кривой $Q—H$) соответствует тому значению подачи, после достижения которого насос может войти в кавитационный режим.

На заводских характеристиках многих насосов наносят еще одну кривую $Q—h_{\text{доп}}$ или $Q—H_{\text{доп}}$. Эта кривая дает значения допустимой высоты всасывания в зависимости от подачи насоса. Кривую $Q—h_{\text{доп}}$ получают при испытании насоса на стенде, позволяющем создавать различные значения полной высоты всасывания при заданной подаче насоса. Кривой $Q—h_{\text{доп}}$ пользуются при проектировании насосных установок и насосных станций.

Основной кривой, характеризующей работу насоса, является кривая зависимости напора от подачи $Q—H$. В зависимости от конструкции насосов форма кривой $Q—H$ может быть разной. Для разных насосов существуют кривые, непрерывно снижающиеся, и кривые с возрастающим участком

(имеющие максимум). Первые называют стабильными, а вторые нестабильными (лабильными) характеристиками. В свою очередь кривые обоих типов могут быть пологими, нормальными и крутопадающими. Вид характеристики насоса в значительной степени зависит от его коэффициента быстроходности.

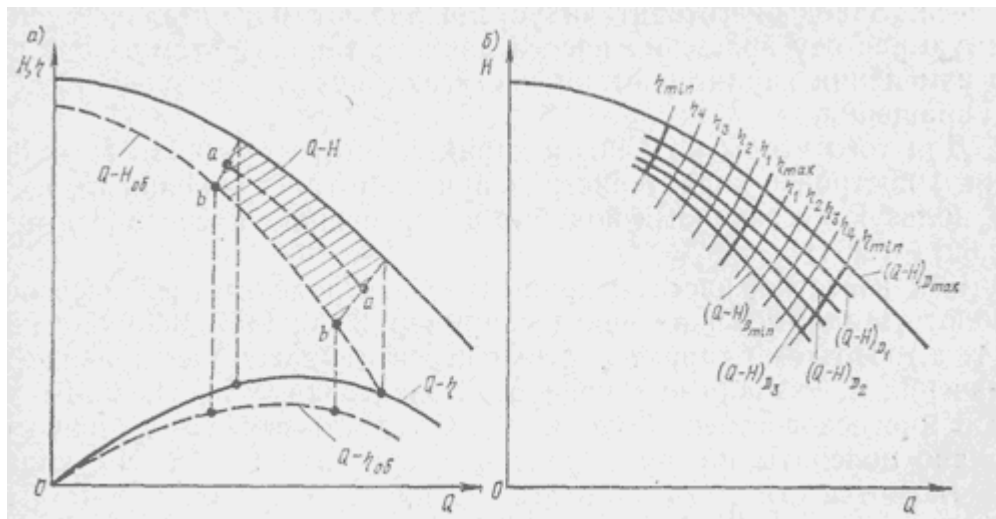


Рис. 3.2. Поле $Q-H$ насоса а — без изолиний КПД; б — с изолиниями КПД

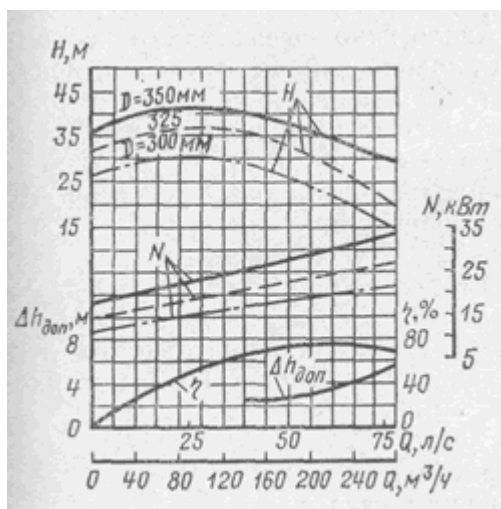


Рис. 3.3. Характеристика центробежного насоса Д200-36 ($n=1450$ об/мин) H — кривые $Q-H$; N — кривые $Q-N$; η — кривая $Q-\eta$

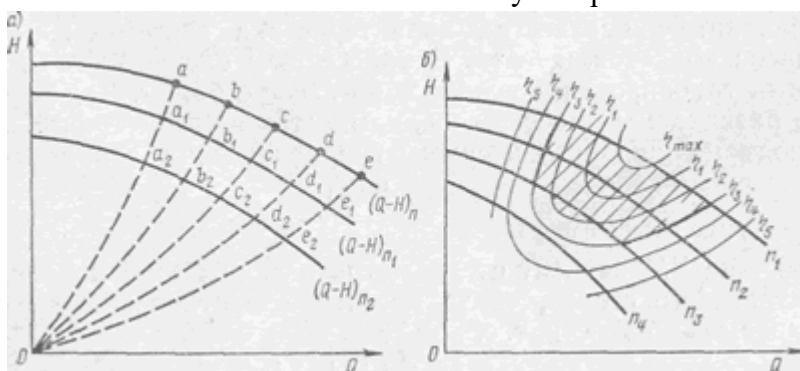
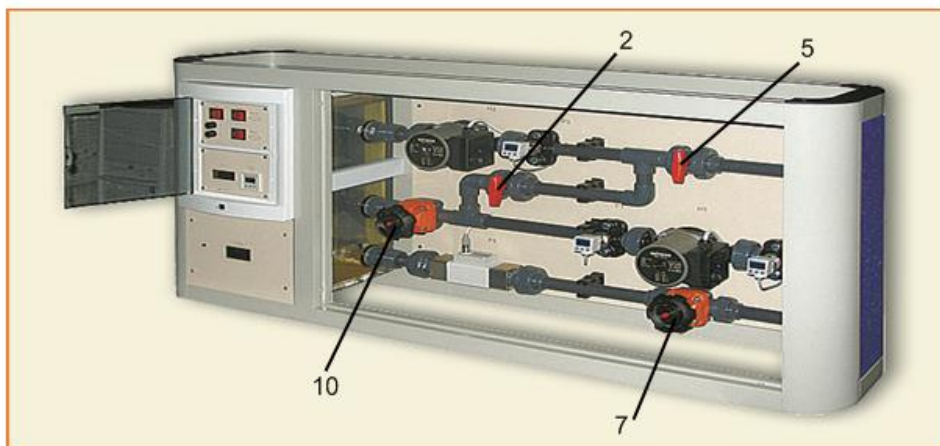


Рис. 3.4. Пример построения характеристик насосов а — при изменении частоты вращения; б — универсальной

Работу выполняем на стенде для испытаний центробежных насосов ЛИСЦН-3.

Ход выполнения работы

1. Убедитесь, что стенд подключён к однофазной сети и бак стенда заполнен рабочей жидкостью.
2. Включить питание стенда.
3. Проверить состояние кранов: 2,5,7 должны быть закрыты, кран 10 открыт.



4. Включите насос Н1

5. Провести снятие характеристики.

- Давление на входе в насос p_1 - по показаниям датчика давления 8
- Давление на выходе из насоса p_2 – оп показаниям датчика давления 6
- Подача насоса Q - по показаниям расходомера 9
- Электрическая мощность ,потребляемая насосом $N_{потр}$ – по показаниям ваттметра 1.

6. После снятия последней точки необходимо закрыть кран 7 и выключить насос и стенд.

При снятии характеристики необходимо, выставив какую-либо точку, подождать 10...20 секунд для того, чтобы дать насосу время перейти в стационарный режим работы после изменения сопротивления системы. Равномерность снятия точек контролируется по расходомеру.

Обработка опытных данных:

$$\Delta p = p_2 - p_1$$

КПД насоса определяется по формуле

$$\eta = \frac{H \rho g Q}{N_{\text{потр}}} = \frac{\Delta p Q}{N_{\text{потр}}} \quad (3)$$

где Q- подача насоса (м³/с)

Разность скоростных напоров определяется по диаметрам входных патрубков насоса, и по величине подачи насоса.

$$H = \frac{P_{\text{вых}}}{\rho g} - \frac{P_{\text{вх}}}{\rho g} = \frac{\Delta p}{\rho g} \quad (2)$$

Таблица 1

t= °C ; ρ=							
№	P1	P2	ΔP	Q	Nпотр	H	η
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							

После снятия экспериментальных точек строятся зависимости напора, потребляемой электрической мощности и КПД от подачи насоса (рис 3.3). Напор насоса рассчитывается по формуле (2), КПД насосного агрегата рассчитывается по формуле(3).

При проведении расчетов использовать данные, приведенные в таблице 2

Таблица 2

Температура °С	Давление пара, Па	Плотность, кг/м ³	Температура °С	Давление пара, Па	Плотность, кг/м ³
0	610.7	999.8	26	3359.7	996.84
1	656,4	999.88	27	3563.7	996.56
2	705.9	999.92	28	3778.5	996.30
3	757.4	999.96	29	4004.0	996,00
4	812.9	1000.00	30	4241.3	995.70
5	871,8	999.98	31	4491.4	995.36
6	934.9	999.94	32	4557,1	995.00
7	1001.2	999.90	33	5018.8	994,64
8	1007,2	999.84	34	5318.1	994.26
9	1147,3	999.78	35	5622.1	993.90
10	1227,1	999,70	36	5939,9	993.Я
11	1311.7	999.60	37	6274.3	993.20
12	1401,5	999.48	38	6624,4	992.80
13	1496.6	999.34	39	6991.2	992,44
14	1597.4	999.20	40	7374.6	992.30
15	1704,0	999.00	41	7776.7	991.70
16	1816.9	998,88	42	8198.3	991.32
17	1936.3	998.72	43	8638.7	990.94
18	2062,3	998. Я	44	9099.6	990,54
19	2159,7	998.36	45	9582.1	990.20
20	2336,9	998.20	46	10085.1	989.74
21	2485.0	997.96	47	10611.8	919,34
22	2641,9	997.74	48	11161.9	988.97
23	2807,6	997.54	49	11735.6	988,52
24	2982,2	997.32	50	12334.8	988.10

Контрольные вопросы:

- 1.Какая гидравлическая машина называется насосом?
- 2.Какие характеристики центробежного насоса связывает его рабочая характеристика?
- 3.Как влияет частота вращения рабочего колеса на подачу центробежного насоса?
- 4.Как зависит мощность насоса от частоты вращения рабочего колеса?
- 5.Что понимается под коэффициентом быстроходности и для чего он используется?
- 6.Как определить всасывающую способность центробежных насосов?

Литература:

1. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. и др. «Гидравлика и гидравлические машины и гидравлические приводы». М., 1982.
2. Брюханов О.Н. «Основы гидравлики и теплотехники, 3-е изд.; М., Издательский центр «Академия»; 2008.
3. Осипов П.Е. «Гидравлика и гидравлические машины.» М., 1981.
4. Яременко О.В. «Испытание насосов», М., Машиностроение, 1976г.
5. ГОСТ 6134-71 «Насосы динамические. Методы испытаний»

Сайты:

gidravl.com

[myvvyz.ru»predmeti_misis...1420...po-gidravllike.html](http://myvvyz.ru/predmeti_misis...1420...po-gidravllike.html)

http://www.ph4s.ru/book_ph_gidravluka.html- учебники по гидравлике

Лабораторная работа

«Исследование работы насосов при параллельном и последовательном включении.

Снятие суммарных характеристик насосов»

Цель работы:

1. Исследование работы насосов при параллельном и последовательном включении.

Снятие суммарных характеристик насосов»

Студент должен:

Знать:

классификацию, типы, конструктивные особенности, принцип действия центробежных гидравлических насосов; основные уравнения, рабочие и универсальные характеристики, способы регулирования центробежных гидравлических насосов;

Уметь:

выбирать тип центробежного гидравлического насоса по его универсальной характеристике и коэффициенту быстроходности.

В практике использования насосов нередко приходится пользоваться совместной их работой, т.е. включением нескольких одновременно действующих насосов на одну систему. Включать их на одну систему можно параллельно или последовательно. К параллельной работе прибегают, если необходимо увеличить расход жидкости в системе. В параллельную работу можно включать насосы, имеющие одинаковые характеристики, а также машины с различными характеристиками.

Параллельная работа. Предположим, что мы имеем два одинаковых центробежных насоса, т.е. характеристики их $Q - H$ при $n = 24$ совмещаются, и характеристику системы $H_e - Q_e$. Суммарная характеристика насосов в этом

случае получится сложением подач насосов при одинаковых значениях напора.

1. Совместная работа двух насосов

Насосы в насосных станциях и крупных установках, как правило, работают совместно, т.е. несколько насосов подают жидкость в одну систему. При этом насосы могут быть включены в систему последовательно или параллельно.

1.2. Последовательное включение насосов

Центробежные насосы включают в одну систему последовательно, т.е. насадок насоса подключают к всасывающему патрубку второго в тех случаях, когда напор, развиваемый одним насосом, насос 1 для подачи жидкости на высоту.

Для построения суммарной характеристики последовательно работающих насосов необходимо сложить ординаты характеристик этих насосов при одной и той же подаче, так как напор, развиваемый последовательно работающими насосами, равен сумме напоров, развиваемых каждым из этих насосов (рис. 3).

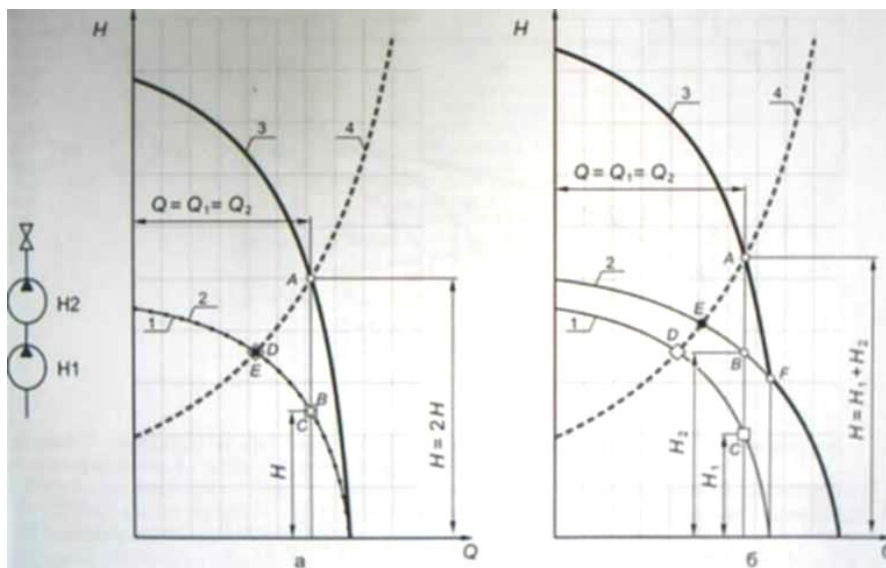


Рис.3

Кривые 1 - характеристика насоса Н1; 2- характеристика насоса Н2; 3 - совместная характеристика; 4 - характеристика сети.

Точки А - рабочая точка сети, В - рабочая точка насоса Н2, С - рабочая точка насоса Н1,

О - рабочая точка насоса Н1 при индивидуальной работе на сеть, Е- рабочая точка насоса Н2 при индивидуальной работе на сеть

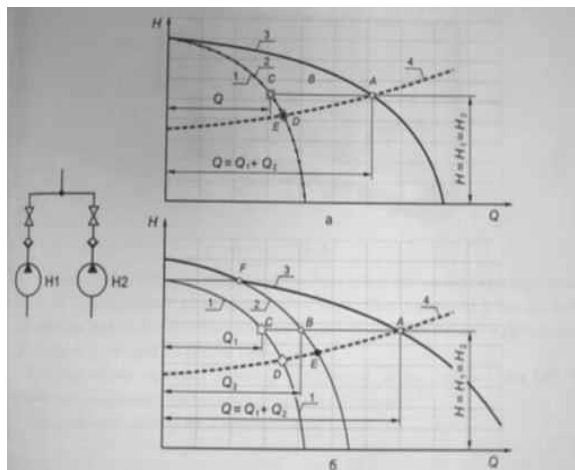
На рисунке 3а отображена последовательная работа двух одинаковых насосов, а на рисунке 3б- двух разных. Правее точки F общая характеристика совпадает с характеристикой второго насоса (на практике характеристика будет несколько иной, т.к. насос III становится дополнительным сопротивлением па всасывании насоса Н2).

Обратим внимание, что суммарный напор насосов, работающих последовательно в общей системе, меньше, чем сумма напоров этих же насосов при их раздельной работе.

1.3. Параллельное включение насосов

Параллельной называют совместную одновременную работу нескольких насосов, присоединенных напорными патрубками к общей системе.

Для того чтобы построить суммарную характеристику двух насосов при их параллельной работе, необходимо сложить абсциссы их характеристик при



одинаковых ординатах (напорах) (рис. 4).Рис.4

Кривые 1 - характеристика насоса Н1; 2- характеристика насоса Н2; 3 - совместная характеристика; 4 - характеристика сети:

Точки А - рабочая точка сети; В - рабочая точка насоса Н2; С - рабочая точка насоса Н1;

О - рабочая точка насоса Н1 при индивидуальной работе на сеть; Е- рабочая точка насоса Н2 при индивидуальной работе на сеть.

На рисунке 4а отображена параллельная работа двух одинаковых насосов, а на рисунке 4б - двух разных. Левее точки F общая характеристика будет совпадать с характеристикой второго насоса (при отсутствии обратных клапанов характеристика будет иной, т.к. насос Н1 будет работать как байпас).

Следует обратить внимание, что суммарная подача насосов, работающих параллельно в общей системе, меньше, чем сумма подачи этих же насосов при их раздельной работе. Это происходит из-за того, что при увеличении общего расхода жидкости, подаваемой в систему, возрастают потери напора, а, следовательно, увеличивается и напор, необходимый для подачи данного расхода, что влечет за собой уменьшение подачи каждого насоса.

При параллельной работе насосов их общая подача определяется суммарной характеристикой и характеристикой сети (рис. 8.8). Предположим, что каждый насос работает в номинальном режиме с $L_{ном}$ и $H_{ном}$, так что суммарная производительность насосов составляет $2L_{ном}$. При отключении одного из насосов, режим насоса, который остался в работе, изменяется соответственно его H-L характеристике (от точки А к точке Р). При этом его подача, обусловленная точкой постоянной работы Р, возрастет от $L_{ном}$ к L . Таким образом, при отключении одного насоса подача в магистрали снижается менее чем в 2 раза. Чем меньше статический напор, тем в меньшей мере снижается подача, тем менее эффективен данный способ регулирования. Следует обратить внимание, что двигатель, который остался в работе, оказывается перегруженным по сравнению с номинальным режимом при совместной работе. Действительно, при "пологой" характеристике насоса напор снижается в меньшей степени, чем увеличивается подача, то есть $H_{ном} < H_p$ $L_{ном} < L_p$.



где S - характеристика сети.

Пересечение характеристики сети и характеристики насоса дает рабочую точку - точку совместной работы насоса и гидравлической сети. В рабочей точке подача и напор насоса со ступенчатым регулированием подачи может не совпадать с расчетными значениями. В режиме отопления, а особенно в режиме охлаждения, очень важно поддерживать определенное значение расчетного расхода тепло-холодоносителя в системе для обеспечения температурного режима в помещениях. Следует изменить характеристику сети, уменьшая или увеличивая потери давления в ней, так, чтобы расход жидкости в системе сохранить равным расчетному значению. Тогда параметры рабочей точки будут соответствовать расчетным параметрам. Характеристики центробежных насосов изменяются при использовании водных растворов незамерзающих жидкостей, так как изменяется кинематическая вязкость и плотность перемещаемой жидкости. При отсутствии такой характеристики для незамерзающей жидкости можно подбирать насос по характеристике для чистой воды, учитывая, что напор насоса уменьшается в среднем на 5% от напора для чистой воды. Основным показателем, которым следует руководствоваться при выборе насоса, является его коэффициент полезного действия в расчетном режиме. Иногда более высокому к.п.д. соответствует насос большего размера, что увеличивает

инвестиционные вложения. Однако это удорожание весьма быстро окупается уменьшением эксплуатационных расходов в результате экономии электроэнергии.

2.Последовательное соединение.

Последовательное соединение

Центробежные насосы включают в одну систему последовательно, т.е. напорный патрубок одного насоса подключают к всасывающему патрубку второго в тех случаях, когда напор, развиваемый одним насосом, недостаточен для подачи жидкости на заданную высоту, или в тех случаях, когда последовательное включение насосов позволяет обеспечить подачу расчетного расхода при заданной характеристике системы.

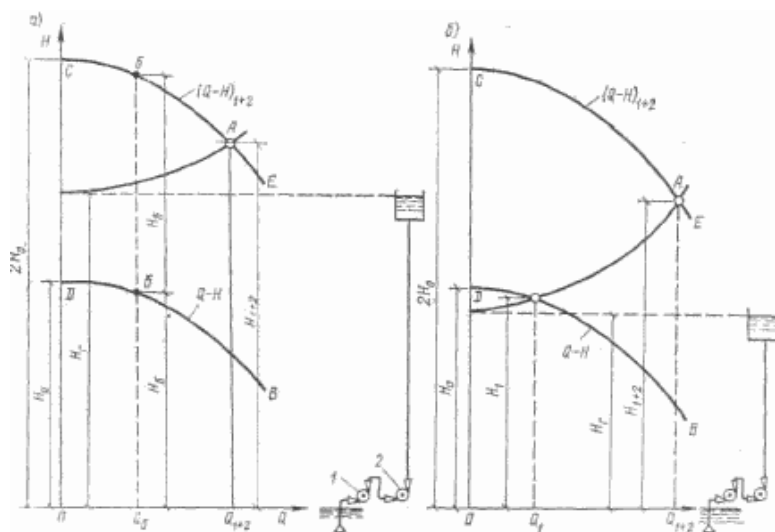


Рис. (1) Характеристика последовательной работы двух одинаковых насосов
а — при $H_p > H_a$; б — при $H_p < H_a$

Снятие суммарных характеристик насосов

Для построения суммарной характеристики последовательно работающих насосов необходимо сложить ординаты характеристик $Q - H$ этих насосов при одной и той же подаче, так как напор, развиваемый последовательно работающими насосами, равен сумме напоров, развиваемых каждым из этих насосов. На рис. (1) изображена суммарная характеристика двух одинаковых насосов при их последовательной работе для случая, когда каждый из них в отдельности не может поднять воду на заданную высоту (так как $H_T > H$). Характеристика совместной работы двух насосов (кривая CE) получена путем удвоения ординат характеристики каждого насоса (кривой DB), например ординаты H_6 в точке $б$ при подаче Q_6 . Рабочая точка последовательно включенных насосов (точка A на рис.(1), а) лежит на пересечении кривой совместной работы насосов CE с характеристикой системы. Насосы включают последовательно и в тех случаях, когда один насос в состоянии подать воду в систему, но не обеспечивает заданной подачи ($H_T < H$). Построение суммарной характеристики двух одинаковых насосов для такого случая показано на рис. (1), б. Как видно из этого рисунка, последовательное включение насосов позволяет увеличить не только напор, но и подачу воды. В практике перекачивания жидкости на большие расстояния при значительном геометрическом подъеме бывает необходимо располагать последовательно работающие насосы (или насосные установки) на значительных расстояниях один от другого, устраивая так называемые станции подкачки.

Цель работы:

Получение совместной характеристики при последовательной работе двух насосов.

Ход работы:

1. Убедитесь, что стенд подключён к однофазной сети и бак стенда заполнен рабочей жидкостью

2. Включить питание стенда.

3. Проверить состояние кранов. Кран 5, 10 и 7 должны быть закрыты, кран 2 - открыт.

4. Включить насосы Н1 и Н2

5. Провести состояние характеристики.

- Давление на входе в насос Н2
- Давление на выходе из насоса Н1
- Подача.

6. Температура жидкости в баке фиксируется по датчику температуры 1 раз в ходе цикла испытаний.

Обработка опытных данных:

$$\Delta p = p_2 - p_1$$

КПД насоса η - определяется по формуле:

$$\eta = \frac{H \rho g Q}{N_{ном}} = \frac{\Delta p Q}{N_{ном}}$$

где Q - подача насоса ($\text{м}^3/\text{с}$)

Разность скоростных напоров определяется по диаметрам входных патрубков насоса, и по величине подачи насоса

$$H = P_{\text{вых}} / \rho g - P_{\text{вх}} / \rho g = \Delta p / \rho g$$

$t = ^\circ\text{C}$, $p =$					
№	P1	P2	ΔP	Q	H
1					
....					

7					
8					
9					

После снятия последней точки (при полностью открытом кране 7) необходимо закрыть кран 7, выключить насосы и стенд.

По окончании эксперимента строится суммарная напорная характеристика двух насосов.

Возможно также получение суммарной характеристики при изменении частоты вращения одного из насосов. В этом случае необходимо перед запуском насосов установить нужную частоту вращения переключателем на клеммной коробке насоса.

Цель работы: Получение совместной характеристики при параллельной работе двух насосов.

1. Убедитесь, что стенд подключён к сети питания и бак стенда заполнен рабочей жидкостью.
 2. Включить питание стенда.
 3. Проверить состояние кранов. Кран 2 и 7 должны быть закрыты, краны 5 и 10 открыты.
 4. Включите насосы Н1 и Н2.
 5. Провести снятие характеристики.
 - Давление на входе в насос Н2.
 - Давление на выходе из насоса Н1
 - Подача.
 6. Температура жидкости в баке фиксируется по датчику температуры 1 раз в ходе цикла испытаний.
- Все контролируемые параметры заносятся в таблицу 2.

Таблица 2

$T^0 = \text{ } ^\circ\text{C}, p = \text{ } \text{Па}$					
№	P1	P2	ΔP	Q	H
1					
2					
...					
8					
9					

По окончании эксперимента строится суммарная напорная характеристика двух насосов.

Контрольные вопросы:

1. Как определить мощность на валу центробежного насоса?
 2. Напишите уравнение Эйлера для насоса?
 3. Как определить КПД центробежного насоса?
 4. Какие характеристики центробежного насоса связывает его рабочая характеристика?
 5. Как влияет частота вращения рабочего колеса на подачу центробежного насоса?
 6. Как зависит мощность насоса от частоты вращения рабочего колеса?
 7. Что понимается под коэффициентом быстроходности и для чего он используется?
- Как определить всасывающую способность центробежных насосов?
8. Каковы последствия кавитации в насосах?

9.Как определить рабочую точку насосной установки?

10.Как осуществляется регулирование подачи насоса?

11.Для чего применяется параллельная и последовательная работа насосов?

Как осуществляется подбор насосов?

Литература:

1.Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. и др. Гидравлика и гидравлические машины и гидравлические приводы. М., 1982.

2.Осипов П.Е. Гидравлика и гидравлические машины.М.,1981.

3.Брюханов О.Н.Основы гидравлики и теплотехники,3-е изд.;М.,Издательский центр»Академия»;2008.

4.Яременко О.В. «Испытание насосов», М.,Машиностроение, 1976г.

5.ГОСТ 6134-71 «Насосы динамические. Методы испытаний»

Сайты:

gidravlik.com

[myvvyz.ru»predmeti_misis...1420...po-gidravlike.html](http://myvvyz.ru/predmeti_misis...1420...po-gidravlike.html)

http://www.ph4s.ru/book_ph_gidravlika.html- учебники по гидравлике

Лабораторная работа

«Построение универсальной характеристики насоса и гидравлической сети, определение рабочей точки»

Цель работы:

Построить универсальную характеристику насоса и гидравлической сети , определить рабочую точку.

Студент должен:

Знать:

рабочие и универсальные характеристики, способы регулирования центробежных гидравлических насосов;

Уметь:

выбирать тип центробежного гидравлического насоса по его универсальной характеристике и коэффициенту быстроходности.

Общие сведения:

Характеристикой гидравлической сети (насосной установки) называется зависимость между потребным напором H_p и расходом Q в сети.

Потребный напор представляет собой сумму статического напора и гидравлических потерь h . При водо-, тепло- и газоснабжении в большинстве случаев статический напор численно равен геометрическому напору H_g (высоте, на которую следует поднять жидкость).

Характеристики гидравлической сети

Таким образом

$$H_p = H_g + h. \quad (1)$$

Потери напора в сети h складываются из потерь по длине h_l , то есть

$$h = h_l + h_m.$$

При турбулентном режиме гидравлические потери пропорциональны расходу во второй степени: $h = f(Q^2)$. Поэтому характеристика сети (характеристика насосной установки) представляет собой квадратичную параболу (в системе координат $Q - H$), которая выходит из точки, лежащей на оси ординат и отстающей от начала координат на величину геометрического напора H_g .

Для построения характеристики сети необходимо определить потребный напор для нескольких, произвольно выбранных, значений подачи насоса и построить график зависимости $H_p = f(Q)$.

Крутизна параболы зависит от величины потерь. Чем больше величина потерь напора, тем круче парабола.

Ход работы:

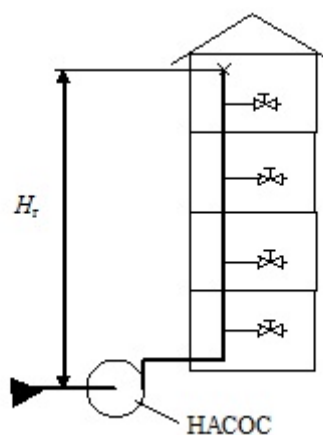


Рис.1

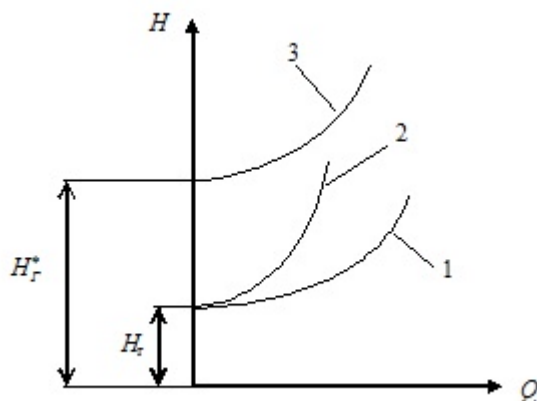


Рис.2

На рисунке 1 условно изображена схема подачи воды в четырёхэтажном доме, а на рисунке 2 изображена характеристика этой сети при определённом диаметре труб (кривая 1). Если в том же доме трубопроводы выполнить из труб меньшего диаметра, то характеристика сети изменится (кривая 2). Это произойдёт потому, что при уменьшении диаметра труб увеличились потери напора в сети. При увеличении этажности дома возрастает геометрическая

высота. В этом случае начальная точка характеристики сети переместится вдоль оси ординат на расстояние (кривая 3).

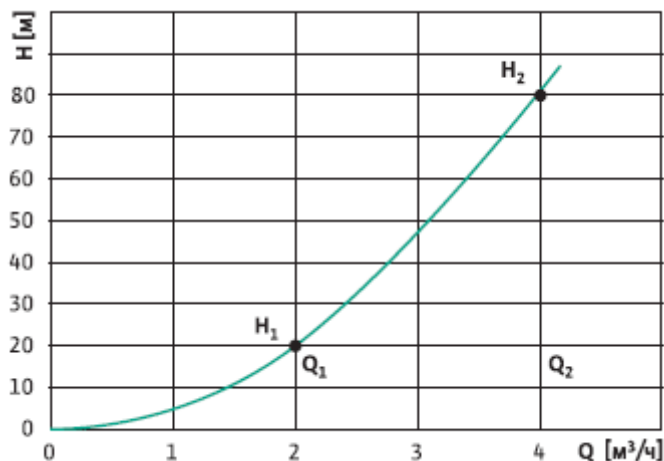
Характеристика насосной системы

Трение, имеющее место в трубопроводной сети, ведет к потере давления перекачиваемой жидкости по всей длине. Кроме этого, потеря давления зависит от температуры и вязкости перекачиваемой жидкости, скорости потока, свойств арматуры и агрегатов, а также сопротивления, обусловленного диаметром, длиной и шероховатостью стенок труб.

Потеря давления отображается на графике в виде характеристики системы. Для этого используется тот же график, что и для характеристики насоса.

Характеристика системы

Форма характеристики показывает следующие зависимости:



Причиной гидравлического сопротивления, имеющего место в трубопроводной сети, является трение воды о стенки труб, трение частиц воды друг о друга, а также изменение направления потока в фасонных деталях арматуры.

При изменении подачи, например, при открывании и закрывании термостатических вентилей, изменяется также скорость потока и, тем самым, сопротивление.

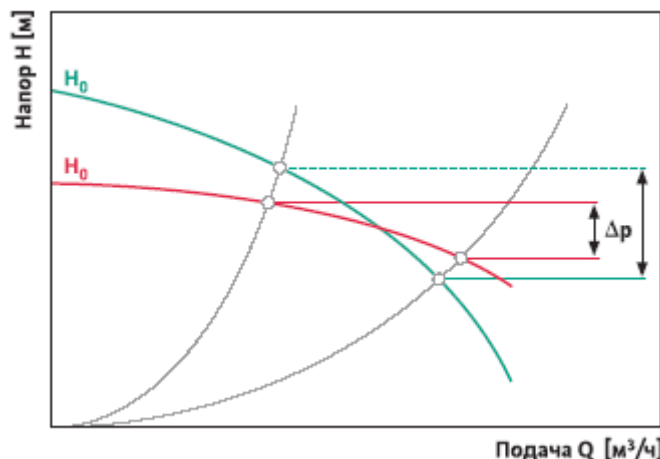
Так как сечение труб можно рассматривать как площадь живого сечения потока, сопротивление изменяется квадратично. Поэтому график будет иметь форму параболы. Эту связь можно представить в виде следующего уравнения:

$$H_1/H_2 = (Q_1/Q_2)^2$$

Форма характеристик насоса:

На рисунке показана различная крутизна характеристик насоса, которая может зависеть, в частности, от частоты вращения мотора.

Различное изменение подачи и давления



При этом крутизна характеристики и смещение рабочей точки влияет также на изменение подачи и напора:

- пологая кривая
- большее изменение подачи

при незначительном изменении напора

- крутая кривая

– большое изменение подачи

при значительном изменении напора

Рабочая точка насоса



Рисунок 1. Рабочая точка насоса

Там, где характеристика насоса пересекается с характеристикой сети, называется актуальной точкой системы отопления или системы водоснабжения. Это говорит о том, что в этой точке имеет место равновесие между напором насоса и сопротивлением сети трубопровода. Из этого следует, что при изменении производительности, которую может обеспечить насос, рабочая точка также изменится.

Контрольные вопросы:

1. Основная характеристика насоса.
2. Что называется характеристикой трубопровода (сети)?
3. На что расходуется напор, создаваемый насосом?
4. Что называется рабочей точкой насоса в сети?
5. Качественный способ регулирования это.

Литература:

- 1.Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. и др. «Гидравлика и гидравлические машины и гидравлические приводы.» М., 1982.
- 2.Осипов П.Е. «Гидравлика и гидравлические машины».М.,1981.
- 3.Брюханов О.Н .»Основы гидравлики и теплотехники»,3-е изд.; М., Издательский центр»Академия»;2008.
- 4.Яременко О.В. «Испытание насосов», М.,Машиностроение, 1976г.
- 5.ГОСТ 6134-71 «Насосы динамические. Методы испытаний»

Сайты:

gidravli.com

[myvvyz.ru»predmeti_misis...1420...po-gidravlike.html](http://myvvyz.ru/predmeti_misis...1420...po-gidravlike.html)

http://www.ph4s.ru/book_ph_gidravlika.html- учебники по гидравлике

Лабораторная работа

«Изучение насосного и вентиляционного оборудования энергетического хозяйства»

Цель работы:

Изучение насосного и вентиляционного оборудования энергетического хозяйства

Студент должен:

знать:

назначение, классификацию и область применения основных типов насосов и вентиляционного оборудования энергетического хозяйства

- устройство и принцип действия;
- основные характеристики;
- достоинства и недостатки;

уметь:

- определять основные характеристики насосов и вентиляционного оборудования энергетического хозяйства

Общие сведения:

Насос - это устройство (гидравлическая машина) для напорного перемещения (всасывания и нагнетания) главным образом капельной жидкости в результате сообщения ей внешней энергии (потенциальной и кинетической).

Основной параметр насоса - количество жидкости, перемещаемое в единицу времени, т. е. осуществляемая объёмная подача Q . Для большинства насосов важнейшими техническими параметрами также являются: развиваемое давление p или соответствующий ему напор H , потребляемая мощность N и КПД η .

Классификация. Устройства для напорного перемещения жидкостей разделяют на виды и разновидности по различным признакам, например по принципу действия и конструкции. Такой признак положен в основу классификации, представленной в Государственном стандарте СССР (ГОСТ 17389-72). Н. можно также условно разделить на 2 группы: насосы-машины, приводимые в действие от двигателей, и насосы-аппараты, которые действуют за счёт иных источников энергии и не имеют движущихся рабочих органов. Н.-машины бывают лопастные (центробежные, осевые, Фонтанные), поршневые, роторные (шестерённые, колесовальные, пластинчатые, винтовые и др.). К Н.-аппаратам относятся струйные (жидкостно-жидкостные и газожидкостные), газлифты (в том числе эрлифты), вытеснители (в том числе

паровые и газовые), гидравлические тараны, магнитогидродинамические насосы и др.

Основные типы современных насосов. Центробежные Н. являются наиболее распространёнными и предназначены для подачи холодной или горячей ($t > 60^\circ\text{C}$) воды, вязких или агрессивных жидкостей (кислот и щелочей), сточных вод, смесей воды с грунтом, золой и шлаком, торфом, раздробленным каменным углём и т.п. Их действие основано на передаче кинетической энергии от вращающегося рабочего колеса тем частицам жидкости, которые находятся между его лопастями. Под влиянием возникающей при этом центробежной силы P частицы подаваемой среды из рабочего колеса перемещаются в корпус Н. и далее, а на их место под действием давления воздуха поступают новые частицы, обеспечивая непрерывную работу Н.

Осевые Н. предназначены главным образом для подачи больших объёмов жидкостей. Их работа обусловлена передачей той энергии, которую получает жидкость при силовом воздействии на неё лобовой поверхности вращающихся лопастей рабочего колеса. Частицы подаваемой жидкости при этом имеют криволинейные траектории, но, пройдя через выправляющий аппарат, начинают перемещаться от входа в Н. до выхода из него, в основном вдоль его оси (откуда и название).

Классификация насосов по принципу действия

По характеру сил, преобладающих в насосе: объёмные, в которых преобладают силы давления и динамические, в которых преобладают силы инерции.

Объёмные насосы

Рабочий процесс объёмных насосов основан на попеременном заполнении рабочей камеры жидкостью и вытеснении её из рабочей камеры. Некоторые виды объёмных насосов:

- Импеллерные насосы - обеспечивают ламинарный поток перекачиваемого продукта на выходе из насоса, и могут использоваться в качестве дозаторов
- Пластинчатые насосы - обеспечивают равномерное и спокойное всасывание перекачиваемого продукта на выходе из насоса, могут использоваться для дозирования. Могут быть как регулируемые, так и нерегулируемые. В пластинчатых регулируемых насосах изменение подачи осуществляется за счёт изменения объёма рабочей камеры благодаря изменению эксцентриситета ротора и статора. В качестве регулирующего устройства применяются гидравлические и механические регуляторы.

- Винтовые насосы - обеспечивают ровный поток перекачиваемого продукта на выходе из насоса, могут использоваться для дозирования
- Поршневые насосы могут создавать весьма высокое давление, плохо работают с абразивными жидкостями, могут использоваться для дозирования
- Перистальтические насосы создают невысокое давление, химически инертны, могут использоваться для дозирования
- Мембранные насосы - создают невысокое давление, могут использоваться для дозирования
- Импеллерные (ламельные) насосы. Могут быть изготовлены в пищевом, маслобензостойком и кислотощёлочестойком исполнении

Общие свойства объёмных насосов:

- Цикличность рабочего процесса и связанные с ней порционность и пульсации подачи и давления. Подача объёмного насоса осуществляется не равномерным потоком, а порциями.
- Герметичность, то есть постоянное отделение напорной гидролинии от всасывающей (лопастные насосы герметичностью не обладают, а являются проточными).
- Самовсасывание, то есть способность объёмных насосов создавать во всасывающей гидролинии вакуум, достаточный для подъёма жидкости вверх во всасывающей гидролинии до уровня расположения насоса (лопастные насосы не являются самовсасывающими).
- Независимость давления, создаваемого в напорной гидролинии, от подачи жидкости насосом

Динамические насосы

Динамические насосы подразделяются на:

- **Лопастные насосы**, рабочим органом у которых служит лопастное колесо или мелкозаходный шнек. В них входят:
 - **Центробежные**, у которых преобразование механической энергии привода в потенциальную энергию потока происходит вследствие центробежных сил, возникающих при взаимодействии лопаток рабочего колеса с жидкостью. Центробежные насосы подразделяют на:
 - **Центробежно-шнековый насос** - вид центробежного насоса с подводом жидкости к рабочему органу выполненному в виде мелкозаходного шнека большого диаметра (дисков), расположенному по центру, с выбросом по касательной вверх или бок от корпуса.

- Консольный насос - вид центробежного насоса с односторонним подводом жидкости к рабочему колесу, расположенному на конце вала, удалённом от привода.
- Осевые (пропеллерные) насосы, рабочим органом которых служит лопастное колесо пропеллерного типа. Жидкость в этих насосах перемещается вдоль оси вращения колеса. Быстроходные насосы с высоким коэффициентом быстроходности, характеризуются большими значениями подач, но низких значениях напора.
- Полуосевые (диагональные, турбинные) насосы, рабочим органом которых служит полуосевое (диагональное, турбинное) лопастное колесо.
- Радиальные насосы, рабочими органами которых служат радиальные рабочие колеса. Тихоходные одноступенчатые и многоступенчатые насосы с высокими значениями напора при низких значениях подач.
- Центробежно-шнековые (дисковые) - способны перекачивать карамелизирующиеся и склеивающиеся массы, типа клея
- Вихревые насосы - отдельный тип лопастных насосов, в которых преобразование механической энергии в потенциальную энергию потока (напор) происходит за счёт вихреобразования в рабочем канале насоса.
- Струйные насосы, в которых перемещение жидкости осуществляется за счёт энергии потока вспомогательной жидкости, пара или газа (нет подвижных частей, но низкий КПД).
- Тараны (гидротараны), использующие явление гидравлического удара для нагнетания жидкости (минимум подвижных частей, почти нет трущихся поверхностей, простота конструкции, способность развивать высокое давление на выходе, низкие КПД и производительность)

Вихревые насосы

Вихревые насосы - динамические насосы, жидкость в которых перемещается по периферии рабочего колеса в тангенциальном направлении. Преобразование механической энергии привода в потенциальную энергию потока (напор) происходит за счёт множественных вихрей, возбуждаемых лопастным колесом в рабочем канале насоса. КПД идеального вихревого насоса не превышает 45 %.¹ КПД реальных насосов обычно не превышает 30 %.

Применение вихревого насоса оправдано при значении коэффициента быстроходности $n_s < 40$. Вихревые насосы в многоступенчатом исполнении значительно расширяют диапазон рабочих давлений при малых подачах, снижая коэффициент быстроходности до значений, характерных для насосов объёмного типа.

Вихревые насосы сочетают преимущества насосов объёмного типа (высокие давления при малых подачах) и динамических насосов (линейная зависимость напора насоса от подачи, равномерность потока).

Вихревые насосы используются для перекачки чистых и маловязких жидкостей, сжиженных газов, в качестве дренажных насосов для перекачки горячего конденсата.

Вихревые насосы обладают низкими кавитационными качествами. Кавитационный коэффициент быстроходности вихревых насосов $C = 100..110$.

Классификация насосов по реализации

- Механические
 - Поршневые
 - Роторно-поршневые
 - Диафрагменные
 - Пластинчатые
 - Винтовые
 - Рутса
 - Золотниковые
 - Спиральные
 - Турбомолекулярные
- Магниторазрядные
- Струйные
 - Водокольцевые
 - Паромасленные дифузионные
 - Паромасленные бустерные
- Сорбционные
- Криогенные

Классификация насосов по типу перекачиваемой среды

Химические насосы

Химические насосы предназначены для перекачки различных агрессивных жидкостей, поэтому основными областями их применения являются химическая и нефтехимическая промышленность (перекачивание кислот, щелочей, нефтепродуктов), лакокрасочная промышленность (краски, лаки, растворители и др.) и пищевая промышленность.

Химические насосы перекачивает кислоты и щёлочи, органические продукты, сжиженные газы и т. п., которые характеризуются взрывоопасностью, различной температурой, токсичностью, склонностью к полимеризации и налипанию, содержанием растворенных газов. Характер перекачиваемых

жидкостей обуславливает то, что химические насосы изготавливаются полностью из химостойких полимеров.

Перекачиваемая среда: предназначен для подачи конденсата отработавшего пара стационарных паровых турбин электростанций, конденсата греющего пара из теплообменных аппаратов, а также жидкостей, сходных с водой по вязкости и химической активности.

Насосы для АЭС

Специальные насосы АЭС

Насосы, используемые в ядерной энергетике, можно приблизительно разделить на следующие девять групп:

1. главные циркуляционные насосы, предназначенные для создания циркуляции теплоносителя с вспомогательными насосами к ним;
2. питательные насосы - для подачи питательной воды в парогенераторы или барабаны-сепараторы;
3. конденсатные насосы - для подачи конденсата в деаэраторы из конденсаторов турбин и подогревателей низкого и высокого давления;
4. насосы циркуляционного водоснабжения для охлаждения конденсатор турбин;
5. насосы технического водоснабжения главного корпуса;
6. насосы систем безопасности;
7. насосы масло снабжения систем турбоагрегатов;
8. насосы спецводоочистки и химводоочистки;
9. насосы вспомогательных систем.

Насос типа ГЦН – вертикальный центробежный одноступенчатый. Для компенсации тепловых деформаций главного циркуляционного контура реакторной установки, конструкцией насоса предусмотрена возможность его перемещения в любом горизонтальном направлении. Это осуществляется посредством трех шариковых опор, закрепленных на опорных лапах насоса.

Предназначены для создания циркуляции теплоносителя в замкнутом контуре реактора ВВЭР-1000 для АЭС с реакторной установкой В-320.

Насос	типа	ПТА	3750-75
Предназначен для подачи питательной воды в парогенераторы блоков атомных электростанций.			
Насос центробежный, горизонтальный, многоступенчатый, двухкорпусный, с			

приводом

от

турбины.

Насос типа ПТА 3800-20-1
Насос предвключенный предназначен для обеспечения бескавитационной работы главного питательного насоса (подает питательную воду из деаэратора в питательный насос ПТА 3750-75).
Насос центробежный, горизонтальный, одноступенчатый, с приводом от турбины.

Марка насоса	Подача, м³/ч	Напор, м	Мощность, кВт	Частота, об/мин
ПТА 3750-75	3750	810	9130	350
ПТА 3800-20-1	3800	170	1826	1800

Насос типа ЦНСА, ЦНР
ЦНСА - Предназначен для подачи раствора борной кислоты на разбрызгивающие сопла спринклерной системы при аварийных ситуациях на атомных электростанциях.
ЦНР - Предназначен для подачи раствора борной кислоты для расхолаживания активной зоны реактора при аварийных режимах и в режиме планового расхолаживания на атомных электростанциях.
Насосы горизонтальные, одноступенчатые, с рабочим колесом двухстороннего входа, концевыми уплотнениями торцового типа и опорноупорными подшипниками, с приводом от электродвигателя.

Марка насоса	Подача, м³/ч	Напор, м	Мощность, кВт	Частота, об/мин
ЦНСА 700-140	700	140	500	2970
ЦНР 800-230	800	230	800	2980

Насос типа КсВА
Предназначен для перекачивания конденсата в пароводяных сетях атомных электростанций.
Насос вертикальный, двухкорпусный, секционный, с внутренним корпусом, состоящим из ротора, статорных деталей, концевых уплотнений торцового типа, подшипников, с приводом от электродвигателя.

Марка насоса	Подача, м³/ч	Напор, м	Мощность, кВт	Частота, об/мин
КсВА 200-220	200	220	200	1480
КсВА 360-160-1	360	160	250	1480
КсВА 500-220	500	220	500	1480
КсВА 630-125-1	630	125	315	1480
КсВА 650-135-1	650	135	500	1480

Насос

ПЭ

Предназначены для питания водой стационарных паровых котлов тепловых электростанций, работающих на органическом топливе (ПЭ 90-180 и ПЭ 90-110 - для подачи питательной воды в парогенераторные установки, используемые для разработки нефтяных месторождений). Насос центробежный, горизонтальный, многоступенчатый, с односторонним расположением колес, однокорпусный или двухкорпусный с секционным внутренним корпусом, с приводом от электродвигателя. Опоры ротора - подшипники скольжения с кольцевой или принудительной смазкой. Концевые уплотнения сальникового или торцового типа. Насосы с номинальными подачами 380 и 580 м³/ч могут эксплуатироваться с гидромуфтой и без нее; 600 м³/ч - только с гидромуфтой; 710 м³/ч - без гидромуфты; 780 м³/ч - могут комплектоваться синхронным частотно регулируемым.

Насос МСК предназначен для промывки кислотным раствором котлов энергетических блоков тепловых электростанций. Насос центробежный, секционный, горизонтальный, с подшипниками скольжения (с принудительной смазкой), с концевыми уплотнениями сальникового типа, с приводом от электродвигателя.

Марка насоса	Подача, м ³ /ч	Напор, м	Мощность, кВт	Частота, об/мин
МСК 1000-350	1000	350	1600	3000
МСК 1500-575	1500	575	3150	3000

Конденсатные насосы

Область применения - предназначены для перекачивания конденсата в пароводяных сетях тепловых электростанций, работающих на органическом топливе, а также для перекачивания воды в системах тепло- и водоснабжения.

Насосы типа КО, 2КО, 3КО
Предназначены для перекачивания конденсата в пароводяных сетях тепловых

электростанций, работающих на органическом топливе, а также для перекачивания воды в системах тепло- и водоснабжения. Насос центробежный, горизонтальный, консольный, одноступенчатый(КО), двухступенчатый (2КО), трехступенчатый (3КО), с осевым входом, уплотнениями сальникового типа, с подшипниками качения, с приводом от электродвигателя.

Марка насоса	Подача, м³/ч	Напор, м	Мощность, кВт	Частота, об/мин
3КО 32-150	32	150	30	2900
КО 50-56	50	56	15	2900
КО 50-56а	50	48	15	2900
КО 50-56б	50	41	15	2900
2КО 50-112	50	112	30	2900
КО 50-112а	50	97	30	2900
КО 50-112б	50	80	30	2900

Насосы типа КОШ, 2КОШ
Предназначены для перекачивания конденсата в пароводяных сетях тепловых электростанций, работающих на органическом топливе, а также для перекачивания воды в системах тепло- и водоснабжения. Насосы центробежные, горизонтальные, консольные, одноступенчатые (КОШ), двухступенчатые (2КОШ), с предвключенным колесом, с осевым входом, уплотнениями сальникового типа, с подшипниками качения, с приводом от электродвигателя.

Марка насоса	Подача, м³/ч	Напор, м	Мощность, кВт	Частота, об/мин
КОШ 80-200	125	55	30	2925
2КОШ 80-250	125	140	75	2940

Насос типа Кс

Предназначен для перекачивания конденсата в пароводяных сетях тепловых электростанций, работающих на органическом топливе, а также используются в системах тепло- и водоснабжения.

Насос горизонтальный, однокорпусный, секционный, с рабочим колесом одностороннего входа. Концевые уплотнения сальникового типа, опорами

ротора служат подшипники качения. В качестве привода насоса применяется электродвигатель.

Насосы типа КсВ

Предназначен для перекачивания конденсата в пароводяных сетях тепловых электростанций, работающих на органическом топливе, а также используются в системах тепло- и водоснабжения.

Насос вертикальный, двухкорпусный, секционный, с внутренним корпусом (состоящим из ротора, статорных деталей, концевых уплотнений сальникового или торцового типа, подшипников, с приводом от электродвигателя.

Вентиляторы

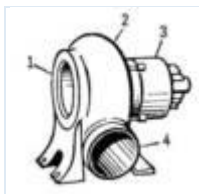


Рис. 1 Центробежный вентилятор

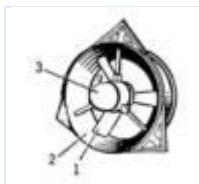


Рис. 2 Осевой вентилятор

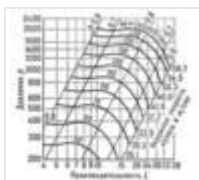


Рис. 3 Характеристика вентилятора

Вентилятор (от лат. *ventilo* — вею, махаю), машина для подачи воздуха или др. газа при давлении не выше $12\text{—}15 \text{ кН/м}^2$ ($0,12\text{—}0,15 \text{ кгс/см}^2$). Вентиляторы служат для вентиляции зданий и рудников, для подачи воздуха в котельные и

печные агрегаты и удаления из них дымовых газов, сушки материалов, охлаждения деталей машин и механизмов, создания воздушных завес, пневматического транспортирования сыпучих и волокнистых материалов, обеспечения некоторых технологических процессов, для охлаждения радиаторов, конденсаторов, подачи воздуха. Кроме промышленных вентиляторов, широкое распространение получили настольные и подвесные вентиляторы. различных типов.

Центробежный, или радиальный вентилятор. (*рис. 1*) имеет расположенное в спиральном кожухе лопаточное колесо, при вращении которого газ, поступающий через входное отверстие, попадает в каналы между лопатками и под действием возникающей центробежной силы перемещается в спиральный кожух и направляется в выпускное отверстие. Осевой вентилятор (*рис. 2*) имеет расположенное в цилиндрическом кожухе лопаточное колесо, при вращении которого поступающий газ перемещается в осевом направлении. Осевые вентиляторы по сравнению с центробежными проще, имеют больший КПД, реверсивны (при изменении направления вращения колеса изменяется направление движения газа), но не обеспечивают больших давлений. Диаметральный, или поперечно-проточный, вентилятор имеет центробежное колесо с загнутыми лопатками, частично заключённое в кожух. При вращении колеса создаётся несимметричное вихревое поле, вызывающее течение воздуха в диаметральный направлении. При этом поток двукратно проходит через вращающуюся решётку лопаток колеса. Диаметральные вентиляторы по сравнению с центробежными и осевыми могут создавать большие давления и более производительны. Вентиляторы для перемещения дымовых газов называются дымососами, а для воздуха, засорённого механическими примесями, — пылевыми; вентиляторы, встраиваемые в кровлю, — крышными. В специальном исполнении выпускаются взрывобезопасные и кислотоупорные вентиляторы.

Вентиляторы приводятся в действие двигателем через ремённую передачу или непосредственно с помощью упругой муфты. Колёса малых вентиляторов

могут укрепляться на валу двигателя. Крупные вентиляторы имеют также регулировочные и виброизоляционные устройства.

Для классификации вентиляторов пользуются понятиями: критерий быстроходности n_y , выражающий связь между производительностью, давлением, угловой скоростью, и критерий давления Y , зависящий от формы и числа лопаток колеса. Их значения входят в маркировку В. Среди центробежных В. общего назначения имеют применение Ц4-70, ЦП7-40, П8-18 и др. Буква Ц означает "центробежный", П — "пылевой", следующая цифра или число — Y , умноженное на 10, и далее — n_y . Для увеличения производительности и развиваемого давления вентилятором соединяют соответственно параллельно и последовательно, например осевые вентиляторы для рудников и метрополитена. Совершенствование вентиляторов идёт по пути улучшения аэродинамической схемы и конструктивного исполнения с целью обеспечения большей экономичности и производительности в прежних габаритах.

Вентиляторы выбирают по характеристикам (*рис. 3*), построенным для наиболее выгодных условий работы. На графике для различных типоразмеров в системе координат $p-L$ (p — давление в н/м^2 , L — производительность в $\text{м}^3/\text{сек}$) нанесены линии неизменных угловых скоростей ω и кпд η . В соответствии с L и p на характеристике находят точку, определяющую искомые угловую скорость и кпд, после чего подсчитывается мощность.

Ход работы:

Изучить:

1 Насосное оборудование энергетического предприятия

2.Вентиляциооное оборудование энергетического предприятия

Контрольные вопросы:

- 1.Какая гидравлическая машина называется насосом?
- 2.Объясните принцип действия центробежного насоса.
- 3.Перечислите основные технические характеристики насоса
4. Перечислите достоинства центробежного насоса?
- 5.Что указывается в обозначении насоса?
- 6.Что называется вентилятором?
- 7.Какие бывают типы вентиляторов?
- 8.Объясните принцип работы центробежного вентилятора.
- 9.Что указывается в обозначении вентилятора?
- 10.Перечислите основные технические характеристики вентиляторов
- 11.Как определить мощность вентилятора?
- 12.Что такое быстроходность вентилятора?
- 13.От каких параметров потока зависит коэффициент давления? В каких пределах изменяются его значения у осевых и радиальных вентиляторов?
- 14.Изменение каких параметров отражает полная характеристика вентилятора?
- 15.Каким методом определяют режим работы вентилятора в сети воздухоуловов?

Литература:

- 1.Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. и др. «Гидравлика и гидравлические машины и гидравлические приводы». М., 1982.
- 2.Осипов П.Е. Гидравлика и гидравлические машины.М.,1981.

З.Брюханов О.Н.»Основы гидравлики и теплотехники»,3-е изд.;
М.,Издательский центр»Академия»;2008.

Экк Б., Проектирование и эксплуатация центробежных и осевых
вентиляторов, пер. с нем., М., 1959; Калинушкин М. П., Вентиляторные
установки, 6 изд., М., 1967.

Сайты:

gidravl.com

[myvvyz.ru»predmeti_misis...1420...po-gidravlike.html](http://myvvyz.ru/predmeti_misis...1420...po-gidravlike.html)

http://www.ph4s.ru/book_ph_gidravlika.html- учебники по гидравлике