

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра автоматизации технологических процессов и
производств

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ
ТРАНСПОРТНЫХ И ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Методические указания к лабораторным занятиям
для студентов бакалавриата направления 23.03.03

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021

УДК 665.6.65 (073)

**ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ
ТРАНСПОРТНЫХ И ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И
ОБОРУДОВАНИЯ:** Методические указания к лабораторным занятиям / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *Д.В. Горленков*. СПб, 2021. 28 с.

Приведены методические указания для проведения лабораторных работ по курсу «Гидравлические и пневматические системы транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования».

Предназначены для студентов бакалавриата направления 23.03.03 «Автомобильное хозяйство», направленность (профиль) «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

Научный редактор д.т.н. *В.Ю. Бажин*

Рецензент к.т.н. *В.С. Леонтьев* (ЗАО «Безопасные Технологии»)

ОГЛАВЛЕНИЕ

Работа 1. Определение статической характеристики усилителя типа сопло-заслонка.....	4
Работа 2. Исследование автоматизированного гидравлического привода.....	10
Работа 3. Исследование основных характеристик гидравлического насоса.....	15
Работа 4. Исследование центрабежного вентилятора.....	20
библиографический список.....	27

ВВЕДЕНИЕ

Эксперимент является неотъемлемой частью гидравлических исследований. Особенно большое значение эксперимент приобретает при рассмотрении задач, связанных с таким движением жидкости, которое не поддается теоретической схематизации. Например, для потоков в некоторых местных сопротивлениях и в каналах гидравлических машин.

При изучении таких курсов как «Гидравлические и пневматические системы транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования», «Гидравлика, гидро- и пневмопривод», весьма важно ознакомить студентов на практике (в лабораториях) с методикой экспериментальных гидравлических исследований напорных трубопроводов и гидротехнических сооружений, конструкциями насосов, гидроприводов и методами их испытаний. Для этой цели в основном и предназначен предполагаемый лабораторный практикум.

Выполнение описанных в практикуме лабораторных работ по «Гидравлические и пневматические системы транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования», позволяет студентам глубже понять физическую сущность основных законов гидромеханики, получить реальное представление о возможностях гидромашин и гидроприводов для механизации и автоматизации производственных процессов и технологий в области избранной ими специальности, а также разобраться в принципах работы гидромашин и гидроприводов и освоить методы их испытаний в соответствии с требованиями государственных стандартов.

РАБОТА 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСИЛИТЕЛЯ ТИПА СОПЛО- ЗАСЛОНКА

Цель работы:

Ознакомиться с конструкцией, принципом действия усилителя типа сопло-заслонка и установить его статическую характеристику

Содержание работы:

1. Ознакомиться с конструкцией усилителя, составить его схему, определить назначение всех входящих в него элементов;
2. Снять и исследовать его статическую характеристику;
3. Определить чувствительность (передаточное отношение) системы;
4. Экспериментальные зависимости представить графически.

Общие сведения

1. Среди пневматических и гидравлических усилителей широко распространены усилители типа сопло-заслонка. Такие усилители включают дроссель 1 с постоянным проходным сечением, междроссельную камеру А, сопло 2 и заслонку 3 (Рис. 1). Сопло и заслонка составляют вместе дроссель с переменным проходным сечением. Рабочее тело (воздух, жидкость) подается в усилитель под постоянным давлением P_0 , затем протекает через дроссель 1, междроссельную камеру А, сопло 2 и истекает в атмосферу (или бак) через зазор между торцом сопла и заслонкой.

Величина зазора

$$S = S_0 \pm h, \tag{1}$$

где S_0 – начальный зазор между соплом и заслонкой;

h - перемещение (ход) заслонки, считающееся положительным при удалении заслонки от сопла.

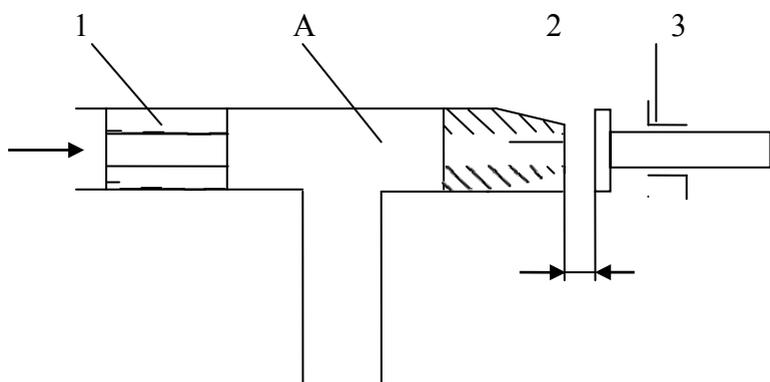


Рис. 1. Усилителя типа «сопло - заслонка»

Заслонка перемещается управляющим элементом. Междроссельная камера А соединяется с рабочей полостью исполнительного механизма.

Усилители типа сопло-заслонка носят еще название механопневматических преобразователей, поскольку в них происходит преобразование механического перемещения в пневматический (гидравлический) сигнал.

Они используются также в датчиках давления, расхода, уровня, температуры, числа оборотов, эксцентриситета, линейных размеров, шероховатости поверхности, и т.д. Кроме того, они применяются в различных вычислительных устройствах.

Усилитель (преобразователь) работает следующим образом: при зазоре δ_0 .

Давление воздуха (жидкости) в камере А равняется начальному, т.о. уравнивающему нагрузку на исполнительном механизме, и воздух не поступает. Перемещение заслонки вызывает изменение сопротивления дросселя с переменным проходным сечением, а следовательно, и расхода воздуха через сопло-заслонку. Диаметр P_A в междроссельной камере и выходной линии усилителя при этом так же меняется, и исполнительный механизм приходит в движение.

Затрачивая небольшую мощность на управление усилителем

(перемещение заслонки), можно управлять значительной мощностью потока рабочего тела на выходе усилителя, что следует из формулы:

$$N = P_A \cdot Q, \quad (2)$$

где N - мощность усилителя; Q - расход рабочего тела через проходное сечение.

В установившихся режимах работы каждому зазору δ между соплом и заслонкой соответствует определенное давление P_A в междроссельной камере при постоянном расходе жидкости выходной линии. Таким образом, статическая характеристика усилителя представляет собой зависимость давления в камере A от зазора δ между зазором и торцом сопла. При этом имеется ввиду что давление рабочего тела P_0 (воздуха, жидкости) на входе в усилитель давление P_C среды, в которую воздух вытекает, остается неизменным.

В статических режимах расход рабочего тела через дроссель 1 равен его расходу через сопло с заслонкой. Предполагая, что истечение происходит в атмосферу ($P_0 = 0$ атм.), эти расходу могут быть найдены по выражениям:

$$Q_1 = \mu_1 \cdot f_1 \sqrt{\frac{2g}{\gamma}} \cdot P_A \quad (3)$$

$$Q_2 = \mu \cdot f \sqrt{\frac{2g}{\gamma}} \cdot (P_0 - P_A) \quad (4)$$

где μ_1 и μ – коэффициенты расхода через дроссель 1 и сопло с заслонкой соответственно

f_1 и f – площади их проходных сечений;

g – ускорение силы тяжести;

γ – удельный вес рабочего тела.

В установившемся режиме $Q_1 = Q_2$. Поэтому γ из уравнения (3) после преобразований получаем, что

$$P_A = \frac{\sigma_n^2 \cdot P_0}{\sigma_n^2 + a^2 \delta^2} \quad (5)$$

где σ_n – проводимость дросселя; a – коэффициент пропорциональности. Из формулы (4) видно, что при $\delta=0$ давление

$P_A = P_0$, а при $\delta > 0$ – давление в междроссельной камере уменьшается, поскольку оно зависит от δ^2 .

Чувствительность усилителя определяется как

$$K = \frac{dP_A}{d\delta}, \quad (6)$$

Она может быть определена геометрически как тангенс угла наклона касательной, проведенной к кривой $P_A = f(\delta)$. Поскольку эта зависимость не линейная, то чувствительность K также изменяется при изменении δ .

Указания к проведению работы

1. Ознакомиться с стендом и всеми входящими в него элементами. Составить полную схему усилителя;

2. Подключить усилитель к пневмосети, предварительно обратив с помощью обратного клапана давление на входе в усилитель порядка 0,04 МПа (0,4 атм.);

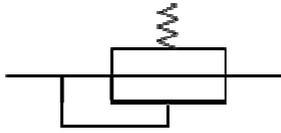
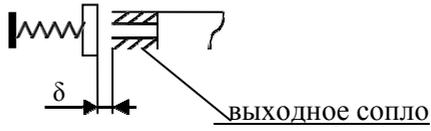
3. Снять статическую характеристику $P_A = f(\delta)$. Измерения начинать с $\delta = 0$, для чего подвернуть винт микрометра (заслонку) до упора в сопло. Установить, регулируя винтом стабилизатора, давление P_0 . Максимально давление определяется по V-образному манометру так, чтобы размах уровней воды в трубках был максимальный. Необходимо следить за тем, чтобы вода в манометре не выходила за красную черту.

4. после графического построения статической характеристики определить чувствительность системы усилителя, используя для этого любой способ графического или числового дифференцирования функции $P_A = f(\delta)$.

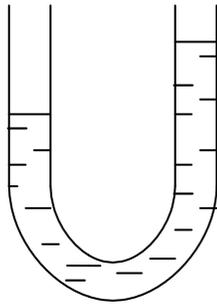
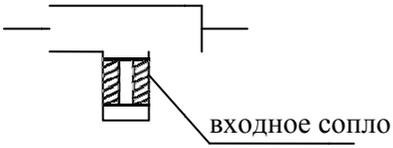
Полученные экспериментальные данные внести в таблицу, сделав при этом 20-25 измерений.

5. Отчет заканчивается развернутыми выводами, сделанными на основе проведенного исследования.

Заслонка



Стабилизатор давления



Водяной V-образный манометр

Рис. 2

РАБОТА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА

Цель работы:

Ознакомиться с конструкцией и принципом действия автоматизированного гидравлического привода и определить его характеристики.

Содержание работы:

6. Ознакомиться с конструкцией привода и составить его принципиальную схему.
7. Определить назначение и работу отдельных элементов и привода в целом.
8. Определить характеристики привода.
9. Определить усилие и мощность привода.

Общие сведения:

Гидропривод представляет собой автоматизированный агрегат для выполнения технологического воздействия на управляемый объект, например, стол станка или деталь.

По принципу действия гидроприводы делятся на объемные (статические) и динамические. В настоящей работе применяется объемный гидропривод. Под объемным гидроприводом понимается в общем случае гидросистема, предназначенная для приведения в движение механизмов и машин, в состав которых входит объемный гидродвигатель.

Понятие «гидропривод» обычно отождествляется с понятием «гидросистема», под которой понимается совокупность средств, передающих энергию посредством использования жидкости под давлением.

Всякий гидропривод состоит из источника гидравлической энергии (расход жидкости), которым в большинстве случаев служит насос гидродвигателя (в нашем случае возвратно-поступательного движения гидроцилиндра) и прочих гидроаппаратов.

Гидроаппаратурой называют устройства, предназначенные для изменения параметров потока рабочей жидкости или для поддержания их на определенном уровне. Под параметром потока понимают давление, расход и направление давления.

Насосом называется машина, преобразующая механическую энергию, приложенную к его валу (поршню), в энергию жидкости, а гидродвигателем - машина, преобразующая энергию жидкости в механическую энергию на его валу (штоке).

Благодаря таким важным преимуществам, как малая масса и объем, приходящиеся на единицу передаваемой мощности, высокий КПД, надежность действия, а так же простота автоматизации управления, гидроприводы нашли широкое применение в самых разных отраслях машиностроения.

Преимуществом гидросистем является так же возможность бесступенчатого регулирования выходной скорости в широком диапазоне.

Различают:

- напорную гидролинию – часть основной гидролинии, на которой рабочая жидкость поступает от насоса к распределителю или непосредственно к гидродвигателю;

- исполнительную гидролинию – часть основной гидролинии, по которой рабочая жидкость движется от распределителя к гидродвигателю и обратно;

- сливную гидролинию – часть основной гидролинии, по которой рабочая жидкость движется в бак от распределителя или непосредственно от гидродвигателя.

Применительно к рассматриваемым объемным гидроприводам основным видом энергии является энергия давления, которая легко может быть преобразована в механическую работу с помощью гидродвигателей.

В лабораторной работе используется работа гидропривода, исполнительным органом которого служит гидроцилиндр. Такой гидроцилиндр может быть использован как привод перемещений стола станка, ползуна прессы, в качестве толкателя, зажима, и т.д.

Характерной особенностью гидроприводов является равномерное движение рабочего органа (штока гидроцилиндра), легкость регулировки и большое усилие, развиваемое на штоке.

Гидропривод смонтирован на стенде, на котором установлены бак с маслом, шестеренчатый насос, развивающий давление $P=0,5$ МПа.

Скорость вращения ротора насоса $n=2000$ об/мин. Исполнительный орган - несимметричный цилиндр двухстороннего действия, диаметр поршня которого $D=50$ мм, диаметр штока $d=15$ мм.

Управление работой гидропривода осуществляется от четырехходового двухпозиционного золотника с электромагнитным управлением.

На напорной магистрали установлен манометр для измерения давления масла и предохранительный клапан, регулирующий это давление.

На штоке установлены кулачки, воздействующие на контакты, управляющие подачей тока в обмотки магнитов золотника. Положения кулачков на штоке регулируются. У штока размещена линейка, по которой определяется величина хода штока. Для определения времени хода штока из одного крайнего положения в другое используют секундомер.

Указания по проведению работы

10. Ознакомиться с гидроприводом, смонтированным на стенде.

11. Составить его полную схему.

12. Для пяти различных положений винта предохранительного клапана замерить время прямого и обратного ходов. Для каждого случая замеров фиксировать давление P в магистрали.

13. Определить средние скорости прямого и обратного ходов.

14. Рассчитать F усилие на штоке цилиндра для прямого и обратного ходов для всех пяти случаев.

15. Определить объемный расход Q масла в цилиндре. Объемный расход находить по формуле

$$Q=S \cdot V, \quad (7)$$

где S – площадь поперечного сечения цилиндра; V – скорость движения поршня;

Определить мощность привода по формуле

$$N=Q \cdot P, \quad (8)$$

где P – давление в напорной магистрали.

Все полученные данные свести в таблицу 1.

Таблица 1

l (м)	$P \cdot 10^5$ Па	t_1 (с)	t_2 (с)	V (м/с)	V_2 (м/с)	F (Н)	Q (м ³ /с)	N (Вт)

где: l – ход штока;

P – давление в напорной магистрали;

t_1 - время прямого хода;

t_2 – время обратного хода;

V – скорость прямого хода;

V_2 – скорость обратного хода;

F – усилия на штоке при прямом ходу;

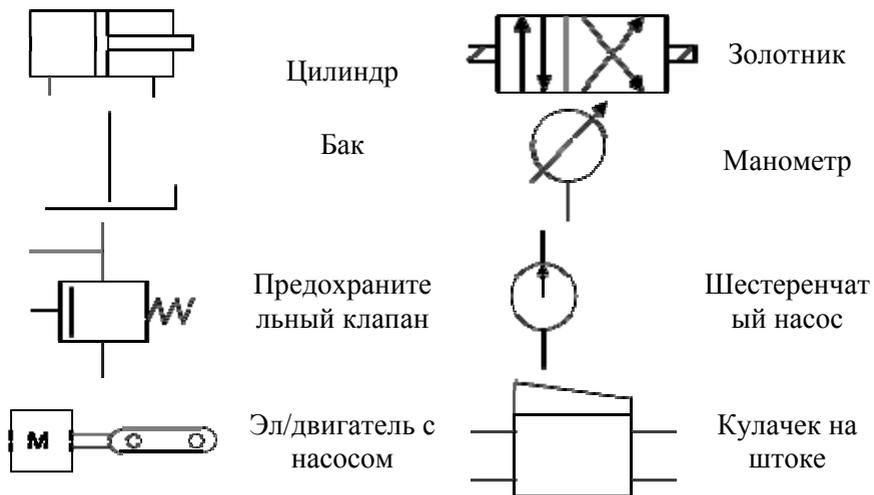
Q – объемный расход;

N – мощность на штоке.

16. Зависимости скорости, усилия, расхода и мощности от давления P представить в виде графиков.

17. На основании исследования сделать соответствующие выводы.

Обозначение элементов пневмоавтоматики



РАБОТА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРАВЛИЧЕСКОГО НАСОСА

Цель работы:

Ознакомиться с конструкцией и основными характеристиками гидравлического насоса.

Содержание работы:

1. Ознакомиться с конструкцией насоса.
2. Ознакомиться со схемой регулирования насоса.
3. Составить гидравлическую схему установки.
4. Снять характеристики насоса.

Общие сведения:

Насосами называются машины для создания потока жидкой среды.

По характеру силового воздействия различают насосы динамические и объемные.

Агрегат, состоящий из насоса и приводящего двигателя, соединенные друг с другом называют насосным агрегатом. Различают объемную подачу насоса Q_v (m^3/c). Подача насоса зависит от геометрических размеров насоса и скорости его рабочих органов, а так же от гидравлического сопротивления трубопровода, связанного с насосом.

Давление насоса P определяется зависимостью

$$P = P_n - P_b + S \frac{V_M^2 - V_B^2}{2} + Sd(Z_n - Z_b), \quad (9)$$

где: P_n и P_b – соответственно давление на входе и на выходе в насосе; V_M , V_B – средние скорости жидкости на входе и выходе в насос; Z_n , Z_b – высоты центров тяжести сечений на входе и выходе.

Принципиальная схема шестеренчатого насоса показана на рис. 2.

При вращении шестерен 2 и 4 по направлению стрелок зубья выходят из зацепления и впадины зубьев (вследствие образовавшегося вакуума), заполняются жидкостью из полости 1 всасывания. Рабочие камеры ограничены профилями впадин зубьев, поверхностями статора и боковых дисков. В полости нагнетания (3) зубья входят в зацепление и жидкость из впадин выдавливается в

нагнетательную магистраль. Геометрическая подача такого насоса определяется из выражения

$$Q = bw(h^2 + 2Rh - f^2), \tag{10}$$

где: b - ширина шестерен; w – угловая скорость вращения шестерен; h – высота головок зубьев шестерен; R – радиус делительной окружности шестерен; f – расстояние между полюсом и точкой зацепления.

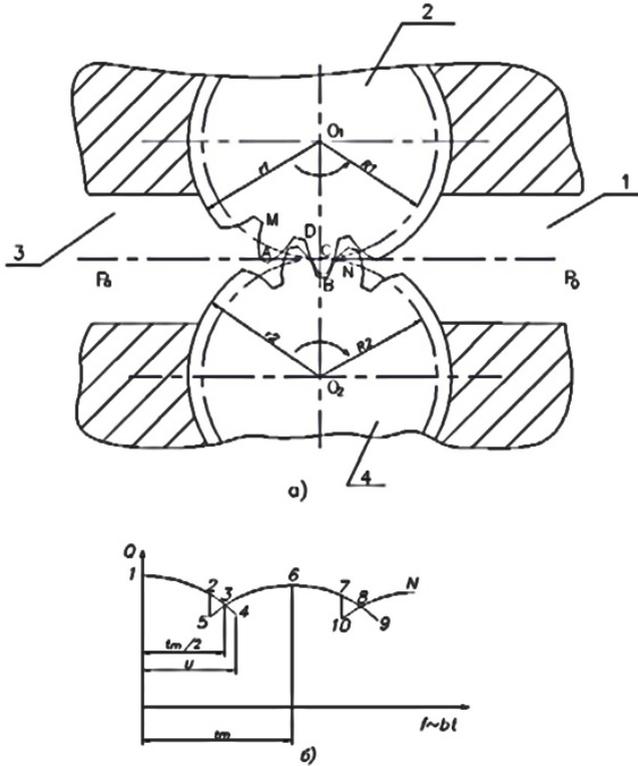


Рис. 3. Принципиальная схема шестеренчатого насоса

На рис 2.б показан график геометрической подачи шестеренчатого насоса. Для практических расчетов минутную подачу можно рассчитывать по формуле

$$Q = \eta_0 2\pi m^2 zbn, \tag{11}$$

Где: η_0 - объемный КПД насоса ($\eta_0 = 0.7+0.9$); m – модуль зацепления; z – число зубьев шестерен; b – ширина шестерен; n – частота вращения шестерен об/мин.

В предлагаемой работе расход и мощность насоса будем определять косвенным путем через расходную характеристику дросселя, установленного на напорной магистрали гидравлического насоса. Рабочий расход жидкости, протекающей через дроссель, рассчитаем по формуле (12):

$$Q = \mu S \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta P}, \quad (12)$$

где S – площадь проходного сечения дросселя; μ - коэффициент расхода ($\mu = 0,6 - 0,7$); ρ - плотность жидкости ($\rho = 900 \text{ кг/м}^3$); ΔP – перепад давления на входе и выходе дросселя.

Принимая, что расход через дроссель равен подаче, развиваемой насосом, определим мощность насоса по формуле:

$$N = PQ\eta, \quad (13)$$

На рисунке 3 представлены обозначения элементов гидропривода.

Из представленных элементов составить схему лабораторной установки.

Указания по проведению лабораторной работы:

18. Ознакомиться с элементами, входящими в состав лабораторной установки.

19. Составить гидравлическую схему установки.

20. Подготовить установку к работе, подключив ее к распределительному электрощиту.

21. Подать на электродвигатель напряжение постоянного тока.

ВНИМАНИЕ!!! Подаваемое напряжение постоянного тока не больше 24В. А ток не более 10А.

Условные обозначения элементов гидропривода

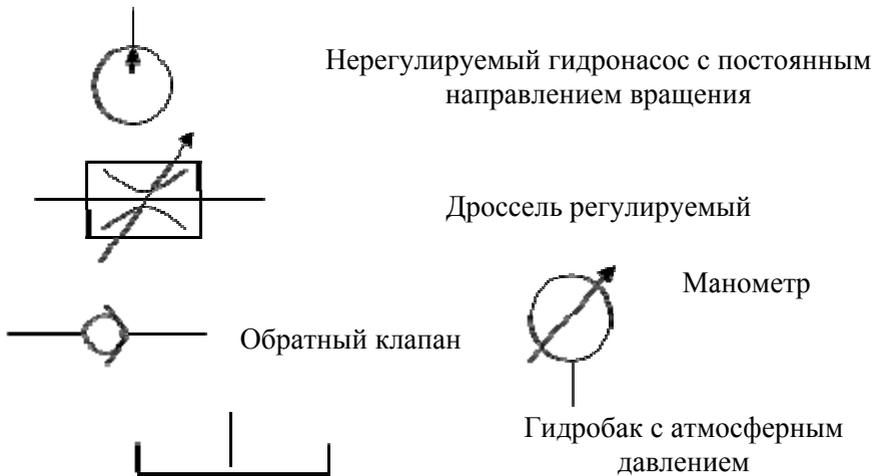


Рис. 3. Условные обозначения элементов гидропривода

22. Установить дроссель в положение 1. Это положение определяется при 16В напряжения на двигателе, при этом насос должен развивать давление на манометре до дросселя 1.5атм.

23. Меняя напряжение на электродвигателе, а следовательно его скорость, с 16В до 24В через 2В, снять с манометров давление до и после дросселя (24В соответствует 1450 об/мин., 2В – 120 об/мин.).

24. Установить дроссель в положение 2 и 3 и повторить п.6 Положению 2 и 3 соответствует напряжение на двигателе 16В, а давление, развиваемое насосом на манометре до дросселя 2,0 и 2,25 атм.

25. Результаты измерений занести в таблицу 2.

Таблица 2

Положение Дросселя	$S=8*10^{-3} \text{ м}^2$			$S=6*10^{-6} \text{ м}^2$			$S=4*10^{-6} \text{ м}^2$		
Напряжение	P_1	P_2	Q	P_1	P_2	Q	P_1	P_2	Q

26. Результаты исследований и расчетов представить в виде графических зависимостей $Q=f(n)$, $N=f(n)$.

27. Сделать вывод по работе

РАБОТА 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕНТРАБЕЖНОГО ВЕНТИЛЯТОРА

Цель работы:

Ознакомиться с конструкцией, принципом действия центробежного вентилятора и определить его характеристики.

29. Ознакомиться с конструкцией вентилятора и дать его схему.

30. Ознакомиться со схемой включения и регулирования вентилятора. Описать его работу.

31. Снять характеристики вентилятора.

Работа вентилятора

Вентиляторные установки используются для вентиляции, пневмотранспорта, пневмоуборки, воздушного отопления, для проветривания, для тяги и дутья в котельных установках и многих технологических процессах. Вентиляторами называют воздуходувные Машины, предназначенные для подачи воздуха или другого газа при потерях давления в воздухопроводах, не превышающих 0,015 МПа.

Наиболее распространены вентиляторы центробежные (радиальные) и осевые. В тех и других давление создается в результате закручивания и сжатия воздуха вращающимся колесом. Центробежный вентилятор (рис.1) представляет собой расположенное в спиральном кожухе колесо с лопатками, при вращении которого воздух, поступающий через входные отверстия попадает в каналы между лопатками колеса и под действием центробежных сил перемещается по этим каналам, собирается спиральным кожухом и направляется в его выпускное отверстие.

В центробежном вентиляторе три основных элемента: лопаточное колесо (рабочее колесо, ротор), спиральный кожух (корпус) и станина с валом и подшипниками. Центробежные колеса состоят из лопаток, переднего и заднего дисков и ступицы. Если колесо вращается по часовой стрелке (при наблюдении со стороны, противоположной всасыванию), то вентилятор называется правым, если против часовой стрелки - то левым. Правильным вращением колеса является вращение по ходу разворота спирального кожуха.

При обратном вращении производительность резко падает, но реверсирования, т.е. изменения направления подачи, не происходит.

Поток воздуха, сбегаящий с лопаточного колеса; собирается в кожух, который также используется обычно для понижения скорости потока и соответственно преобразования динамического давления в статическое.

У центробежных вентиляторов кожух имеет спиральную форму (улитку)

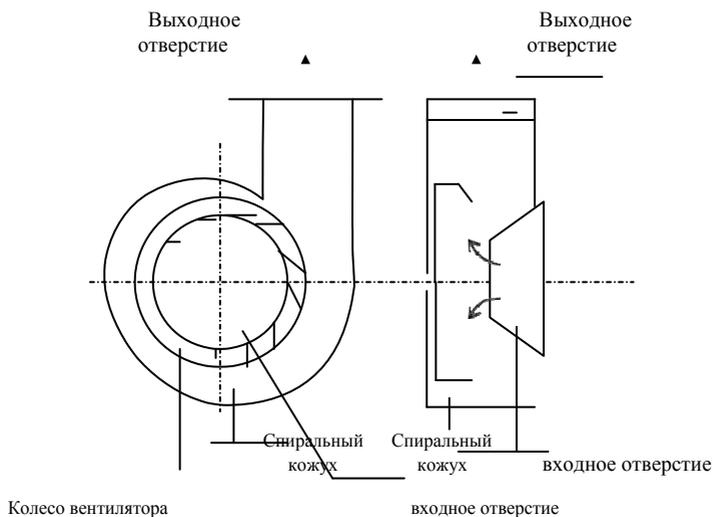


Рис. 4. Центробежный вентилятор

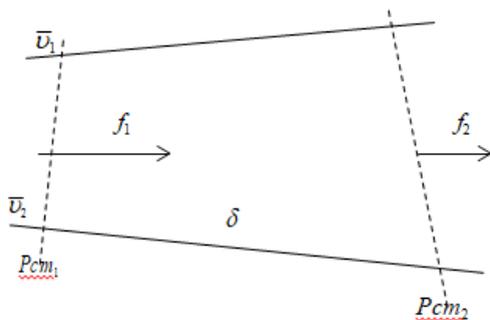


Рис.5. Профиль улитки обычно соответствует архимедовой спирали.

В вентиляторных установках воздушный поток, как правило, имеет постоянную плотность, скорость движения его в каждой точке с течением времени не изменяется ни по величине, ни по направлению.

В этом случае для двух сечений потока (рис.2) можно написать уравнение расхода

$$f_1 U_1 = f_2 U_2 = Q, \quad (14)$$

где f_1 и f_2 площади поперечного сечения потока в m^2 ; U_1 и U_2 - средние скорости в м/с; Q - объемный расход (производительность) m^3/c , т.е. количество перекаченного воздуха (по общему). Связь между значениями давлений в сечениях выражаются уравнением

$$P_{1ст} + \frac{\rho}{2} v_1^2 = P_{2ст} + \frac{\rho}{2} v_2^2 + P_{ном}, \quad (15)$$

где $P_{1ст}$ и $P_{2ст}$ - статические давления в сечениях f_1 и f_2 ; $\frac{\rho}{2} v_1$ и $\frac{\rho}{2} v_2$ - динамические давления; ρ - плотность воздуха ($\rho \approx 1,2$ кг/м³).

При давлениях, развиваемых вентилятором, плотность воздуха является постоянной величиной.

$P_{ном}$ - потери давления (статического и динамического) между сечениями f_1 и f_2 на трение и местные потери.

При вращении колеса воздуху передается часть подводимой к двигателю энергии, и идет процесс образования давления.

При движении воздуха (рис.5.) вдоль лопаток колеса абсолютная скорость \bar{C} движения может быть разложена на переносную \bar{U}

$$U = \omega \cdot r, \quad (16)$$

где ω - угловая скорость колеса в рад/с; r - радиус на котором находится частица воздуха, и относительную скорость W ;

$$W_1^2 = C_1^2 + W_1^2 - 2C_1U_1 \cdot \cos\alpha, \quad (17)$$

$$W_2^2 = C_1^2 + W_2^2 - 2C_2U_2 \cdot \cos\alpha, \quad (18)$$

Мощность вентилятора в ваттах

$$N_n = \frac{Q \cdot P_{\text{дин}}}{\eta}, \quad (19)$$

Здесь Q в $\text{м}^3/\text{с}$ и P в $\text{н}/\text{м}^2$, причем $P_{\text{дин}}$ - динамическое давление развиваемое вентилятором; η - к.п.д. вентилятора равный 0,85. Для выполнения лабораторной работы используется вентилятор, установленный консольно на валу электродвигателя постоянного тока, номинальная скорость вращения которого при напряжении 32 В равна 10000 об/мин. Электродвигатель питается от двухполупериодного выпрямителя В, напряжение на который подается через регулируемый автотрансформатор ЛАТР-1 (рис.6).

Изменение скорости вращения ротора двигателя Д (колеса вентилятора) ведется о помощью стробоскопа. Деление воздуха измеряют с помощью пневмометрической трубки.

Указания по проведению работы

1. Ознакомиться с конструкцией установки и зарисовать ее схему. Изобразить схему привода вентилятора. Описать работу вентилятора и его регулировку.

2. Экспериментально установить зависимость скорости V воздуха в вентиляторе в зависимости от скорости вращения n колеса, а также зависимость мощности Nn вентилятора от величины n . Для этого пневмометрическая трубка вводится внутрь воздухопровода. При помощи трубок измеряется статическое и полное давление. Поскольку

$$P_{\text{пол}} = P_{\text{ст}} + P_{\text{дин}}, \quad (20)$$

то

$$P_{\text{дин}} = \frac{\rho}{2} V^2, \quad (21)$$

здесь ρ в $\text{кг} / \text{м}^3$; $P_{\text{дин}}$ - $\text{Н} / \text{м}^2$

3. Изменяя скорость n вращения ротора, определяем $P_{\text{пол}}$, $P_{\text{ст}}$ для разных (шести-семи) скоростей вращения ротора (n_{max} брать равным 8000 об/мин).

Для измерения скорости в работе используется стробоскоп:

а) включить тумблер «Сеть» и через 2-3 мин тумблер «лампа»;

б) переключателем установить диапазон измерения частоты. Строботоскоп имеет три шкалы (красную, синюю и зеленую), что соответственно цветом показано как на шкале, так и на переключателе диапазоны. Красной шкале $\times 10$ соответствуют три положения переключателя: $\frac{1}{2}$, 1, 2. Синей $\times 100$ соответствуют два положения переключателя: 1, 2. Зеленой $\times 1000$ соответствуют два положения переключателя: 1, 2;

в) например, вы поставили переключатель на красную 2, частота мигания лампы будет соответствовать $75 \times 10 \times 2 = 1500$ об/мин;

г) направляете лампу на вращающуюся часть вентилятора. Вращая круглый тумблер до тех пор, пока четко не увидите одну метку, которая как бы «остановится»;

д) сделайте проверку, для этого переключите тумблер на один диапазон в большую сторону – вы увидите два изображения метки. Вернитесь на диапазон с одной меткой. Частота вращения подсчитывается по п. в). Если при переключении вы видите одно изображение, то диапазон выбран неправильно. Переключение в большую сторону делается до появления двух изображений метки с последующим возвратом на предыдущий диапазон.

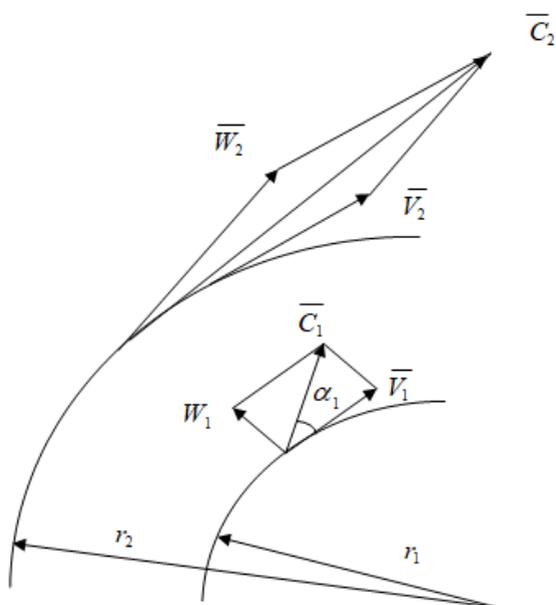


Рис.6.

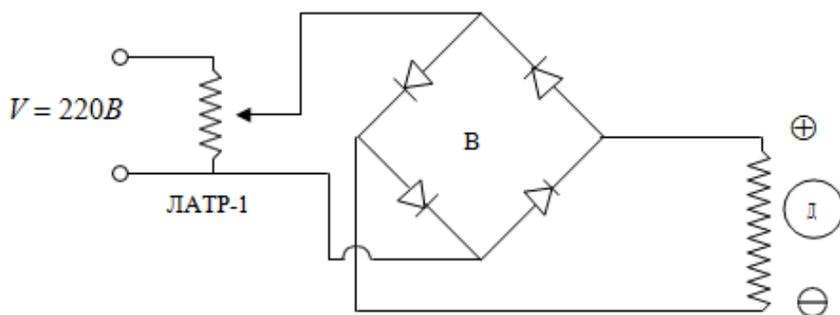


Рис. 7. Схема регулируемого автотрансформатора ЛАТР-1

4. Подсчитываем скорости V воздушного потока, расход (производительность) вентилятора Q и мощность N_n для тех же скоростей вращения ротора.

Данные сводим в таблицу 3.

Таблица 3

№ п.п	n об / мин	V м / с	Q м ³ / с	N_n Вт	$P_{\text{дин}}$ мм / с
1					
2					
3					
и т.д.			

В расчетах учитывать, что давление, уравновешиваемое высотой водяного столба в h 1 мм (1 мм вод. ст.), соответствует $P=9,81 \text{ Н/м}^2$.

5. Проводя расчеты, следует следить за тем, чтобы размерности величин соответствовали друг другу.

Определяя сечение f трубопровода (воздухопровода), принимать его как прямоугольник и измерить с помощью линейки.

32. Все зависимости представить в виде графиков.

33. По работе сделать необходимые выводы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Чугаев Р.Р.* Гидравлика (техническая механика жидкости): Учебник для гидротехнических специальностей вузов. Л. Энергоиздат, 1982 . 672 с.
2. *Альтиуль А.Д., Кисилёв П.Г.* Гидравлика и аэродинамика (основы механики жидкости): Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности “Теплогазоснабжение и вентиляция”. М.: Стройиздат, 1975 . 327 с.
3. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учебник для машиностроительных вузов (Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. и др. М.: Машиностроение , 1982 . 423 с.
4. *Большаков В.А., Попов В.Н.* Гидравлика. Общий курс: Учебник для вузов. Киев: Высшая школа. Головное издательство, 1989. 215 с.
5. *Штеренлихт Д.В.* Гидравлика: Учебник для вузов. М.: Энергоиздат, 1984. 640 с.
6. *Константинов Н.М., Петров Н.А., Высоцкий Л.И.* Гидравлика, гидрология, гидрометрия: Учебник для вузов : В 2 ч. Ч.1. Общие законы. М. : Высшая школа, 1987. 304 с.
7. *Константинов Н.М., Петров Н.А., Высоцкий Л.И.* Гидравлика, гидрология, гидрометрия: Учебник для вузов: В 2 ч. Ч.2. Специальные вопросы. - М. Высшая школа, 1987. - 431 с.
8. *Богомолов А.И., Михайлов К.А.* Гидравлика: Учебник для гидротехнических специальностей вузов. М.,: Стройиздат, 1972 648 с.
9. *Кисилёв П.Г.* Гидравлика. Основы механики жидкости: Учебное пособие для студентов гидротехнических специальностей вузов. М.: Энергия, 1980. 360 с.
10. Лабораторный курс гидравлики, насосов и гидропередач: Учебное пособие для машиностроительных вузов (Байбаков О.В., Бутаев Д.А., Калмыкова З.А. и др. М.: Машиностроение, 1974. 416 с.
11. Лабораторный практикум по гидравлике, гидравлическим машинам и гидроприводам: Учебное пособие для студентов вузов (Казарян С.М., Барекян А.Ш., Скубаренко Д.Д., Чельшев А.К. Ереван: Луйс, 1984. 319 с.

12. *Яковлева Л.В.* Практикум по гидравлике: Учебное пособие для учащихся с.-х. техникумов. М.: Агропромиздат, 1990. 144 с. Башта Т.М. Объёмные насосы и гидравлические приводы гидросистем. М.: Машиностроение, 1974. 607 с.
13. *Гавриленко Б.А., Семичастнов И.Ф.* Гидродинамические передачи. - М.: Машиностроение, 1980. 224 с.
14. *Гейер В.Г., Дулин В.С., Боруменский А.Г., Заря А.М.* Гидравлика и гидропривод. М.: Недра. 1981. 295 с.
15. *Коваль П.В.* Гидравлика и гидропривод горных машин. М. Машиностроение. 1979. 319 с.
16. *Данилов Ю.А., Кирилловский Ю.А., Колтаков Ю.Г.* Аппаратура объёмных гидроприводов. М.: Машиностроение, 1990. 272с.
17. Лабораторный курс гидравлики, насосов и гидropередач. (Под редакцией С.С.Руднёва и Л.Г.Подвидза). М.: Машиностроение, 1974. 416 с.
18. *Васильев Б.А., Герцев Н.А.* Гидравлические машины. М.: Агропромиздат, 1988. 272 с.
19. *Пономаренко Ю.Ф.* Испытание гидropередач. М.: Машиностроение, 1969. 292 с.
20. *Докукин А.В.* и др. Радиально-поршневые гидромоторы многократного действия. М.: Машиностроение, 1980. 288 с.
21. *Васильченко В.А.* Гидравлическое оборудование мобильных машин; Справочник. М.: Машиностроение, 1983. 301 с.
22. *Соколов Е.Я., Зингер Н.М.* Струйные аппараты. М.: Энергоатомиздат, 1989. 352 с.

**ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ
ТРАНСПОРТНЫХ И ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ**

*Методические указания к лабораторным занятиям
для студентов бакалавриата направления 23.03.03*

Сост.: *Д.В. Горленков*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
автоматизации технологических процессов и производств

Ответственный за выпуск *Д.В. Горленков*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 08.04.2021. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 1,6. Усл.кр.-отт. 1,6. Уч.-изд.л. 1,3. Тираж 75 экз. Заказ 292.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2