

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Матвеев Александр Сергеевич
Должность: И.о. начальника учебно-методического управления
Дата подписания: 13.12.2023 15:58:15
Уникальный программный ключ:
49d4975072634086f0e4251d25263c30745e9

Приложение к ППССЗ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева»
(ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

по дисциплине
ОП.10 «Элементы гидравлических и пневматических систем»

**специальность: 15.02.10 Мехатроника и
мобильная робототехника (по отраслям)**

форма обучения: очная

Пояснительная записка

Методические указания по выполнению практических работ подготовлены на основе рабочей программы учебной дисциплины ОП.10 «Элементы гидравлических и пневматических систем», разработанной на основе ФГОС СПО по специальности 15.02.10 «Мехатроника и мобильная робототехника (по отраслям)» и соответствующих общих (ОК) и профессиональных (ПК) компетенций:

ПК 1.1. Выполнять монтаж компонентов и модулей мехатронных систем в соответствии с технической документацией.

ПК 1.4. Выполнять работы по наладке компонентов и модулей мехатронных систем в соответствии с технической документацией.

ПК 2.3. Производить замену и ремонт компонентов и модулей мехатронных систем в соответствии с технической документацией.

ПК 5.1. Разрабатывать конструкции и схемы электрических подключений компонентов и модулей несложных мобильных робототехнических комплексов в соответствии с техническим заданием.

ПК 5.2. Выполнять сборку и монтаж компонентов и модулей мобильных робототехнических комплексов в соответствии с технической документацией.

ПК 5.3. Осуществлять техническое обслуживание компонентов и модулей мобильных робототехнических комплексов в соответствии с технической документацией.

ПК 5.5. Производить замену и ремонт компонентов и модулей мобильных робототехнических комплексов в соответствии с технической документацией.

При выполнении практических работ студент должен **знать**:

- порядок подготовки оборудования к монтажу мехатронных систем;
- технологию монтажа оборудования мехатронных систем;
- теоретические основы и принципы построения, структуру и режимы работы мехатронных систем;
- правила эксплуатации компонентов мехатронных систем;
- технологии анализа функционирования датчиков физических величин, дискретных и аналоговых сигналов;
- технологическую последовательность разборки, ремонта и сборки узлов и механизмов мехатронных систем;
- выбор соответствующего аппаратного обеспечения (моторы, датчики), необходимого для соблюдения требований к функционированию дополнительной конструкции;
- монтаж конструкции (прототипа), включая механические, электрические и информационные системы сбора данных, соответствующие требованиям, предъявляемым к роботу;
- функциональное назначение всех элементов мобильного робота.

При выполнении практических работ студент должен **уметь**:

- готовить инструмент и оборудование к монтажу;
- осуществлять пред монтажную проверку элементной базы мехатронных систем;
- осуществлять монтажные работы гидравлических, пневматических, электрических систем и систем управления;
- контролировать качество проведения монтажных работ мехатронных систем;
- производить разборку и сборку гидравлических, пневматических, электромеханических устройств мехатронных систем;
- использовать навыки по техническому обслуживанию компонентов мобильного робототехнического комплекса;
- производить ремонт и замену составных частей мобильного робота

Содержание практических занятий определено рабочей программой и тематическим планированием, соответствует теоретическому материалу изучаемых разделов учебной дисциплины.

Объём практических занятий по дисциплине определяется учебным планом по данной специальности.

Продолжительность практического занятия - 2 академических часа. Перед проведением практического занятия преподавателем организуется инструктаж, а по ее окончании – обсуждение итогов.

Комплект методических указаний по выполнению практических работ дисциплины ОП.10 «Элементы гидравлических и пневматических систем» содержит 15 практических занятия.

ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ.

ОП.10 «Элементы гидравлических и пневматических систем»

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

Тема: Решение задач по гидростатике.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

Тема: Решение задач по гидростатике.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

Тема: Решение задач по гидростатике.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4

Тема: Графическое представление и применение уравнения Бернулли.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5

Тема: Графическое представление и применение уравнения Бернулли.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6

Тема: Определение режимов течения жидкости.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7

Тема: Решение задач на определение мощности и КПД насосов различных видов.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8

Тема: Решение задач на определение напора насосов различных видов

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №9

Тема: Расчет основных параметров гидродвигателей. Изучение устройства и принципа работы следящего гидропривода

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №10

Тема: Составление гидравлических схем.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №11

Тема: Составление гидравлических схем

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №12

Тема: Составление гидравлических схем

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №13

Тема: Определение коэффициента суммарного сопротивления и расхода воздуха в пневматическом приводе

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №14

Тема: Определение коэффициента суммарного сопротивления и расхода воздуха в пневматическом приводе

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №15

Тема: Определение коэффициента суммарного сопротивления и расхода воздуха в пневматическом приводе

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

Тема: Решение задач по гидростатике.

Цель работы: Изучить законы гидростатики, уяснить зависимость между величиной давления жидкости, передаваемой нагрузкой и площадью, на которую действует нагрузкой, сформировать навыки расчета силы и давления, соотношенных с площадью.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Выписать исходные данные в соответствии с вариантом.
3. Выполнить решение задачи по определению силы.
4. Выполнить решение задачи по определению давления.
5. Сделать вывод о зависимости давления, нагрузки и площади.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретическая часть

Законы гидростатики относятся только к идеальным жидкостям, которые рассматриваются без массы, трения и сжимаемости. В жидкости действуют распределенные силы.

Пусть сила R действует под углом на площадку A (рис. 1).

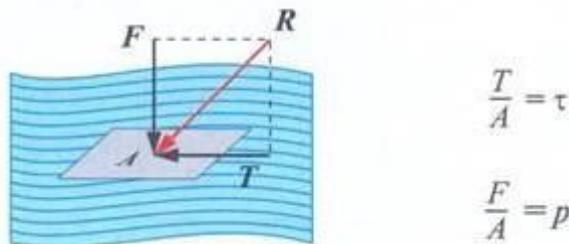


Рисунок 1 – Разложение поверхностной силы на две составляющие

Сила раскладывается на тангенциальную T и нормальную F составляющие. Нормальная сила F вызывает в жидкости напряжение сжатия, которое называют **гидромеханическим давлением** или просто давлением.

При равномерном распределении силы по площадке давление определяют по формуле

$$p = \frac{F}{A}, \text{ Па}$$

(Н/м²)

(1) где A –

площадь дна, м². Если сосуды различной формы имеют одинаковую площадь дна (рис. 2), т.е. $A_1=A_2=A_3$, но наполнены до одного и того же уровня h , то давление будет одинаковое, т.е. $P_1=P_2=P_3$ и действующие силы будут равны $F_1=F_2=F_3$.

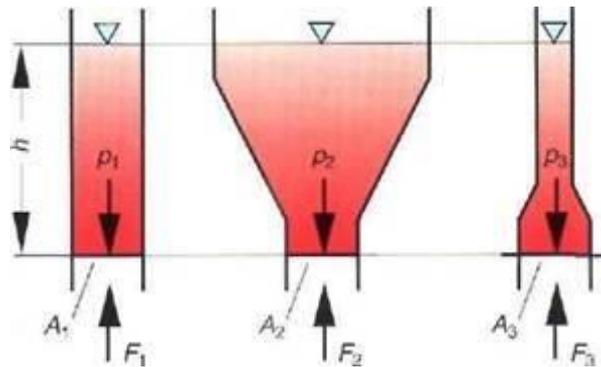


Рисунок 2 – Сосуды с одинаковой площадью дна

Основой для гидростатики является **закон Паскаля**, который определяет, что воздействие силы на неподвижную жидкость распространяется по всем направлениям внутри жидкости. Величина давления жидкости равна нагрузке, соотнесенной с площадью, на которую она действует. Давление всегда оказывает свое воздействие нормально на любую поверхность, в том числе и на ограничивающую поверхность резервуара.

Давление распространяется равномерно во всех направлениях. Если не принимать во внимание давление силы тяжести, то давление одинаково по величине во всех точках.

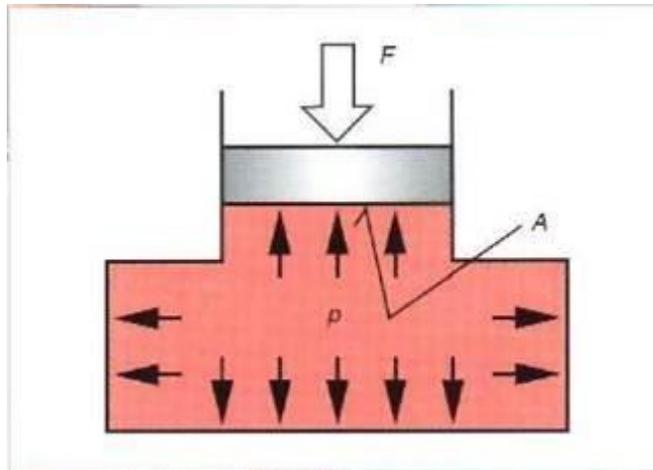


Рисунок 3 – Закон Паскаля

Основной единицей измерения давления (СИ) является паскаль: $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$. Однако часто пользуются более крупные единицы $1 \text{ кПа} = 10^3 \text{ Па}$ и мегапаскаль $1 \text{ МПа} = 10^6 \text{ Па} = 1 \text{ Н/мм}^2$. **Передача силы.**

Если сила F_1 воздействует на площадь A_1 , то возникает давление

$$p = \frac{F_1}{A_1} \quad (2)$$

Давление p оказывает воздействие на каждую точку системы, в том числе на поверхность A_2 . Достижимую силу F_2 , поднимающую нагрузку определяют по формуле:

$$F_2 = p \cdot A_2 \quad (3)$$

Таким образом, отношение сил равно отношению площадей:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (4)$$

ИЛИ

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1} \quad (5)$$

$$F_2 = F_1 \frac{A_2}{A_1} \quad (6)$$

Давление p в данной системе соответствует величине силы F и площади A . Это означает, что давление возрастает до тех пор, пока оно не сможет преодолеть сопротивление движению жидкости. Если с помощью силы F_1 и площади A_1 возможно достичь величины давления нагрузки F_2 через площадь A_2 , то нагрузка будет поднята.

Перемещения s_1 и s_2 обоих поршней обратно пропорциональны их площадям:

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{A_2}{A_1} \quad (7)$$

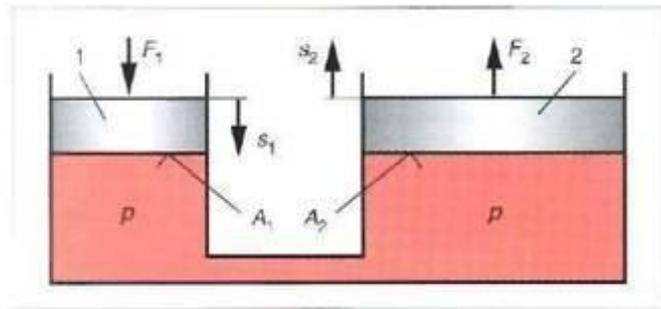


Рисунок 4 – Передача силы

Если объединить два поршня, связанных между собой с помощью штока (рис. 5), то получим следующие соотношения:

$$F_1 = F_2 \quad (8)$$

$$p_1 \cdot A_1 = p_2 \cdot A_2 \quad (9)$$

Таким образом,

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{A_2}{A_1} \quad (10)$$

$$p_2 = p_1 \frac{A_1}{A_2} \quad (11)$$

Задача 1

Определить силу F_2

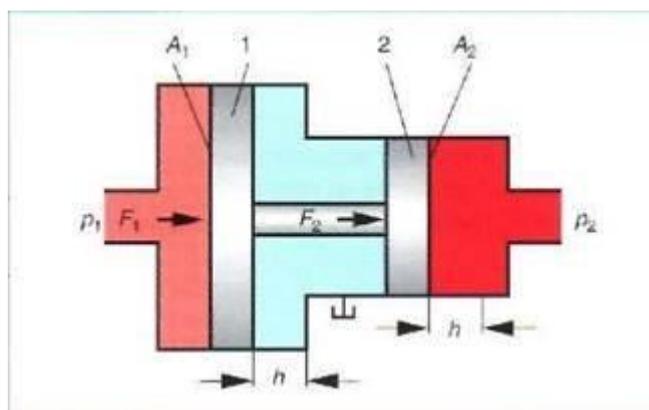


Рисунок 5 – Передача давления

Контрольные вопросы.

1. Назовите основные свойства жидкости.
2. Какое давление называется гидромеханическим?
3. Как определить давление?
4. Что определяет закон Паскаля?
5. Как определить силу, преодолевающую заданную нагрузку?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

Тема: Решение задач по гидростатике.

Цель работы: Изучить законы гидростатики, уяснить зависимость между величиной давления жидкости, передаваемой нагрузкой и площадью, на которую действует нагрузкой, сформировать навыки расчета силы и давления, соотносенных с площадью.

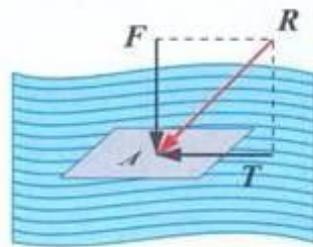
Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Выписать исходные данные в соответствии с вариантом.
3. Выполнить решение задачи по определению силы.
4. Выполнить решение задачи по определению давления.
5. Сделать вывод о зависимости давления, нагрузки и площади.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретическая часть

Законы гидростатики относятся только к идеальным жидкостям, которые рассматриваются без массы, трения и сжимаемости. В жидкости действуют распределенные силы.

Пусть сила R действует под углом на площадку A (рис. 1).



$$\frac{T}{A} = \tau$$

$$\frac{F}{A} = p$$

Рисунок 1 – Разложение поверхностной силы на две составляющие
Сила раскладывается на тангенциальную T и нормальную F составляющие. Нормальная сила F вызывает в жидкости напряжение сжатия, которое называют **гидромеханическим давлением** или просто давлением.

При равномерном распределении силы по площадке давление определяют по формуле

$$p = \frac{F}{A}, \text{ Па}$$

(Н/м²)

(1) где A –

площадь дна, м². Если сосуды различной формы имеют одинаковую площадь дна (рис. 2), т.е. $A_1=A_2=A_3$, но наполнены до одного и того же уровня h , то давление будет одинаковое, т.е. $p_1=p_2=p_3$ и действующие силы будут равны $F_1=F_2=F_3$.

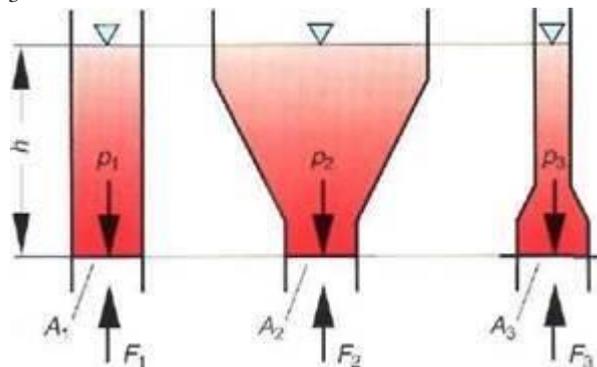


Рисунок 2 – Сосуды с одинаковой площадью дна

Основой для гидростатики является **закон Паскаля**, который определяет, что воздействие силы на неподвижную жидкость распространяется по всем направлениям внутри жидкости. Величина давления жидкости равна нагрузке, соотнесенной с площадью, на которую она действует. Давление всегда оказывает свое воздействие нормально на любую поверхность, в том числе и на ограничивающую поверхность резервуара.

Давление распространяется равномерно во всех направлениях. Если не принимать во внимание давление силы тяжести, то давление одинаково по величине во всех точках.

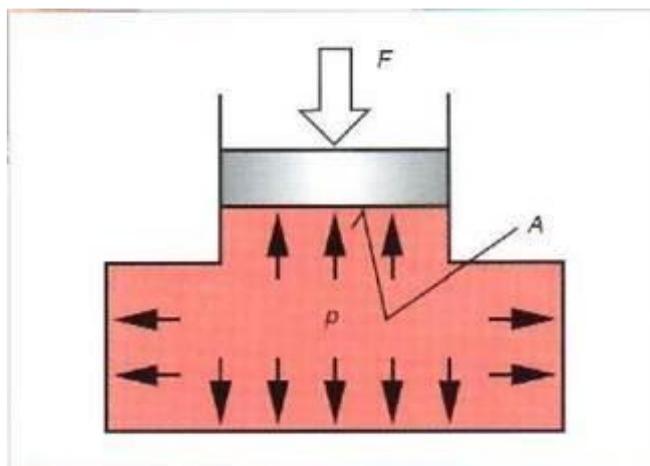


Рисунок 3 – Закон Паскаля

Основной единицей измерения давления (СИ) является паскаль: $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$. Однако часто пользуются более крупные единицы $1 \text{ кПа} = 10^3 \text{ Па}$ и мегапаскаль $1 \text{ МПа} = 10^6 \text{ Па} = 1 \text{ Н/мм}^2$. **Передача силы.**

Если сила F_1 воздействует на площадь A_1 , то возникает давление

$$p = \frac{F_1}{A_1} \quad (2)$$

Давление p оказывает воздействие на каждую точку системы, в том числе на поверхность A_2 . Достижимую силу F_2 , поднимающую нагрузку определяют по формуле:

$$F_2 = p \cdot A_2 \quad (3)$$

Таким образом, отношение сил равно отношению площадей:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (4)$$

или

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1} \quad (5)$$

$$F_2 = F_1 \frac{A_2}{A_1} \quad (6)$$

Давление p в данной системе соответствует величине силы F и площади A . Это означает, что давление возрастает до тех пор, пока оно не сможет преодолеть сопротивление движению жидкости. Если с помощью силы F_1 и площади A_1 возможно достичь величины давления нагрузки F_2 через площадь A_2 , то нагрузка будет поднята.

Перемещения s_1 и s_2 обоих поршней обратно пропорциональны их площадям:

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{A_2}{A_1} \quad (7)$$

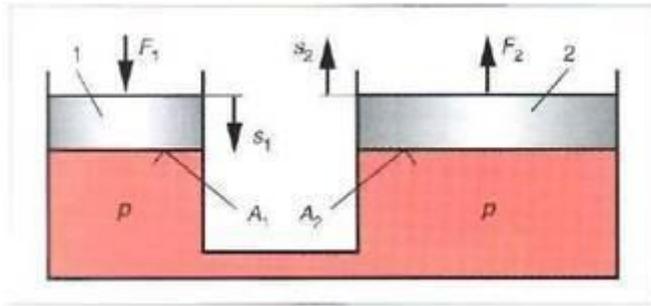


Рисунок 4 – Передача силы

Если объединить два поршня, связанных между собой с помощью штока (рис. 5), то получим следующие соотношения:

$$F_1 = F_2 \quad (8)$$

$$p_1 \cdot A_1 = p_2 \cdot A_2 \quad (9)$$

Таким образом,

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{A_2}{A_1} \quad (10)$$

$$p_2 = p_1 \frac{A_1}{A_2} \quad (11)$$

Задача 1

Определить силу F_2

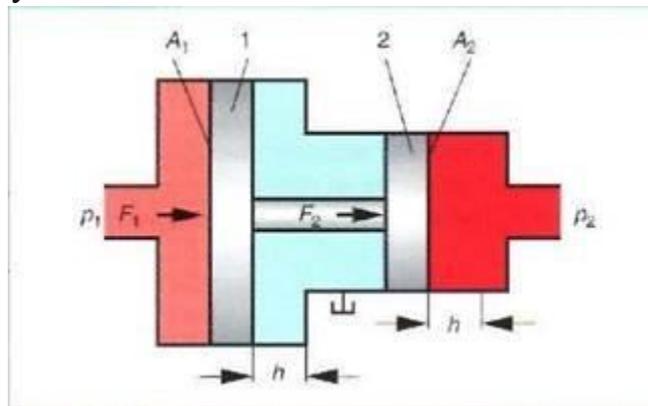


Рисунок 5 – Передача давления

Контрольные вопросы.

1. Назовите основные свойства жидкости.
2. Какое давление называется гидромеханическим?
3. Как определить давление?
4. Что определяет закон Паскаля?
5. Как определить силу, преодолевающую заданную нагрузку?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

Тема: Решение задач по гидростатике.

Цель работы: Изучить законы гидростатики, уяснить зависимость между величиной давления жидкости, передаваемой нагрузкой и площадью, на которую действует нагрузкой, сформировать навыки расчета силы и давления, соотнесенных с площадью.

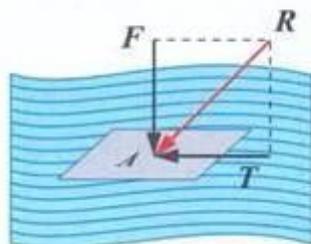
Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Выписать исходные данные в соответствии с вариантом.
3. Выполнить решение задачи по определению силы.
4. Выполнить решение задачи по определению давления.
5. Сделать вывод о зависимости давления, нагрузки и площади.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретическая часть

Законы гидростатики относятся только к идеальным жидкостям, которые рассматриваются без массы, трения и сжимаемости. В жидкости действуют распределенные силы.

Пусть сила R действует под углом на площадку A (рис. 1).



$$\frac{T}{A} = \tau$$

$$\frac{F}{A} = p$$

Рисунок 1 – Разложение поверхностной силы на две составляющие

Сила раскладывается на тангенциальную T и нормальную F составляющие. Нормальная сила F вызывает в жидкости напряжение сжатия, которое называют **гидромеханическим давлением** или просто давлением.

При равномерном распределении силы по площадке давление определяют по формуле

$$p = \frac{F}{A}, \text{ Па}$$

(Н/м²)

(1) где A –

площадь дна, м². Если сосуды различной формы имеют одинаковую площадь дна (рис. 2), т.е. $A_1=A_2=A_3$, но наполнены до одного и того же

уровня h , то давление будет одинаковое, т.е. $P_1=P_2=P_3$ и действующие силы будут равны $F_1=F_2=F_3$.

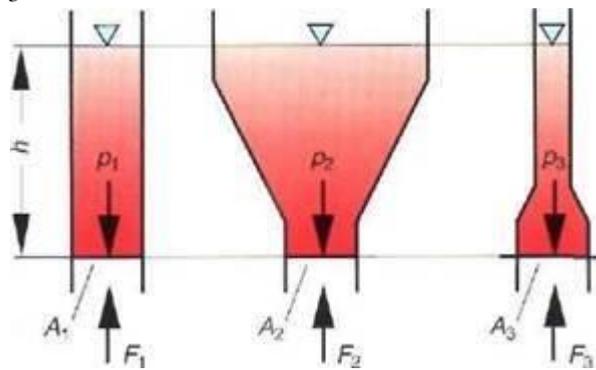


Рисунок 2 – Сосуды с одинаковой площадью дна

Основой для гидростатики является **закон Паскаля**, который определяет, что воздействие силы на неподвижную жидкость распространяется по всем направлениям внутри жидкости. Величина давления жидкости равна нагрузке, соотнесенной с площадью, на которую она действует. Давление всегда оказывает свое воздействие нормально на любую поверхность, в том числе и на ограничивающую поверхность резервуара.

Давление распространяется равномерно во всех направлениях. Если не принимать во внимание давление силы тяжести, то давление одинаково по величине во всех точках.

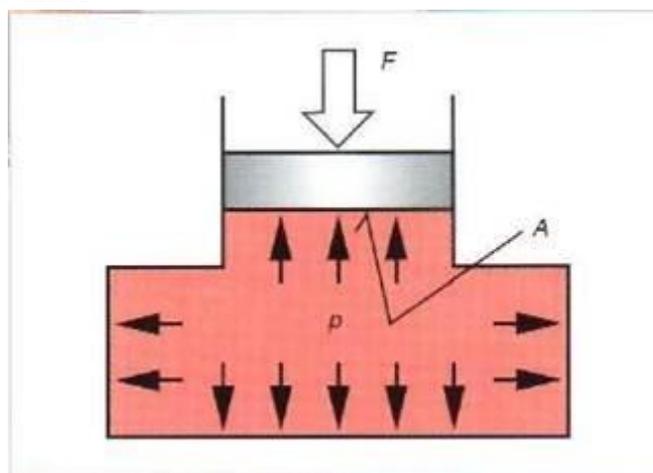


Рисунок 3 – Закон Паскаля

Основной единицей измерения давления (СИ) является паскаль: $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$. Однако часто пользуются более крупные единицы $1 \text{ кПа} = 10^3 \text{ Па}$ и мегапаскаль $1 \text{ МПа} = 10^6 \text{ Па} = 1 \text{ Н/мм}^2$. **Передача силы.**

Если сила F_1 воздействует на площадь A_1 , то возникает давление

$$p = \frac{F_1}{A_1} \quad (2)$$

Давление p оказывает воздействие на каждую точку системы, в том числе на поверхность A_2 . Достижимую силу F_2 , поднимающую нагрузку определяют по формуле:

$$F_2 = p \cdot A_2 \quad (3)$$

Таким образом, отношение сил равно отношению площадей:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (4)$$

или

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1} \quad (5)$$

$$F_2 = F_1 \frac{A_2}{A_1} \quad (6)$$

Давление p в данной системе соответствует величине силы F и площади A . Это означает, что давление возрастает до тех пор, пока оно не сможет преодолеть сопротивление движению жидкости. Если с помощью силы F_1 и площади A_1 возможно достичь величины давления нагрузки F_2 через площадь A_2 , то нагрузка будет поднята.

Перемещения s_1 и s_2 обоих поршней обратно пропорциональны их площадям:

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{A_2}{A_1} \quad (7)$$

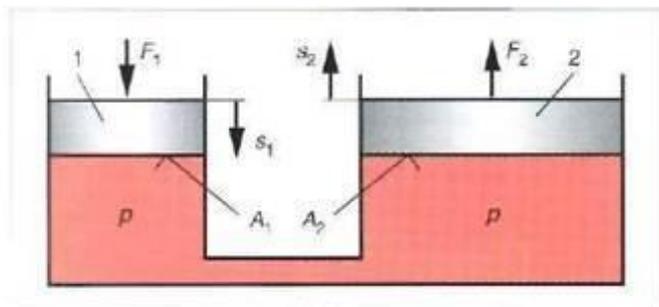


Рисунок 4 – Передача силы

Если объединить два поршня, связанных между собой с помощью штока (рис. 5), то получим следующие соотношения:

$$F_1 = F_2 \quad (8)$$

$$p_1 \cdot A_1 = p_2 \cdot A_2 \quad (9)$$

Таким образом,

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{A_2}{A_1} \quad (10)$$

$$p_2 = p_1 \frac{A_1}{A_2} \quad (11)$$

Задача 1

Определить силу F_2

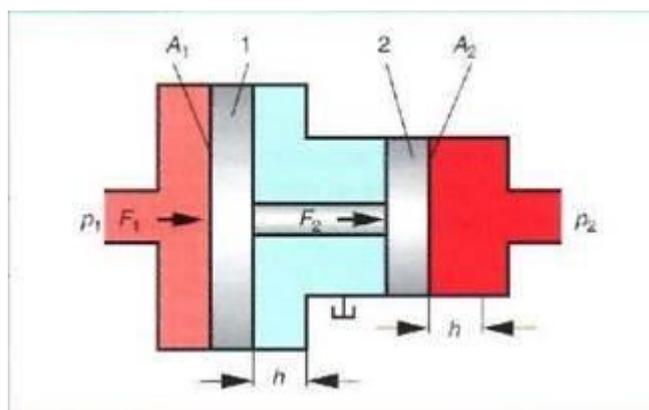


Рисунок 5 – Передача давления

Контрольные вопросы.

1. Назовите основные свойства жидкости.
2. Какое давление называется гидромеханическим?
3. Как определить давление?
4. Что определяет закон Паскаля?
5. Как определить силу, преодолевающую заданную нагрузку?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4

Тема: Графическое представление и применение уравнения Бернулли.

Цель Изучить формы энергии движущейся жидкости, уяснить **работы:** физический смысл членов уравнения Бернулли, сформировать навыки расчета энергии потока жидкости.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Выписать исходные данные.
3. Выполнить решение задачи.
4. Выполнить графическую иллюстрацию уравнения Бернулли в соответствии с решением задачи.
5. Сделать вывод о распределении скоростей по сечениям и потери энергии при движении жидкости.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретическая часть

Закон сохранения энергии для текущей жидкости гласит, что общая энергия потока жидкости не изменяется до тех пор, пока не будет осуществлен подвод энергии извне или пока энергия не будет отдаваться наружу.

Общая (полная) энергия складывается из:

- потенциальной энергии, зависящей от величины столба жидкости и статического давления,
- кинетической энергии, зависящей от скорости потока и скоростного напора.

Установившееся течение идеальной жидкости, находится под действием лишь одной массовой силы – силы тяжести.

При переходе жидкости с участка трубы с большим сечением на участок с меньшим сечением скорость течения возрастает, т.е. жидкость движется с ускорением. Следовательно, на жидкость действует сила. В горизонтальной трубе эта сила может возникнуть только из-за разности давлений в сечениях 1-1 и 2-2: Давление в сечении 1-1 больше, чем в сечении 2-2, что обеспечивает течение жидкости в данном направлении.

Если участки трубы расположены на разной высоте, то ускорение жидкости вызывается совместным действием силы давления и силы тяжести.

Применим к некоторому выделенному в потоке объему жидкости массой m теорему механики о том, что работа сил, приложенных к телу равна приращению кинетической энергии этого тела (рис. 1).

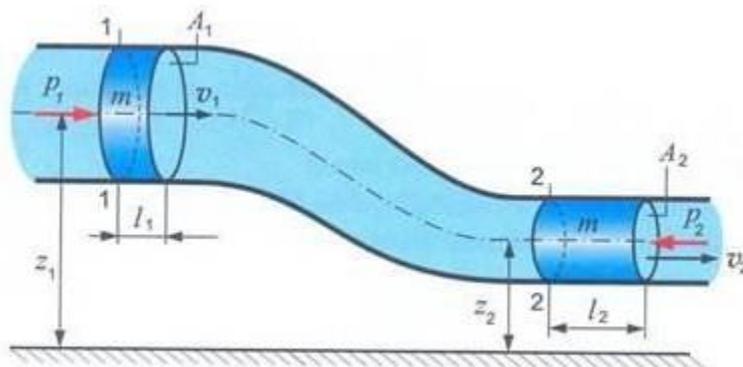


Рисунок 1 – К выводу уравнения Бернулли

При перемещении выделенного объема жидкости из сечения 1-1 в сечение 2-2 за время t силы давления совершают работу A_p :

$$A_p = p_1 \cdot A_1 \cdot l_1 - p_2 \cdot A_2 \cdot l_2 = p_1 \cdot A_1 \cdot v_1 \cdot t - p_2 \cdot A_2 \cdot v_2 \cdot t = p_1 \cdot V_1 - p_2 \cdot V_2 = p_1 \cdot \frac{m}{\rho} - p_2 \cdot \frac{m}{\rho}. \quad (2)$$

Работа силы тяжести равна изменению потенциальной энергии положения выделенного объема:

$$A_g = m \cdot g \cdot z_1 - m \cdot g \cdot z_2. \quad (3)$$

Приращение кинетической энергии равно:

$$E_2 - E_1 = \frac{m \cdot v_2^2}{2} - \frac{m \cdot v_1^2}{2}, \quad (4)$$

Таким образом,

$$A_p + A_g = E_2 - E_1, \quad (5)$$

Отсюда следует

$$\frac{m \cdot v_2^2}{2} - \frac{m \cdot v_1^2}{2} + m \cdot g \cdot z_1 - m \cdot g \cdot z_2 = \frac{m \cdot v_1^2}{2} - \frac{m \cdot v_2^2}{2}. \quad (6)$$

Разделив все члены уравнения на **m** и сгруппировав члены, относящиеся ко второму сечению, в правой, получим **уравнение Бернулли** для идеальной несжимаемой жидкости, записанное в энергетической форме:

$$g \cdot z_1 + \frac{p_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} = g \cdot z_2 + \frac{p_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2}, \quad (7)$$

где $g \cdot z$ – удельная энергия положения ($g=9,8 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного

падения); p/g – удельная энергия давления; $v^2/2$ – удельная кинетическая энергия.

Таким образом, энергетический смысл уравнения Бернулли для потока идеальной жидкости заключается в постоянстве вдоль потока полной удельной энергии жидкости, т.е. выражает закон сохранения механической энергии в идеальной жидкости.

Механическая энергия движущейся жидкости может иметь три формы: энергия положения, давления и кинетическая энергия. Первая и третья формы механической энергии известны из механики и в равной степени свойственны твердым и жидким телам. Энергия давления является специфической для движущихся жидкостей. В процессе движения идеальной жидкости одна форма энергии может превращаться в другую, однако величина полной удельной энергии жидкости остается неизменной.

Разделив все члены уравнения Бернулли на g , получим другую форму его записи:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g}, \quad (8)$$

Каждый из членов уравнения Бернулли, с одной стороны некоторую высоту (напор), а с другой – является тем или иным видом удельной энергии, т.е. энергии, отнесенной к единице веса жидкости. Поэтому каждый член

уравнения Бернулли имеет размерность единицы длины (м)

Физический смысл членов уравнения Бернулли:

z – геометрическая высота, или геометрический напор (удельная потенциальная энергия положения жидкости), м; $p/(\rho \cdot g)$ –

пьезометрическая высота, или пьезометрический напор

(удельная потенциальная энергия давления), м; $z+p/(\rho \cdot g)$ –

гидростатический напор, или удельная потенциальная энергия давления, м; $v^2/(2 \cdot g)$ – скоростная высота или скоростной напор

(удельная

кинетическая энергия жидкости), м; $z+p/(\rho \cdot g)+v^2/(2 \cdot g)$ – полный напор, или полная удельная энергия жидкости

в данном сечении, м.

Таким образом, в уравнении Бернулли полная удельная энергия в сечении 1-1 приравнивается полной удельной энергии в сечении 2-2. Из этого следует вывод, что уравнение Бернулли – это закон сохранения энергии для движущейся жидкости.

Очевидно, что для идеальной движущейся жидкости сумма трех напоров (высот): геометрического, пьезометрического и скоростного есть величина постоянная вдоль потока (рис. 2).

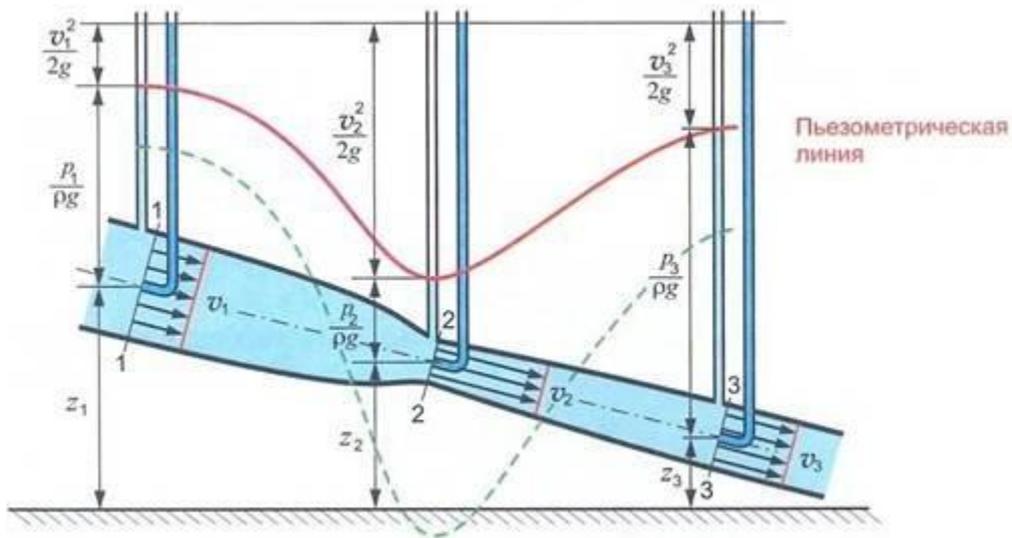


Рисунок 2 – Графическая иллюстрация уравнения Бернулли для потока идеальной жидкости

В отличие от идеальной жидкости в потоке реальной жидкости возникают напряжения трения. Это вызывает неравномерность распределения скоростей по сечениям и потери энергии при движении жидкости (рис. 3).

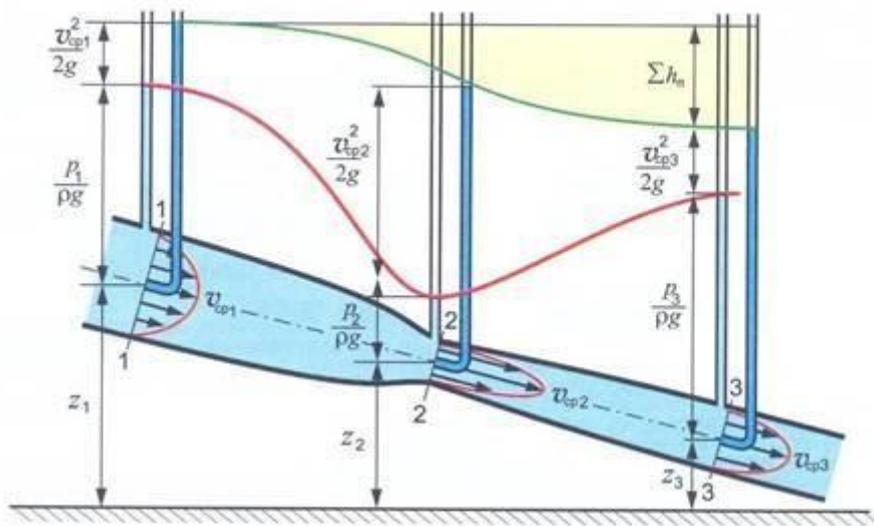


Рисунок 3 – Графическая иллюстрация уравнения Бернулли для потока реальной жидкости

С учетом отмеченного уравнения Бернулли принимает следующий вид:

$$Z_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \alpha_1 \cdot \frac{v_1^2}{2 \cdot g} = Z_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \alpha_2 \cdot \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + \sum h_{\text{пот}} \quad (2)$$

где α – безразмерный коэффициент, учитывающий неравномерность распределения скоростей по сечению (коэффициент Кориолиса);

$\sum h_{\text{пот}}$ – суммарная потеря напора (удельной энергии) при движении жидкости от сечения 1-1 до сечения 2-2.

В практических расчетах коэффициент Кориолиса принимают $\alpha_{\text{л}}=2$ для ламинарного потока и $\alpha_{\text{т}}=1$ для турбулентного.

Если вместе рассматривать уравнение непрерывности и уравнение Бернулли, то уменьшение проходного сечения ведет к увеличению скорости и кинетическая энергия возрастает, а потенциальная убывает.

Несмотря на то, что потенциальная энергия уменьшается очень мало, статическое давление заметно изменяется в зависимости от скорости напора, т.е. зависит от скорости потока.

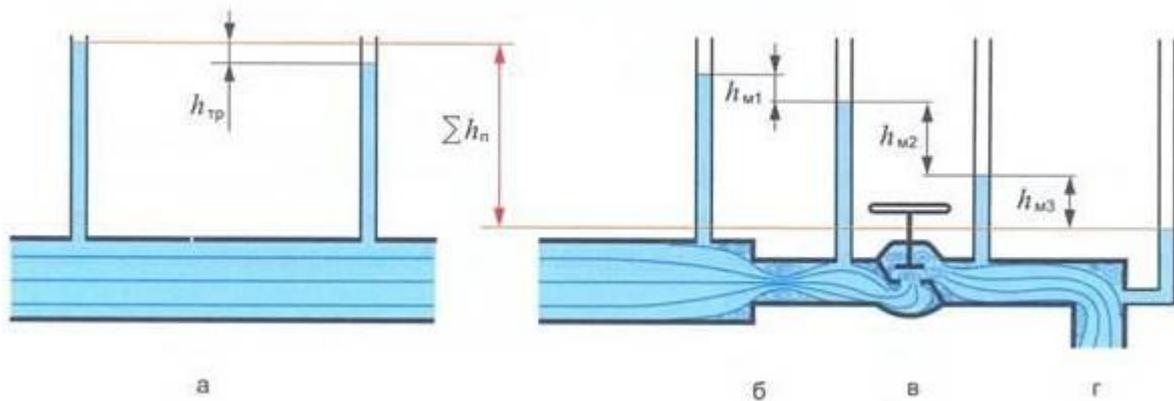


Рисунок 4 – Гидравлические потери по длине (а) и местные (б, в, г)

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте закон сохранения энергии для текущей жидкости.
2. Из каких составляющих состоит полная (общая) энергия текущей жидкости?
3. От чего зависит потенциальная энергия текущей жидкости?
4. От чего зависит кинетическая энергия текущей жидкости?
5. Поясните энергетический смысл уравнения Бернулли для потока идеальной жидкости?
6. Какие формы имеет механическая энергия жидкости?
7. Поясните физический смысл членов уравнения Бернулли.
8. Чем отличается уравнение Бернулли для реальной жидкости от уравнения для идеальной жидкости?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5

Тема: Графическое представление и применение уравнения Бернулли.

Цель Изучить формы энергии движущейся жидкости, уяснить **работы:** физический смысл членов уравнения Бернулли, сформировать навыки расчета энергии потока жидкости.

Порядок выполнения работы	<ol style="list-style-type: none">1. Ознакомиться с теоретическим материалом.2. Выписать исходные данные.3. Выполнить решение задачи.4. Выполнить графическую иллюстрацию уравнения Бернулли в соответствии с решением задачи.5. Сделать вывод о распределении скоростей по сечениям и потери энергии при движении жидкости.6. Ответить на контрольные вопросы.
----------------------------------	--

Теоретическая часть

Закон сохранения энергии для текущей жидкости гласит, что общая энергия потока жидкости не изменяется до тех пор, пока не будет осуществлен подвод энергии извне или пока энергия не будет отдаваться наружу.

Общая (полная) энергия складывается из:

- потенциальной энергии, зависящей от величины столба жидкости и статического давления,
- кинетической энергии, зависящей от скорости потока и скоростного напора.

Установившееся течение идеальной жидкости, находится под действием лишь одной массовой силы – силы тяжести.

При переходе жидкости с участка трубы с большим сечением на участок с меньшим сечением скорость течения возрастает, т.е. жидкость движется с ускорением. Следовательно, на жидкость действует сила. В горизонтальной трубе эта сила может возникнуть только из-за разности давлений в сечениях 1-1 и 2-2: Давление в сечении 1-1 больше, чем в сечении 2-2, что обеспечивает течение жидкости в данном направлении.

Если участки трубы расположены на разной высоте, то ускорение жидкости вызывается совместным действием силы давления и силы тяжести.

Применим к некоторому выделенному в потоке объему жидкости массой m теорему механики о том, что работа сил, приложенных к телу равна приращению кинетической энергии этого тела (рис. 1).

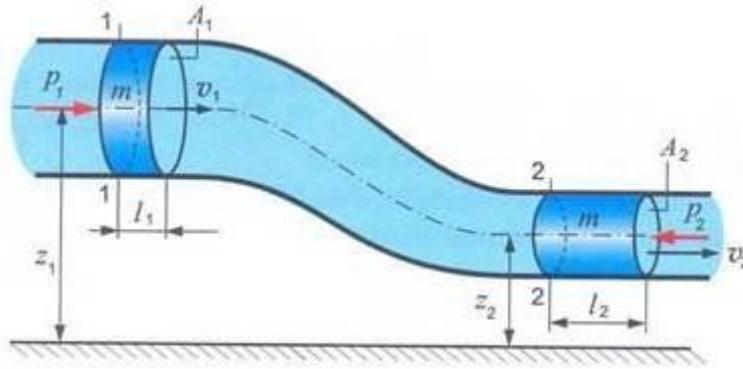


Рисунок 1 – К выводу уравнения Бернулли

При перемещении выделенного объема жидкости из сечения 1-1 в сечение 2-2 за время t силы давления совершают работу A_p :

$$A_p = p_1 \cdot A_1 \cdot l_1 - p_2 \cdot A_2 \cdot l_2 = p_1 \cdot A_1 \cdot v_1 \cdot t - p_2 \cdot A_2 \cdot v_2 \cdot t = p_1 \cdot V_1 - p_2 \cdot V_2 = p_1 \cdot \frac{m}{\rho} - p_2 \cdot \frac{m}{\rho}. \quad (2)$$

Работа силы тяжести равна изменению потенциальной энергии положения выделенного объема:

$$A_g = m \cdot g \cdot z_1 - m \cdot g \cdot z_2. \quad (3)$$

Приращение кинетической энергии равно:

$$E_2 - E_1 = \frac{m \cdot v_2^2}{2} - \frac{m \cdot v_1^2}{2}, \quad (4)$$

Таким образом,

$$A_p + A_g = E_2 - E_1, \quad (5)$$

Отсюда следует

$$\frac{m \cdot v_2^2}{2} - \frac{m \cdot v_1^2}{2} + m \cdot g \cdot z_1 - m \cdot g \cdot z_2 = \frac{m \cdot v_1^2}{2} - \frac{m \cdot v_1^2}{2}. \quad (6)$$

Разделив все члены уравнения на m и сгруппировав члены, относящиеся ко второму сечению, в правой, получим **уравнение Бернулли** для идеальной несжимаемой жидкости, записанное в энергетической форме:

$$g \cdot z_1 + \frac{p_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} = g \cdot z_2 + \frac{p_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2}, \quad (7)$$

где $g \cdot z$ – удельная энергия положения ($g=9,8 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного

падения); p/g – удельная энергия

давления; $v^2/2$ – удельная

кинетическая энергия.

Таким образом, энергетический смысл уравнения Бернулли для потока идеальной жидкости заключается в постоянстве вдоль потока полной удельной энергии жидкости, т.е. выражает закон сохранения механической энергии в идеальной жидкости.

Механическая энергия движущейся жидкости может иметь три формы: энергия положения, давления и кинетическая энергия. Первая и третья

формы механической энергии известны из механики и в равной степени свойственны твердым и жидким телам. Энергия давления является специфической для движущихся жидкостей. В процессе движения идеальной жидкости одна форма энергии может превращаться в другую, однако величина полной удельной энергии жидкости остается неизменной.

Разделив все члены уравнения Бернулли на g , получим другую форму его записи:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g}, \quad (8)$$

Каждый из членов уравнения Бернулли, с одной стороны некоторую высоту (напор), а с другой – является тем или иным видом удельной энергии, т.е. энергии, отнесенной к единице веса жидкости. Поэтому каждый член

уравнения Бернулли имеет размерность единицы длины (м)

Физический смысл членов уравнения Бернулли:

z – геометрическая высота, или геометрический напор (удельная потенциальная энергия положения жидкости), м; $p/(\rho \cdot g)$ – пьезометрическая высота, или пьезометрический напор (удельная потенциальная энергия давления), м; $z+p/(\rho \cdot g)$ – гидростатический напор, или удельная потенциальная энергия давления, м; $v^2/(2 \cdot g)$ – скоростная высота или скоростной напор (удельная кинетическая энергия жидкости), м; $z+p/(\rho \cdot g)+v^2/(2 \cdot g)$ – полный напор, или полная удельная энергия жидкости

в данном сечении, м.

Таким образом, в уравнении Бернулли полная удельная энергия в сечении 1-1 приравнивается полной удельной энергии в сечении 2-2. Из этого следует вывод, что уравнение Бернулли – это закон сохранения энергии для движущейся жидкости.

Очевидно, что для идеальной движущейся жидкости сумма трех напоров (высот): геометрического, пьезометрического и скоростного есть величина постоянная вдоль потока (рис. 2).

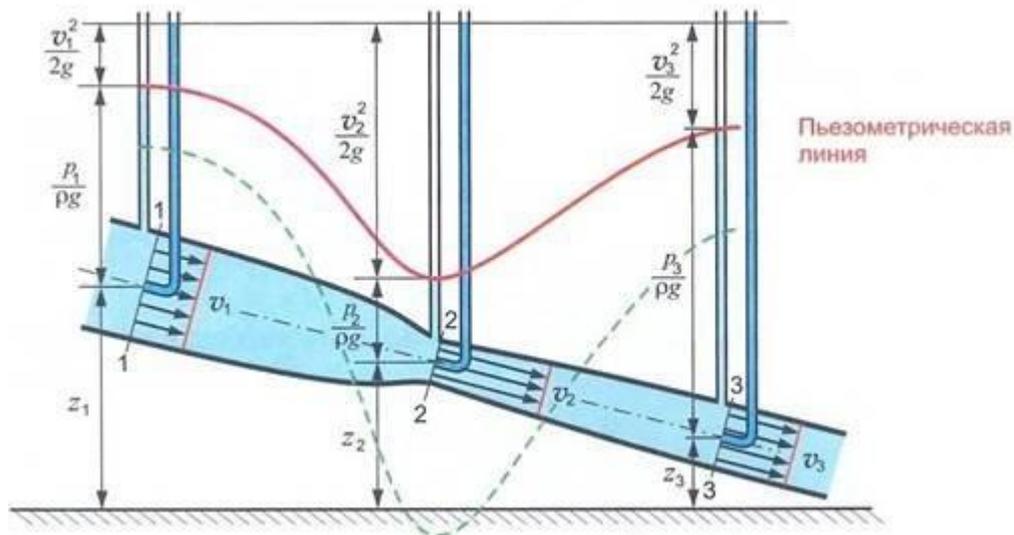


Рисунок 2 – Графическая иллюстрация уравнения Бернулли для потока идеальной жидкости

В отличие от идеальной жидкости в потоке реальной жидкости возникают напряжения трения. Это вызывает неравномерность распределения скоростей по сечениям и потери энергии при движении жидкости (рис. 3).

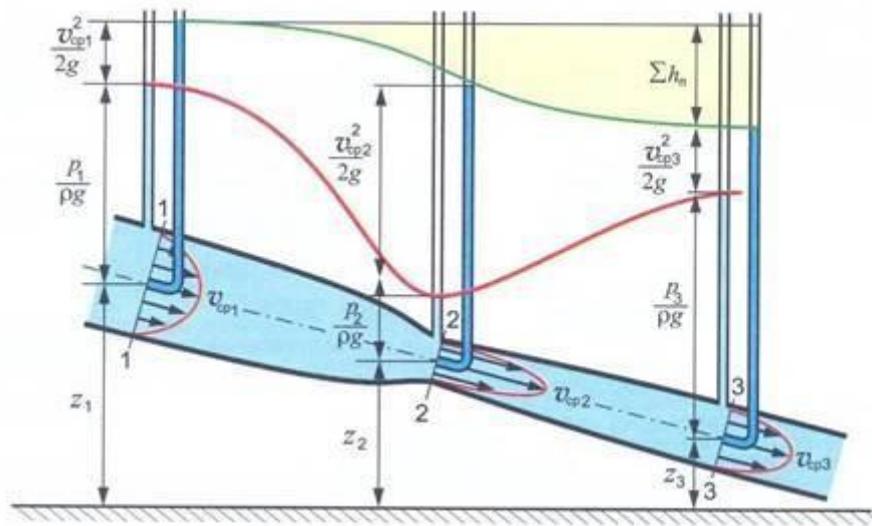


Рисунок 3 – Графическая иллюстрация уравнения Бернулли для потока реальной жидкости

С учетом отмеченного уравнения Бернулли принимает следующий вид:

$$Z_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \alpha_1 \cdot \frac{v_1^2}{2 \cdot g} = Z_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \alpha_2 \cdot \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + \Sigma h_{\text{пот}} \quad (2)$$

где α – безразмерный коэффициент, учитывающий неравномерность распределения скоростей по сечению (коэффициент Кориолиса);

$\Sigma h_{\text{пот}}$ – суммарная потеря напора (удельной энергии) при движении жидкости от сечения 1-1 до сечения 2-2.

В практических расчетах коэффициент Кориолиса принимают $\alpha_{\text{л}}=2$ для ламинарного потока и $\alpha_{\text{т}}=1$ для турбулентного.

Если вместе рассматривать уравнение непрерывности и уравнение Бернулли, то уменьшение проходного сечения ведет к увеличению скорости и кинетическая энергия возрастает, а потенциальная убывает.

Несмотря на то, что потенциальная энергия уменьшается очень мало, статическое давление заметно изменяется в зависимости от скорости напора, т.е. зависит от скорости потока.

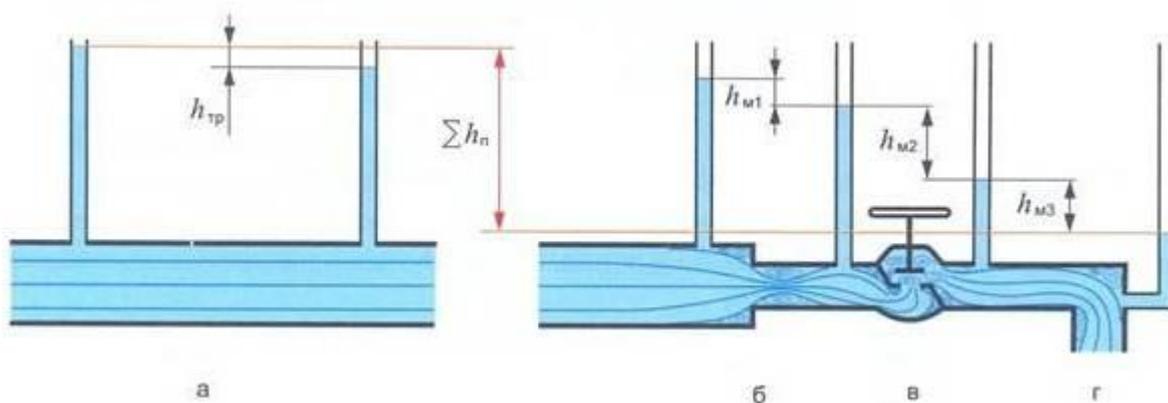


Рисунок 4 – Гидравлические потери по длине (а) и местные (б, в, г)

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте закон сохранения энергии для текущей жидкости.
2. Из каких составляющих состоит полная (общая) энергия текущей жидкости?
3. От чего зависит потенциальная энергия текущей жидкости?
4. От чего зависит кинетическая энергия текущей жидкости?
5. Поясните энергетический смысл уравнения Бернулли для потока идеальной жидкости?
6. Какие формы имеет механическая энергия жидкости?
7. Поясните физический смысл членов уравнения Бернулли.
8. Чем отличается уравнение Бернулли для реальной жидкости от уравнения для идеальной жидкости?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6

Тема: Определение режимов течения жидкости.

Цель работы: Изучить характеристики, определяющие режим течения жидкости, уяснить зависимость между скоростью течения жидкости, кинематической вязкостью и диаметром трубы, сформировать навыки определения режима течения жидкости.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Выполнить эпюры скоростей при ламинарном и турбулентном течении жидкости.
3. Выполнить решение задачи.
4. Определить вид течения жидкости.
5. Сделать выводы о факторах, влияющих на режим течения жидкости.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретическая часть

Экспериментальные исследования потоков реальной жидкости показывают, что процессы, происходящие в них, существенно зависят от характера течения

Возможны два режима течения жидкости:

- ламинарный режим (ламинарное течение) – это слоистое течение без перемешивания жидкости и без пульсации скоростей и давлений. До определенной скорости слои жидкости движутся по трубопроводу параллельно его стенкам (ламинарно). При этом внутренний слой жидкости имеет максимальную скорость, а внешний слой находится в статическом состоянии у стенок трубопровода (рис. 1, а);
- турбулентный режим (турбулентное течение) – это течение с перемешиванием слоев жидкости, интенсивным вихреобразованием и пульсациями скоростей и давлений. Если скорость возрастает, то при достижении определенной критической величины изменяется вид потока, он становится турбулентным (рис. 1, б).



Рисунок 1 – Эпюры скоростей при ламинарном (а) и турбулентном (б) режимах течения жидкости

При течении жидкости по трубопроводу переход от ламинарного к турбулентному наблюдается в тот момент, когда осредненная по сечению трубы скорость движения потока становится равной критической $v_{кр}$. Как показывает эксперимент, критическая скорость пропорциональна кинематической вязкости ν жидкости и обратно пропорциональна внутреннему диаметру d трубы

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7

Тема: Решение задач на определение мощности и КПД насосов различных видов.

Цель работы: Изучить параметры и характеристики насосов, потери мощности и причины их вызывающие, сформировать навыки расчета мощности насосов и КПД

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Выписать условие и исходные данные задачи.
3. Определить подачу насоса.
4. Определить теоретическую мощность насоса.
5. Определить КПД насоса.
6. Сделать выводы о причинах, вызывающих уменьшение мощности насоса.
7. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретическая часть

Насосы – гидравлические машины, назначение которых состоит в преобразовании механической энергии приводного двигателя в гидравлическую энергию рабочей жидкости.

В гидравлических приводах применяют насосы, которые по своему принципу действия называют объемными. В таких насосах, независимо от их конструктивных особенностей, всасывание рабочей жидкости и ее вытеснение в систему происходит в результате последовательного увеличения и уменьшения геометрического объема их рабочих камер.

Рабочая камера насоса – это изолированное пространство внутри насоса, ограниченное деталями данной конструкции, изменение взаимного положения которых и приводит к увеличению или уменьшению ее объема.

В процессе работы объемного насоса каждая рабочая камера при увеличении ее объема соединяется с линией всасывания, а при ее уменьшении с линией нагнетания. При этом давление в вытесняемой жидкости повышается до значения, достаточного для преодоления суммарного сопротивления гидросистемы, которое складывается из внешнего и внутреннего сопротивлений. Внешнее сопротивление обусловлено противодействием полезной нагрузки, механическим трением, а также статической нагрузкой и динамическими силами, действующими на исполнительные механизмы. Внутреннее (гидравлическое) сопротивление является следствием трения, возникающего между слоями рабочей жидкости, а также между рабочей жидкостью и стенками каналов, и возникает при движении жидкости по трубопроводам и через гидроаппараты системы.

Характерным параметром для насоса любой конструкции является его **рабочий объем** – объем жидкости, который вытесняется насосом за один оборот приводного вала.

Подача насоса определяется как произведение его рабочего объема на частоту вращения приводного вала в единицу времени:

1. Дайте определение объемных потерь мощности насоса. Чем обусловлены объемные потери насоса?
2. Дайте определение механических потерь мощности насоса. Чем обусловлены механические потери насоса?
3. Как определить полный КПД насоса?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8

Тема: Решение задач на определение напора насосов различных видов

Цель работы: Изучить физическую сущность напора насоса, причины, вызывающие потери напора, сформировать навыки расчета потерь напора.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Определить напор насоса.
3. Определить потери напора по длине.
4. Определить местные потери напора.
5. Определить суммарные потери напора.
6. Сделать вывод о зависимости напора от потерь.
7. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретическая часть

Одним из важнейших параметров насоса является его напор. **Напор насоса** – приращение полной удельной механической энергии жидкости в насосе. Напор равен разности полных напоров жидкости на выходе насоса и на входе в него, т.е. зависит от нивелирных высот z , давления p , скоростей течения жидкости v , а также коэффициентов Кориолиса α и плотности жидкости.

Для существующих конструкций насосов разность высот ($z_2 - z_1$) расположения центров тяжести входного и выходного проходных сечений ничтожно мала и ею в расчетах пренебрегают.

Разность скоростных напоров (третье слагаемое в формуле 1) можно принимать во внимание только в низконапорных насосах при условии, что у них площади входного и выходного отверстий отличаются по диаметру.

Для подавляющего большинства насосов основной величиной, определяющей значение напора насоса, является разность пьезометрических высот (второе слагаемое в формуле 1). Разность

давлений на выходе и входе насоса называют давлением, создаваемым насосом, или просто давлением насоса $p_n = p_n - p_n$. Т.о., можно считать

Все элементы гидравлических систем оказывают то или иное сопротивление движению жидкости, что приводит к потерям энергии, которые принято называть гидравлическими потерями.

В общем случае формулу для подсчета гидравлических потерь между двумя произвольно выбранными сечениями можно получить из уравнения Бернулли для потока реальной жидкости. Для анализа влияния, которое оказывают потери на параметры потока, сгруппируем однотипные члены уравнения

Местные гидравлические потери.

К местным гидравлическим потерям относят короткие участки трубопроводов, в которых происходит деформация потока, т.е. изменение скоростей движения жидкости по величине и (или) направлению. Простейшими местными гидравлическими сопротивлениями являются:

- расширение потока;
- сужение потока;
- поворот потока.

Большинство местных сопротивлений, включая гидравлическую арматуру (вентили, краны, клапаны) представляет собой комбинации простейших местных сопротивлений.

Потери в местных сопротивлениях вызваны вихреобразованием и подсчитываются по формуле Вейсбаха: жидкости в трубе, в которой установлено данное местное сопротивление.

Из-за сложности процессов, происходящих в местных гидравлических сопротивлениях, значение коэффициент ζ_M получен в результате экспериментальных исследований.

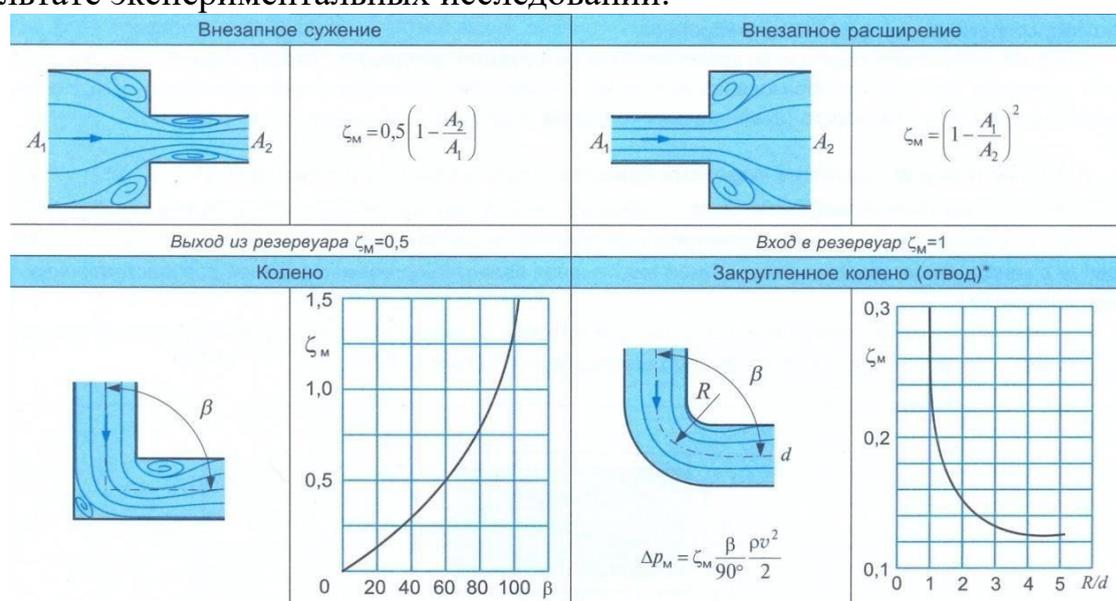


Рисунок 1 – Потери в простейших местных сопротивлениях

В гидравлических системах достаточно часто встречаются

постепенное сужение потока, называемое конфузуром, и постепенное расширение потока, называемое диффузором. Эти местные сопротивления могут иметь достаточно большие длины, поэтому кроме потерь из-за вихреобразования, вызванного изменением геометрии потока, в них учитываются потери давления на трение по длине.

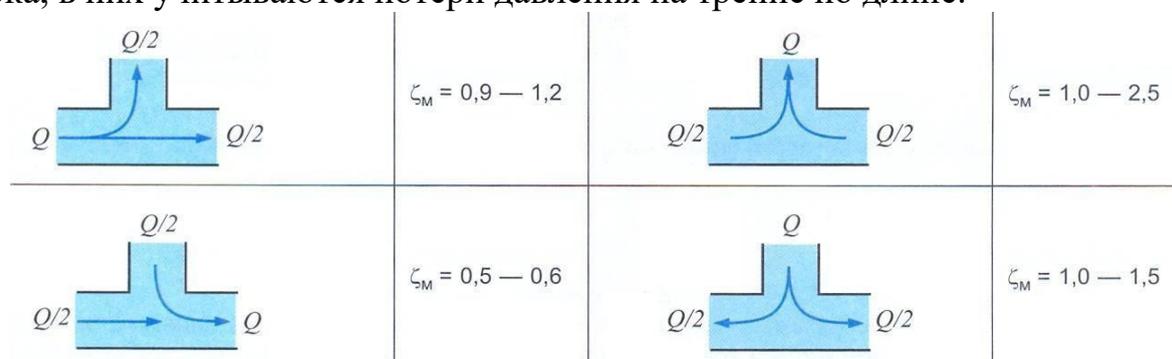


Рисунок 2 – Коэффициент ζ_M для прямоугольных тройников

Общая потеря напора в магистрали равна сумме потерь в отдельных ее компонентах.

Энергия, теряемая жидкостью во время течения, не исчезает бесследно, а превращается в другую форму – тепловую. Процесс преобразования механической энергии в тепловую является необратимым.

Контрольные вопросы.

1. Сформулируйте понятие напора насоса.
2. От чего зависят потери давления на преодоление гидравлических сопротивлений?
3. От чего зависят потери давления на местные сопротивления?
4. Как определить общие потери напора в магистрали?
5. Какие виды сопротивлений обуславливают потери напора в потоке жидкости?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №9

Тема: Расчет основных параметров гидродвигателей. Изучение устройства и принципа работы следящего гидропривода

Цель работы: Изучить параметры гидродвигателей, уяснить зависимость характеристик гидродвигателей, сформировать навыки расчета технических и силовых параметров гидродвигателей

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Определить силу, развиваемую гидроцилиндром.
3. Определить скорость выдвижения поршня.
4. Определить крутящий момент на валу гидродвигателя.
5. Определить расход жидкости, проходящей через гидромотор.
6. Сделать вывод о зависимости силовых параметров с техническими параметрами.
7. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретическая часть

В гидравлическом двигателе происходит преобразование энергии потока жидкости в механическую работу. К нему подводится жидкость под давлением, а на выходе имеет место возвратно-поступательного или вращательное движение выходного звена.

Технические характеристики объемных гидромашин принято определять следующими техническими параметрами:

Рабочий объем – объем рабочей жидкости, протекающей через объемную гидромашину за один оборот ее вала.

Частота вращения – число оборотов, совершаемых внешним валом объемной гидромашин за 1 мин.

Расход рабочей жидкости – объем рабочей жидкости, протекающей через машину за единицу времени.

Силовым параметром является **давление**. Различают:

- давление в напорной линии насоса (на входе в гидродвигатель), или давление нагнетания (давление питания гидродвигателя);
- давление во всасывающей линии насоса, или давление всасывания;
- давление в сливной линии гидродвигателя, или сливное давление.

По характеру движения выходного звена их объемных гидродвигателей выделяют две большие группы: гидравлические цилиндры и гидравлические моторы.

Гидравлическим цилиндром называется объемный гидродвигатель с возвратно-поступательным движением выходного звена.

Расчет гидроцилиндров производится на основе заданных величин:

- рабочее давление $p_{\text{дав}}$;
- полезная нагрузка на гидроцилиндр $F_{\text{пол}}$;
- рабочий ход s выходного звена;
- скорость выходного звена при прямом v_1 и обратном v_2 ходе, или время прямого t_1 и обратного хода t_2 .

При расчете гидроцилиндров используются две основные формулы.

Первая связывает силу на штоке и давление.

$$F = p \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \eta_0,$$

(1)

4

где p – давление;

D – диаметр

поршня; η_0 –

объемный

кпд.

Вторая формула связывает расход и скорость поршня.

$$v = \frac{4 \cdot Q \cdot \eta_0}{\pi \cdot D^2},$$

(2)

$$\pi \cdot D^2$$

где v – скорость перемещения поршня;

Q – расход жидкости, проходящей через гидроцилиндр.

Гидромотором называется объемный гидравлический двигатель с вращательным движением

выходного звена.

При расчете гидромоторов заданными величинами являются:

- рабочее давление $p_{\text{раб}}$;
- нагружающий момент на валу гидромотора M ;
- частота вращения выходного вала n .

При расчете гидромоторов используются две основные формулы.

Первая из этих формул связывает момент на валу гидромотора с давлением.

$$M = \frac{W_0 \cdot p \cdot \eta_0}{2 \cdot \pi \cdot n},$$

где W_0 – рабочий объем гидромотора.

Вторая – расход Q жидкости, проходящей через гидромотор, с частотой вращения вала n .

$$Q = \frac{W \cdot n}{60}$$

(4)у

Контрольные вопросы.

1. Перечислите технические характеристики объемных гидромашин.
2. Что называется рабочим объемом гидродвигателя?
3. На какие группы делят объемные гидродвигатели в зависимости от движения выходного звена?
4. Чем гидроцилиндр отличается от гидромотора?
5. На основе каких величин производят расчет гидроцилиндров?
6. На основе каких величин производят расчет гидромоторов?
7. Как связаны между собой сила, развиваемая гидроцилиндром, и давление?
8. Как связаны между собой момент, развиваемый гидромотором, и давление?
9. Как отличается сила, развиваемая на штоке и на поршне при одинаковом рабочем давлении?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №10

Тема: Составление гидравлических схем.

Цель работы: Изучить правила выполнения гидравлических схем, сформировать навыки оформления схем, составления перечня элементов

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Выполнить гидравлическую (пневматическую) схему.
3. Составить перечень элементов.
4. Сделать вывод о соединениях и способах управления движением исполнительного механизма.
5. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретическая часть

Определения и термины

Схема – графический конструкторский документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними.

При выполнении схемы используют следующие термины:

Устройство – совокупность элементов, представляющая единую конструкцию.

Функциональная группа – совокупность элементов, выполняющих в изделии определенную функцию и не объединенных в единую конструкцию.

Функциональная часть – элемент, функциональная группа и устройства, выполняющие определенную функцию.

Функциональная цепь – совокупность элементов, функциональных групп и устройств (или совокупность функциональных частей) с линиями взаимосвязей, образующих канал или тракт определенного назначения.

Линия взаимосвязи (связи) – отрезок линии, указывающей на наличие связи между функциональными частями изделия.

Установка – условное наименование объекта в энергетических сооружениях, на который выпускается схема.

Виды и типы схем

Классификация схем изделий всех отраслей промышленности установлены ГОСТ 2.701-2008 Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.

Таблица 1 – Классификация схем

Признаки классификации	Схемы	Код типа схемы
в зависимости от видов элементов и связей, входящих в состав изделия (установки)	Схема электрическая	Э
	Схема гидравлическая	Г
	Схема пневматическая	П
	Схема газовая (кроме пневматической схемы)	Х
	Схема кинематическая	К
	Схема вакуумная	В

Схема гидравлическая – документ, содержащий в виде условных изображений или обозначений составные части изделия, использующие жидкость, и их взаимосвязи.

Схема пневматическая – документ, содержащий в виде условных изображений составные части изделия, использующие воздух, и их взаимосвязи.

Схемы гидравлические и пневматические могут быть выполнены как бумажный и (или) электронный КД.

Схемы гидравлические и пневматические в зависимости от их основного назначения подразделяют на типы:

- структурные;
- принципиальные;
- соединения.

Структурная схема – документ, определяющий основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи.

Принципиальная схема (полная) – документ, определяющий полный состав элементов и взаимосвязи между ними и, как правило, дающий полное (детальное) представления о принципах работы изделия (установки).

Схема соединений (монтажная) – документ, показывающий соединения составных частей изделия (установки) и определяющий провода, жгуты, кабели или трубопроводы, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединений и ввода (разъемы, платы, зажимы и т.п.).

Правила выполнения схем

Общие требования к выполнению схем

Комплектность схем на изделие определяется разработчиком.

Форматы листов схем выбирают в соответствии с требованиями, установленными в ГОСТ 2.301 Форматы. При выборе форматов следует учитывать:

- объем и сложность проектируемого изделия (установки);
- необходимую степень детализации данных, обусловленную назначением схемы.

Выбранный формат должен обеспечивать компактное выполнение схемы, не нарушая ее наглядности и удобства пользования ею. Наименование схемы вписывают в графу основной надписи после наименования изделия, для которого выполняется схема, шрифтом меньшего размера, чем наименование изделия.

Линии схем

Линии взаимосвязи выполняют толщиной от 0,2 до 1,0 мм в зависимости от форматов схемы и размеров УГО. Рекомендуемая толщина линий – от 0,3 до 0,4 мм. Расстояние между соседними параллельными линиями взаимосвязи должно быть не менее 3,0 мм.

Линии взаимосвязи должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков и иметь наименьшее количество изломов и взаимных пересечений. В отдельных случаях допускается применять наклонные отрезки линий взаимосвязи, длину которых следует по возможности ограничивать.

Условные графические обозначения (УГО) элементов

При выполнении схем применяют следующие графические обозначения:

- УГО, установленные в стандартах Единой системы конструкторской документации, а также построенные на их основе;
- прямоугольники;
- упрощенные внешние очертания (в том числе аксонометрические).

УГО элементов изображают в размерах, установленных в соответствующих стандартах Единой системы конструкторской документации на УГО.

УГО на схемах следует выполнять линиями той же толщины, что и линии взаимосвязи. УГО элементов изображают на схеме в положении, в котором они приведены в соответствующих стандартах, или повернутыми на угол, кратный 90° , если в соответствующих стандартах отсутствуют специальные указания. Допускается УГО поворачивать на угол, кратный 45° , или изображать зеркально повернутыми.

Расстояние (просвет) между двумя соседними линиями УГО должно быть не менее 1,0 мм.

Расстояние между отдельными УГО должно быть не менее 2,0 мм.

Позиционные обозначения элементов

Гидравлическому элементу и устройству, изображенному на схеме, должно быть присвоено буквенно-цифровое обозначение, которое записывается без

разделительных знаков и пробелов. Каждое позиционное обозначение состоит из буквенного кода элемента и порядкового номера элемента, начиная с единицы. Высота бука и цифр в одном обозначении должна быть одинаковой. Буквенное обозначение наносят на схеме справа от условно-графического обозначения или над ним.

Перечень элементов

Перечень элементов помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного документа.

Перечень элементов оформляют в виде таблицы (см. рисунок 1), заполняемой сверху вниз.

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
20	110	10	8 min

Рисунок 1 – Таблица для оформления перечня элементов. В графах таблицы указывают следующие данные:

в графе "Поз. обозначение" - позиционные обозначения элементов, устройств и функциональных групп;

в графе "Наименование" - для элемента (устройства) - наименование в соответствии с документом, на основании которого этот элемент (устройство) применен, и обозначение этого документа (основной конструкторский документ, межгосударственный стандарт, стандарт Российской Федерации, стандарт организации, технические условия); - для функциональной группы - наименование;

в графе "Примечание" - рекомендуется указывать технические данные элемента (устройства), не содержащиеся в его наименовании.

При выполнении перечня элементов на первом листе схемы его располагают, как правило, над основной надписью.

Расстояние между перечнем элементов и основной надписью должно быть не менее 12 мм.

Рекомендации по выполнению принципиальных схем

На принципиальной схеме изображают все гидравлические и пневматические элементы или устройства, необходимые для осуществления контроля в изделии установленных гидравлических (пневматических) процессов, и все гидравлические (пневматические) взаимосвязи между ними. Элементы и устройства на схеме изображают в виде УГО. Если УГО стандартами не установлено, то разработчик выполняет УГО на полях схемы и дает пояснения.

Все элементы и устройства изображают на схемах, как правило, в исходном положении: пружины - в состоянии предварительного сжатия, электромагниты - обесточенными и т.д.

В технически обоснованных случаях допускается отдельные элементы схемы

или всю схему изображать в выбранном рабочем положении с указанием на поле схемы положения, для которого изображены эти элементы или вся схема. На принципиальной схеме должны быть однозначно определены все элементы, входящие в состав изделия и изображенные на схеме.

Данные об элементах должны быть записаны в перечень элементов. При этом связь перечня с условными графическими обозначениями элементов должна осуществляться через позиционные обозначения.

Допускается в отдельных случаях, установленных в стандартах, все сведения об элементах помещать около УГО.

Элементы в перечень записывают группами в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений.

В пределах каждой группы, имеющей одинаковые буквенные позиционные обозначения, элементы располагают по возрастанию порядковых номеров.

Для облегчения внесения изменений допускается оставлять несколько незаполненных строк между отдельными группами элементов, а при большом количестве элементов внутри групп - и между элементами.

Каждый элемент или устройство, входящие в изделие и изображенные на схеме, должны иметь буквенно-цифровое позиционное обозначение, состоящее из буквенного обозначения и порядкового номера, проставленного после буквенного обозначения.

Буквенное обозначение должно представлять собой сокращенное наименование элемента, составленное из его начальных или характерных букв, например клапан - К, дроссель - ДР.

Рекомендации по составлению схем

В ходе разработки гидравлической схемы решают такие принципиальные вопросы, как число потоков гидросистемы (одно-, двух- или многопоточные), характер циркуляции рабочей жидкости (замкнутая или разомкнутая), регулирование скорости привода (нерегулируемый, дроссельный или объемный), способ управления (ручной, дистанционный или автоматический), вопросы размещения и компоновки элементов гидроприводов.

Составление принципиальной гидравлической схемы целесообразно начинать с составления схемы «от двигателя», т.е. нанести на схему места расположения выбранных исполнительных гидродвигателей, затем на их рабочих гидролиниях – регулирующие и исполнительные аппараты в соответствии с режимом работы и другими требованиями к работе каждого двигателя. После этого объединить линии нагнетания, слива и дренажа отдельных участков схемы. При необходимости определить места установки редуцирующих клапанов, дросселей с обратным клапаном и других гидроаппаратов. Последним этапом является разработка гидросхемы насосной установки, размещение фильтров и других вспомогательных элементов. При необходимости в схему вводят дополнительные блокирующие устройства, гидрозамки, исключающие возможность возникновения аварийных ситуаций.

Графическое оформление принципиальной схемы

Выполнить схемы гидравлическую (пневматическую), руководствуясь правилами выполнения схем.

Исходные данные в соответствии с вариантом задания.

Позиции, данные в задании, заменить буквенно-цифровыми позиционным обозначением.

Составить перечень элементов.

Исследовать соединения и способы управления движением исполнительного механизма.

Схема выполняется на листе формата А3 с основной надписью.

Контрольные вопросы.

1. Перечислите типы гидравлических и пневматических схем.
2. Чем принципиальная схема отличается от структурной и монтажной схемы?
3. В зависимости от каких условий выбирают формат листа для выполнения схемы?
4. Как выполнить перечень элементов схемы?
5. Где располагают перечень элементов схемы?
6. В каком положении выполняют элементы схемы?
7. Какие вопросы решают при выполнении гидравлических схем?
8. В какой последовательности выполняют принципиальные гидравлические схемы?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №11

Тема: Составление гидравлических схем

Цель работы: Изучить правила выполнения гидравлических схем, сформировать навыки оформления схем, составления перечня элементов

Порядок выполнения работы

6. Ознакомиться с теоретическим материалом.
7. Выполнить гидравлическую (пневматическую) схему.
8. Составить перечень элементов.
9. Сделать вывод о соединениях и способах управления движением исполнительного механизма.
10. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретическая часть

Определения и термины

Схема – графический конструкторский документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними.

При выполнении схемы используют следующие термины:

Устройство – совокупность элементов, представляющая единую конструкцию.

Функциональная группа – совокупность элементов, выполняющих в изделии определенную функцию и не объединенных в единую конструкцию.

Функциональная часть – элемент, функциональная группа и устройства, выполняющие определенную функцию.

Функциональная цепь – совокупность элементов, функциональных групп и устройств (или совокупность функциональных частей) с

линиями взаимосвязей, образующих канал или тракт определенного назначения.

Линия взаимосвязи (связи) – отрезок линии, указывающей на наличие связи между функциональными частями изделия.

Установка – условное наименование объекта в энергетических сооружениях, на который выпускается схема.

Виды и типы схем

Классификация схем изделий всех отраслей промышленности установлены ГОСТ 2.701-2008 Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.

Таблица 1 – Классификация схем

	Схема оптическая	Л
	Схема энергетическая	Р
	Схема деления	Е
	Схема комбинированная	С
Типы схем в зависимости от основного назначения	Схема структурная	1
	Схема функциональная	2
	Схема принципиальная (полная)	3
	Схема соединений (монтажная)	4
	Схема подключения	5
	Схема общая	6
	Схема расположения	7
	Схема объединенная	0

Схема гидравлическая – документ, содержащий в виде условных изображений или обозначений составные части изделия, использующие жидкость, и их взаимосвязи.

Схема пневматическая - документ, содержащий в виде условных изображений составные части изделия, использующие воздух, и их взаимосвязи.

Схемы гидравлические и пневматические могут быть выполнены как бумажный и (или) электронный КД.

Схемы гидравлические и пневматические в зависимости от их основного назначения подразделяют на типы:

- структурные;
- принципиальные;
- соединения.

Структурная схема – документ, определяющий основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи.

Принципиальная схема (полная) – документ, определяющий полный состав элементов и взаимосвязи между ними и, как правило, дающий полное (детальное) представления о принципах работы

изделия (установки).

Схема соединений (монтажная) – документ, показывающий соединения составных частей изделия (установки) и определяющий провода, жгуты, кабели или трубопроводы, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединений и ввода (разъемы, платы, зажимы и т.п.).

Правила выполнения схем

Общие требования к выполнению схем

Комплектность схем на изделие определяется разработчиком.

Форматы листов схем выбирают в соответствии с требованиями, установленными в ГОСТ 2.301 Форматы. При выборе форматов следует учитывать:

- объем и сложность проектируемого изделия (установки);
- необходимую степень детализации данных, обусловленную назначением схемы.

Выбранный формат должен обеспечивать компактное выполнение схемы, не нарушая ее наглядности и удобства пользования ею. Наименование схемы вписывают в графу основной надписи после наименования изделия, для которого выполняется схема, шрифтом меньшего размера, чем наименование изделия.

Линии схем

Линии взаимосвязи выполняют толщиной от 0,2 до 1,0 мм в зависимости от форматов схемы и размеров УГО. Рекомендуемая толщина линий – от 0,3 до 0,4 мм. Расстояние между соседними параллельными линиями взаимосвязи должно быть не менее 3,0 мм.

Линии взаимосвязи должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков и иметь наименьшее количество изломов и взаимных пересечений. В отдельных случаях допускается применять наклонные отрезки линий взаимосвязи, длину которых следует по возможности ограничивать.

Условные графические обозначения (УГО) элементов

При выполнении схем применяют следующие графические обозначения:

- УГО, установленные в стандартах Единой системы конструкторской документации, а также построенные на их основе;
- прямоугольники;
- упрощенные внешние очертания (в том числе аксонометрические).

УГО элементов изображают в размерах, установленных в соответствующих стандартах Единой системы конструкторской документации на УГО.

УГО на схемах следует выполнять линиями той же толщины, что и линии взаимосвязи. УГО элементов изображают на схеме в положении,

в котором они приведены в соответствующих стандартах, или повернутыми на угол, кратный 90°, если в соответствующих стандартах отсутствуют специальные указания. Допускается УГО поворачивать на угол, кратный 45°, или изображать зеркально повернутыми.

Расстояние (просвет) между двумя соседними линиями УГО должно быть не менее 1,0 мм.

Расстояние между отдельными УГО должно быть не менее 2,0 мм.

Позиционные обозначения элементов

Гидравлическому элементу и устройству, изображенному на схеме, должно быть присвоено буквенно-цифровое обозначение, которое записывается без разделительных знаков и пробелов. Каждое позиционное обозначение состоит из буквенного кода элемента и порядкового номера элемента, начиная с единицы. Высота бука и цифр в одном обозначении должна быть одинаковой. Буквенное обозначение наносят на схеме справа от условно-графического обозначения или над ним.

Перечень элементов

Перечень элементов помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного документа.

Перечень элементов оформляют в виде таблицы (см. рисунок 1), заполняемой сверху вниз.

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
20	110	10	

Рисунок 1 – Таблица для оформления перечня элементов. В графах таблицы указывают следующие данные:

в графе "Поз. обозначение" - позиционные обозначения элементов, устройств и функциональных групп;

в графе "Наименование" - для элемента (устройства) - наименование в соответствии с документом, на основании которого этот элемент (устройство) применен, и обозначение этого документа (основной конструкторский документ, межгосударственный стандарт, стандарт Российской Федерации, стандарт организации, технические условия); - для функциональной группы - наименование;

в графе "Примечание" - рекомендуется указывать технические данные элемента (устройства), не содержащиеся в его наименовании.

При выполнении перечня элементов на первом листе схемы его располагают, как правило, над основной надписью.

Расстояние между перечнем элементов и основной надписью должно быть не менее 12 мм.

Рекомендации по выполнению принципиальных схем

На принципиальной схеме изображают все гидравлические и пневматические элементы или устройства, необходимые для осуществления контроля в изделии установленных гидравлических (пневматических) процессов, и все гидравлические (пневматические) взаимосвязи между ними. Элементы и устройства на схеме изображают в виде УГО. Если УГО стандартами не установлено, то разработчик выполняет УГО на полях схемы и дает пояснения.

Все элементы и устройства изображают на схемах, как правило, в исходном положении: пружины - в состоянии предварительного сжатия, электромагниты - обесточенными и т.д.

В технически обоснованных случаях допускается отдельные элементы схемы или всю схему изображать в выбранном рабочем положении с указанием на поле схемы положения, для которого изображены эти элементы или вся схема.

На принципиальной схеме должны быть однозначно определены все элементы, входящие в состав изделия и изображенные на схеме.

Данные об элементах должны быть записаны в перечень элементов. При этом связь перечня с условными графическими обозначениями элементов должна осуществляться через позиционные обозначения.

Допускается в отдельных случаях, установленных в стандартах, все сведения об элементах помещать около УГО.

Элементы в перечень записывают группами в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений.

В пределах каждой группы, имеющей одинаковые буквенные позиционные обозначения, элементы располагают по возрастанию порядковых номеров.

Для облегчения внесения изменений допускается оставлять несколько незаполненных строк между отдельными группами элементов, а при большом количестве элементов внутри групп - и между элементами.

Каждый элемент или устройство, входящие в изделие и изображенные на схеме, должны иметь буквенно-цифровое позиционное обозначение, состоящее из буквенного обозначения и порядкового номера, проставленного после буквенного обозначения.

Буквенное обозначение должно представлять собой сокращенное наименование элемента, составленное из его начальных или характерных букв, например клапан - К, дроссель - ДР.

Рекомендации по составлению схем

В ходе разработки гидравлической схемы решают такие принципиальные вопросы, как число потоков гидросистемы (одно-, двух- или многопоточные), характер циркуляции рабочей жидкости (замкнутая или разомкнутая), регулирование скорости привода

(нерегулируемый, дроссельный или объемный), способ управления (ручной, дистанционный или автоматический), вопросы размещения и компоновки элементов гидроприводов.

Составление принципиальной гидравлической схемы целесообразно начинать с составления схемы «от двигателя», т.е. нанести на схему места расположения выбранных исполнительных гидродвигателей, затем на их рабочих гидролиниях – регулирующие и исполнительные аппараты в соответствии с режимом работы и другими требованиями к работе каждого двигателя. После этого объединить линии нагнетания, слива и дренажа отдельных участков схемы. При необходимости определить места установки редукционных клапанов, дросселей с обратным клапаном и других гидроаппаратов. Последним этапом является разработка гидросхемы насосной установки, размещение фильтров и других вспомогательных элементов. При необходимости в схему вводят дополнительные блокирующие устройства, гидрозамки, исключающие возможность возникновения аварийных ситуаций.

Графическое оформление принципиальной схемы

Выполнить схемы гидравлическую (пневматическую), руководствуясь правилами выполнения схем.

Исходные данные в соответствии с вариантом задания.

Позиции, данные в задании, заменить буквенно-цифровыми позиционным обозначением.

Составить перечень элементов.

Исследовать соединения и способы управления движением исполнительного механизма.

Схема выполняется на листе формата А3 с основной надписью.

Контрольные вопросы.

1. Перечислите типы гидравлических и пневматических схем.
2. Чем принципиальная схема отличается от структурной и монтажной схемы?
3. В зависимости от каких условий выбирают формат листа для выполнения схемы?
4. Как выполнить перечень элементов схемы?
5. Где располагают перечень элементов схемы?
6. В каком положении выполняют элементы схемы?
7. Какие вопросы решают при выполнении гидравлических схем?
8. В какой последовательности выполняют принципиальные гидравлические схемы?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №12

Тема: Составление гидравлических схем

Цель работы: Изучить правила выполнения гидравлических схем, сформировать навыки оформления схем, составления перечня элементов

Порядок выполнения работы

11. Ознакомиться с теоретическим материалом.
12. Выполнить гидравлическую (пневматическую) схему.
13. Составить перечень элементов.
14. Сделать вывод о соединениях и способах управления движением исполнительного механизма.
15. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретическая часть

Определения и термины

Схема – графический конструкторский документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия исвязи между ними.

При выполнении схемы используют следующие термины:

Устройство – совокупность элементов, представляющая единуюконструкцию.

Функциональная группа – совокупность элементов, выполняющих в изделии определенную функцию и не объединенных в единую конструкцию.

Функциональная часть – элемент, функциональная группа и устройства, выполняющие определенную функцию.

Функциональная цепь – совокупность элементов, функциональных групп и устройств (или совокупность функциональных частей) с линиями взаимосвязей, образующих канал или тракт определенного назначения.

Линия взаимосвязи (связи) – отрезок линии, указывающей на наличие связи между функциональными частями изделия.

Установка – условное наименование объекта в энергетических сооружениях, на который выпускается схема.

Виды и типы схем

Классификация схем изделий всех отраслей промышленности установлены ГОСТ 2.701-2008 Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.

Графическое оформление принципиальной схемы

Выполнить схемы гидравлическую (пневматическую), руководствуясь правилами выполнения схем.

Исходные данные в соответствии с вариантом задания.

Позиции, данные в задании, заменить буквенно-цифровыми позиционным обозначением.

Составить перечень элементов.

Исследовать соединения и способы управления движением исполнительного механизма.

Схема выполняется на листе формата А3 с основной надписью.

Контрольные вопросы.

9. Перечислите типы гидравлических и пневматических схем.
10. Чем принципиальная схема отличается от структурной и монтажной схемы?
11. В зависимости от каких условий выбирают формат листа для выполнения схемы?
12. Как выполнить перечень элементов схемы?
13. Где располагают перечень элементов схемы?
14. В каком положении выполняют элементы схемы?
15. Какие вопросы решают при выполнении гидравлических схем?
16. В какой последовательности выполняют принципиальные гидравлические схемы?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №13

Тема: Определение коэффициента суммарного сопротивления и расхода воздуха в пневматическом приводе

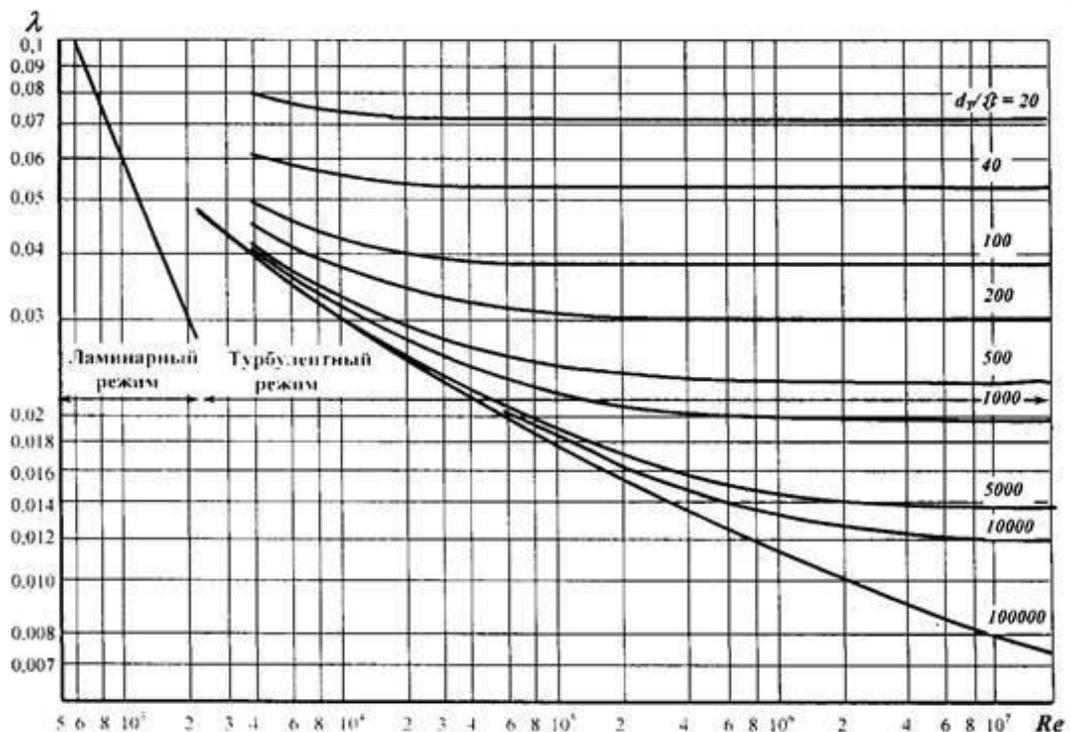
Цель работы: Ознакомиться с методикой расчета расхода воздуха в пневматической линии, определения коэффициента сопротивления пневматической линии

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Определить характер течения.
3. Определить коэффициент суммарного сопротивления воздуха.
4. Определить расход воздуха.
5. Сделать выводы о зависимости расхода воздуха от коэффициента сопротивления.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретическая часть

Коэффициент сопротивления ζ пневматической линии пневмопривода определяется суммарным сопротивлением входящих в линию пневмоэлементов и сопротивлением отдельных участков трубопровода:



ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №14

Тема: Определение коэффициента суммарного сопротивления и расхода воздуха в пневматическом приводе

Цель работы: Ознакомиться с методикой расчета расхода воздуха в пневматической линии, определения коэффициента сопротивления пневматической линии

Порядок выполнения работы

7. Ознакомиться с теоретическим материалом.
8. Определить характер течения.
9. Определить коэффициент суммарного сопротивления воздуха.
10. Определить расход воздуха.
11. Сделать выводы о зависимости расхода воздуха от коэффициента сопротивления.
12. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретическая часть

Коэффициент сопротивления ζ пневматической линии пневмопривода определяется суммарным сопротивлением входящих в линию пневмоэлементов и сопротивлением отдельных участков трубопровода:

Для определения коэффициента трения λ можно воспользоваться графиком (рисунок 1). Однако для этого надо знать число Рейнольдса, которое, как видно из приведенной формулы, зависит от скорости газа в трубе и кинематической вязкости. В свою очередь вязкость зависит от давления газа в трубе. Кроме того, скорость газа и вязкость переменны как по длине трубы, так и по времени. Поэтому в качестве первого приближения скорость газа можно определить из условия, что средний расход воздуха в полости пневмоцилиндра $Q_{\text{п}}$ равен среднему расходу воздуха в трубе $Q_{\text{т}}$ при одинаковой плотности газа ρ_0 в полости цилиндра и в трубе. В результате можем написать следующее соотношение:

$$\rho_0 \cdot f_{\text{т}} \cdot v_{\text{т}} = \rho_0 \cdot F \cdot v_{\text{п}}, \quad (4)$$

где $v_{\text{т}}$ – средняя скорость газа в трубопроводе, $v_{\text{п}}$ – средняя скорость поршня; $f_{\text{т}}$ – площадь проходного сечения трубы; F – площадь поршня.

Отсюда выражая площадь сечения трубы и площадь поршня через их диаметры, получим выражение для расчета скорости газа в трубе:

$$v_{\text{т}} = v_{\text{п}} \frac{D^2}{d^2}, \quad (5)$$

где D – диаметр поршня, d – диаметр трубы.

Основная доля сопротивления в пневматической линии, как правило, приходится на входящую в нее аппаратуру. В результате точный расчет коэффициента трения λ не вносит принципиальных изменений при определении суммарного коэффициента сопротивления всей линии ζ . Поэтому для практических расчетов коэффициент трения λ воздуха в трубе можно принимать равным 0,03.

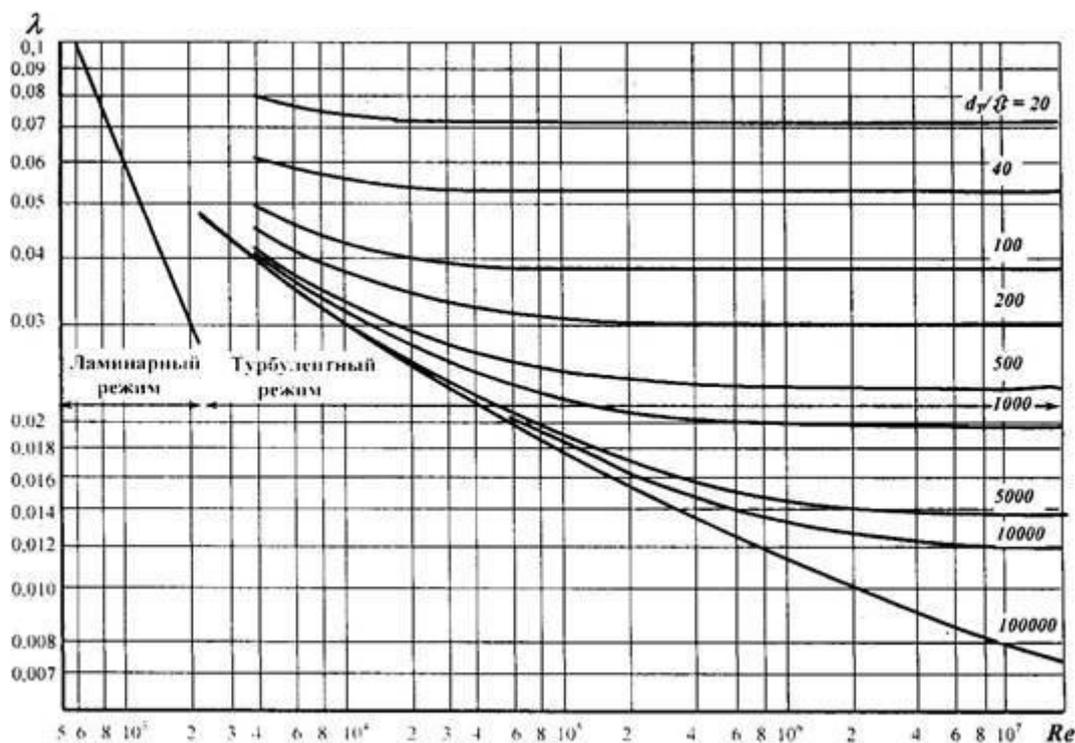


Рисунок 1 – График для определения коэффициента трения воздуха λ . Коэффициент сопротивления пневмоаппаратуры $\zeta_{\text{п}}$ связан с эквивалентной длиной $l_{\text{э}}$, заменяющего его трубопровода следующей зависимостью:

$$\zeta_{\text{п}} = \lambda \cdot \frac{l_{\text{э}}}{d}, \quad (6)$$

Питание пневмопривода осуществляется через блок подготовки воздуха, в котором редукционный пневмоклапан поддерживает постоянное давление $p_{\text{м}}$. Поэтому при расчете коэффициентов сопротивления пневматической линии, по которой подается давление в полость нагнетания, учитывают сопротивления аппаратуры и участков трубопровода, расположенных после редукционного клапана.

При расчетах пневматических устройств необходимо знать зависимость объемного и массового расхода воздуха через отверстие от отношения давлений на входе в отверстие и на выходе из него.

В реальных устройствах пневмосистем (клапанах, распределителях, трубопроводах) расходные характеристики в большинстве случаев не совпадают с теоретической. Прежде всего, каждое из реальных устройств

представляет собой не одно сопротивление, а цепочку сопротивлений, т.е. сужений произвольной формы, чередующихся с участками увеличенного проходного сечения.

Расход газа в трубопроводе Q вычисляется по формуле:

$$Q = \frac{f p_0}{\sqrt{R T_0 \zeta}} \sqrt{1 - \pi^2} \quad (7)$$

где f – площадь проходного сечения трубопровода, м^2 ;

p_0 – давление на входе, Па;

R – газовая постоянная, $287 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$;

T_0 – температура воздуха перед отверстием, К; ζ

– коэффициент сопротивления линии,

дросселей; $\pi = p_1/p_0$, где p_1 – давление на выходе.

Для вычисления объемного расхода следует привести массовый расход к плотности. Поскольку при истечении через отверстие значения плотности воздуха на его входе и выходе различны, т.е. $\rho = f(p)$, то будут различаться и значения объемного расхода: на входе $Q_0 = Q_M/\rho_0$, на выходе $Q_1 = Q_M/\rho_1$.

Необходимо обратить внимание на следующую особенность течения газов (в частности сжатого воздуха) объемный расход газов (например, при течении через диафрагму) зависит (в отличие от расхода жидкости) не только от перепада давления $\Delta p = p_0 - p_1$ но и от уровня давления на входе p_0 (рисунок 2).

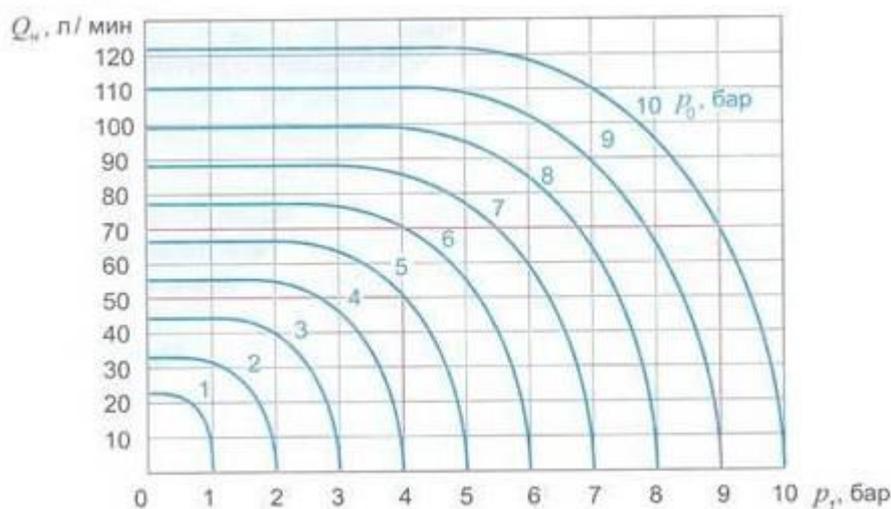


Рисунок 2 – Расходно-перепадные характеристики для диафрагмы с площадью поперечного сечения 1 мм^2

Контрольные вопросы.

1. Как определяется коэффициент сопротивления пневматической линии?
2. От чего зависит коэффициент трения воздуха в трубопроводе при ламинарном течении?
3. От чего зависит коэффициент трения воздуха в трубопроводе при турбулентном течении?

4. Как определить коэффициент трения воздуха при ламинарном течении?
5. Как определить коэффициент трения воздуха при турбулентном течении?
6. Как связаны между собой объемный и массовый расход воздуха?
7. От чего зависит объемный расход газов?
8. На что приходится основная доля сопротивлений в пневматических линиях?
9. Чему равен объемный расход воздуха при перепаде давления $\Delta p = 0,1$ МПа и начальном давлении 1 МПа (см. рисунок 2)?

:

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №15

Тема: Определение коэффициента суммарного сопротивления и расхода воздуха в пневматическом приводе

Цель работы: Ознакомиться с методикой расчета расхода воздуха в пневматической линии, определения коэффициента сопротивления пневматической линии

Порядок выполнения работы

13. Ознакомиться с теоретическим материалом.
14. Определить характер течения.
15. Определить коэффициент суммарного сопротивления воздуха.
16. Определить расход воздуха.
17. Сделать выводы о зависимости расхода воздуха от коэффициента сопротивления.
18. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретическая часть

Коэффициент сопротивления ζ пневматической линии пневмопривода определяется суммарным сопротивлением входящих в линию пневмоэлементов и сопротивлением отдельных участков трубопровода:

Коэффициент сопротивления ζ пневматической линии пневмопривода определяется суммарным сопротивлением входящих в линию пневмоэлементов и сопротивлением отдельных участков трубопровода:

$$\zeta = 1 + \zeta_{вх} + \zeta_1 + \zeta_2 + \dots + \zeta_n + \lambda \frac{l_1 + l_2 + \dots + l_m}{d}, \quad (1)$$

где $\zeta_{вх} = 0,5$ – коэффициент сопротивления входа в линию;

$\zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_n$ – коэффициенты сопротивления пневмоаппаратуры в линии; λ – коэффициент трения газа в трубопроводе;

l_1, l_2, \dots, l_m – длина трубопровода между пневматическими элементами в

линии; d – диаметр трубопроводов.

Коэффициент трения λ зависит от характера течения (ламинарное или турбулентное) и числа Рейнольдса, а при турбулентном течении – еще и от коэффициента шероховатости поверхности трубы.

Коэффициент трения λ для ламинарного течения вычисляется следующим образом:

$$\lambda = \frac{64}{Re}, \quad (2)$$

где $Re < 2300$ – число Рейнольдса.

Число Рейнольдса определяют по формуле:

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu}, \quad (3)$$

Где v – скорость течения газа в трубопроводе; d – диаметр трубопровода; ν – кинематическая вязкость газа.

Для вычисления коэффициента трения λ при турбулентном течении необходимо знать шероховатость внутренней поверхности трубы, которая определяется экспериментально.

Для определения коэффициента трения λ можно воспользоваться графиком (рисунок 1). Однако для этого надо знать число Рейнольдса, которое, как видно из приведенной формулы, зависит от скорости газа в трубе и кинематической вязкости. В свою очередь вязкость зависит от давления газа в трубе. Кроме того, скорость газа и вязкость переменны как по длине трубы, так и по времени. Поэтому в качестве первого приближения скорость газа можно определить из условия, что средний расход воздуха в полости пневмоцилиндра $Q_{\text{п}}$ равен среднему расходу воздуха в трубе $Q_{\text{т}}$ при одинаковой плотности газа ρ_0 в полости цилиндра и в трубе. В результате можем написать следующее соотношение:

$$\rho_0 \cdot f_{\text{т}} \cdot v_{\text{т}} = \rho_0 \cdot F \cdot v_{\text{п}}, \quad (4)$$

где $v_{\text{т}}$ – средняя скорость газа в трубопроводе, $v_{\text{п}}$ – средняя скорость поршня; $f_{\text{т}}$ – площадь проходного сечения трубы; F – площадь поршня.

Отсюда выражая площадь сечения трубы и площадь поршня через их диаметры, получим выражение для расчета скорости газа в трубе:

$$v_{\text{т}} = v_{\text{п}} \frac{D^2}{d^2}, \quad (5)$$

Информационное обеспечение обучения

Основные литература:

1. Острецов, В. Н. Электропривод и электрооборудование : учебник и практикум для среднего профессионального образования / В. Н. Острецов, А. В. Палицын. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 212 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-05224-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru>
2. Гидравлика : учебник и практикум для среднего профессионального образования / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, А. Г. Коваленко, И. В. Кудинов ; под редакцией В. А. Кудинова. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 386 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10336-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru>
3. Шелякин, В. П. Электрический привод: краткий курс : учебник для среднего профессионального образования / В. П. Шелякин, Ю. М. Фролов ; под редакцией Ю. М. Фролова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 253 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-00098-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru>

Дополнительные источники:

1. Бекишев, Р. Ф. Электропривод : учебное пособие для вузов / Р. Ф. Бекишев, Ю. Н. Дементьев. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 301 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00514-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru>
2. Основы электротехники, микроэлектроники и управления : учебное пособие для среднего профессионального образования / Ю. А. Комиссаров, Л. С. Гордеев, Д. П. Вент, Г. И. Бабокин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 607 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-17340-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/>

Учебно-методические материалы:

1. Методические указания к практическим/лабораторным работам (Электронный ресурс)/ Коровин Ю.И., Горохов Д.В., – Москва: РГАУ-МСХА, 2021 – ЭБС – «РГАУ-МСХА»

Интернет – ресурсы

1. Электронно-библиотечная система РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (далее ЭБС) сайт www.library.timacad.ru
2. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» - <https://cyberleninka.ru/>
3. Сетевая электронная библиотека аграрных вузов - <https://e.lanbook.com/books>