

Министерство образования и науки Челябинской области
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
«Южно-Уральский государственный технический колледж»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
по учебной дисциплине «Гидравлика»**

для специальности

22.02.03 Литейное производство черных и цветных металлов
(базовая подготовка)

Челябинск, 2022

Составлены соответствии утвержденной рабочей программой «Гидравлика»	в с УД	ОДОБРЕНО Предметной (цикловой) комиссией «Литейное производство черных и цветных металлов» протокол № от « » 2022 г. Председатель ПЦК О.Е.Алябьева	УТВЕРЖДАЮ Заместитель директора по УМР _____ Т.Ю. Крашакова «__» _____ 2022 г.
---	------------------	---	--

Автор: **Мороз Ю.А.** преподаватель Южно-Уральского государственного
технического колледжа

АКТ СОГЛАСОВАНИЯ

методических рекомендаций для студентов очной формы обучения специальности 22.02.03 Литейное производство черных и цветных металлов (базовая подготовка) по учебной дисциплине «Гидравлика», разработанной преподавателем

Южно-Уральского государственного технического колледжа
Мороз Ю.А.

Представленные методические рекомендации, необходимые для выполнения практических и лабораторных заданий по дисциплине «Гидравлика» составлены в соответствии с требованиями работодателя о распределении вариативной части стандарта к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников по специальности 22.02.03 Литейное производство черных и цветных металлов. Методические рекомендации охватывают все темы основных разделов дисциплины «Гидравлика» и обеспечивают формирование умений, знаний по дисциплине в соответствии с требованиями работодателя о распределении вариативной части стандарта. Автором используются различные виды самостоятельной работы, направленные на закрепление и углубление знаний студента.

Разработанные методические рекомендации позволяют студенту сформировать не только ключевые, но и профессиональные компетенции: использование теоретических знаний в практических целях, умение самостоятельно приобретать новые знания, ответственность за собственное обучение.

Главный металлург ЦУТ
(центр по управлению технологиям)
ООО «ЧТЗ-УРАЛТРАК»



Берсенов В.В.,



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические рекомендации по выполнению лабораторных и практических работ составлены в соответствии рабочей программой учебной дисциплины «Гидравлика» для студентов специальности 22.02.03 Литейное производство черных и цветных металлов (базовая подготовка.)

Лабораторные и практические занятия являются важным элементом учебной дисциплины. В процессе выполнения практических работ обучающиеся систематизируют и закрепляют полученные теоретические знания, развивают интеллектуальные и профессиональные умения, формируют элементы компетенций будущих специалистов.

Методические рекомендации предназначены для организации выполнения лабораторных и практических работ по учебной дисциплине «Гидравлика».

Программой учебной дисциплины «Гидравлика» предусмотрено выполнение 6 практических и 2 лабораторных работ, направленных **на формирование элементов следующих компетенций:**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ПК 2.4. Осуществлять контроль за работой приборов и оборудования.

ПК 3.5. Проводить анализ травмоопасных и вредных факторов в сфере профессиональной деятельности.

умений:

- использовать методы расчетов трубопроводов;
- читать и выполнять схемы гидравлических приводов;
- выбирать аппаратуру для приводов.

обобщение, систематизацию, углубление и закрепление знаний:

- основные положения гидравлики.

Все лабораторные и практические работы содержат наименование, цель, перечень элементов формируемых умений, знаний, краткий теоретический материал, ход выполнения работы, контрольные вопросы (с целью выявления и устранения недочетов в освоении материала).

В практических работах приведены варианты индивидуальных заданий.

Отчеты студентов выполняются на листах формата А4 (приложение Б), титульный лист (приложение А).

ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

№ практи- ческого занятия	Виды практических занятий	Количество часов на выполнение задания
1	Определение параметров рабочего тела	2
2	Определение гидростатического давления	2
3	Определение расхода жидкости	2
4	Определение потерь напора	2
5	Построение диаграмм термодинамических процессов	2
6	Расчет гидро- и пневмоприводов.	2
	Итого	12

ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

№ п/п	Тема лабораторных работ	Количество часов на выполнение задания
1	Исследование конструкции и работы насоса	2
2	Регулирование скорости движения рабочих органов	2
	Итого	4

Определение параметров рабочего тела

ТЕМА: Определение параметров рабочего тела

Цель занятия: Формирование умений определять параметры рабочего тела

Умения: определять параметры рабочего тела гидросистем

Знания (актуализация): оценивание свойств жидкости

Теоретический материал

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

Плотность - отношение массы жидкости m к её объему V :

$$\rho = m/V \quad [\text{кг}/\text{м}^3]$$

Удельный вес - отношение веса жидкости G к ее объему V :

$$\gamma = G/V \quad [\text{Н}/\text{м}^3]$$

Учитывая, что $G = m \cdot g$, получим зависимость, используемую в расчетах:

$$\gamma = \rho \cdot g$$

где $g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$ - ускорения свободного падения.

Сжимаемость - свойство жидкости уменьшать объем под действием давления. Она оценивается *коэффициентом сжимаемости* β_p , показывающим относительное уменьшение объема жидкости V при повышении давления p на единицу:

$$\beta_p = (\Delta V/V) / \Delta p. \quad [\text{Па}^{-1}]$$

Величина, обратная коэффициенту объемного сжатия, — *модуль упругости жидкости* (Па):

$$E = 1/\beta_p \quad [\text{Па}]$$

Тепловое расширение - свойство жидкости изменять объем при нагревании - характеризуется *коэффициентом теплового расширения* β_T , равным относительному приращению объема V с изменением температуры T на один градус при постоянном давлении (при нагревании объем жидкости увеличивается):

$$\beta_T = (\Delta V/V) / \Delta T. \quad [\text{К}^{-1}]$$

Вязкость - свойство жидкости сопротивляться относительному скольжению ее слоев. Ее оценивают *динамическим коэффициентом вязкости* μ , который измеряется в паскаль-секундах (Па·с) и равен касательному напряжению между соседними слоями, если их относительная скорость перемещения численно совпадает с толщиной слоя.

Кинематический коэффициент вязкости ν определяют из формулы $\nu = \mu/\rho$ и измеряют квадратными метрами на секунду ($\text{м}^2/\text{с}$) или стоксами ($1 \text{ Ст} = 1 \text{ см}^2/\text{с}$).

Поверхностное натяжение - свойство жидкости образовывать поверхностный слой взаимно притягивающихся молекул - характеризуется *коэффициентом поверхностного натяжения* σ , равным силе на единице длины контура свободной поверхности.

Задание 1. Решить расчетные задачи на определение параметров рабочего тела.

Ход работы

1. Выберите 3 задачи своего варианта (смотри таблицы 1, 2).
2. Сделайте краткую запись условия задачи (исходные данные):

Задача

Дано:

Система СИ:

Решение:

3. Поставьте заданную размерность.
4. Переведите размерность параметра в систему СИ.
5. Решите задачи.
6. Запишите ответ.
7. Ответьте на контрольные вопросы.

Чётные варианты:

1. Уровень мазута в вертикальном цилиндрическом баке диаметром d понизился на величину h . Определить количество израсходованного мазута, если его плотность 990 кг/м^3 .
2. Как изменится объём воды в системе отопления, имеющей ёмкость V , после подогрева воды от начальной температуры t_1 до конечной t_2 ? Температурный коэффициент объёмного расширения воды $\beta_t = 6 \cdot 10^{-4} [1/^\circ\text{C}]$.
3. В автоклав объёмом V_1 под некоторым давлением закачан газ объёмом V_2 . Определить, пренебрегая деформацией автоклава, повышение давления в нём, если коэффициент объёмного сжатия газа $\beta_v = 0,000195 \cdot 10^{-4} [1/\text{Па}]$.

Таблица 1 - Данные для четных вариантов:

	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
$d, \text{м}$	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2
$h, \text{м}$	0,0	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,2
$V, \text{м}^3$	30	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	35
$t_1, ^\circ\text{C}$	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$t_2, ^\circ\text{C}$	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
$V_1, \text{л}$	10	12	15	17	20	23	27	30	34	38	40	45	49	50	52
$V_2, \text{л}$	10,	12,3	15,4	17,2	20,3	23,5	27,2	30,5	34,4	38,5	40,6	45,7	49,5	50,6	52,7

Нечётные варианты:

1. Определить изменение объёма нефтепродукта массой m в хранилище при колебании температуры от t_1 до t_2 . Плотность нефтепродукта 900 кг/м^3 , температурный коэффициент объёмного расширения $\beta_t = 0,001 [1/^\circ\text{C}]$.
2. Определить удельный объём и удельный вес вещества, если известна его плотность ρ .
3. Автоклав объёмом V_0 наполнен водой и закрыт герметически. Определить повышение давления в нём при увеличении температуры на величину Δt , если коэффициент термического расширения воды $\beta_t = 0,00018 [1/^\circ\text{C}]$, а коэффициент объёмного сжатия $\beta_v = 0,0419 \cdot 10^{-1/8} [1/\text{Па}]$.

Таблица 2 - Данные для нечетных вариантов:

	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29
$\rho, \text{кг/м}^3$	800	810	820	830	840	850	860	870	890	900	910	920	930	940	950
$m, \text{т}$	5	10	12	14	17	20	22	25	27	30	33	35	38	40	44
$t_1, ^\circ\text{C}$	10	13	15	16	17	18	19	20	21	22	23	11	12	14	10
$t_2, ^\circ\text{C}$	20	25	30	35	40	45	50	55	50	40	45	35	30	25	30
$V_0, \text{л}$	3	5	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$\Delta t, ^\circ\text{C}$	5	7	10	13	15	17	19	22	25	27	30	31	32	33	34

Контрольные вопросы

1. Назовите рабочее тело гидроприводов.
2. Перечислите параметры, характеризующие рабочее тело гидроприводов.
2. Назовите требования к рабочим жидкостям.

Практическая работа 2

Определение гидростатического давления

Тема: Основное уравнение гидростатики

Цель: формирование умений определять гидростатическое давление.

Умения: определять гидростатическое давление

Знания (актуализация): основной закон гидростатики

Теоретический материал

Гидростатика – раздел гидравлики, изучающий жидкость в покое или равновесии.

Гидростатическим давлением называют нормальное сжимающее напряжение в неподвижной жидкости, т. е. силу, действующую на единицу площади поверхности. За единицу измерения давления в системе СИ принят **паскаль** ($1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$).

Различают абсолютное, атмосферное, манометрическое и вакуумметрическое давления.

Абсолютное (полное) *давление* p отсчитывается от абсолютного нуля. *Атмосферное давление* p_a создается силой тяжести воздуха атмосферы и принимается в обычных условиях равным 101325 Па или 760 мм рт. ст. Избыток давления над атмосферным называют *манометрическим* (избыточным) *давлением* ($p_m = p - p_a$), а недостаток до атмосферного давления - *вакуумметрическим давлением* ($p_v = p_a - p$).

Для измерения атмосферного давления используют *барометры*, манометрического - *манометры*, вакуума - *вакуумметры*.

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

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

где p_0 - абсолютное давление на свободной поверхности жидкости (**свободной поверхностью** называют границу раздела между жидкой и газообразной средой);

ρ - плотность жидкости;

H - глубина погружения точки под свободной поверхностью.

Задание 1. Решить задачи, применяя основное уравнение гидростатики.

Ход работы

1. Выберите 3 задачи своего варианта (данные варианта из таблиц 1,2).
2. Сделайте краткую запись условия задачи (исходные данные):

Задача

Дано:

Система СИ:

Решение:

3. Поставьте заданную размерность.
4. Переведите размерность параметра в систему СИ.
5. Решите задачи.
6. Запишите ответ.
7. Ответьте на контрольные вопросы.

Варианты чётные:

1. В сообщающиеся сосуды налита жидкость, удельный вес которой γ . Один из сосудов закрыт и давление на свободной поверхности $p_0=102$ кПа, второй сосуд открыт и давление на свободной поверхности в нём $p_{ат}=98100$ Па. Определить высоту h_1 , если известна высота h_2 . (рисунок 1).
2. Определить высоту H налива жидкости удельного веса $\gamma_{ж}$, если давление воздуха поступающего в резервуар эквивалентно высоте $h=890$ мм рт. ст. (рис.2).
3. Определить манометрическое давление на дно сосуда, наполненного двумя жидкостями, если они имеют высоты H_1 и H_2 , а их удельные веса γ_1 и γ_2 . (рисунок 3).

Таблица 1 – Данные для четного варианта

вариант	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
$\gamma, \text{Н/м}^3$	7800	7900	8000	8100	8200	8300	8400	8500	8600	8700	8900	9000	9100	9200	9300
$h_2, \text{м}$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	1.0
$\gamma_{ж},$	9900	9800	9700	9600	9500	9400	9300	9200	9100	9000	8900	8800	8700	8600	8500
$H_1, \text{м}$	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8
$H_2, \text{м}$	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15	0.1
$\gamma_1, \text{Н/м}^3$	7200	7250	7300	7350	7400	7450	7500	7550	7600	7650	7700	7750	7800	7850	7900
$\gamma_2, \text{Н/м}^3$	7900	8000	8100	8150	8200	8300	8400	8500	8600	8700	8800	8900	9000	9100	9200

Варианты нечётные:

1. Определить уровень жидкости в баке, если при замере S- образной трубкой разность уровней ртути Δh , плотность жидкости 860 кг/м^3 , плотность ртути $13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ (рисунок 4)
2. Определить величину гидростатического давления в точке А под поршнем и в точке В воды на глубине z от поршня, если на поршень диаметром D производится давление силой 2 кН . (рисунок 5).
3. Определить удельный вес и массу жидкости, если её уровень в сообщающихся сосудах h_1 , уровень воды h_2 . Плотность воды 1000 кг/м^3 , площадь поперечного сечения сосуда с жидкостью $0,5 \text{ м}^2$ (рисунок 6).

Таблица 2 – Данные для нечетного варианта

вариант	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29
$\Delta h, \text{мм}$	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
$Z, \text{м}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$D, \text{мм}$	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
$h_1, \text{см}$	10	12	14	16	18	20	21	22	23	24	25	11	13	15	19
$h_2, \text{см}$	5	6	7	10	10	12	15	16	17	18	19	3	7	8	9

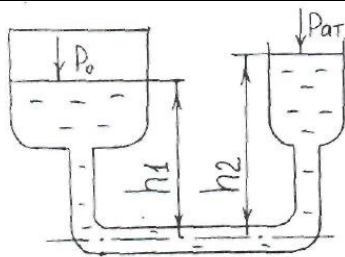


рис.1

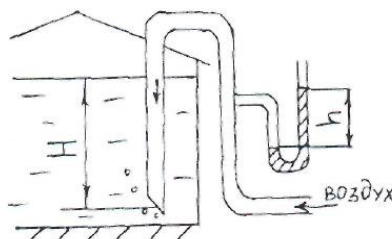


рис.2

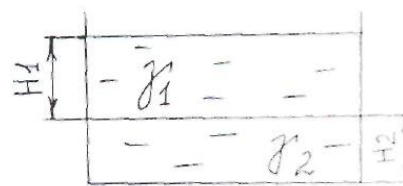


рис.3

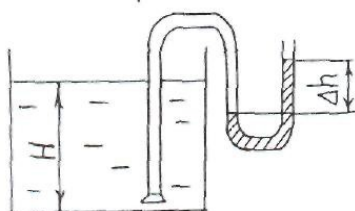


рис.4

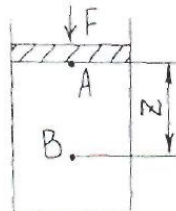


рис.5

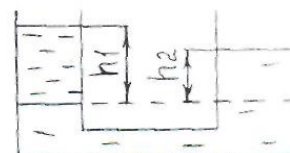


рис.6

Рисунок 1 – Графическое изображение задач

Контрольные вопросы

1. Дайте определение гидростатического давления.
2. Запишите основное уравнение гидростатики.
3. Дайте определение параметрам основного уравнения гидростатики.

Практическая работа 3

Определение расхода жидкости

ТЕМА: Основные положения гидродинамики. Уравнение Бернулли.

Цель: Формирование умения определять расход жидкости.

Умения: определять расход жидкости.

Знания (актуализация): основное уравнение гидродинамики.

Теоретический материал

Гидродинамика – раздел гидравлики, изучающий жидкость в движении. Объектом изучения в гидродинамике является **поток жидкости**, который характеризуется:

- *живым сечением* - поперечное сечение потока – S ;
- *смоченным периметром* - линия, по которой жидкость соприкасается с поверхностями трубопровода в данном живом сечении – X ;
- *гидравлическим радиусом* R - отношение площади живого сечения S к смоченному периметру X (величина линейная):

$$R = S / X$$

В круглой трубе, работающей полным сечением $R = D / 4$, работающей на половину сечения $R = D / 2$.

- *средней скоростью потока в данном живом сечении* V - воображаемая, фиктивная скорость потока, одинаковая для всех точек данного живого сечения, м/с
- *расходом жидкости* Q :

- *объемный расход жидкости:* $Q_v = V \cdot S$ - объем жидкости, протекающий в единицу времени через данное живое сечение потока, измеряется в м³/с (уравнение неразрывности струи);

- *массовый расход жидкости:* $Q_m = Q_v \cdot \rho$ - количество жидкости, протекающий в единицу времени через данное живое сечение потока, измеряется в кг/с;

- *весовой расход жидкости* Q_G - вес жидкости, протекающий в единицу времени через данное живое сечение потока измеряется в Н/с.

Задание 1. Решить задачи, применяя уравнение неразрывности струи.

Ход работы

1. Выберите 3 задачи своего варианта (данные варианта в таблицах 1,2).
2. Сделайте краткую запись условия задачи (исходные данные):

Задача

Дано:

Система СИ:

Решение:

3. Поставьте заданную размерность.
4. Переведите размерность параметра в систему СИ.
5. Решите задачи.
6. Запишите ответ.
7. Ответьте на контрольные вопросы.

Чётные варианты:

1. Определить гидравлический радиус для трубы с внутренним диаметром D , работающей полным сечением.
2. Определить массовый расход горячей воды в трубопроводе с диаметром d , если средняя скорость воды v , а плотность воды 980 кг/м^3 .
3. Определить режим движения воды по трубопроводу, имеющему внутренний диаметр D_v , при объемном расходе Q , если плотность воды 1000 кг/м^3 , динамическая вязкость воды $186 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$.

Таблица 1 - Данные для четных вариантов:

	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
$D, \text{мм}$	20	30	50	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
$d, \text{мм}$	18	200	190	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60
$v, \text{м/с}$	3,0	4,0	4.5	5,0	5,5	6,0	6,5	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,0	2,0
$D_v, \text{мм}$	30	40	50	60	70	80	90	170	180	190	200	210	220	230	240
$Q_v, \text{м}^3/\text{с}$	40	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100

Нечётные варианты:

1. Определить внутренний диаметр трубы, если гидравлический радиус R и труба работает на половину сечения.
2. По трубопроводу диаметром перекачивают мазут удельного веса 9000 Н/м^3 . Определить объемный расход и среднюю скорость движения мазута, если массовый расход Q_m .
3. Объемный расход воды, протекающей по трубопроводу, имеющему внутренний диаметр D_v , составляет Q_v . Определить режим движения воды при, если кинематическая вязкость воды $10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$.

Таблица 2 - Данные для нечетных вариантов:

	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29
$R, \text{мм}$	50	60	70	80	90	100	190	110	120	130	140	150	160	170	180
$D, \text{мм}$	60	70	90	100	120	130	140	80	150	160	170	190	180	110	200
$Q_m, \text{т/ч}$	30	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	120
$D_v, \text{мм}$	30	40	50	60	70	80	90	170	180	190	200	210	220	230	240
$Q_v, \text{м}^3/\text{с}$	24	29	31	32	42	45	38	39	37	35	38	28	50	55	60

Контрольные вопросы

1. Дайте определение гидравлическому радиусу.
2. Выведите формулу гидравлического радиуса для трубы квадратной формы
3. Назовите основное уравнение гидродинамики.
4. Дайте определение массовому расходу жидкости.

Практическая работа 4

Определение потерь напора в трубопроводе системы охлаждения дуговой печи

ТЕМА: Основы гидродинамики. Потери в трубопроводе

Цель: Формирование умений определения потерь напора в трубопроводе.

Умения: выполнять расчет трубопровода и строить его характеристику

Знания (актуализация): уравнение Бернулли при расчете простейших трубопроводов

Теоретический материал

Уравнение Бернулли – это закон сохранения энергии: полная энергия системы E

определяется суммой кинетической $E_k = \frac{mv^2}{2}$ и потенциальной энергией $E_n = m \cdot g \cdot h$:
 $E = E_k + E_n$

Для реальной жидкости уравнение Бернулли имеет вид:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + \Sigma h_w$$

(индексы «1» и «2» указывают номер сечения, к которому относится величина).

где $\Sigma h_w = h_m + h_l$ - суммарные потери определяются суммой местных потерь h_m и потерь по длине трубопровода h_l

Местные потери напора (энергии) жидкости возникают на коротких участках трубопровода с препятствиями для потока, называемыми местными сопротивлениями (внезапное расширение и сужение труб, вентили, задвижки, клапаны, колена). В таких местах образуются циркуляционные зоны, на вращение жидкости в которых затрачивается часть механической энергии потока, называемая местными потерями напора. Величина местных потерь напора экспериментально определяется разностью полных напоров жидкости до и после местного сопротивления.

В инженерных расчетах для определения местных потерь напора используется формула:

$$h_m = \sum \epsilon_m \frac{v^2}{2g} = \zeta$$

где ζ - коэффициент местного сопротивления (выбирается по таблице 5);

V - средняя скорость потока.

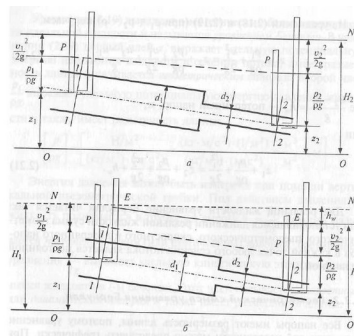
Потери напора по длине вызваны тормозящим действием стенок, приводящим к вязкостному трению частиц и струек жидкости друг о друга вдоль трубопровода. Они определяются по формуле:

$$h_l = X(l/d)V^2/(2g),$$

где X - коэффициент гидравлического трения;

l и d - соответственно длина и внутренний диаметр трубы (канала), м;

V — средняя скорость, м/с.



а - для идеальной жидкости; б - для реальной жидкости

Рисунок 1 - Графическое изображение уравнения Бернулли

На рисунке 1,б видно, что гидродинамический напор реальной жидкости уменьшается в направлении ее движения на величину напора, потерянного между начальным и конечным сечениями потока. Падение соответствующего напора на единицу длины называется соответственно гидравлическим, или пьезометрическим уклоном.

Различают два основных режима течения жидкости: *ламинарный* (слоистый) и *турбулентный* (вихревой). При ламинарном режиме частицы жидкости движутся по параллельным траекториям без перемешивания, поэтому поток имеет слоистую структуру, т.е. жидкость движется отдельными слоями. Турбулентное движение характеризуется пульсацией давления и скоростей частиц, что вызывает интенсивное перемешивание жидкости в потоке, т.е. вихревое движение.

Критерием режима течения является *число Рейнольдса*

$$Re = V \cdot d / \nu, \quad (4.1)$$

где V — средняя скорость потока, м/с;

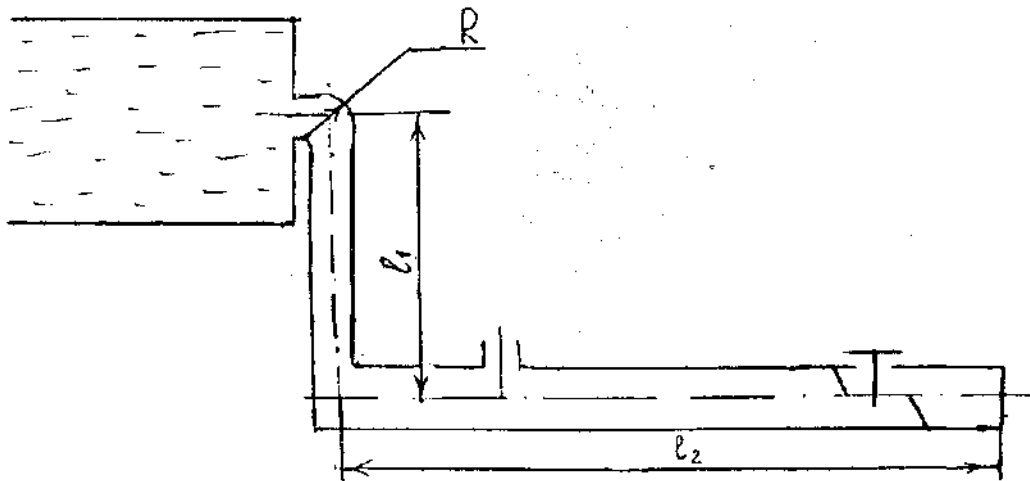
d — внутренний диаметр трубы (канала), м;

ν — кинематический коэффициент вязкости жидкости, м²/с.

В инженерной практике режим движения жидкости определяют путем сравнения числа Рейнольдса Re с его *критическим значением* Re_K , соответствующим смене режимов движения жидкости. Для равномерных потоков жидкости в трубах (каналах) круглого сечения принимают $Re_K = 2300$. Режим считается ламинарным, если $Re < Re_K$; турбулентным при $Re > Re_K$.

Турбулентный режим в природе и технике встречается чаще. Его закономерностям подчиняется движение воды в реках, ручьях, каналах, системах водоснабжения и водоотведения, а также течение бензина, керосина и других маловязких жидкостей в трубах.

Задание 1. Рассчитать простой трубопровод системы охлаждения дуговой печи. Определить потерю напора при движении жидкости и построить характеристику трубопровода.



Ход выполнения работы

1. Выпишите данные своего варианта из таблицы 1.
2. Переведите размерность параметров в систему СИ.
3. Выполните расчет трубопровода.
4. Ответьте на контрольные вопросы.

Таблица 1 - Задание по вариантам

№ варианта	Перемещаемая жидкость	V, (м/с)	d, (мм)
1.	Вода при 0 °С	1,4	50
2.		1,2	70
3.	Вода при 4 °С	1,5	80
4.		1,0	60
5.	Вода при 10 °С	0,9	40
6.		1,1	100
7.	Вода при 2°С	0,7	90
8.		1,6	50
9.	Вода при 3°С	1,5	110
10.		1,2	100
11.	Вода при 12 °С	1,0	120
12.		1,8	60
13.	Вода при 11 °С	2,0	70
14.		2,5	90
15.	Вода при 15 °С	2,2	50
16.		1,2	100
17.	Вода при 22 °С	2,0	120
18.		2,5	90
19.	Вода при 20 °С	1,3	50
20.		1,5	70
21.	Вода при 18 °С	1,8	60
22.		2,0	90
23.	Вода при 30 °С	0.6	80
24.		1,0	50
25.	Масло моторное	1,9	50
26.		2,0	110
27.	Вода при 50 °С	1,3	50
28.		1,0	60
29.	Масло «Сульфазрезол»	2,0	50
30.		2.5	90

Таблица 2 - Параметры перемещаемой жидкости

Наименование жидкости	Температура (°С)	Плотность (кг/м³)	Кинематическая вязкость ν (м²/с)
Вода	0	998,87	$0,0178 \cdot 10^{-4}$
	4	1000	$0,0152 \cdot 10^{-4}$
	2	999,73	$0,0131 \cdot 10^{-4}$
	3	999,23	$0,0124 \cdot 10^{-4}$
	10	998,23	$0,0101 \cdot 10^{-4}$
	11	995,67	$0,0080 \cdot 10^{-4}$
	12	988,07	$0,0050 \cdot 10^{-4}$
	20	958,38	$0,0028 \cdot 10^{-4}$
	22	780	$0,0065 \cdot 10^{-4}$
	30	820	$0,0250 \cdot 10^{-4}$
	50	900	$0,2500 \cdot 10^{-4}$
	15	790	$0,0133 \cdot 10^{-4}$
	18	885	$0,1400 \cdot 10^{-4}$
Масло сульфозрезол	50	900	$0,2200 \cdot 10^{-4}$
Масло моторное	50	905	$0,2000 \cdot 10^{-4}$

--	--	--	--

Данные для расчета: Вариант №__

Система СИ

Длина вертикального участка- $l_1 = 5$ м
 Длина горизонтального участка- $l_2 = 70$ м
 Радиус закругления колена - $R = 250$ мм
 Перемещаемая жидкость —
 Скорость движения жидкости – $V =$ м/с (Табл.1)
 Диаметр трубы - $d =$ мм (Табл.1)
 Кинематическая вязкость – $\nu =$ м²/с(Табл.2)
 Плотность жидкости – $\rho =$ кг/м³(Табл.2)

Ход выполнения работы

1. Определите коэффициент местных сопротивлений, пользуясь таблицей 5.

а) Вход в трубу с острыми кромками $\epsilon_1 =$

б) Колено $R/d =$ $\epsilon_2 =$

в) Поворот угольником $\epsilon_3 =$

г) Задвижка открытая на половину $\epsilon_4 =$

д) Вентиль при среднем открытии $\epsilon_5 =$

2. Определите сумму коэффициентов местных сопротивлений

$$\sum \epsilon_m = \epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3 + \epsilon_4 + \epsilon_5 =$$

3. Определите потери напора от местных сопротивлений

$$h_m = \sum \epsilon_m \frac{v^2}{2g} =$$

4. Определите число Рейнольдса R_e

$$R_e = \frac{vd}{\nu} =$$

5. Определите коэффициент сопротивления трения

$$\lambda = \frac{0,3164}{R_e^{0,25}} =$$

6. Определите коэффициент линейных сопротивлений

$$\epsilon_l = \frac{l_2 - l_1}{d}$$

7. Определите потерю напора от линейных сопротивлений

$$h_l = \epsilon_l \frac{v^2}{2g} =$$

8. Определите потерю напора от местных сопротивлений

$$h_m = \sum \epsilon_m \frac{v^2}{2g} =$$

9. Определите общую потерю напора

$$h = h_m + h_l =$$

10. Определите потери давления в трубе

$$\Delta p = \rho gh =$$

11. Определите расход жидкости

$$Q = v \frac{\pi d^2}{4} =$$

11. Определите потерю мощности в трубопроводе

$$\Delta N = \Delta p Q = i$$

12. Постройте характеристику трубопровода $h = f(Q)$

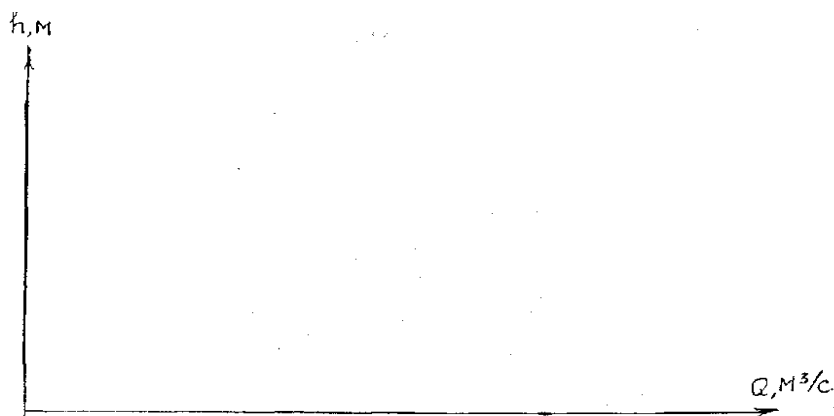
При турбулентном движении потери напора h пропорционально Q^2 . Следовательно, если уменьшить расход Q в 2, 3, 4 раза, то h уменьшится соответственно в $2^2=4$; $3^2=9$; $4^2=16$ и т.д. раз. Если увеличить расход в 2, 3, 4, раза, то h увеличится в 4, 9, 16 раз.

На основании своих значений определите зависимость h от Q и занесите значения в таблицу 3.

Таблица 3 – Параметры трубопровода

$Q(\text{м}^3/\text{с})$	Q	$Q/2$	$Q/3$	$2Q$	$3Q$	$4Q$
$h(\text{м})$	\sqrt{h}	$h/4$	$h/9$	$4h$	$9h$	$16h$
$Q(\text{м}^3/\text{с})$						
$h(\text{м})$						

По табличным значениям постройте график, представляющий собой характеристику трубопровода $h = f(Q)$



13. Определите потребный объем жидкости в гидробаке.

$$V = \sqrt{L L}$$

где Q – расход жидкости, $\text{м}^3/\text{час}$.

14. Занесите результаты расчета в таблицу 4.

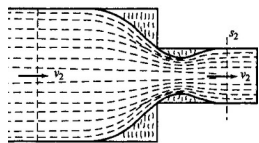
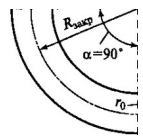
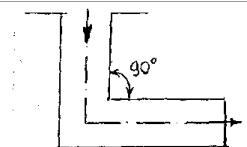
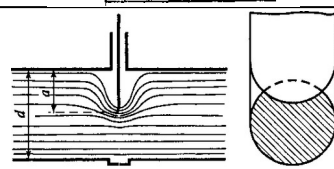
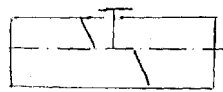
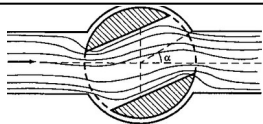
Таблица 4 – Результаты расчетов

$h_m(\text{м})$	$h, (\text{м})$	$\Delta p (\text{Па})$	$Q(\text{м}^3/\text{с})$	$N (\text{Вт})$	$V(\text{м}^3)$
1	2	3	4	5	6

Контрольные вопросы

1. Назовите параметры характеристики трубопровода.
2. Дайте определение суммарным потерям в трубопроводе.

Таблица 5 - Справочные данные коэффициента сопротивления

Местное сопротивление	Эскиз фасонных частей	Коэффициент местного сопротивления
Вход в трубу: При острых кромках При закругленных кромках		0,5 0,05-0,2
Колено При $R > 2d$ При $R \sim (3 \dots 7)d$		0,5 0,3
Поворот угольником		1,1
Задвижка на круглой трубе: Полностью открыта Открыта на $\frac{3}{4}$ Открыта на $\frac{1}{2}$	 Рис. 1.41. Задвижка	0,07 0,26 2,06
Вентиль при среднем открытии		1-3
Всасывающий клапан с сеткой на входе в трубопроводную трубу		5-10

Лабораторная работа 1

Исследование конструкции и работы насоса

ТЕМА: Классификация гидромашин

Цель: формирование умения осуществлять сборку-разборку насоса, осуществлять замеры его конструктивных деталей; определять тип механизма.

Оборудование: 1. Насос.

2. Набор инструмента для разборки и сборки.

3. Мерительный инструмент.

Умения: пользоваться измерительными инструментами и инструментами для сборки-разборки; определять тип насоса

Знания (актуализация): конструкции различных насосов; методы сборки и разборки насоса

Теоретический материал

Насос - гидравлическая машина, в которой механическая энергия, приложенная к выходному валу, преобразуется в гидравлическую энергию потока рабочей жидкости. **Гидродвигатель** - машина, в которой энергия потока рабочей жидкости преобразуется в энергию движения выходного звена. Если выходное звено получает вращательное движение, то такой гидродвигатель называют *гидромотором*, если поступательное, то *гидроцилиндром*. Гидромашина, которая может работать в режиме насоса или гидромотора, называется *обратимой*.

Насосы по принципу действия классифицируются на:

1. Динамические, в которых взаимодействие рабочих органов с жидкостью происходит в проточной полости, постоянно сообщаемой с входом и выходом гидромашины:

- а) лопастные – центробежные, осевые
- б) насосы трения – вихревые, струйные, дисковые и червячные

2. Объемные, в которых взаимодействие рабочих органов с жидкостью происходит в герметичной рабочей камере, попеременно сообщаемой с входом и выходом гидромашины:

- а) возвратно-поступательные – поршневые, плунжерные, диафрагменные
- б) роторные – шестеренные, пластинчатые, аксиально-поршневые и радиально-поршневые

Производительность насоса (подача) - это отношение объема подаваемой жидкости ко времени ($\text{м}^3/\text{с}$).

Теоретическая производительность насоса Q_T - это расчетный объем жидкости, вытесняемый в единицу времени из его полости нагнетания.

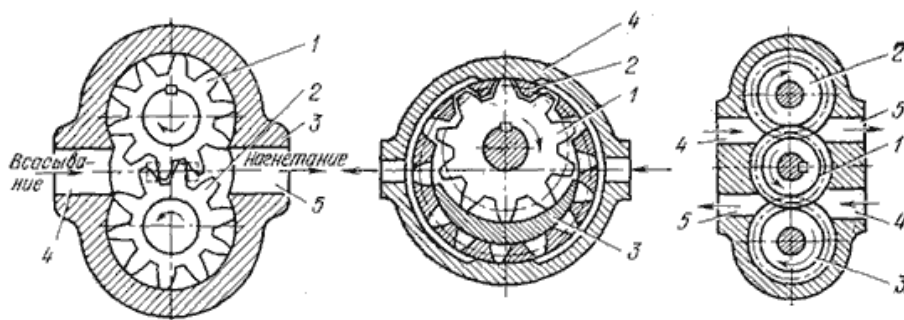
Действительная производительность насоса Q_D уменьшается на величину Q_H из-за обратного течения жидкости в насосе из полости нагнетания в полость всасывания и из-за утечки жидкости во внешнюю среду. Поэтому

$$Q_D = Q_T - Q_H$$

Отношение действительной производительности насоса Q_D к теоретической производительности насоса Q_T называется объемным КПД насоса:

$$\frac{Q_D}{Q_T} = 1 - \frac{Q_H}{Q_T} = \eta_{об.н.}$$

Шестеренные насосы. Основная группа шестеренных насосов состоит из двух прямозубых шестерен внешнего зацепления (рисунок 1, а). Применяются также и другие конструктивные схемы, например, насосы с внутренним зацеплением (рисунок 1, б), трех- и более шестеренные насосы (рисунок 1, в).



а - с внешним зацеплением; б - с внутренним зацеплением; в - трехшестеренный

Рисунок 1 - Схемы шестеренных насосов:

Шестеренный насос с внешним зацеплением (рисунок 1, а) состоит из ведущей 1 и ведомой 2 шестерен, размещенных с небольшим зазором в корпусе 3. При вращении шестерен жидкость, заполнившая рабочие камеры (межзубовые пространства), переносится из полости всасывания 4 в полость нагнетания 5. Из полости нагнетания жидкость вытесняется в напорный трубопровод.

В общем случае подача шестеренного насоса определяется по формуле

$$Q = k \frac{D^2}{z} b n \eta_{об.н.},$$

где k - коэффициент, для некорригированных зубьев $k = 7$, для корригированных зубьев $k = 9,4$; D - диаметр начальной окружности шестерни; z - число зубьев; b - ширина шестерен; n - частота оборотов ведущего вала насоса; $\eta_{об.н.}$ - объемный КПД.

Шестеренный насос в разобранном состоянии представлен на рисунке 2.

Шестеренный насос состоит из корпуса 8, выполненного из алюминиевого сплава, внутри которого установлены подшипниковый блок 2 с ведущей 1 и ведомой 3 шестернями и уплотняющий блок 5, представляющий собой другую половину подшипника. Для радиального уплотнения шестерен в центральной части уплотняющего блока имеются две сегментные поверхности, охватывающие с установленным зазором зубья шестерен. Для торцевого уплотнения шестерен служат две поджимные пластины 7, устанавливаемые в специальные пазы уплотняющего блока с обеих сторон шестерен. В поджимных пластинах и в левой части уплотняющего блока есть фигурные углубления под резиновые прокладки 6. Давлением жидкости из полости нагнетания пластины 7 прижимаются к торцам шестерен, благодаря чему автоматически компенсируется зазор, а утечки остаются практически одинаковыми при любом рабочем давлении насоса. Ведущая и ведомая шестерни выполнены заодно с цапфами, опирающимися на подшипники скольжения подшипникового и уплотняющего блоков. Одна из цапф ведущей шестерни имеет шлицы для соединения с валом приводящего двигателя. Насос закрывается крышкой 4 с уплотнительным резиновым кольцом 9. Приводной вал насоса уплотнен резиновой манжетой, закрепленной специальными кольцами в корпусе насоса.

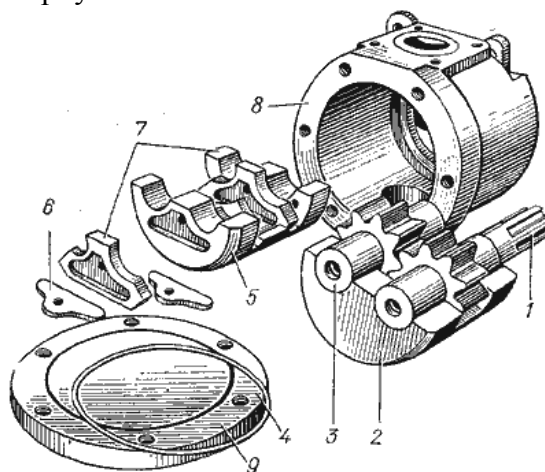


Рисунок 2 - Шестеренный насос НШ-К и его составные элементы

Шестеренные насосы с внутренним зацеплением сложны в изготовлении, но дают более равномерную подачу и имеют меньшие размеры. Внутренняя шестерня 1 (см. рисунок 1, б) имеет на два-три зуба меньше, чем внешняя шестерня 2. Между внутренней и внешней шестернями имеется серпообразная перемычка 3, отделяющая полость всасывания от напорной полости. При вращении внутренней шестерни жидкость, заполняющая рабочие камеры, переносится в напорную полость и вытесняется через окна в крышках корпуса 4 в напорный трубопровод.

На рисунке 1, в приведена схема трехшестеренного насоса. В этом насосе шестерня 1 ведущая, а шестерни 2 и 3 - ведомые, полости 4 - всасывающие, а полости 5 - напорные. Такие насосы выгодно применять в гидроприводах, в которых необходимо иметь две независимые напорные гидролинии.

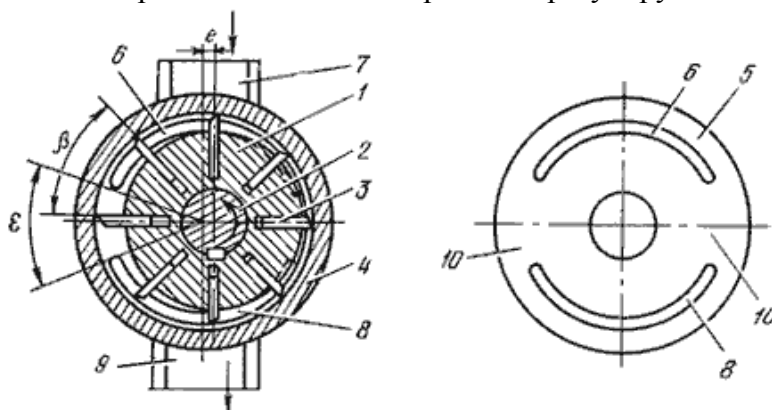
Равномерность подачи жидкости шестерным насосом зависит от числа зубьев шестерни и угла зацепления. Чем больше зубьев, тем меньше неравномерность подачи, однако при этом уменьшается производительность насоса. Для устранения зацемяки жидкости в зоне контакта зубьев шестерен в боковых стенках корпуса насоса выполнены разгрузочные канавки, через которые жидкость отводится в одну из полостей насоса.

Пластинчатые насосы могут быть одно-, двух- и многократного действия. В насосах однократного действия одному обороту вала соответствует одно всасывание и одно нагнетание, в насосах двукратного действия - два всасывания и два нагнетания.

Схема насоса однократного действия приведена на рисунке.3. Насос состоит из ротора 1, установленного на приводном валу 2, опоры которого размещены в корпусе насоса. В роторе имеются радиальные или расположенные под углом к радиусу пазы, в которые вставлены пластины 3. Статор 4 по отношению к ротору расположен с эксцентриситетом e . К торцам статора и ротора с малым зазором (0,02...0,03 мм) прилегают торцевые распределительные диски 5 с серповидными окнами. Окно 6 каналами в корпусе насоса соединено с гидролинией всасывания 7, а окно 8 - с напорной гидролинией 9. Между окнами имеются уплотнительные перемычки 10, обеспечивающие герметизацию зон всасывания и нагнетания. Центральный угол, образованный этими перемычками, больше угла между двумя соседними пластинами.

При вращении ротора пластины под действием центробежной силы, пружин или под давлением жидкости, подводимой под их торцы, выдвигаются из пазов и прижимаются к внутренней поверхности статора. Благодаря эксцентриситету объем рабочих камер вначале увеличивается - происходит всасывание, а затем уменьшается - происходит нагнетание. Жидкость из линии всасывания через окна распределительных дисков вначале поступает в рабочие камеры, а затем через другие окна вытесняется из них в напорную линию.

При изменении эксцентриситета e изменяется подача насоса. Если $e = 0$ (ротор и статор расположены соосно), пластины не будут совершать возвратно-поступательных движений, объем рабочих камер не будет изменяться, и, следовательно, подача насоса будет равна нулю. При перемене эксцентриситета с $+e$ на $-e$ изменяется направление потока рабочей жидкости (линия 7 становится нагнетательной, а линия 9 - всасывающей). Таким образом, пластинчатые насосы однократного действия в принципе регулируемые и реверсируемые.



1 - ротор; 2 - приводной вал; 3 - пластины; 4 - статор; 5 - распределительный диск; 6, 8 - окна; 7 - гидролиния всасывания; 9 - гидролиния нагнетания

Рисунок 3 - Схема пластинчатого насоса однократного действия:

Радиально-поршневой насос однократного действия приведен на рисунке 4. Рабочими камерами в насосе являются радиально расположенные цилиндры, а вытеснителями - поршни. Ротор (блок цилиндров) 1 на скользящей посадке установлен на ось 2, которая имеет два канала 3 и 4 (один соединен с гидролинией всасывания, другой - с напорной гидролинией). Каналы имеют окна 5, которыми они могут соединяться с цилиндрами 6. Статор 7 по отношению к ротору располагается с эксцентриситетом.

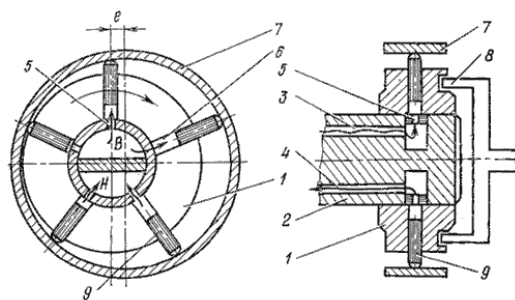


Рисунок 4 - Схема радиально-поршневого насоса однократного действия.

Ротор вращается от приводного вала через муфту 8. При вращении ротора в направлении, указанном на рисунке 4. стрелкой, поршни 9 вначале выдвигаются из цилиндров (происходит всасывание), а затем вдвигаются (нагнетание). Соответственно рабочая жидкость вначале заполняет цилиндры, а затем поршнями вытесняется оттуда в канал 4 и далее в напорную линию гидросистемы. Поршни выдвигаются и прижимаются к статору центробежной силой или принудительно (пружиной, давлением рабочей жидкости или иным путем).

Подача радиально-поршневого насоса

$$Q = q_n \eta_{об} = \frac{\pi d^2}{2} e z n \eta_{об}$$

где d - диаметр цилиндра; e - эксцентриситет; z - число поршней.

В серийных конструкциях радиально-поршневых насосов число поршней принимается нечетным (чаще всего $z = 7$ или $z = 9$). Число рядов цилиндров для увеличения подачи может быть увеличено от 2 до 6. Подача радиально-поршневого насоса с кратностью действия i и числом рядов m подсчитывается по формуле

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} h z i m n \eta_{об}$$

где h - ход поршней.

В станкостроении применяют регулируемые радиально-поршневые насосы однократного действия типа НП, которые выпускают с максимальной подачей до 400 л/мин и давлением до 200 МПа.

Ход выполнения работы

1. Получите насос у преподавателя
2. Ознакомьтесь с техническим паспортом насоса, инструкцией по безопасности труда при сборочно-разборочных работах
3. Разберите предложенный насос.
 - 3.1 Снимите фланец насоса
 - 3.2 Выньте рабочие органы насоса
 - 3.3 Определите тип механизма и изучите его конструкцию.
 - 3.4 Изучите особенности конструкции деталей насоса.
4. Выполните эскизы рабочих элементов насоса.
5. Произведите замеры деталей насоса, нанесите их размеры на эскизы
6. Соберите насос в обратной последовательности.
7. Проверьте, как вращаются валы. Если вращение вала затруднено, осуществите регулировку.
8. Сдайте инструменты и насос преподавателю. Продемонстрируйте (аргументируйте) точность сборки .
9. Осуществите уборку рабочего места.
10. Ответьте на контрольные вопросы

11. Оформите отчет и сдайте его преподавателю

Контрольные вопросы

1. Назовите основные параметры насоса.
2. Дайте определение насосу.

Практическая работа 5

Построение диаграмм термодинамических процессов

ТЕМА: Термодинамические процессы

Цель: Научиться решать задачи с применением уравнения термодинамики и строить диаграммы термодинамических процессов

Умения: определять параметры состояния рабочего тела

Знания (актуализация): оценивание полученных значений

Теоретический материал

Термодинамическим процессом называется последовательное изменение состояния тела при переходе из одного **равновесного** состояния в другое.

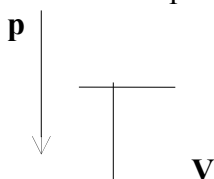
Основным свойством этих процессов является их **обратимость**.

Обратимыми называют процессы, после совершения которых в прямом, а потом и в обратном направлении вся система возвращается в исходное состояние.

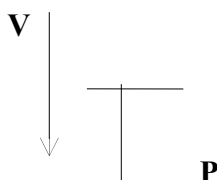
Все эти процессы **равновесны**.

Математическая и графическая запись термодинамических процессов:

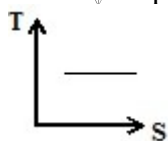
1. Изобарический процесс при $p = \text{const}$



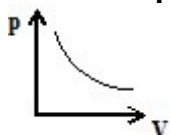
2. Изохорический процесс при $v = \text{const}$



3. Изотермический процесс при $T = \text{const}$



4. Адиабатный процесс – без теплообмена с окружающей средой, математическая запись: $p \cdot v^k = \text{const}$



где $k = C_p / C_v$ – показатель адиабаты

C_p – теплоемкость при $p = \text{const}$

C_v – теплоемкость при $v = \text{const}$

5. Политропный процесс – смешанный процесс
математическая запись: $p \cdot v^n = \text{const}$

где n – показатель политропы

При $n=0$ - $p=\text{const}$ – изобарический процесс

$n=1$ - $T=\text{const}$ – изотермический процесс

$n=k$ - $p \cdot v^k=\text{const}$ – адиабатный процесс

$n=\infty$ - $v=\text{const}$ – изохорический процесс

В термодинамических расчетах используют не только математические формулы, но и различные графики в виде диаграмм: P - V (давление-объем), T - S (температура-энтропия) и H - S (энтальпия-энтропия).

Задание 1. Решить задачи, применяя уравнения термодинамики.

Ход выполнения работы

1. Выберите 3 задачи своего варианта (данные варианта из таблиц 1,2).
2. Сделайте краткую запись условия задачи (исходные данные):

Задача

Дано:

Система СИ:

Решение:

1. Поставьте заданную размерность.
2. Переведите размерность параметра в систему СИ.
3. Выполните решение задачи.
4. Запишите ответ.
5. Ответьте на контрольные вопросы.

Чётные варианты:

1. До какой температуры нужно нагреть газ при постоянном объеме, если начальное давление газа P_1 и температура t_1 , а конечное давление P_2 .
2. Сосуд объемом V заполнен кислородом при давлении P_n . Определить конечное давление кислорода и количество сообщенной ему теплоты, если начальная температура кислорода t_n , а конечная t_k .
 $C_{vm} = 0.66$ [КДж/(кг*К)].
3. Построить в координатах PV изотерму, если задана точка 1, характеризующая начальное состояние газа (рисунок 1)

Таблица 1 - Данные для четных вариантов:

	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
$P_1, \text{кПа}$	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
$t_1, ^\circ\text{C}$	14	15	16	17	18	19	21	20	22	23	25	26	10	15	30
$P_2, \text{кПа}$	70	80	100	110	130	200	200	250	300	350	400	450	500	550	220
$V, \text{л}$	10	20	30	40	50	60	70	80	15	25	35	45	55	65	75
$P_n, \text{МПа}$	5	6	6,5	7,2	8	8,5	8,3	7,5	9	9,5	10	11	12	13	8,8
$t_n, ^\circ\text{C}$	5	6	7	8	4	14	15	9	10	11	12	13	14	10	15
$t_k, ^\circ\text{C}$	15	20	14	16	10	30	30	20	25	33	27	20	32	26	30

Нечётные варианты:

1. До какой температуры нужно нагреть газ, чтобы при постоянном давлении он, имея температуру t и объем V , увеличил свой объем до V_y .
2. В закрытом сосуде ёмкостью V_c содержится кислород при давлении P_1 и температуре t_1 . Как изменится давление газа, если от него отнять количество теплоты Q . Зависимость $C=f(t)$ линейная ($C_{vm}=0,6527+0.00012724 \cdot t$) [КДж/кг*К]..
3. Построить в координатах P - V изотерму, если задана точка 1, характеризующая начальное состояние газа (рисунок 1)

Таблица 2 - Данные для нечетных вариантов:

	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29
$t, ^\circ\text{C}$	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$V, \text{м}^3$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$V_v, \text{м}^3$	0,3	0,5	0,7	1	1,2	1,4	1,8	2	2,2	2,5	0,7	1	1,1	1,2	1,5
$V_c, \text{м}^3$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$P_1, \text{МПа}$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,1	1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
$t_1, ^\circ\text{C}$	200	230	250	270	300	330	350	380	400	450	490	500	510	550	580
$Q, \text{кДж}$	100	105	140	180	200	250	300	320	350	380	400	450	500	550	430

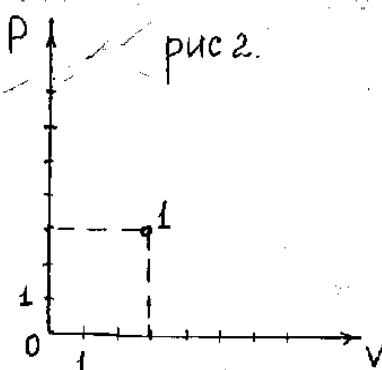
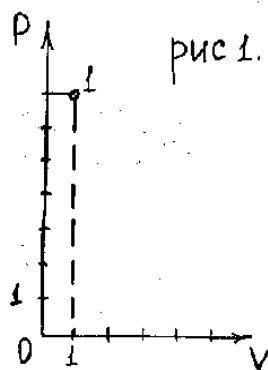


Рисунок 1 – Начальные точки и система координат для построения изотермы

Контрольные вопросы

1. Дайте определение адиабатному процессу и назовите его особенности.
2. Дайте определение политропному процессу.

Лабораторная работа 2

Регулирование скорости движения рабочих органов

ТЕМА: Регулирование скорости движения рабочих органов

Цель: Овладение методикой регулирования скорости движения рабочих органов.

Оборудование: Стенд гидропресса, плакаты, учебный материал

Умения: Регулировать скорости движения рабочих органов

Знания (актуализация): Способы регулирования скорости движения рабочих органов.

Теоретический материал

Принцип работы объемного гидропривода основан на законе Паскаля, по которому всякое изменение давления в какой-либо точке покоящейся жидкости, не нарушающее ее равновесия, передается в остальные ее точки без изменения (рисунок 1.).

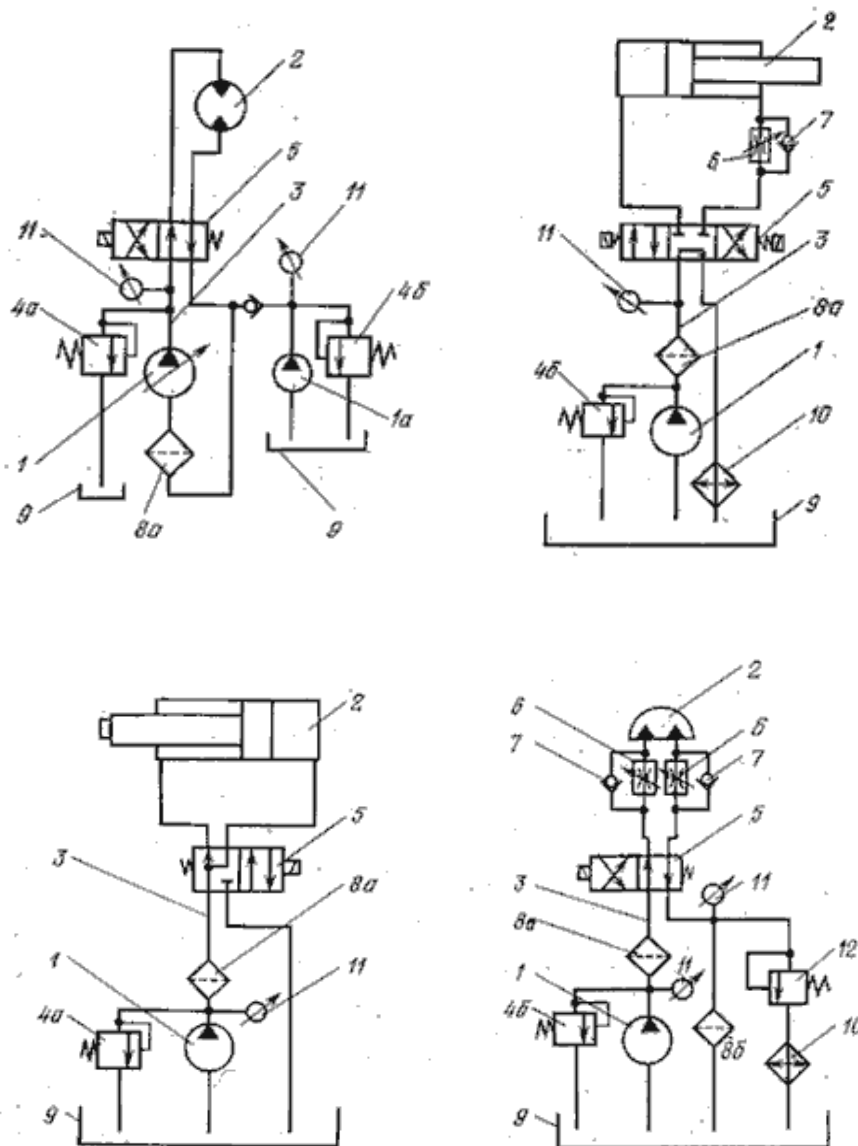
Насосом 1 рабочая жидкость подается в напорную гидролинию 3 и далее через распределитель 5 к гидродвигателю 2. При одном положении гидрораспределителя совершается рабочий ход гидродвигателя, а при другом положении - холостой. Из гидродвигателя жидкость через распределитель поступает в сливную гидролинию и далее или в гидробак 9, или во всасывающую гидролинию насоса (в гидроприводах с замкнутой схемой циркуляции рабочей жидкости, смотри рисунок 1, а). В резервуаре жидкость охлаждается и снова поступает в гидросистему. Надежная работа гидропривода возможна только при соответствующей очистке рабочей жидкости фильтрами 8.

Регулирование скорости движения выходного звена гидродвигателя может быть дроссельным или объемным. При дроссельном регулировании в гидросистеме

устанавливаются нерегулируемые насосы, а изменение скорости движения выходного звена достигается изменением расхода рабочей жидкости через дроссель 6. При объемном регулировании скорость движения выходного звена гидродвигателя изменяется подачей регулируемого насоса либо за счет применения регулируемого гидромотора.

Защита гидросистемы от чрезмерного повышения давления обеспечивается предохранительным 4а или переливным 4б клапанами, которые настраиваются на максимально допустимое давление. Если нагрузка на гидродвигатель возрастает сверх установленной, то весь поток рабочей жидкости будет идти через предохранительный или переливной клапаны, минуя гидродвигатель. Контроль за давлением на отдельных участках гидросистемы осуществляется по манометрам 11.

Работа гидроагрегатов сопровождается утечками рабочей жидкости. В гидросистемах с замкнутой циркуляцией утечки компенсируются специальным подпитывающим насосом 1а (рисунок 1, а).



а - с объемным регулированием; б - с дроссельным регулированием;
в - нерегулируемый; г - с дроссельным регулированием рабочего и холостого ходов

Рисунок 1 - Варианты принципиальных схем гидроприводов

Дроссельное регулирование. Часто во многих рабочих процессах необходимо изменять скорости движения выходных звеньев гидродвигателей. Изменение скорости может осуществляться разными способами. Одним из них является дроссельное управление.

Дроссельный способ регулирования скорости гидропривода с нерегулируемым насосом основан на том, что часть жидкости, подаваемой насосом, отводится в сливную гидролинию и не совершает полезной работы. Простейшим регулятором скорости является регулируемый дроссель, который устанавливается в системе либо последовательно с гидродвигателем, либо в гидролинии управления параллельно гидродвигателю.

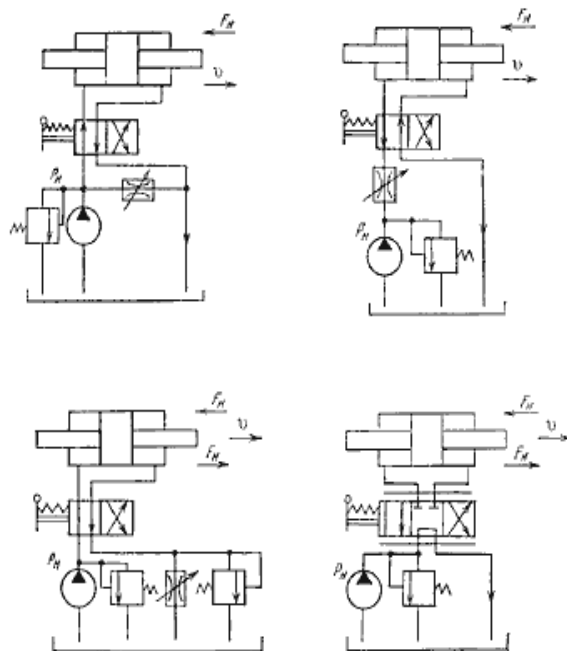
При *параллельном включении* дросселя (рисунок 2, а) рабочая жидкость, подаваемая насосом, разделяется на два потока. один поток проходит через гидродвигатель, другой - через регулируемый дроссель.

Скорость поршня для этой схемы определится выражением

$$v = \frac{1}{S} \left(Q_H - \mu S_{dp} \sqrt{\frac{2F_H}{\rho S}} \right)$$

где S - эффективная площадь поршня; Q_H - подача насоса; S_{dp} - площадь проходного сечения дросселя; μ - коэффициент расхода; F_H - нагрузка на шток поршня; ρ - плотность жидкости.

В такой системе при постоянной внешней нагрузке $F_H = \text{const}$, скорость движения будет изменяться от v_{\min} до v_{\max} при изменении S_{dp} от $S_{dp \max}$ до $S_{dp} = 0$. Поскольку в рассматриваемом гидроприводе давление на выходе насоса зависит от нагрузки $P_H = F_H / S$ и не является постоянной величиной, такую систему называют *системой с переменным давлением*. Клапан, установленный в системе, является предохранительным. Эта система позволяет регулировать скорость только в том случае, если направление действия нагрузки противоположно направлению движения выходного звена гидропривода (отрицательная нагрузка).



а - с параллельным включением дросселя; б - с дросселем на входе гидродвигателя; в - с дросселем на выходе гидродвигателя; г - с четырехлинейным дросселирующим распределителем

Рисунок 2 - Схемы гидроприводов с дроссельным управлением скоростью

Последовательное включение дросселя осуществляется на входе в гидродвигатель, на выходе гидродвигателя, на входе и выходе гидродвигателя. При этом во всех трех случаях система регулирования скорости строится на принципе поддержания постоянного значения давления P_H на выходе нерегулируемого насоса за счет слива части рабочей жидкости через переливной клапан. Поэтому система дроссельного регулирования с последовательным включением дросселей получила название *система с постоянным давлением*.

Гидропривод с дросселем на входе (рисунок 2, б) допускает регулирование скорости только при отрицательной нагрузке. При положительной нагрузке, направленной по движению поршня, может произойти разрыв сплошности потока рабочей жидкости, особенно при зарытом дросселе, когда поршень продолжает движение под действием сил инерции.

Скорость движения поршня в таком гидроприводе определяется выражением

$$v = \mu \frac{S_{dp}}{S} \sqrt{\frac{2}{\rho} \left(P_H - \left| \frac{F_H}{S} \right| \right)}$$

Гидропривод с дросселем на выходе (рисунок 2, в) допускает регулирование скорости гидродвигателя при знакопеременной нагрузке, так как при любом направлении действия силы F_H изменению скорости препятствует сопротивление дросселя, через который рабочая жидкость поступает из полости гидродвигателя на слив. Для такой схемы включения дросселя скорость движения выходного звена определится

$$v = \mu \frac{S_{dp}}{S} \sqrt{\frac{2}{\rho} \left(P_H \pm \left| \frac{F_H}{S} \right| \right)}$$

При установке дросселя на выходе в случаях больших положительных нагрузок давление перед дросселем может превысить допустимый уровень. Поэтому для предохранения системы параллельно дросселю включают предохранительный клапан.

Недостатком дроссельного регулирования является то, что при регулировании часть энергии тратится на преодоление сопротивления в дросселе и предохранительном клапане, вследствие чего повышается температура жидкости, а это отрицательно сказывается на работе гидросистемы. При дроссельном регулировании снижается КПД гидропривода, и отсутствует постоянство скорости движения выходного звена гидродвигателя при переменной нагрузке.

Объемное регулирование для изменения скорости рабочих органов применяют системы, у которых вся жидкость от насосов поступает к гидродвигателю, а регулирование его скорости достигается изменением рабочего объема насоса или гидродвигателя.

Ступенчатое регулирование, являясь разновидностью объемного, обычно осуществляется путем подключения в систему различных по производительности насосов (различных по расходу гидродвигателей).

Изменение скорости перемещения поршня гидроцилиндра (рисунок 3) осуществляется в результате соединения одного или нескольких насосов 1 с линией слива (при помощи кранов 2). Обратные клапаны 3 в системе отключают разгруженный насос от линии высокого давления.

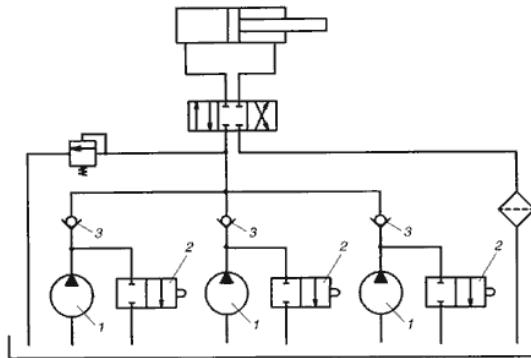


Рисунок 3 - Объемное ступенчатое регулирование

Подключение в гидросистему трех насосов разной производительности Q_1 , Q_2 и Q_3 позволяет получать до семи значений скоростей движения выходного звена гидродвигателя.

Плавное изменение скорости движения выходного звена гидропривода реализуется за счет изменения рабочего объема либо насоса, либо двигателя, либо за счет изменения рабочего объема обеих машин.

Регулирование путем изменения рабочего объема насоса может быть использовано в гидроприводах поступательного, поворотного или вращательного движений.

На рисунке 4, а приведена принципиальная схема гидропривода поступательного движения с замкнутой циркуляцией, в котором регулирование скорости движения штока гидроцилиндра 1 осуществляется за счет изменения подачи насоса 4. Выражение для скорости движения штока при $F_H/S < P_k$ записывается в виде

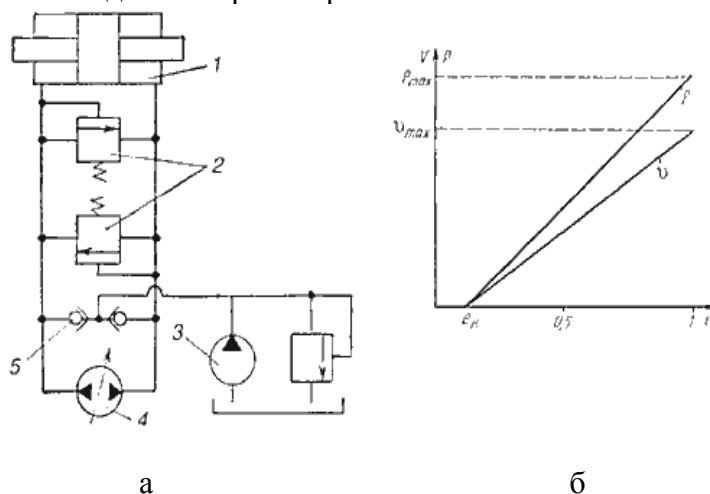
$$v = \frac{e_H q_H n_H}{S} - r_c \frac{F_H}{S^2}$$

где q_H - максимальный рабочий объем насоса; n_H - частота вращения насоса; S - эффективная площадь поршня гидроцилиндра; r_c - коэффициент объемных потерь системы, определяемый изменением объемного КПД насоса и гидродвигателя в функции давления (нагрузки); F_H - нагрузка на шток поршня; P_k - давление, на которое отрегулированы предохранительные клапаны; e_H - параметр регулирования насоса, равный отношению текущего значения рабочего объема к максимальному рабочему объему.

Изменение направления движения выходного звена гидропривода осуществляется благодаря реверсированию потока рабочей жидкости, подаваемой насосом (реверс подачи насоса). При этом необходимо вначале уменьшить подачу насоса до нуля, а затем увеличить ее, но в противоположном направлении. Напорная и сливная гидролинии меняются местами. Для компенсации утечек в гидроприводе с замкнутой циркуляцией, а также для исключения возможности кавитации на входе в насос используется вспомогательный насос 3, осуществляющий подачу рабочей жидкости в систему гидропривода через обратные клапаны 5.

При таком способе регулирования скорости усилие, развиваемое выходным звеном гидропривода, не зависит от скорости движения. В этом случае диапазон регулирования определяется объемным КПД гидропривода, а также максимальной подачей насоса, определяемый его рабочим объемом.

На рисунке 4, б представлена зависимость скорости движения и мощности на выходном звене гидропривода от параметра регулирования при постоянной нагрузке. Такая система объемного регулирования скорости получила наибольшее распространение в гидроприводах дорожно-строительных и подъемно-транспортных машин.



а - принципиальная схема; б - зависимость скорости и давления
Рисунок 4 - Гидропривод с регулируемым насосом

от параметра регулирования; 1 - гидроцилиндр; 2 - предохранительный клапан; 3 - вспомогательный насос; 4 - регулируемый насос; 5 - обратный клапан

Регулирование путем изменения рабочего объема гидродвигателя применяется только в гидроприводах вращательного движения, где в качестве гидродвигателя используется регулируемый гидромотор (рисунок 5, а). В этом случае регулирование происходит при постоянной мощности, так как уменьшение рабочего объема гидродвигателя увеличивает скорость выходного звена гидропривода и соответственно уменьшает крутящий момент, развиваемый на выходном звене. Частота вращения вала гидромотора n_M при $P_l < P_k$ определяется соотношением

$$n_M = \frac{q_H n_H - r_c P_l}{e_M q_{M \max}}$$

где $q_{M \max}$ - максимальный рабочий объем гидромотора; e_M - параметр регулирования гидромотора; P_l - давление в напорной гидролинии; r_c - коэффициент объемных потерь (утечек) в системе.

Практически существует минимальное значение e'_M , при котором момент, развиваемый гидромотором, становится равным моменту внутреннего трения, и гидромотор тормозится даже при моменте нагрузки, равном нулю ($P_l = 0$).

На рисунке 5, б представлена зависимость частоты вращения и развиваемого момента на валу гидромотора от параметра регулирования при постоянном давлении P_l .

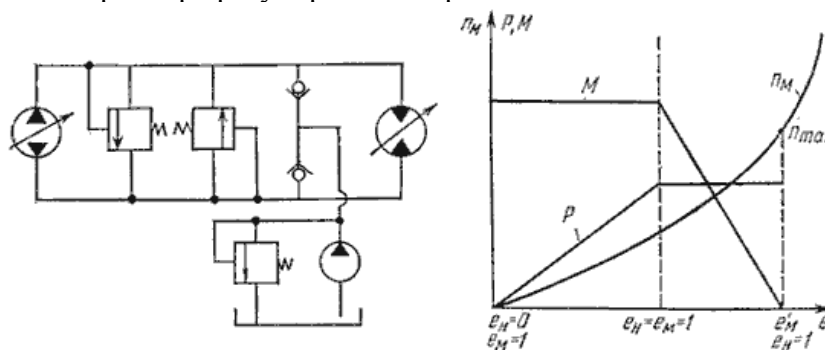


Рисунок 5 - Гидропривод с регулируемым насосом и гидромотором

Комбинированное регулирование или *объемно-дрессельное регулирование* скорости движения выходного звена гидродвигателя заключается в том, что в систему дроссельного регулирования с постоянным давлением устанавливается регулируемый насос и давление поддерживается постоянным не за счет слива части рабочей жидкости через переливной клапан, а за счет изменения подачи насоса. В такой системе регулирования отсутствуют потери в переливном клапане.

На рисунке 6 представлена схема гидропривода поступательного движения с объемно-дрессельным управлением скоростью. Постоянное давление P_H поддерживается путем совместной работы регулятора 1 и аксиально-поршневого регулируемого насоса 2. Изменение давления P_H приводит к изменению положения поршня регулятора 1 и связанного с ним наклонного диска насоса 2. Изменение положения диска приводит к изменению подачи насоса Q .

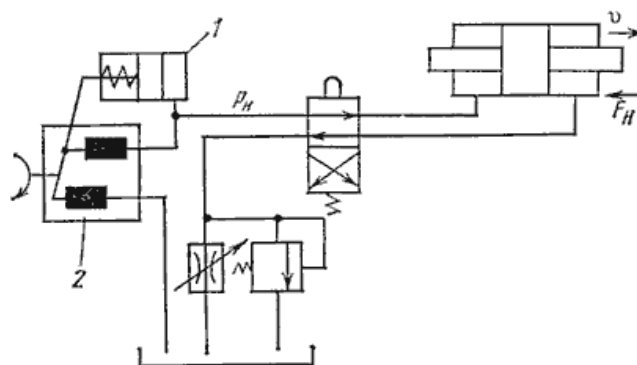


Рисунок 6 - Гидропривод с объемно-дрессельным управлением скоростью выходного звена гидродвигателя

Поэтому в такой системе подача насоса всегда равна расходу через гидродвигатель и дроссель при $P_H = \text{const}$.

Сравнение способов регулирования

Сравнительную оценку различных систем регулирования скорости гидроприводов целесообразно проводить по двум показателям: нагрузочной характеристике привода $v = f(F_H)$ и КПД системы регулирования. На рис.9.8, а приведены нагрузочные характеристики, построенные для гидроприводов с одинаковой максимальной нагрузкой (1 - система с переменным давлением, 2 - система постоянным давлением, 3 - объемное управление).

Преимущества и недостатки гидропривода

Широкое распространение гидропривода объясняется тем, что этот привод обладает рядом преимуществ перед другими видами приводов машин:

1. *Бесступенчатое регулирование* скорости движения выходного звена гидропередачи и обеспечение малых устойчивых скоростей.
2. *Небольшие габариты и масса.* Время разгона, благодаря меньшему моменту инерции вращающихся частей не превышает долей секунд в отличие от электродвигателей, у которых время разгона может составлять несколько секунд.
3. *Частое реверсирование движения выходного звена гидропередачи.* Например, частота реверсирования вала гидромотора может быть доведена до 500, а штока поршня гидроцилиндра даже до 1000 реверсов в минуту. В этом отношении гидропривод уступает лишь пневматическим инструментам, у которых число реверсов может достигать 1500 в минуту.
4. *Большое быстродействие и наибольшая механическая и скоростная жесткость.* Механическая жесткость - величина относительного позиционного изменения положения выходного звена под воздействием изменяющейся внешней нагрузки. Скоростная жесткость - относительное изменение скорости выходного звена при изменении приложенной к нему нагрузки.
5. *Автоматическая защита* гидросистем от вредного воздействия перегрузок благодаря наличию предохранительных клапанов.
6. *Хорошие условия смазки* трущихся деталей и элементов гидроаппаратов, что обеспечивает их надежность и долговечность. Так, например, при правильной эксплуатации насосов и гидромоторов срок их службы доведен в настоящее время до 5...10 тыс. ч работы под нагрузкой. Гидроаппаратура может не ремонтироваться в течение долгого времени (до 10...15 лет).
7. *Простота преобразования вращательного движения в возвратно-поступательное и возвратно-поворотные* без применения каких-либо механических передач, подверженных износу.

Говоря о преимуществах гидропривода, следует отметить простоту автоматизации работы гидрофицированных механизмов, возможность автоматического изменения их режимов работы по заданной программе.

Гидроприводу присущи и недостатки, которые ограничивают его применение:

1. *Изменение вязкости применяемых жидкостей от температуры*, что приводит к изменению рабочих характеристик гидропривода и создает дополнительные трудности при эксплуатации гидроприводов (особенно при отрицательных температурах).
 2. *Утечки жидкости из гидросистем*, которые снижают КПД привода, вызывают неравномерность движения выходного звена гидропередачи, затрудняют достижение устойчивой скорости движения рабочего органа при малых скоростях.
 3. *Необходимость изготовления многих элементов гидропривода по высокому классу точности* для достижения малых зазоров между подвижными и неподвижными деталями, что усложняет конструкцию и повышает стоимость их изготовления.
 4. *Взрыво- и огнеопасность* применяемых минеральных рабочих жидкостей.
 5. *Невозможность передачи энергии на большие расстояния* из-за больших потерь на преодоление гидравлических сопротивлений и резкое снижение при этом КПД гидросистемы.
1. Со многими из этих недостатков можно бороться. Например, стабильность вязкости при изменении температуры достигается применением синтетических рабочих жидкостей. Окончательный выбор типа привода устанавливается при проектировании машин по результатам технико-экономических расчетов с учетом условий работы этих машин. Гидропривод, тем не менее, имеет преимущества по сравнению с другими типами приводов там, где требуется создание значительной мощности, быстродействие, позиционная точность исполнительных механизмов, компактность, малая масса.

Задание 1. Выполнить регулирование скорости перемещения поршня гидропресса

Ход выполнения работы

1. Ознакомьтесь с инструкцией по безопасности труда при работе на стенде и устройством стенда.
2. Включите стенд.
3. Запишите начальные показатели давления по манометру на входе в систему и манометру на блоке управления.
4. Переведите положение ручки блока управления в среднее положение и запишите изменение давления по манометру на входе в систему и на блоке управления в таблицу 1.

Таблица 1 - Показания манометров

Положение ручки блока управления	Показания манометров, Па	
Начальное положение		
Среднее положение		
Крайнее положение		

5. Выполните сравнительный анализ работы гидроприводов с различными способами управления скоростью выходного звена
6. Осуществите уборку рабочего места.
7. Ответьте на контрольные вопросы:
 - Назначение регулирования скорости движения выходного звена привода
 - Назовите способы регулирования приводов

9. Оформите отчет и сдайте его преподавателю

Практическая работа 6

Расчет гидро- и пневмоприводов

Тема: Комбинированные приводы

Цель: формирование умения осуществлять расчет параметров гидро и пневмоприводов

Умения: производить расчет гидро- и пневмоприводов

Знания (актуализация): методика расчета гидропривода; методика расчета пневмопривода

Теоретический материал

Гидравлическая навесная система позволяет соединить с трактором навесные, полунавесные и прицепные машины и орудия, а универсальная раздельно-агрегатная гидравлическая система предназначена для управления этими машинами и орудиями. Гидравлическое управление позволяет принудительно заглублять рабочий орган орудия (отвал бульдозера, зубья рыхлителя), особенно при разработке плотных и мерзлых грунтов. Она состоит из гидравлического привода и механизма навески (рисунок 1).

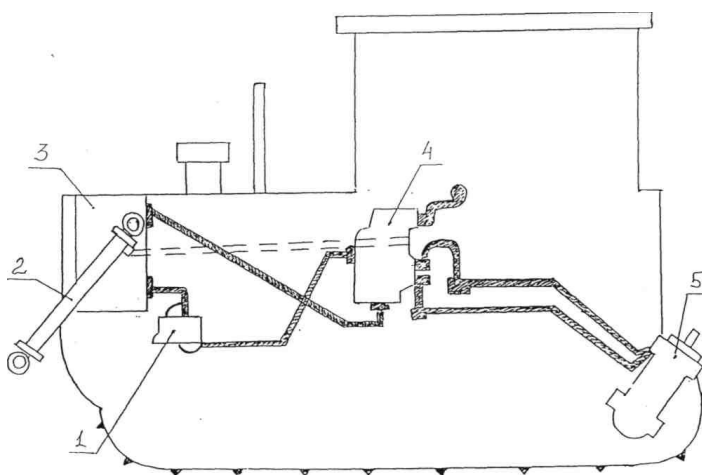


Рисунок 1 - Гидравлическая система трактора Т-10

В гидравлическую систему трактора Т-10 входят: 1 - масляный шестеренчатый насос, 3 - масляный бак, 4 – распределитель, 5 - силовой цилиндр задней навески и маслопроводы высокого и низкого давления с арматурой.

Масло, засасываемое насосом из гидробака 3, нагнетается в распределитель 4, из которого оно поступает в гидроцилиндр и совершает работу подъема навесного орудия. При нейтральном положении рукоятки, золотник гидрораспределителя 4 перекрывает каналы нагнетательной и сливной магистрали и масло от насоса перетекает из распределителя в бак через перепускной клапан. Масляный насос НШ-10 шестеренчатого типа служит для создания рабочего давления в гидросистеме. Насос приводится во вращение от коленчатого вала через редуктор. На стороне камеры всасывания зубья шестерен выходят из зацепления, освобождая пространство, занимаемое ими. В результате этого в камере создается разрежение, под действием которого масло засасывается из гидробака и впадинами зубьев переносится в камеру нагнетания. Здесь зубья шестерен входят в зацепление и вытесняют масло под высоким давлением в маслопровод.

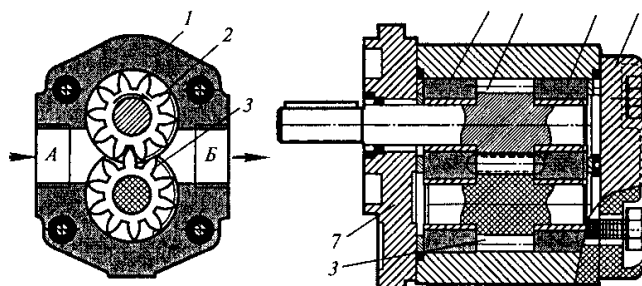


Рисунок 2 - Схема шестеренного насоса НШ-10

Ход выполнения работы

Задание 1. Изучить устройство, работу и назначение шестеренчатого насоса, гидрораспределителя, гидроцилиндра и масляного бака и сделать необходимые расчеты по следующим данным:

Вариант _____

Дано: (Табл.1)

Система СИ

Рабочий объем насоса	$V_n =$ м ³
Частота вращения вала насоса	$n = 1625$ мин ⁻¹
Объемный КПД насоса	$\eta_o = 0,92$
Давление масла в гидросистеме	$P = 9,8$ МПа
Объемный КПД гидрораспределителя	$\eta_o = 0,95$
Диаметр гидроцилиндра	$D =$ мм
Ход поршня гидроцилиндра	$S =$ мм

1. Определите действительную производительность насоса:

$$Q_d = V_n \cdot (n/60) \cdot \eta_o \text{ (м}^3/\text{с)} =$$

2. Определить теоретическую производительность насоса:

$$Q_T = Q_d / \eta_o \text{ (м}^3/\text{с)} =$$

3. Определите потребляемую мощность насоса:

$$N = P \cdot Q_T \text{ {Вт) или (КВт)} =$$

4. Определите усилие на штоке

$$P = p \cdot (\pi D^2 / 4) \text{ (Н) или (КН)} =$$

где p - давление в гидросистеме (Па), D - диаметр поршня (м)

5. Определите объём цилиндра:

$$V = (\pi D^2 / 4) \cdot S \text{ (м}^3) =$$

6. Определите время подъема навесного орудия:

$$t = V / (Q_d \cdot \eta_o) \text{ (с)} =$$

7. Определите скорость перемещение штока:

$$V = S / t \text{ (м/с)} =$$

Таблица 1 - Задание по вариантам для расчета гидропривода

№ варианта	Диаметр гидроцилиндра, D (мм)	Ход поршня гидроцилиндра, S (мм)	Рабочий объем насоса, V (м ³)
1	100	750	
2	95	800	

3	90	780	98,1*10 ⁻⁶
4	110	750	
5	110	800	
6	140	400	
7	125	210	
8	130	200	
9	135	190	
10	125	250	
11	120	230	
12	100	200	97,2*10 ⁻⁶
13	110	240	
14	115	250	
15	130	300	
16	125	280	
17	90	200	
18	110	230	
19	125	250	
20	120	200	
21	100	800	95,8*10 ⁻⁶
22	110	780	
23	90	750	
24	95	800	
25	100	750	
26	125	200	
27	130	210	
28	140	300	
29	135	190	

Задание 2. Выполнить расчет пневмопривода (рисунок 3):

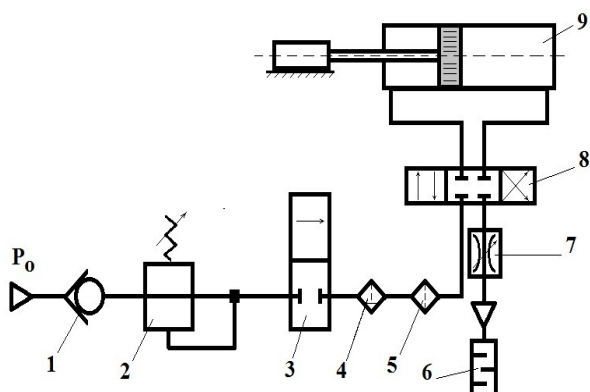


Рисунок 3 - Схема пневмопривода

Сжатый воздух под давлением от компрессора подается через обратный клапан 1, редукционный клапан 2, отсечной кран 3, фильтр-отстойник 4, маслораспылитель 5 и

пневмораспределитель 8 в пневмодвигатель 9. Отработанный воздух через распределитель, дроссель 7 и глушитель 6 идет на выхлоп в атмосферу.

Таблица 2 - Данные для расчёта пневмопривода

вариант	l, м	d, мм	Q, м³/ч	D, мм	L, мм	d _o , мм	V, м/с
1	50	14	6	70	110	10	15
2	55	16	8	80	125	10	16
3	60	14	11	90	145	12	17
4	65	16	15	85	120	12	18
5	70	18	20	90	140	14	19
6	75	18	20	120	180	18	20
7	80	18	20	100	160	15	21
8	85	20	21	90	150	10	22
9	90	20	40	120	170	18	23
10	95	20	6	110	185	18	24
11	100	22	8	120	180	18	25
12	105	22	12	130	190	16	15
13	110	24	16	140	200	16	16
14	115	22	21	150	210	18	17
15	50	22	9	160	210	18	18
16	55	20	10 '	150*	200	16	19.
17	60	16	14	160	210	18	20
18	65	14	11	110	220	14	21
19	70	16	15	170	230	18	22
20	75	18	20	190	240	18	23
21	80	20	21	180	230	18	24
22	85	18	22	190	240	18	25
23	90	20	21	200	250	20	15
24	95	16	22	210	260	20	16
25	100	12	23	220	270	20	17
26	105	14	25	230	280	20	18
27	110	16	27	240	290	20	19
28	115	18	27	250	300 .	26	20
29	50	12	24	260	310	26	21
30	55	20	22	270	320	26	22
31	120	25	30	280	400	30	24
32	125	30	35	300	450	32	26
33	130	35	40	320	500	34	28
34	135	40	45	340	550	36	30
35	140	45	50	350	600	38	32

Исходные данные:

Длина трубы

l, м

Внутренний диаметр трубы

d, мм

Расход воздуха

Q, м³/ч

Диаметр поршня

D, мм

Ход поршня

L, мм

Внутренний диаметр воздухопровода

d_o, мм

Скорость течения воздуха

v, м/с

Система СИ

Определите:

1. Время срабатывания для пневмоцилиндра одностороннего действия с диаметром поршня D , если ход поршня L , внутренний диаметр воздухопровода d_0 , скорость течения воздуха u :

$$t = D^2 L / (d_0^2 u) = \text{-----} =$$

2. Внутренний диаметр трубы: $d = \sqrt{4 * Q / \pi * u}$

где Q - расход воздуха, м³/с,

u - скорость воздуха в трубе, м/с.

3. Потери давления при движении сжатого воздуха по трубе длиной l с внутренним диаметром d , если расход воздуха Q , плотность воздуха 4,67 кг/м³, коэффициент трения воздуха о стенки трубы $K_t = 2 * 10^{-7}$.

$$\Delta p = K_t * (l / d) * \rho V^2, =$$

Контрольные вопросы

1. Назовите параметры приводов
2. Назовите комбинированные приводы
5. Критерии оценивания выполнения лабораторных и практических работ.

№ п/п	Критерии оценивания	Оценка
1	Выполнение работы в полном соответствии с методическими рекомендациями без помощи преподавателя, полные и правильные ответы при защите работы	5 (отлично)
2	Выполнение работы в полном соответствии с методическими рекомендациями с несущественными ошибками, исправленными самостоятельно, ответы на вопросы защиты правильные, но неполные	4 (хорошо)
3	Выполнение работы в соответствии с методическими рекомендациями с несущественными ошибками, исправленными с помощью преподавателя, затрудняется с ответами при защите работы	3 (удовлетворительно)

Список литературы

Основные источники:

1. Исаев, А. П. Гидравлика : учебник / А. П. Исаев, Н. Г. Кожевникова, А. В. Ещин. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 420 с. . - ISBN 978-5-16-009983-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/937454>. – Режим доступа: по подписке.

Дополнительные источники:

1. Лепешкин, А. В. Гидравлика и гидропневмопривод. Гидравлические машины и гидропневмопривод : учебник / А.В. Лепешкин, А.А. Михайлин, А.А. Шейпак. — 6-е изд., перераб. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 446 с. — (Высшее образование:

Бакалавриат). — DOI 10.12737/21024. - ISBN 978-5-16-011954-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1843091>. – Режим доступа: по подписке.

Интернет-ресурсы

1. <http://www.proingener.ru/>
2. http://mirknig.com/knigi/nauka_ucheba/1181379956-gidravlika-nasosy-i-gidroprivody.html
3. <http://bigtechlib.ru/gidravlika-i-pnevmatika/gidroprivod/>

Наглядные пособия

1. Портативная лаборатория «Капелька»
2. Детали и узлы гидро и пневмоприводов

Министерство образования и науки Челябинской области
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
«Южно-Уральский государственный технический колледж»

ОТЧЕТ

по выполнению лабораторных и практических работ
по учебной дисциплине «Гидравлика»

выполнил _____

группа _____

проверил _____

Челябинск, 20____ г.

Перечень основных, дополнительных и производных физических величин
в системе СИ

Величина		Единица измерения	
наименование	обозначение	наименование	обозначение
Длина, расстояние	l, s	метр	м
Масса	m	килограмм	кг
Вес	G	Ньютон	Н
Время	t	секунда	с
Термодинамическая температура	T	Кельвин	К
Площадь фигуры	S	Квадратный метр	м ²
Объем	V	Кубический метр	м ³
длина	l	метр	м
Диаметр	d	метр	м
Скорость линейная	v	метр в секунду	м/с
Ускорение свободного падения	$g=9,8l$	Метр за секунду в квадрате	м/с ²
Сила	F	ньютон	Н
Кинетическая энергия	E_k	Джоуль	Дж
Потенциальная энергия	E_n		
Мощность	N	ватт	Вт
Гидростатическое давление	p	паскаль	Па
Коэффициент динамической вязкости	μ	Паскаль·секунда	Па·с
Коэффициент кинематической вязкости	ν	метр в квадрате за секунду	м ² /с
Плотность вещества	ρ	кг/м ³	кг/м ³
Удельный вес	γ	Н/м ³	Н/м ³
Сжимаемость: Коэффициент объемного сжатия Коэффициент температурного расширения	β_p β_T	1/Па 1/К	Па ⁻¹ К ⁻¹
Модуль упругости жидкости	E	Паскаль	Па
Количество теплоты	Q	Джоуль	Дж
Расходы жидкости: Массовый Объемный Весовой	Q_m Q_V Q_G	Килограмм за секунду Кубический метр за секунду Ньютон за секунду	Кг/с м ³ /с Н/с
Энтропия	s	Джоуль на Кельвин	Дж/К
Энтальпия	H	Джоуль	Дж