

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
для обучающихся

по выполнению практических и лабораторных работ
по учебной дисциплине

ОП.05 ОСНОВЫ ГИДРАВЛИКИ И ТЕПЛОТЕХНИКИ

Организация-разработчик: ОГБПОУ «Шуйский технологический колледж»

Разработчик:

ОГБПОУ ШТК

Преподаватель специальных дисциплин - Тараров Александр Германович

Назначение:

Методические рекомендации предназначены для выполнения лабораторно-практических работ по дисциплине ОП.05 «Основы гидравлики и теплотехники» для обучающихся по

Методические рекомендации разработаны в соответствии с рабочей программой по дисциплине ОП.05 «Основы гидравлики и теплотехники»

Введение

Методические рекомендации по выполнению лабораторных и практических работ по учебной дисциплине ОП.05 «Основы гидравлики и теплотехники» предназначены для студентов по профессиям среднего профессионального образования с учетом профиля подготовки.

В данном методическом пособии приведены указания по выполнению лабораторных работ по темам дисциплины, указаны темы и содержание лабораторных работ, формы контроля по каждой теме и рекомендуемая литература.

Данные рекомендации способствуют развитию Ваших общих и профессиональных компетенций, постепенному и целенаправленному развитию познавательных способностей. Рекомендованы к использованию при изучении учебной дисциплины ОП.05 «Основы гидравлики и теплотехники» в учреждениях среднего профессионального образования с учетом специфики профиля подготовки.

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

- использовать гидравлические устройства и тепловые установки в производстве.

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

- основные законы гидростатики, кинематики и динамики движущихся потоков;
- особенности движения жидкостей и газов по трубам (трубопроводам);
- основные положения теории подобия гидродинамических и теплообменных процессов;
- основные законы термодинамики;
- характеристики термодинамических процессов и тепломассообмена;
- принципы работы гидравлических машин и систем, их применение;
- виды и характеристики насосов и вентиляторов;
- принципы работы теплообменных аппаратов, и их применение.

В современной системе среднего профессионального образования большая роль отводится практико-ориентированному обучению, следовательно, в содержании каждой учебной дисциплины должно быть определенное количество лабораторных и практических работ.

Лабораторные работы позволят Вам сформировать практические навыки работы, профессиональные компетенции. Они входят в структуру изучения учебной дисциплины ОП.05 «Основы гидравлики и теплотехники».

Лабораторно-практические работы представляют собой элемент учебной дисциплины и оцениваются по критериям, представленным ниже:

Оценка «5» выставляется студенту, если:

- тематика работы соответствует заданной, студент показывает системные и полные знания и умения по данному вопросу;
- работа оформлена в соответствии с рекомендациями преподавателя;
- объем работы соответствует заданному;
- работа выполнена точно в сроки, указанные преподавателем.

Оценка «4» выставляется студенту, если:

- тематика работы соответствует заданной, студент допускает небольшие неточности или некоторые ошибки в данном вопросе;
- работа оформлена с неточностями в оформлении;

- объем работы соответствует заданному или чуть меньше;
- работа сдана в сроки, указанные преподавателем, или позже, но не более чем на 1-2 дня.

Оценка «3» выставляется студенту, если:

- тематика работы соответствует заданной, но в работе отсутствуют значительные элементы по содержанию работы или тематика изложена нелогично, не четко представлено основное содержание вопроса;
- работа оформлена с ошибками в оформлении;
- объем работы значительно меньше заданного;
- работа сдана с опозданием в сроках на 5-6 дней.

Оценка «2» выставляется студенту, если:

- не раскрыта основная тема работы;
- работа оформлена не в соответствии с требованиями преподавателя;
- объем работы не соответствует заданному;
- работа сдана с опозданием в сроках больше 7 дней.

Лабораторные работы по своему содержанию имеют определенную структуру, предлагаем рассмотреть ее: ход работы приведен в начале каждой практической и лабораторной работы; при выполнении практических работ студентами выполняется задание, которое указано в конце работы; при выполнении лабораторных работ Вами составляется отчет по ее выполнению, содержание отчета указано в конце лабораторной работы.

При выполнении лабораторных работ студентами выполняются определенные правила, рассмотрите их ниже: лабораторные и практические работы выполняются во время учебных занятий; допускается окончательное оформление лабораторных и практических работ в домашних условиях; разрешается использование дополнительной литературы при выполнении лабораторных и практических работ; перед выполнением лабораторной и практической работы необходимо изучить основные теоретические положения по рассматриваемому вопросу.

Содержание.

Лабораторная работа № 1. «Основные физические свойства жидкости. Изучение закона Паскаля. Изучение закона Архимеда. Методы определения расхода жидкости. Расходомеры».

Лабораторная работа № 2. «Определение теплопроводности твердых тел».

Практическое занятие №1. «Устройство гидравлических машин и систем в сельскохозяйственной технике»

Практическое занятие №2. «Устройство гидропривода ходовых систем сельскохозяйственных машин»

Практическое занятие №3. «Приборы и методы определения теплоемкости твердых тел, воздуха водяного пара»

Практическое занятие №4. «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии»

**Лабораторная работа № 1. «Основные физические свойства жидкости.
Изучение закона Паскаля. Изучение закона Архимеда. Методы определения
расхода жидкости. Расходомеры»**

Теоретические сведения

Гидростатическое давление это нормальное сжимающее напряжение, возникающее в покоящейся жидкости под действием поверхностных и массовых сил,

$$p = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta S}, \quad (1.1)$$

где ΔP - элементарная равнодействующая поверхностных сил (гидростатическая сила), Н;

ΔS - элементарная площадка действия, m^2 .

Из формулы (1.1) видно, что гидростатическое давление p есть предел отношения элементарной гидростатической силы ΔP к элементарной площади действия ΔS , когда последняя стремиться к нулю.

За единицу гидростатического давления принято равномерно распределённое давление, создаваемое силой в 1 Н, на площади в 1 m^2 , т.е. $p = 1H/1m^2 = 1Па$ (один Паскаль).

Гидростатическое давление, отсчитываемое от нуля, называют абсолютным ($P_{абс}$), а отсчитываемое от атмосферного ($P_{ат}$) – избыточным ($P_{изб}$), следовательно

$$P_{абс} = P_{ат} + P_{изб}, \quad (1.2)$$

Очевидно,

$$P_{изб} = P_{абс} - P_{ат}. \quad (1.3)$$

В гидравлических расчётах величину нормального атмосферного давления считают равной $P_{ат} = 98100$ Па.

Из формулы (1.3) видно, что в зависимости от соотношения между $P_{абс}$ и $P_{ат}$ избыточное давление $P_{изб}$ может быть и положительной, и отрицательной величиной. Положительное избыточное давление называют манометрическим, а отрицательное – вакуумметрическим. Приборы, применяемые для измерения $+P_{изб}$ и $-P_{изб}$, называют соответственно манометрами и вакуумметрами.

По принципу действия манометры и вакуумметры делятся на две группы: жидкостные и механические.

Жидкостный манометр (пьезометр) представляет собой стеклянную трубку, верхний конец которой открыт в атмосферу, а нижний присоединён к точке, где измеряется манометрическое давление.

Манометрическое давление, выраженное через показания манометра, равно:

$$p_{изб} = \rho g h_{p_{изб}}, \quad (1.4)$$

где $\rho g = \gamma$ - объемный вес жидкости;

$h_{p_{изб}}$ - пьезометрическая высота, т.е. высота, отсчитываемая от точки подключения пьезометра до уровня жидкости в нём.

Действие механических приборов основано на деформации под действием давления упругого элемента (пружины или мембраны). Заметим, что пружинный манометр показывает давление в точке жидкости на уровне оси вращения его стрелки. Если высотное положение оси вращения стрелки и точки подключения манометра не совпадает (рис 1.1), в показание манометра (p_m) вводят поправку ($\pm \rho g y$).

Для случая, изображённого на рис.1.1,

$$p_{изб} = p_m + \rho g y, \quad (1.5)$$

где y - превышение оси вращения стрелки манометра над точкой его подключения, М.

Когда на покоящуюся жидкость действует только сила тяжести, распределение гидростатического давления p по глубине h (рис. 1.2) описывается основным уравнением гидростатики:

$$p = p_0 + \rho g h, \quad (1.6)$$

где p - гидростатическое давление в жидкости на глубине h , Па;

p_0 - внешнее давление, т.е. гидростатическое давление на свободной поверхности жидкости, Па;

h - глубина погружения в жидкость рассматриваемой точки, М;

$\rho g h$ - весовое давление, т.е. гидростатическое давление, создаваемое весом столба h жидкости, Па.

Из уравнения (1.6) видно, что при $p_0 = const$ и $\rho g = const$ давление p с изменением величины h изменяется по линейному закону (см. рис. 1.2). Вычислив по уравнению давление p в двух точках, заглублённых на разную величину h , можно построить диаграмму распределения гидростатического давления по глубине, называемую эпюрой гидростатического давления (см. рис. 1.2).

Из уравнения (1.6) следует, что внешнее давление p_0 в покоящейся жидкости передаётся во все точки её объёма без изменения (см. рис. 1.2). Это следствие, вытекающее из уравнения (1.6), называют законом Паскаля. Справедливость этого закона предстоит проверить опытным путём в данной работе.

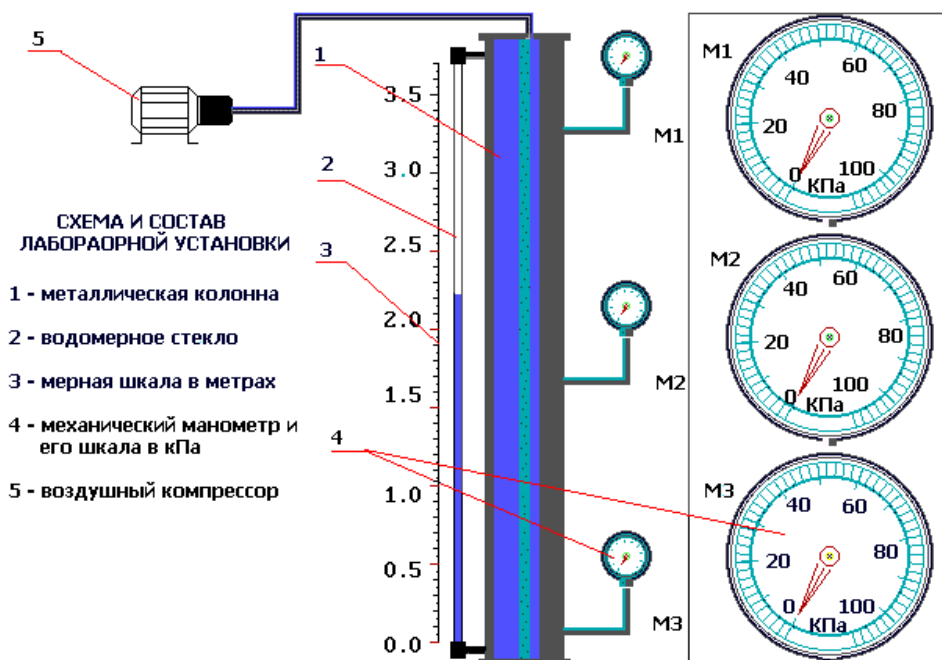


Рис.1.1. Схема экспериментальной установки для изучения закона Б.Паскаля
1-цилиндрический резервуар; 2-предохранительный клапан; 4-шкала;5-пьезометр (водомерная трубка); 6-вентиль для сброса избыточного давления; 7-вентиль для подачи сжатого воздуха

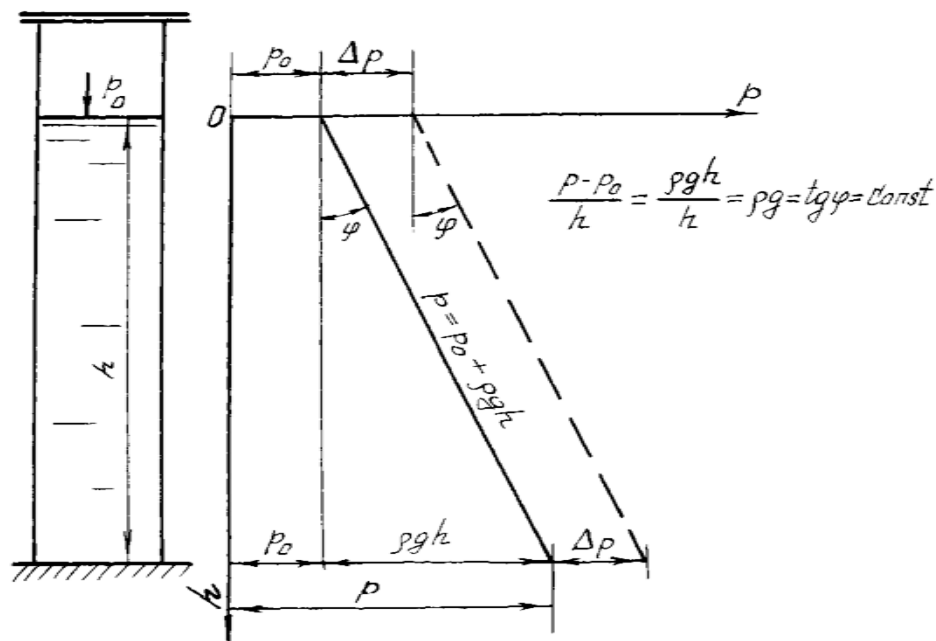


Рис 1.2 К закону Паскаля и его экспериментальному подтверждению
В данной лабораторной работе предусмотрено измерение манометрического давления пружинными манометрами.

Цель работы:

Измерить гидростатическое давление.

Задачи:

1. Измерить с помощью пружинных манометров гидростатическое давление в трёх точках (А, В, С), заглублённых на различную величину под уровень жидкости, находящейся в абсолютном покое под действием силы тяжести;
2. Подтвердить на основании опытных данных закон Паскаля;
3. Построить по данным опыта №2 в масштабе эпюру манометрического давления по глубине h .

Описание установки

Установка (см. рис. 1.1) представляет собой толстостенный стальной цилиндр 1, частично заполненный водой, уровень которой измеряется водомерной трубкой 5 со шкалой 4.

Для изменения гидростатического давления над свободной поверхностью жидкости (в т. А) и в точках В и С, заглублённых под уровень соответственно на h_B и h_C , подключены пружинные манометры M_A , M_B , M_C .

В пространство над свободной поверхностью можно подавать сжатый воздух от компрессора (на рис. не показан) по трубопроводу 3 открытием вентиля 7. Для сброса избыточного гидростатического давления в цилиндре служит вентиль 6. В крышке цилиндра имеется предохранительный клапан 2, отрегулированный на давление 500 кПа.

Порядок выполнения работы и обработка опытных данных

Необходимо выполнить два опыта, обеспечив в первом $p_{0_{абс}} = p_{ат} \Rightarrow p_{0_{изб}} = 0$, а во втором - $p_{0_{абс}} > p_{ат} \Rightarrow p_{0_{изб}} > 0$.

Опыт №1. Открыть вентиль 6, для обеспечения $p_{0_{изб}} = 0$, далее, измерить с помощью водомерной трубки 5 и шкалы 4 глубины погружения h_B и h_C точек В и С, а также превышения y_B и y_C осей вращения стрелок манометров M_B и M_C над точками их подключения. Затем измерить показания всех трёх манометров (M_A , M_B , M_C). Полученные данные записать в таблицу 1.1 (графы 4 и 6).

Опыт №2. Закрыть вентиль 6, а вентиль 7, открыть. Затем включить компрессор и для подачи сжатого воздуха в цилиндр 1. Довести $p_{0_{изб}}$ до величины, указанной преподавателем, после чего компрессор отключить. Далее, измерить одновременно показания манометров M_A, M_B, M_C . Результаты измерений записать в графу 5 таблицы 1.1. Открыть вентиль 6 для сброса давления сжатого воздуха.

Выполнить все вычисления, предусмотренные таблицей 1.1. Дать заключение по результатам работы.

Основные контрольные вопросы

1. Что такое гидростатическое давление и каковы его свойства?
2. Поясните, что такое абсолютное и избыточное гидростатическое давление и какова связь между ними?
3. Объясните, что понимают под терминами: «внешнее давление» и «весовое давление»?
4. Напишите и поясните основное уравнение гидростатики.
5. Сформулируйте закон Паскаля.
6. Назовите приборы для измерения избыточного гидростатического давления и поясните принцип их действия.
7. Поясните, что такое пьезометрическая высота?
8. В чём состояло принципиальное отличие в условиях проведения первого и второго опытов?
9. Для чего нужно знать превышение оси вращения стрелки пружинного манометра над точкой его подключения?
10. В чем заключается разница между давлением и напором?

Таблица 1.1

№ позиц ий	Наименования и обозначения измеряемых и вычисляемых величин		Единицы измерения.	Результаты измерений и вычислений		Примечания
				Опыт № 1	Опыт № 2	
1	2		3	4	5	6
1	Показания манометров M_A, M_B, M_C	$p_{M_A} \approx p_0$	Па			$h_A = \dots\dots\dots m$ $h_c = \dots\dots\dots m$ $h_C = \dots\dots\dots m$ $y_B = \dots\dots\dots m$ $y_C = \dots\dots\dots m$ $\rho = 1000 \frac{кг}{м^2}$ $g = 9,81 \frac{м}{с^2}$
		p_{M_B}	Па			
		p_{M_C}	Па			
2	Избыточное гидростатическое давление в точках А, В, С	$p_A \approx p_{M_A} \approx p_0$	Па			
		$p_B = p_{M_B} + \rho g y_B$	Па			
		$p_C = p_{M_C} + \rho g y_C$	Па			
3	Приращение избыточного гидростатического давления	$\Delta p_A \approx \Delta p_0 = p_{0_2} - p_{0_1}$	Па			
		$\Delta p_B = p_{B_2} - p_{B_1}$	Па			
		$\Delta p_C = p_{C_2} - p_{C_1}$	Па			

4	Средняя величина приращения избыточного гидростатического давления	$\Delta p_{cp} = \frac{\Delta p_0 + \Delta p_B + \Delta p_C}{3}$	Па		
5	Относительные расхождения приращений давления в точках А, В, С со средней величиной.	$E_{\Delta p_0} = (\Delta p_{cp} - \Delta p_0) / \Delta p_{cp}$	-		
		$E_{\Delta p_B} = (\Delta p_{cp} - \Delta p_B) / \Delta p_{cp}$	-		
		$E_{\Delta p_C} = (\Delta p_{cp} - \Delta p_C) / \Delta p_{cp}$	-		

Лабораторная работа № 2. «Определение теплопроводности твердых тел»

Цель работы:

Определить коэффициент теплопроводности диэлектрика.

Задача:

Научиться определить коэффициент теплопроводности твердых тел.

Методика эксперимента

Эксперимент проводится на установке (рис 2.1), состоящей из плитки П, колбы K_1 с водой, коробки K_2 с тремя отверстиями: 1 и 2 для подвода и отвода пара и третье – для термометра T_1 . Под сосудом K_2 находится исследуемый образец, лежащий на стальном диске Д, принимающем тепло, прошедшее через образец. Диск Д имеет отверстие для термометра T_2 .

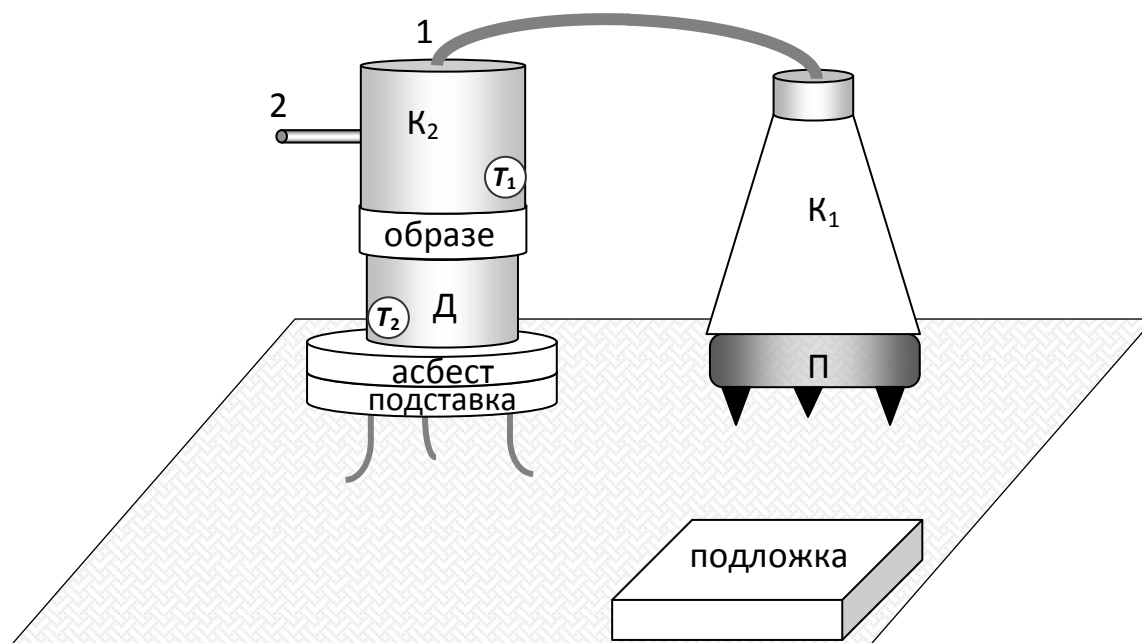


Рис. 2.1.

Коэффициент теплопроводности λ определяется по скорости охлаждения образца. Тепло, подведенное к диску Д за время Δt , равно количеству теплоты, перенесенному через образец. Это положение и используется при определении коэффициента теплопроводности неметаллического образца, слабо проводящего тепло.

Количество теплоты, излучаемое диском:

$$Q = cm\Delta T \quad (2.1)$$

где c – удельная теплоемкость вещества; m – масса образца; ΔT – разность конечной и начальной температур ($\Delta T = T_2 - T_1$).

Преобразуем (2.1), введя скорость охлаждения $\frac{\Delta T}{\Delta t}$:

$$Q = c m \frac{\Delta T}{\Delta t} \Delta t ,$$

где Δt – время излучения.

При удаленном образце (слабо проводящем тепловое излучение), излучающей поверхностью диска является его полная поверхность S_1 (два основания и боковая поверхность):

$$S_1 = 2\pi r^2 + 2\pi r h ,$$

где r – радиус диска; h – толщина диска.

При этом поток излучения $q = \frac{Q}{S}$ будет равен

$$q = \frac{Q}{S_1} = \frac{Q}{2\pi r^2 + 2\pi r h} = \frac{c m \frac{\Delta T}{\Delta t} \Delta t}{2\pi r^2 + 2\pi r h} .$$

Убранный на теплоизолирующую подложку при установившейся температуре T_2 , диск Д излучает только с поверхности S_2 (одно основание и боковая поверхность), то есть с той же поверхности, что и при контакте с образцом

$$Q = q \cdot S_2 = c m \frac{\Delta T}{\Delta t} \Delta t \frac{\pi r^2 + 2\pi r h}{2\pi r^2 + 2\pi r h} .$$

Проведя преобразования и учитывая, что $D = 2r$, получим:

$$Q = \frac{1}{2} c m \frac{\Delta T}{\Delta t} \left(\frac{D + 4h}{D + 2h} \right) \Delta t . \quad (2.2)$$

Если концы твердого тела поддерживаются при разных температурах, то некоторое количество теплоты Q переносится от более нагретой части тела к менее нагретой.

Согласно закону Фурье

$$Q = -\lambda \frac{\Delta T}{\Delta x} S t , \quad (2.3)$$

где λ – коэффициент теплопроводности данного вещества; $\frac{\Delta T}{\Delta x}$ – градиент температуры ($\Delta T = T_2 - T_1$); S – площадь сечения образца; t – время.

В нашем случае площадь сечения образца равна $S = \frac{\pi D^2}{4}$, тогда формула (2.3) приобретает вид:

$$Q = -\lambda \frac{(T_2 - T_1)}{\Delta x} \cdot \frac{\pi D}{4} t . \quad (2.4)$$

Основываясь на том, что количество тепла, полученное диском Д, равно количеству тепла, потерянного поверхностью S_2 при температуре T_2 (по модулю), приравняем модули выражений (2.2) и (2.3):

$$\lambda \frac{(T_2 - T_1)}{\Delta x} \cdot \frac{\pi D^2}{4} \Delta t = \frac{1}{2} c m \frac{\Delta T}{\Delta t} \left(\frac{D + 4h}{D + 2h} \right) \Delta t .$$

Из последнего равенства получаем расчетную формулу для определения коэффициента теплопроводности исследуемого образца:

$$\lambda = \left(\frac{D + 4h}{D + 2h} \right) \Delta x \frac{2mc \frac{\Delta T}{\Delta t}}{\pi D^2 (T_2 - T_1)}. \quad (2.5)$$

Порядок выполнения работы

1. Включить в сеть нагреватель (плитку) П сосуда с водой (см. рис. 2.1).
2. Провести однократные измерения толщины исследуемого образца Δx , диаметра D и толщины h стального диска.
3. Довести воду в сосуде до кипения, пропускать пар в коробку K_2 до тех пор, пока температуры коробки T_1 и диска T_2 не перестанут изменяться.
4. Результаты измерений и постоянные установки занести в таблицу 2.1.

Т а б л и ц а 2 . 1

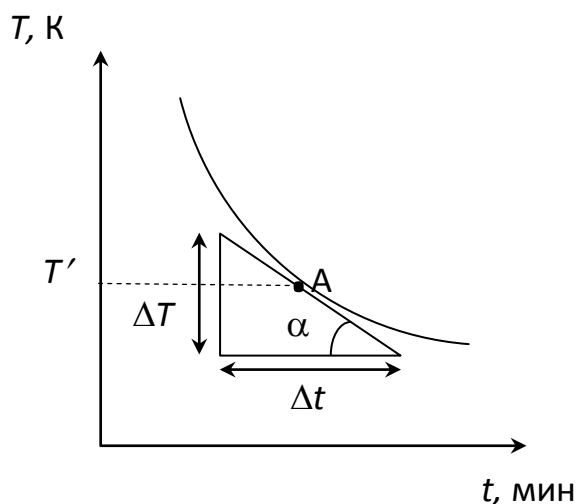
D	h	Δx	T_1	T_2	Параметры
					$m =$ кг(масса диска) $c = 460$ Дж/кг·К(удельная теплоемкость диска)

5. Удалить коробку K_2 и образец со стального диска, поместив диск на подложку.
6. Через равные промежутки времени $\Delta t = 2$ мин измерять температуру T при охлаждении диска. Результаты измерений занести в таблицу 2.2.

Т а б л и ц а 2 . 2

$t, \text{мин}$			$T, ^\circ\text{C}$	$t, \text{мин}$	$T, ^\circ\text{C}$
0				8	
2				10	
4		12			
6		14			

7. Построить график зависимости $T = f(t)$.



Пример нахождения скорости охлаждения

Выберем на графике точку А. Ей соответствует некоторая температура T' . Скорость охлаждения $\frac{\Delta T}{\Delta t}$ представляет собой тангенс угла α наклона касательной в данной точке.

8. Построить касательную к произвольной точке графика $T = f(t)$. Взять ее произвольный отрезок и построить треугольник с катетами ΔT и Δt . Найти отношение $\frac{\Delta T}{\Delta t}$ – скорость охлаждения образца.
9. По формуле (2.5) рассчитать коэффициент теплопроводности.
10. Сравнить результат экспериментального определения коэффициента теплопроводности с табличным значением.
11. Сделать вывод по проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Объясните механизм переноса тепла (теплопроводности).
2. Запишите и объясните закон Фурье.
3. Каков физический смысл коэффициента теплопроводности?
4. В каких единицах измеряется коэффициент теплопроводности?

Практическое занятие №1.

Устройство гидравлических машин и систем в сельскохозяйственной технике

2 часа

Цель работы: изучить устройство гидравлических машин и систем в сельскохозяйственной технике на примере гидравлических насосов.

Насосами называются машины для создания напорного потока жидкой среды. Этот поток создается в результате силового воздействия на жидкость в рабочей камере насоса. Насос преобразует энергию движения ведущего звена (вала) в энергию потока масла за счет изменения объема рабочих камер, герметично отделенных друг от друга. Самовсасывающие насосы создают вакуум в камерах, объем которых увеличивается, в результате чего масло всасывается из бака, и одновременно вытесняют масло из камер, объем которых уменьшается; несамовсасывающие насосы реализуют лишь последнюю функцию. Насосы согласно ГОСТ 17398 по принципу действия и конструкции делятся на две основные группы — динамические и объемные. К динамическим относят насосы, в которых жидкость в камере движется под силовым воздействием и имеет постоянное сообщение с входным и выходным патрубками. Это силовое воздействие осуществляется с помощью рабочего колеса, сообщающего жидкости кинетическую энергию, трансформируемую в энергию давления. Динамическими являются насосы лопастные, электромагнитные, трения и инерции. К объемным относят насосы, в которых сообщение энергии жидкости осуществляется по принципу механического периодического вытеснения жидкости рабочим телом, создающим в процессе перемещения определенное давление жидкости. В объемных насосах жидкость получает энергию в результате периодического изменения замкнутого объема, который попеременно сообщается то с входом, то с выходом насоса. Объемными являются насосы поршневые, плунжерные, диафрагменные, роторные и шестеренные.

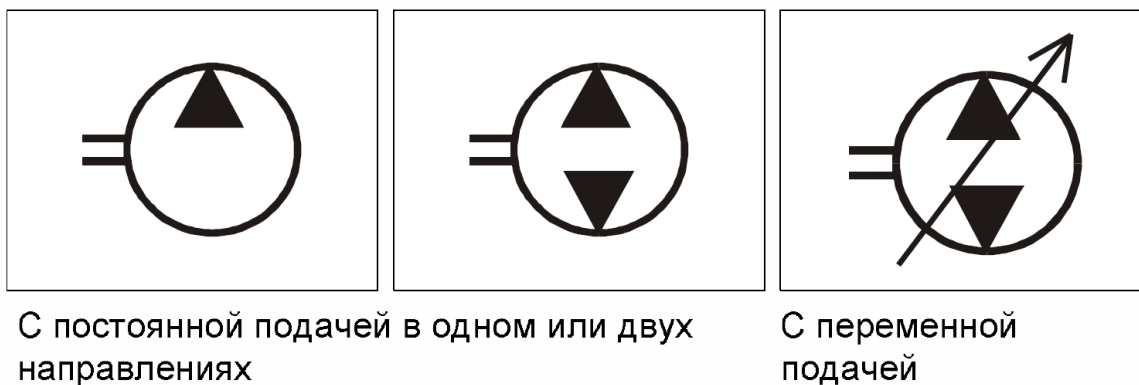


Рисунок 1.1 Условные обозначения насосов на схемах

Аксиально-поршневые насосы

- насосы с силовым карданом,
- насосы с двойным несиловым карданом,
- насосы с точечным касанием поршней наклонного диска,
- аксиально-поршневые насосы бескарданного типа.



16

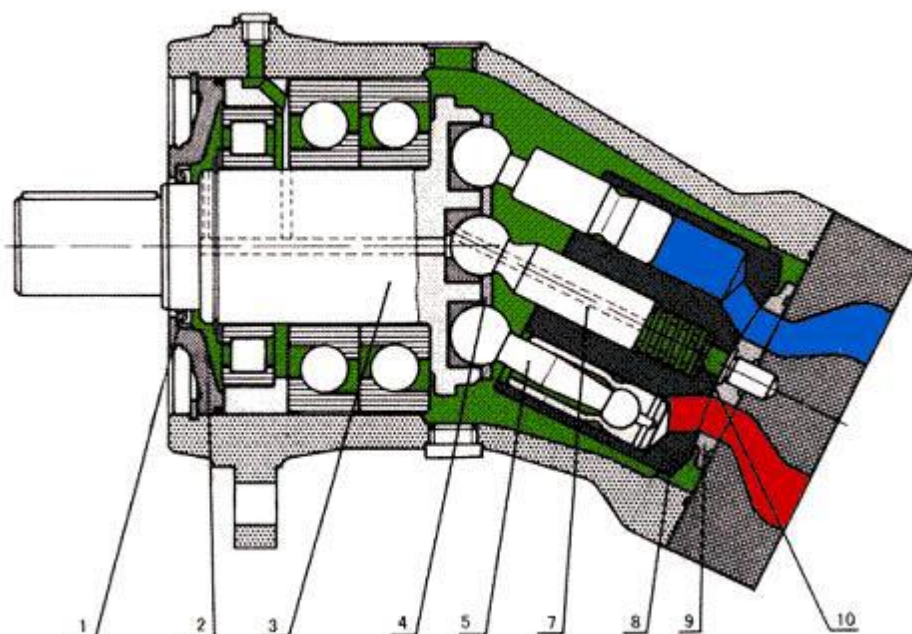


Рисунок 1.3 Схема работы аксиально-поршневого насоса с наклонным блоком

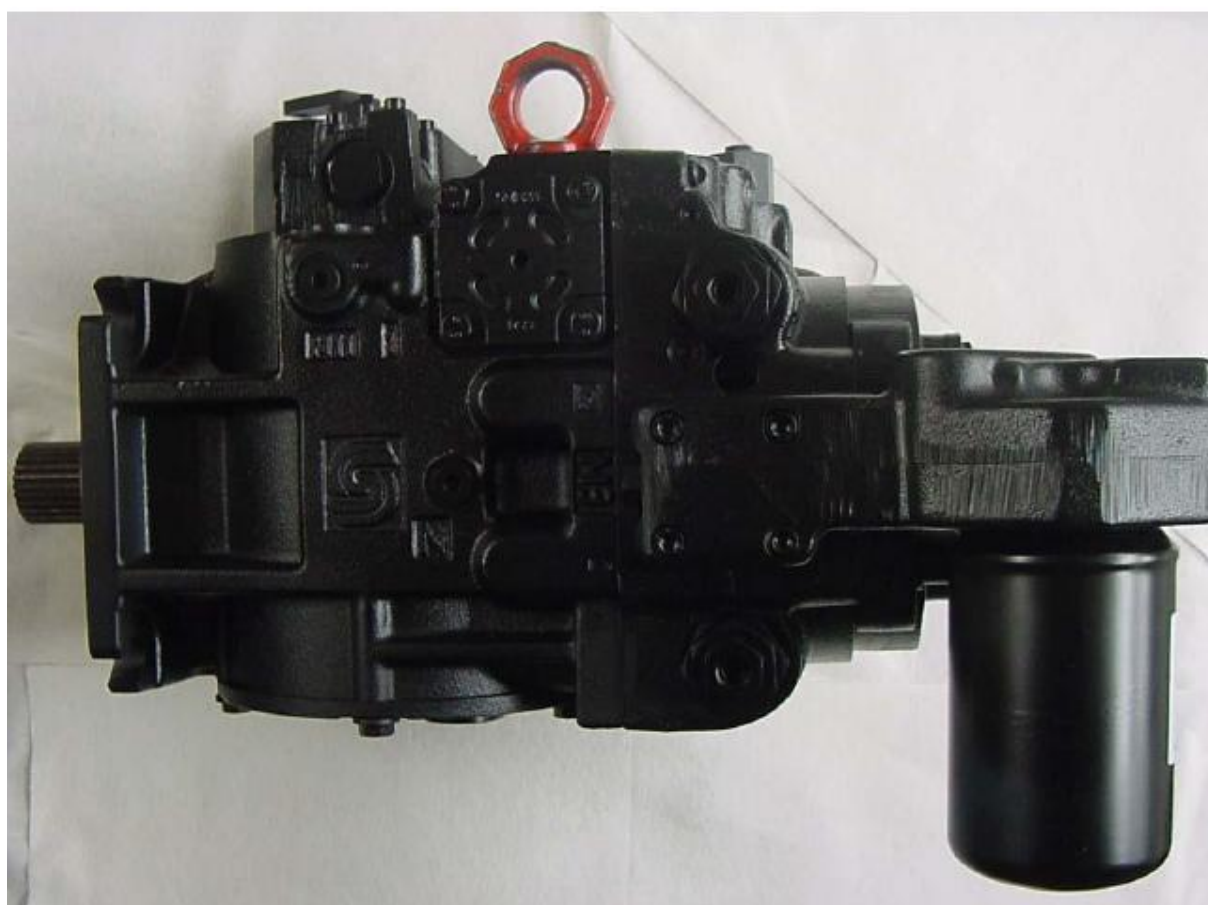


Рисунок 1.4 Аксиально-поршневой насос с наклонным диском

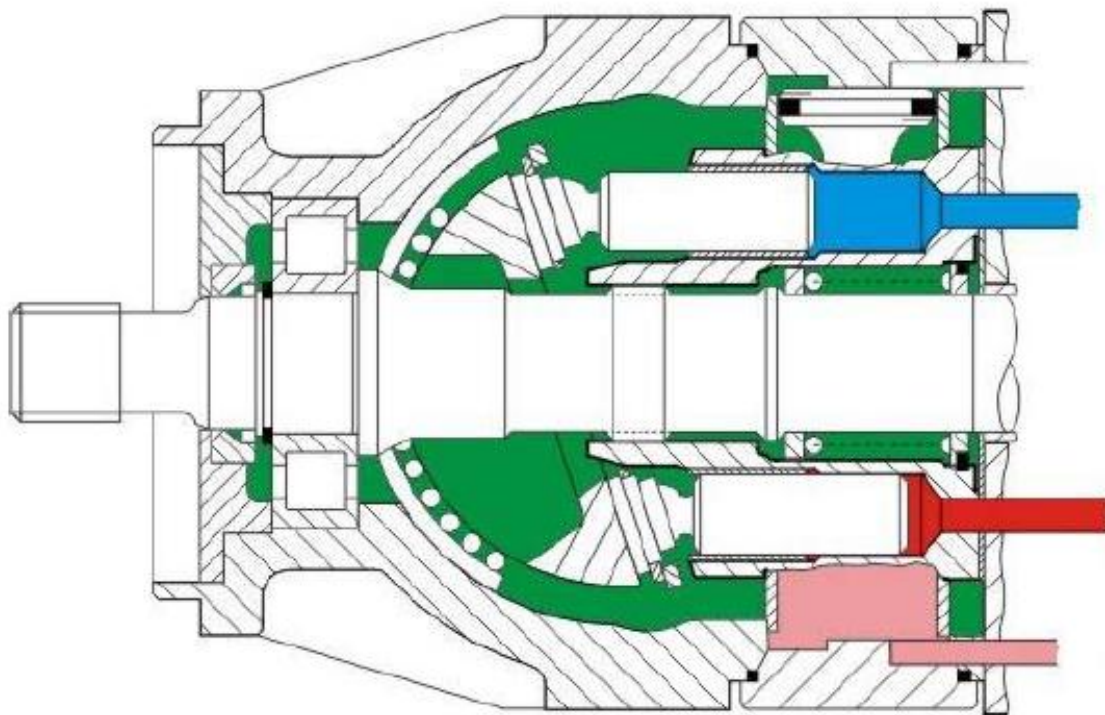


Рисунок 1.5 Схема работы аксиально-поршневого насоса с наклонным диском

Опорно-распределительный диск 6 и наклонная шайба 2 аксиально-поршневого насоса (рис. 1.6) расположены неподвижно в корпусе, а ротор 4 приводится во вращение от электродвигателя 1 через вал 15. В роторе выполнены рабочие камеры 5, в которых перемещаются поршни 3. Каждая из камер имеет осевое отверстие, которое попеременно сообщается с полукольцевыми пазами 13 и 14 диска 6, связанными с напорной 7 и всасывающей 11 линиями гидросистемы. Ротор к диску и поршни к наклонной шайбе прижимаются пружинами (не показаны) и давлением масла.

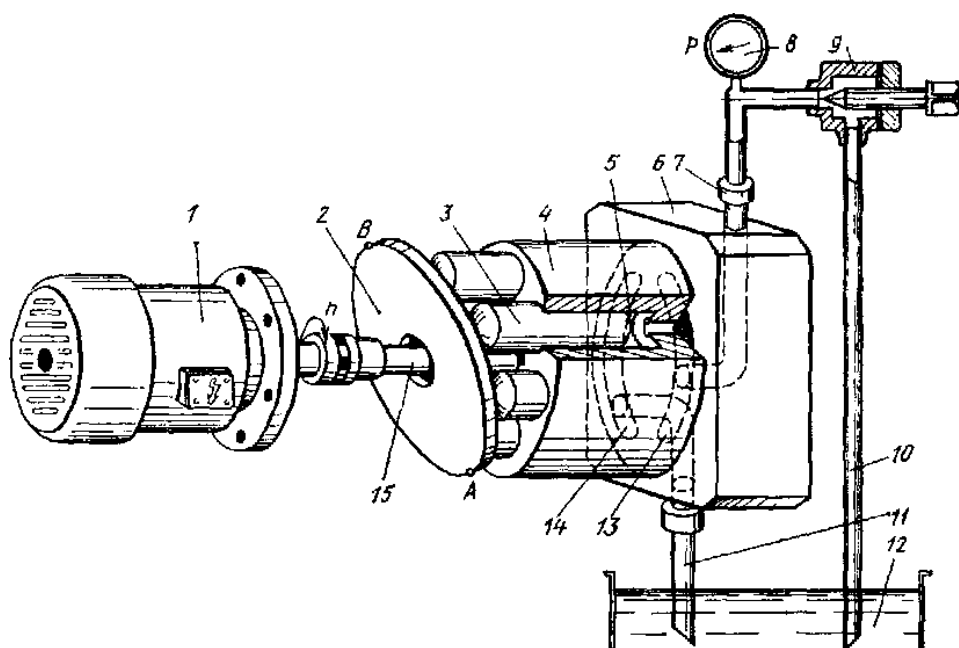


Рисунок 1.6 Схема действия аксиально-поршневого насоса

При вращении ротора 4 поршни, взаимодействующие с наклонной шайбой, совершают возвратно-поступательное движение: при Движении от точки А до точки В — выдвигаются из ротора и всасывают масло из бака 12 через линию 11 и паз 14, а при движении от точки В к точке А — вдвигаются в ротор и через паз 13 вытесняют масло в линию 7. Давление p (МПа) масла в напорной линии зависит от сопротивления подключенной к насосу гидросистемы. При полностью открытом дросселе 9 манометр 8 будет показывать давление, близкое к нулевому (потери давления в сливной линии 10). По мере закрытия дросселя давление в напорной линии растет, причем максимально допустимое давление не должно превышать паспортного значения во избежание резкого снижения долговечности или поломки деталей насоса.

Основными характеристиками аксиально-поршневого насоса являются подача л/мин и крутящий момент.

Подачу для машин с бесшатунным приводом определяют по формуле:

$$Q = q \eta_{об} = \frac{\pi d^2}{4} z D \operatorname{tg} \gamma \eta_{об} \quad (1.1)$$

где d - диаметр цилиндра; D - диаметр окружности, на которой расположены центры окружностей цилиндров или закреплены шатуны на диске; $D \operatorname{tg} \gamma$ - ход поршня при повороте блока цилиндров на 180° ; z - число поршней ($z = 7, 9, 11$).

Крутящий момент аксиально-поршневого гидромотора определяют по формуле:

$$M_{кр} = \frac{\Delta P q}{2\pi} \eta_{м} = \Delta P \frac{d^2}{8} z D \operatorname{tg} \gamma \eta_{м} \quad (1.2)$$

Радиально-поршневые насосы

Радиально-поршневые гидронасосы применяют при сравнительно высоких давлениях (10 МПа и выше). По принципу действия радиально-поршневые гидронасосы делятся на одно-, двух- и многократного действия. В машинах однократного действия за один оборот ротора поршни совершают одно возвратно-поступательное движение.

Схема радиально-поршневого насоса однократного действия приведена на рис.1.7. 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.

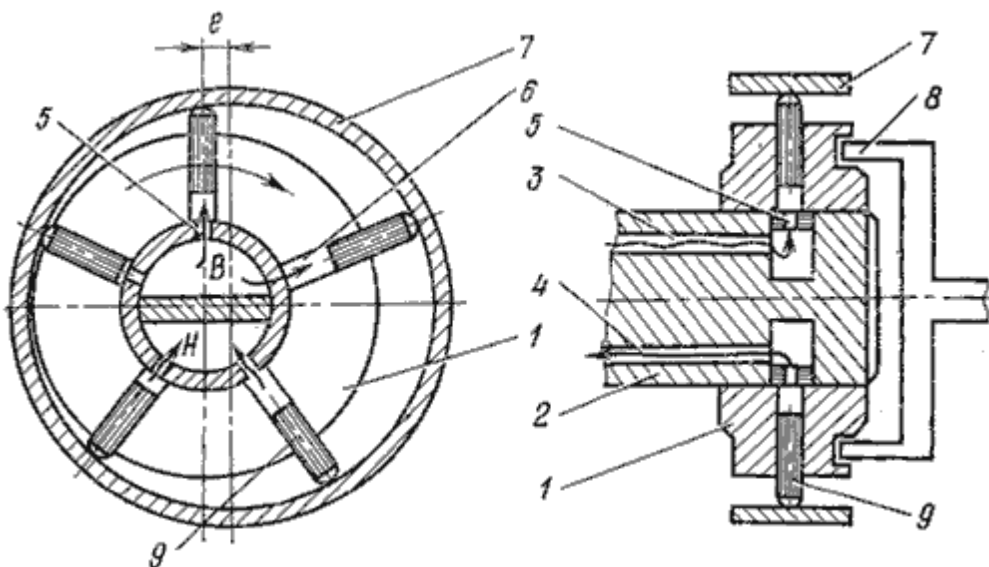


Рисунок 1.7. Схема радиально-поршневого насоса однократного действия

Ротор вращается от приводного вала через муфту 8. При вращении ротора в направлении, указанном на рис.3.6. 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

$$Q = q_n \eta_{об} = \frac{\pi d^2}{2} e z n \eta_{об} \quad (1.3)$$

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

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} h z i m n \eta_{об} \quad (6.4)$$

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.

На рисунке 1.8 представлен радиально-поршневой насос однократного действия типа НП с четырьмя рядами цилиндров. Который состоит из корпуса 1 и крышки 25, внутри которых размещены все рабочие элементы насоса: скользящий

блок 10 с крышкой 24, обойма 9 с крышкой 3 и реактивным кольцом 6, ротор 8 с радиально расположенными цилиндрами, поршни 7, распределительная ось 11, на которой на скользящей насадке установлены ротор, приводной вал 20 и муфта. Скользящий блок может перемещаться по направляющим 15, благодаря чему достигаются изменение эксцентриситета, а следовательно, и подача насоса. Величина эксцентриситета ограничивается указателем 19. Обойма вращается в двух подшипниках 12, а приводной вал - в подшипниках 14. Распределительная ось имеет каналы с отверстиями, через которые происходят всасывание и нагнетание. Муфта состоит из фланца 2, установленного на шлицах приводного вала промежуточного кольца 5 и четырех роликов 4, через которые крутящий момент передается от фланца к ротору. Для исключения утечек рабочей жидкости по валу служит уплотнение 21. Утечки по каналу 17 отводятся в корпус насоса, а из него через отверстие 13 в дренажную гидролинию.

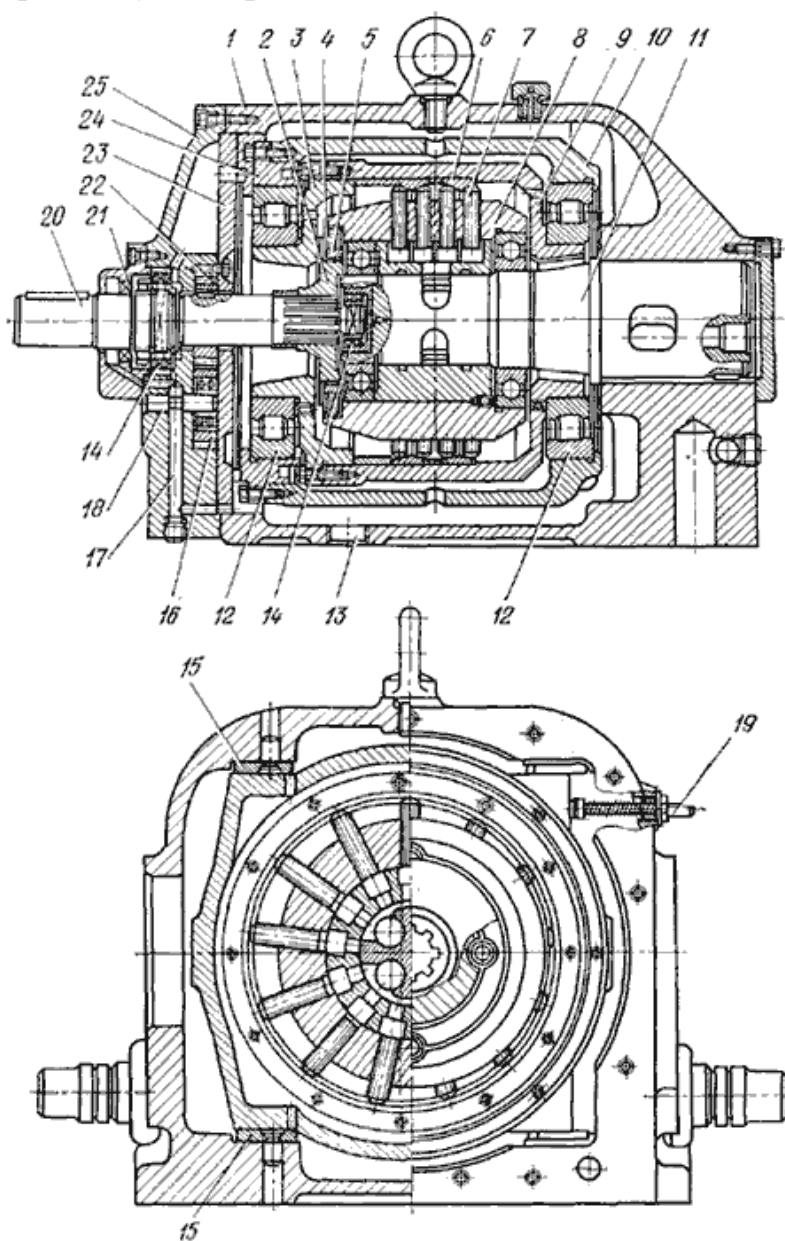


Рисунок 1.8. Радиально-поршневой насос однократного действия типа НП

Насос работает следующим образом. При вращении ротора поршни под действием центробежной силы выдвигаются из цилиндров и прижимаются к реактивным кольцам обоймы. При этом если между ротором и обоймой есть эксцентриситет, то поршни, кроме вращательного, будут совершать и возвратно-поступательные (в радиальном направлении) движения. Изменение эксцентриситета вызывает соответствующее изменение хода поршней и подачи насоса. Вместе с ротором во вращение вовлекается обойма, вращающаяся в своих подшипниках. Такая конструкция позволяет уменьшить силы трения и повысить КПД гидронасоса.

Шестеренные насосы

Шестеренные насосы благодаря простой конструкции и надежности в работе широко распространены в гидроприводах сельскохозяйственных машин.



Рисунок 1.9 Шестеренный насос

Шестеренный насос состоит корпуса и расположенных в нем шестерен. Благодаря плотному зацеплению зубьев другая(другие) шестерни получает движение от первой. При работе шестеренного насоса жидкость захватывается зубьями колес, отжимается к стенкам корпуса и перемещается на сторону нагнетания.

Принцип действия шестеренного насоса (рис. 1.9) заключается в следующем: при вращении шестерен во входном канале насоса образуется разрежение, благодаря чему рабочая жидкость поступает в зону всасывания (низкого давления) насоса, где заполняет межзубовые впадины и по периферии переносится ими в зону нагнетания (высокого давления) насоса, создавая, тем самым, высокое давление в напорной гидролинии гидросистемы. Рабочая жидкость гидросистемы так же выполняет функции смазывания и охлаждения деталей насоса.

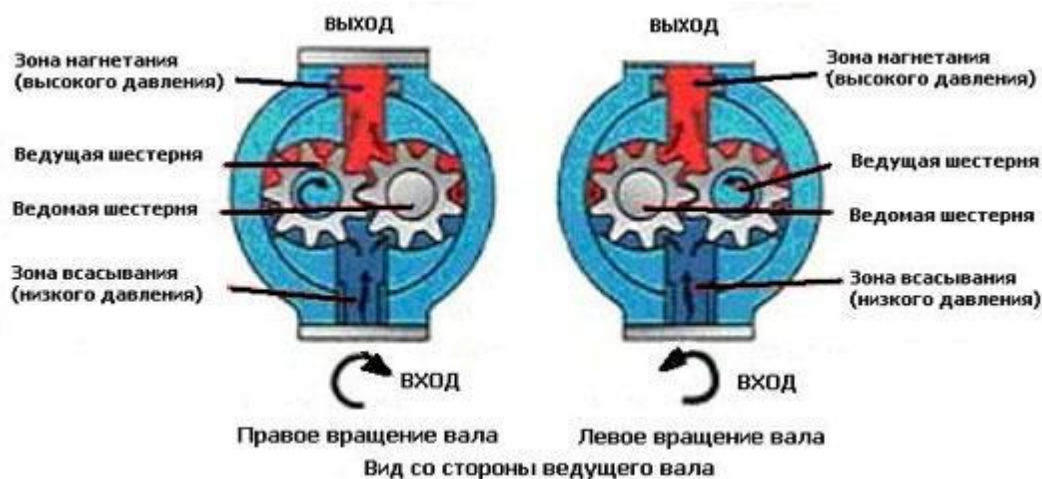


Рисунок 1.10 Схема работы шестеренного насоса

Ресурс насоса во многом зависит от качества (вязкости, чистоты) используемого масла, т.к. во всех НШ применяются подшипники скольжения, работоспособность которых определяется, в значительной степени условиями смазки.

По типу процесса вытеснения шестеренные насосы с шестернями внешнего зацепления относятся к классу роторно-вращательных машин. Вытесняемая жидкость в механизмах данного класса переносится из всасывающей в нагнетательную полость насоса, вытеснители при этом совершают строго вращательное движение.

Основным недостатком шестеренных насосов принято считать быстрый износ рабочих органов при сравнительно низком (до 0,75%) КПД. Однако преимуществ от использования шестеренчатых насосов. Так безусловными плюсами, говорящими в пользу применения насосов этого вида, являются простота конструкции и связанная с ней низкая стоимость обслуживания, компактность, реверсивность, независимость подачи от противодействия сети, возможность использования для привода высокоскоростных электродвигателей и возможность получения высоких давлений (5 МПа для шестеренного насоса, 0,5 МПа для насоса "восьмерочного" типа), и т.д.

Шестеренные насосы выполняются с шестернями внутреннего и внешнего зацепления. Насос с шестернями внешнего зацепления состоит из пары помещенных в плотно охватывающий их корпус (статор) заземляющихся одинаковых цилиндрических шестерен. Шестеренные насосы с шестернями внешнего зацепления имеют сравнительно малые габариты и массу, просты по конструкции и надежны.

Шестеренные насосы с шестернями внутреннего зацепления отличаются еще большей компактностью и малыми габаритами по сравнению с насосами внешнего зацепления. Однако эти насосы рекомендуется использовать только при небольших (до 7 МПа) давлениях.

Контрольные вопросы:

1. Запишите на какие две группы по принципу действия и конструкции делятся гидронасосы. Дайте краткую характеристику каждой из групп.
2. Опишите принцип работы радиально-поршневого насоса.
3. Запишите достоинства и недостатки шестеренчатых насосов.
4. Запишите что влияет на ресурс шестеренчатого насоса.
5. Решите задачу

При частоте вращения вала 1000 мин^{-1} центробежный насос потребляет 4 кВт энергии, подает 20 литров воды в секунду под напором 10 метров.

Определить, как изменятся рабочие параметры насоса, если частоту вращения вала увеличить до 3000 мин^{-1} .

частоты вращения до 3000 мин^{-1} подача насоса составит 60 л/с, напор – приблизительно

Правильное решение:

Зависимость рабочих параметров насоса от частоты вращения вала выражается уравнениями:

$$n_1/n_2 = Q_1/Q_2; \quad n_1^2/n_2^2 = H_1/H_2; \quad n_1^3/n_2^3 = N_1/N_2,$$

т. е. при увеличении частоты вращения вала насоса в три раза, его подачу, напор и потребляемую мощность можно определить по формулам:

$$Q_2 = Q_1 \cdot n_2/n_1 = 3Q_1 = 60 \text{ л/с}; \quad H_2 = H_1 \cdot \sqrt{(n_2/n_1)} \approx 17,3 \text{ м}; \quad N_2 = 3 \cdot \sqrt{(n_2/n_1)} N_1 \approx 11,95 \text{ кВт}.$$

Ответ: при увеличении 17,3 м, а потребляемая мощность – приблизительно 11,95 кВт.

Практическое занятие №2.

Устройство гидропривода ходовых систем сельскохозяйственных машин

2 часа

Цель работы: Изучить устройство гидропривода ходовых систем сельскохозяйственных машин на примере ГСТ-90.

Гидравлический привод (гидропривод) — совокупность устройств, предназначенных для приведения в движение машин и механизмов посредством гидравлической энергии. Рассмотрим устройство гидропривода на примере ГСТ-90. Гидропривод ГСТ-90 (гидростатическая трансмиссия с рабочим объемом 90 см³/об) применяется для передачи мощности от двигателя к ходовым колесам сельскохозяйственных машин с бесступенчатым регулированием скорости движения и силы тяги. ГСТ-90 широко применяются на различных мобильных машинах: комбайнах, погрузчиках, автогрейдерах, экскаваторах, катках, траншеекопателях, тракторах и т. д.

Применение ГСТ обеспечивает ряд существенных преимуществ:

- бесступенчатое регулирование реверсированием скорости движения и силы тяги во всем диапазоне передачи;
- широкие возможности по автоматизации управления с обеспечением оптимального режима работы;
- высокое быстродействие, низкая инерционность;
- низкая металлоемкость;
- широкая унификация гидравлического оборудования при простой компоновке на машинах.

Реализация данных преимуществ при эксплуатации машин с ГСТ–90 позволяет, по сравнению с машинами, оснащенными механическими приводами, повысить производительность машин, снизить расход топлива и т. п.

ГСТ–90 состоит из следующих основных узлов.

1. Регулируемый насос высокого давления (входное звено).
2. Нерегулируемый гидромотор (выходное звено).
3. Гидроаппаратура управления.
4. Вспомогательные устройства (фильтры, теплообменники, резервуары, трубы, шпонки и т. п.).

Гидропривод ГСТ–90 (рисунок 8.1) включает аксиально-плунжерные агрегаты: регулируемый гидронасос с шестеренным насосом подпитки и гидрораспределителем; нерегулируемый гидромотор в сборе с клапанной коробкой, фильтр тонкой очистки с вакуумметром, трубопроводы и шланги, а также бак для рабочей жидкости.

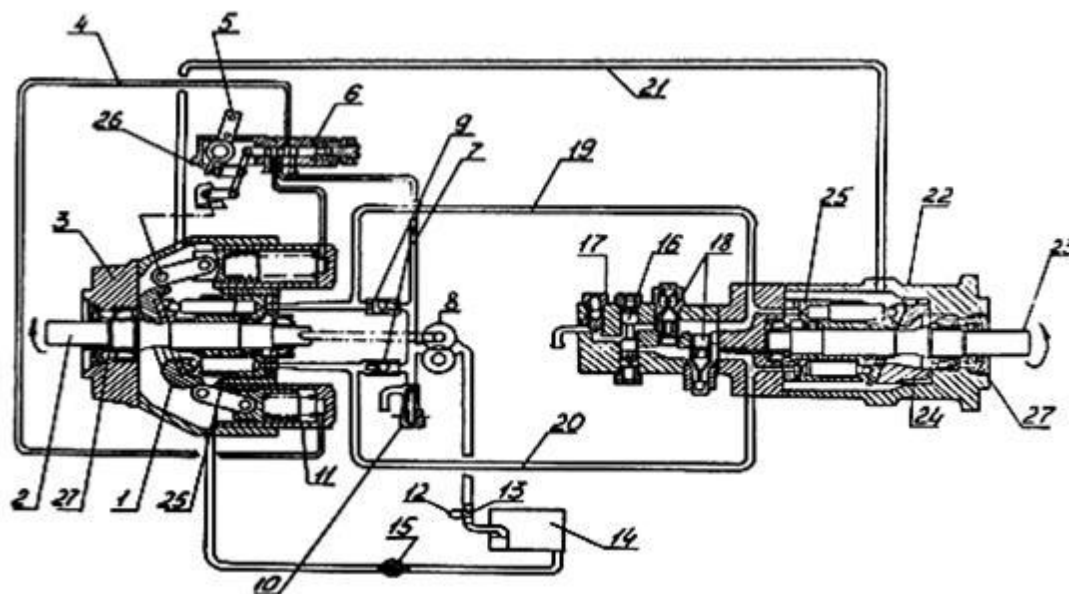


Рисунок 2.1 – Схема гидропривода ГСТ–90: 1 — шайба; 2 — выходной вал насоса; 3 — реверсивный регулируемый насос; 4 — гидролиния управления; 5 — рычаг управления; 6 — золотник управления положением люльки; 7 — гидролиния низкого давления; 8 — насос подпитки; 9 — обратный клапан; 10 — предохранительный клапан системы подпитки; 11 — сервоцилиндр; 12 — фильтр;

13 — вакуумметр; 14 — гидробак; 15 — теплообменник; 16 — золотник; 17 — переливной клапан; 18 — главный предо-хранительный клапан высокого давления; 19 — гидролиния низкого давления; 20 — гидролиния высокого давления; 21 — дренажная гидролиния; 22 — нере-гулируемый мотор; 23 — выходной вал гидромотора; 24 — наклонная шайба гидромотора; 25 — блок цилиндров; 26 — тяга связи; 27 — торцевое уплотнение

Вал 2 гидронасоса вращается в двух роликовых подшипниках. На шлице вала посажен блок цилиндров 25, в отверстиях которого перемещаются плунжеры. Каждый плунжер сферическим шарниром соединен с пятой, которая упирается на опору, расположенную на наклонной шайбе 1. Шайба соединена с корпусом гидронасоса при помощи двух роликовых подшипников, и благодаря этому может быть изменен наклон шайбы относительно вала насоса. Изменение угла наклона шайбы происходит под действием усилий одного из двух сервоцилиндров 11, поршни которых соединены с шайбой 1 при помощи тяг.

Внутри сервоцилиндров находятся пружины, воздействующие на поршни и устанавливающие шайбу так, чтобы расположенная в ней опора была перпендикулярна к валу. Вместе с блоком цилиндров вращается приставное дно, скользящее по распределителю, закрепленному на задней крышке. Отверстия в распределителе и приставном дне периодически соединяют рабочие камеры блока цилиндров с магистралями, связывающими гидронасос с гидромотором.

Сферические шарниры плунжеров и скользящие по опоре пяты смазываются под давлением рабочей жидкостью.

Внутренняя плоскость каждого агрегата заполнена рабочей жидкостью и является масляной ванной для работающих в ней механизмов. В эту полость поступают и утечки из сопряжений гидроагрегата.

К задней торцевой поверхности гидронасоса крепятся насос подпитки 8 шестеренного типа, вал которого соединен с валом гидронасоса.

Насос подпитки всасывает рабочую жидкость из бака 14 и подает ее:

- в гидронасос через один из обратных клапанов;
- в систему управления через гидрораспределитель в количествах, ограниченных жиклером.

На корпусе насоса подпитки 8 расположен предохранительный клапан 10, который открывается при повышении давления, развиваемого насосом.

Гидрораспределитель 6 служит для распределения потока жидкости в системе управления, то есть для направления ее к одному из двух сервоцилиндров, в зависимости от изменения положения рычага 5 или запираения жидкости в сервоцилиндре.

Гидрораспределитель состоит из корпуса, золотника с возвратной пружиной, расположенной в стакане, рычага управления с пружиной кручения, а также рычага 5 и двух тяг 26, которые связывают золотник с рычагом управления и наклонной шайбой.

Устройство гидромотора 22 аналогично устройству насоса. Основные отличия заключаются в следующем: пяты плунжеров при вращении вала скользят по наклонной шайбе 24, имеющей постоянный угол наклона, а поэтому механизм ее поворота с гидрораспределителем отсутствует; вместо насоса подпитки к задней торцевой поверхности гидромотора крепится клапанная коробка. Гидронасос с гидромотором связаны с двумя трубопроводами (магистралями «гидронасос-гидромотор»). По одной из магистралей поток рабочей жидкости под высоким давлением движется от гидронасоса к гидромотору, по другой — под низким давлением возвращается обратно.

В корпусе клапанной коробки находятся два клапаны высокого давления, переливной клапан 17 и золотник 16.

Система подпитки включает насос подпитки 8, а также обратные 9, предохранительный 10 и переливной клапаны.

Система подпитки предназначена для снабжения рабочей жидкостью системы управления, обеспечения минимального давления в магистралях «гидро-насос-гидромотор», компенсирования утечек в гидронасосе и гидромоторе, постоянного перемешивания рабочей жидкости, циркулирующей в гидронасосе и гидромоторе, с жидкостью в баке, отвода от деталей тепла.

Клапаны высокого давления 18 предохраняют гидропривод: от перегрузок, перепуская рабочую жидкость из магистрали высокого давления в магистраль низкого давления. Так как магистралей две и каждая из них в процессе работы может быть магистралью высокого давления, то и клапанов высокого давления тоже два. Переливной клапан 17 должен выпускать излишки рабочей жидкости из магистрали низкого давления, куда она постоянно подается насосом подпитки.

Золотник 16 в клапанной коробке подключает переливной клапан к той магистрали «гидронасос-гидромотор», в которой давление будет меньше.

При срабатывании клапанов системы подпитки (предохранительного и переливного) вытекающая рабочая жидкость попадает во внутреннюю полость агрегатов, где, смешавшись с утечками, по дренажным трубопроводам поступает в теплообменник 15 и далее в бак 14. Благодаря дренажному устройству, рабочая жидкость отводит тепло от трущихся деталей гидроагрегатов. Специальное торцевое уплотнение вала предотвращает вытекание рабочей жидкости из внутренней полости агрегата. Бак служит резервуаром для рабочей жидкости, имеет внутри перегородку, разделяющую его на сливную и всасывающую полости, снабжен указателем уровня.

Фильтр тонкой очистки 12 с вакуумметром задерживает посторонние частицы. Фильтрующий элемент выполнен из нетканого материала. О степени загрязненности фильтра судят по показаниям вакуумметра.

Двигатель вращает вал гидронасоса, а, следовательно, связанные с ним блок цилиндров и вал насоса подпитки. Насос подпитки всасывает рабочую жидкость из бака через фильтр и подает ее в гидронасос.

При отсутствии давления в сервоцилиндрах пружины, расположенные в них, устанавливают шайбу так, чтобы плоскость находящейся в ней опоры (шайбы) была перпендикулярна к оси вала. В этом случае при вращении блока цилиндров пяты плунжеров будут скользить по опоре, не вызывая осевого перемещения плунжеров, и гидронасос не будет посылать рабочую жидкость в гидромотор.

От регулируемого гидронасоса в процессе работы можно получить различный объем жидкости (подачу), подаваемый за один оборот. Для изменения подачи гидронасоса необходимо повернуть рычаг гидрораспределителя, который кинематически связан с шайбой и золотником. Последний, переместившись, направит рабочую жидкость, поступающую от насоса подпитки в систему управления, в один из сервоцилиндров, а второй сервоцилиндр соединится с полостью слива. Оказывающийся под действием давления рабочей жидкости поршень первого сервоцилиндра начнет движение, поворачивая шайбу, перемещая поршень во втором сервоцилиндре и сжимая пружину. Шайба, поворачиваясь в положение, заданное рычагом гидрораспределителя, будет перемещать золотник, пока не возвратит его в нейтральное положение (при этом положении выход рабочей жидкости из сервоцилиндров закрыт поясками золотника).

При вращении блока цилиндров пяты, скользя по наклонной опоре, вызовут перемещение плунжеров в осевом направлении, и вследствие этого произойдет изменение объема камер, образованными отверстиями в блоке цилиндров и плунжерами. Причем половина камер будет увеличивать свой объем, другая половина — уменьшать. Благодаря отверстиям в приставном дне и распределителе эти камеры поочередно соединяются с магистралями «гидронасос-гидромотор».

В камере, увеличивающей свой объем, рабочая жидкость поступает из магистрали низкого давления, куда подается насосом подпитки через один из обратных клапанов. Вращающимся блоком цилиндров рабочая жидкость, находящаяся в камерах, переносится к другой магистрали и вытесняется в нее плунжерами, создавая высокое давление. По этой магистрали жидкость попадает в рабочие камеры гидромотора, где ее давление передается на торцевые поверхности плунжеров, вызывая их перемещение в осевом направлении и, благодаря взаимодействию пят плунжеров с наклонной шайбой, заставляет блок цилиндров вращаться. Пройдя рабочие камеры гидромотора, рабочая жидкость выйдет в магистраль низкого давления, по которой часть ее возвратится к гидронасосу, а излишки через золотник и переливной клапан вытекут во внутреннюю полость гидромотора. При перегрузке гидропривода высокое давление в магистрали «гидронасос-гидромотор» может возрасти до тех пор, пока не откроется клапан высокого давления, который перепустит рабочую жидкость из магистрали высокого давления в магистраль низкого давления, минуя гидромотор.

Объемный гидропривод ГСТ-90 позволяет бесступенчато изменить передаточное отношение: на каждый оборот вала гидромотор потребляет 89 см³ рабочей жидкости (без учета утечек). Такое количество рабочей жидкости

гидронасос может выдать за один или несколько, оборотов своего приводного вала в зависимости от угла наклона шайбы. Следовательно, меняя подачу гидронасоса, можно изменить скорость движения машин.

Для изменения направления движения машины достаточно наклонить шайбу в противоположную сторону. Реверсивный гидронасос притом же вращении его вала изменит направление потока рабочей жидкости в магистралях "гидронасос-гидромотор" на обратное (то есть магистраль низкого давления станет магистралью высокого давления, а магистраль высокого давления — магистралью низкого). Следовательно, для изменения направления движения машины необходимо рычаг гидрораспределителя повернуть в противоположную сторону (от нейтрального положения). Если же снять усилие с рычага гидрораспределителя, то шайба под действием пружин возвратится в нейтральное положение, при котором плоскость находящейся в ней опоры станет перпендикулярной к оси вала. Плунжеры не будут перемещаться в осевом направлении. Подача рабочей жидкости прекратится. Самоходная машина остановится. В магистралях «гидронасос-гидромотор» давление станет одинаковым.

Золотник в клапанной коробке под действием центрирующих пружин займет нейтральное положение, при котором переливной клапан не будет подключен ни к одной из магистралей. Вся жидкость, подаваемая насосом подпитки, через предохранительный клапан будет стекать во внутреннюю полость гидронасоса. При равномерном движении самоходной машины в гидронасосе и гидромоторе необходимо только компенсировать утечки, поэтому значительная часть рабочей жидкости, подаваемая насосом подпитки, окажется лишней, и ее надо будет выпускать через клапаны. Чтобы излишки этой жидкости использовать для отвода тепла, через клапаны выпускают нагретую, прошедшую гидромоторжидкость, а охлажденную — из бака. С этой целью переливной клапан системы подпитки, расположенный в клапанной коробке на гидромоторе, настроен на несколько меньшее давление, чем предохранительный на корпусе насоса подпитки.

Благодаря этому при превышении давления в системе подпитки откроется переливной клапан и выпустит нагретую жидкость, вышедшую из гидромотора. Далее жидкость из клапана попадает во внутреннюю полость агрегата, откуда по дренажным трубопроводам через теплообменник направляется в бак.

Контрольные вопросы:

1. Запишите что называется гидроприводом.
2. Запишите основные узлы изученного гидропривода.
3. Запишите для чего предназначен и как устроен гидрораспределитель.
4. Запишите назначение и устройство фильтра в гидросистеме.
5. Запишите назначение переливного клапана в гидросистеме

Практическое занятие №3.

Приборы и методы определения теплоемкости твердых тел, воздуха водяного пара 2 часа

Цель занятия: научиться определять теплоемкость.

Задачи занятия:

- 1) изучить тепловые свойства твердых кристаллических тел;
- 2) вычислить удельную теплоемкость твердых тел;
- 3) определить удельную теплоемкость твердых тел калориметрическим методом и сравнить с теоретическим.

Приборы и принадлежности: калориметр, электрическая плитка, стакан с водой (нагреватель), технические весы, исследуемые тела (железный, латунный, алюминиевый цилиндры), термометр.

Теоретические сведения

Различные вещества обладают неодинаковой способностью поглощать тепло, т.е. нагреваться при увеличении температуры. Количество теплоты, которое необходимо сообщить данному телу, чтобы повысить его температуру на один градус называется теплоемкостью. Теплоемкость зависит от вещества из которого состоит тела и его массы. Теплоемкость единицы массы тела называется удельной. Теплоемкость одного моля вещества называется молярной теплоемкостью. Теплоемкость одного грамм- атома называется атомной теплоемкостью. Теплоемкости различных веществ сильно различаются между собой. Удельная теплоемкость слабо растет с увеличением температуры и сильно изменяется при фазовых превращениях. Удельная теплоемкость воды при 20⁰С составляет 4200 Дж/кг•К, при 90⁰С она равна 4220 Дж/кг•К Удельная теплоемкость льда при 0⁰С в 2 раза меньше, чем воды; теплоемкость водяного пара при 100⁰С около 1500 Дж/кг•К.

Теплоемкость зависит от условий, при которых происходит изменение температуры тела. Если размеры тела не изменяются, то вся теплота идет на изменение внутренней энергии. В таком случае говорят о теплоемкости при постоянном объеме C_v . При постоянном внешнем давлении благодаря тепловому расширению совершается механическая работа против внешних сил и нагревания на ту или иную температуру требует большего тепла. Поэтому теплоемкость при постоянном давлении c_p всегда больше, чем c_v . Для идеальных газов

$$c_p - c_v = R \quad (3.1)$$

где R –универсальная газовая постоянная, равная 8,32 Дж/кг•К.

В твердых (кристаллических) телах тепловое движение атомов представляет собой малые колебания вблизи определенных положений равновесия (узлов кристаллической решетки). Так как у твердых тел коэффициенты объемного расширения невелики, то молярные теплоемкости твердых тел при постоянном объеме $(C_\mu)_v$ и при постоянном давлении $(C_\mu)_p$ практически не различаются. Поэтому для твердых тел вводят понятия только молярной теплоемкости C_μ не указывая при каких условиях она определяется.

В 1819 г. французскими учеными П. Дюлонгом и А. Пти на опыте было установлено, что *молярная теплоемкость всех химически простых кристаллических твердых тел приблизительно равна*

$$c = 3R \approx 25 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \quad (3.2)$$

Это утверждение носит название закона Дюлонга и Пти.

Удельная теплоемкость C и молярная теплоемкость C_μ связана между собой

следующим соотношением $C_\mu = \mu \cdot C$ или $C = \frac{C_\mu}{\mu}$ (3.3)

где μ - молярная масса химически простого твердого кристаллического вещества. Определяется сложением атомных масс веществ составляющих молекулы исследуемого вещества.

Закон Дюлонга и Пти достаточно хорошо выполняется при комнатных температурах. Вблизи абсолютного нуля теплоемкость всех тел стремится к нулю (третий закон термодинамики). Для характеристики свойств тела поглощать тепло обычно измеряют c_p . Классический способ измерения теплоемкости основан на применении уравнения теплового баланса. Тело теплоемкость которого C_x хотят измерить, нагревают до определенной температуры t_x и быстро, чтобы свести к минимуму потери тепла в окружающую среду, переносят нагретое тело с начальной температурой t_0 в калориметр заполненный водой или другой жидкостью с начальной температурой t_0 с известной теплоемкостью $c_{ж}$ имеющей температуру $t_{ж}^0$ °С. Тепло Q от нагретого тела будет передаваться более холодной воде до тех пор, пока не установится тепловое равновесие, т.е. температура тела и воды станут равными. Эта температура называется равновесной. При этом количество тепла Q отданного телом будет равно количеству тепла, Q_2 , полученного водой от нагретого тела.

$$Q_1 = Q_2$$

Количество тепла которым обладает нагретое тело:

$$Q_1 = c_m m_m (t_m - t_p)$$

При этом вода и калориметр получают количество тепла:

$$Q_2 = c_s m_s (t_s - t_p) + c_k m_k (t_k - t_p) = (c_s m_s + c_k m_k) (t_s - t_p)$$

Пренебрегая потерей тепла в окружающий воздух при переносе нагретого тела в калориметр, составим уравнение теплового баланса т.е. приравняв $Q_1 - u - Q_2$:

$$c_m m_m (t_m - t_p) = (c_{\epsilon} m_{\epsilon} + c_k m_k)(t_{\epsilon} - t_p) \quad (3.4)$$

Из полученного равенства выразим удельную теплоемкость вещества, из которого изготовлен исследуемый образец.

$$C_m = \frac{(m_{\epsilon} C_{\epsilon} + m_k C_k)(t_{\epsilon} - t_p)}{m_m(t_m - t_p)} \quad (3.5)$$

Таким образом для определения удельной теплоемкости исследуемого образца С необходимо знать удельные теплоемкости воды c_{ϵ} и калориметра c_k , начальную температуру нагретого тела t_m и холодной воды t_0 , а также температуру t_p , соответствующую тепловому равновесию. c_{ϵ} и c_k - справочные данные. Массу образца m_m и калориметра m_k определяют с помощью технических весов. Массу воды можно определить двумя способами - взвешиванием или вычислением через ее объем и плотность

$$m = \rho V \quad (3.6)$$

Подготовка и проведение измерений

1. С помощью технических весов определите массу исследуемого цилиндра m_{ϵ} и массу пустого стакана. Результаты измерений занесите в таблицу 14.1.

2. Налейте в данный сосуд воды столько, чтобы она покрывала погруженный в нее образец. Измерьте с помощью мерного сосуда объем воды и вычислите массу воды:

$$m_{\epsilon} = \rho_{\epsilon} V_{\epsilon} \quad (3.7)$$

3. Измерьте температуру воды t_0 с точностью до $0,1^{\circ}\text{C}$ за несколько минут до опускания в нее нагретого образца.

4. Поместите сосуд с холодной водой в калориметр.

5. Налейте в сосуд воды столько чтобы в нее мог поместиться полностью погруженный сосуд. Нагрейте воду до кипения. Поместите в горячую воду образец и подержите его до тех пор, пока вода снова закипит, а образец тем самым примет температуру, равную температуре кипящей воды. Температура кипения определяется с учетом атмосферного давления по формуле:

$$t_k^0 = 100^0 + 0,0375(H - 760) \quad (3.8)$$

где H – атмосферное давление, соответствующее условию проведения эксперимента, определяют по барометру.

6. После прогревания образца быстро перенесите образец в сосуд с холодной водой, находящийся в калориметре и накройте его крышкой.

7. Опустите термометр в воду через отверстие в крышке и, осторожно помешивая воду, дождитесь когда температура перестанет изменяться. Эта температура t_p будет соответствовать условию теплового равновесия. Занесите измеренную температуру t_p в таб. 3.1.
8. Пользуясь формулой (3.5) вычислите удельную теплоемкость исследуемого образца C .
9. Вычислите удельную теплоемкость образца пользуясь формулой (3.3).
10. Сравните значения удельной теплоемкости образца C , полученного путем косвенных измерений (3.3) и (3.5) со справочным значением (смотри таблицу справочных величин).
11. Прodelайте те же измерения с другими образцами, указанными преподавателем.
12. Сравните значения удельной теплоемкости различных образцов между собой и со справочными данными.

Таблица 3.1 – Результаты измерений

№ п/п	Исследуемый образец	m_1 кг	m_k кг	m_g кг	C_g $\frac{Дж}{кг \cdot K}$	C_k $\frac{Дж}{кг \cdot K}$	V $м^3$	t_0^0 К	t_k^0 К	t_1^0 К	C_1 $\frac{Дж}{кг \cdot K}$

Контрольные вопросы:

1. Какие свойства твердых тел характеризует теплоемкость?
2. Виды теплоемкости, их определение и соотношение между ними.
3. Закон Дюлонга-Пти.
4. Зависимость поглощенного теплота Q от температуры.
5. Запишите уравнение теплового баланса для данного опыта.
6. Вычислите удельные теплоемкости меди и железа на основании закона Дюлонга и Пти.

Практическое занятие №4.
Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии
2 часа

Цель занятия: изучить нетрадиционные и возобновляемые источники энергии

Нетрадиционными источниками энергии являются солнце, ветер, океанические приливы, тепло земных глубин. Эти варианты получения энергии как дополнительной используются в последнее время всё чаще. Многие учёные убеждены, что к 2030—2050 гг. нетрадиционные (возобновляемые) источники энергии будут основными, а традиционные потеряют своё значение.

Сегодня подавляющее большинство людей знают о том, что запасы углеводородов не беспредельны, что органическое топливо нужно беречь. Вот почему изучение и использование нетрадиционных источников энергии является актуальным. Многие страны довольно широко используют нетрадиционные источники. Уже несколько лет в Волгоградской области внедряются энергосберегающие установки с использованием энергии ветра, солнца, гидроресурсов, отходов сельского хозяйства, так как этому способствуют географическое положение и климатические условия нашего региона.

Солнечная энергия

Солнечная энергия неисчерпаема. Существует несколько вариантов её использования. При физических способах усвоения солнечной энергии используют гальванические батареи, которые поглощают её и преобразуют в тепловую или электрическую энергию, либо системы зеркал, отражающих лучи солнца и направляющих их на заполненные маслом трубы, которые концентрируют солнечное тепло. Волгоградская область находится на юге нашей страны, значит, в перспективе нехватку энергии без проблем можно компенсировать за счёт солнечной энергии. А вот жителям Крайнего Севера, Сибири, Якутии и т. д. в этом плане сложнее. Я считаю, что в этой местности как раз можно использовать солнечные коллекторы для обеспечения населения электроэнергией, особенно летом. Использование солнечных коллекторов может частично решить экологическую проблему и использовать энергию для бытовых нужд (подогрев воды, обогрев теплиц и т. д.). Наиболее успешно солнечная энергетика развивается в Японии и Израиле, где за её счёт почти полностью покрывается потребность в отоплении жилья и подогреве воды для бытовых нужд. «Совместный алжирско-японский проект SaharaSolarBreeder обещает превратить пустыню Сахара в чащу солнечных батарей, способных к 2050 г. обеспечить до половины мировых потребностей в электроэнергии». В принципе солнечную энергию можно использовать в любом уголке земли.

Достоинства солнечной энергетики

Достоинства солнечной энергетики заключаются в общедоступности и неисчерпаемости источника, в полной безопасности для окружающей среды, это экологически чистый источник энергии, что очень важно именно теперь.

Недостатки солнечной энергетики

Из-за относительно небольшой величины солнечной постоянной для солнечной энергетики требуется использование больших площадей земли под электростанции (например, для электростанции мощностью 1 ГВт это может быть несколько десятков квадратных километров). Поток солнечной энергии на поверхности Земли сильно зависит от широты и климата. В разных местах среднее количество солнечных дней в году может различаться очень сильно. Солнечная электростанция не работает ночью и недостаточно эффективно работает в утренних и вечерних сумерках.

Использование энергии ветра

Человечество научилось использовать энергию ветра на ранней стадии своего развития. Ветряные электростанции производят электроэнергию только тогда, когда дует достаточно сильный ветер. Современный ветряк — сложное устройство. В нём запрограммирована работа в двух режимах — слабого и сильного ветра и остановка двигателя, если ветер станет очень сильным. Недостатком ветряных двигателей являются шумы, которые производят лопасти пропеллера во время вращения. Если ветряк мощный, то шумовое загрязнение делает опасным длительное пребывание людей в зоне работы установки. Наиболее оправданы небольшие ветряки для обеспечения дешевой и экологически безопасной электроэнергией отдельных ферм, дачных участков. К числу передовых стран по использованию энергии ветра относятся: Германия, Дания, Испания, США. В России за последние 5 лет построено несколько ветроэнергетических установок: в Башкирии, в Калининградской области, на Командорских островах, в Мурманске. Перспективно использование ветроустановок в Калмыцких степях, граничащих с Волгоградской областью, так как там ветры дуют, как правило, постоянно и только в одном направлении. В настоящее время там довольно широко используются ветроустановки для обеспечения электроэнергией небольших населённых пунктов Калмыкии.

Недостатки ветровой энергетики

Прежде всего, ветроустановки неблагоприятно влияют на работу телевизионной сети. Другая особенность ветровых установок проявилась в том, что они оказались источником достаточно интенсивного инфразвукового шума, неблагоприятно действующего на человеческий организм, вызывающего постоянное угнетенное состояние, сильное беспричинное беспокойство и жизненный дискомфорт.

Достоинства ветровой энергетики

Отсутствие влияния на тепловой баланс атмосферы Земли, потребления кислорода, выбросов углекислого газа и т. д. Возможность преобразования в различные виды энергии (механическую, тепловую, электрическую). Непредсказуемые изменения скорости ветра в течение суток и сезона.

Приливные электростанции (ПЭС)

Для выработки электроэнергии электростанции такого типа используют энергию прилива. Для устройства простейшей приливной электростанции нужен бассейн, перекрытый плотиной залив или устье реки. В плотине имеются водопропускные отверстия и установлены гидротурбины, которые вращают генератор. По принципу действия гидравлические турбины подразделяют на: активные и реактивные; по конструкции — на вертикальные и горизонтальные. Мощность гидрогенераторов от нескольких десятков до нескольких сотен МВт. Во время прилива вода поступает в бассейн. Когда уровни воды в бассейне и море сравниваются, затворы водопропускных отверстий закрываются. С наступлением отлива уровень воды в море понижается, и когда напор становится достаточным, турбины и соединенные с ним электрогенераторы начинают работать, а вода из бассейна постепенно уходит.

Недостатки приливных электростанций

Приливные электростанции нарушают нормальный обмен соленой и пресной воды и тем самым — условия жизни морской флоры и фауны. Влияют они и на климат, поскольку меняют энергетический потенциал морских вод, их скорость и территорию перемещения. Морские теплостанции, построенные на перепаде температур морской воды, способствуют выделению большого количества углекислоты, нагреву и снижению давления глубинных вод и остыванию поверхностных. А процессы эти не могут не сказаться на климате, флоре и фауне региона.

Достоинства приливных электростанций

Преимуществами ПЭС является экологичность и низкая себестоимость производства энергии. Не загрязняет атмосферу. Дешёвая и возобновляемая энергия. Сокращает уровень добычи, транспортировки и сжигания органического топлива.

Использование геотермальных источников

В этом случае подразумевается использование тепла земных глубин (глубинных горячих источников). Это тепло можно использовать практически в любом районе, но затраты окупаются только там, где горячие воды приближены к

поверхности земной коры. Это районы активной вулканической деятельности и гейзеров, например, Камчатка, Курилы, острова Японского архипелага, Исландия, Новая Зеландия. Источники геотермальной энергии могут быть двух типов. Первый тип — это подземные бассейны естественных теплоносителей — горячей воды (гидротермальные источники), или пара (паротермальные источники), или пароводяной смеси. По существу, это непосредственно готовые к использованию «подземные котлы», откуда воду или пар можно добыть с помощью обычных буровых скважин. Второй тип — это тепло горячих горных пород. Это даёт возможность получить пар или перегретую воду для дальнейшего использования в энергетических целях. Но в обоих вариантах использования главный недостаток заключается в очень слабой концентрации геотермических аномалий, где горячие источники или породы подходят сравнительно близко к поверхности и где при погружении вглубь на каждые 100 м температура повышается на 30—40°C, концентрации геотермальной энергии могут создавать условия и для хозяйственного её использования.

Преимущества геотермальных источников

Во-первых, их запасы практически неисчерпаемы. По оценкам конца 70-х годов до глубины 10 км они составляют такую величину, которая в 3,5 тысячи раз превышает запасы традиционных видов минерального топлива. Считаю, что эта цифра в последнее время изменилась в сторону увеличения. Во-вторых, геотермальная энергия довольно широко распространена. Концентрация её связана в основном с поясами активной сейсмической и вулканической деятельности, которые занимают 1/10 площади Земли. А это не так уж и мало.

Недостатки геотермальных источников

Главная проблема заключается в необходимости обратной закачки отработанной воды в подземный водоносный горизонт. В термальных водах содержится большое количество солей различных токсичных металлов (бора, свинца, цинка, кадмия, мышьяка) и химических соединений (аммиака, фенолов), что исключает сброс этих вод в природные водные системы, расположенные на поверхности, так как эти вещества оказывают губительное действие на всё живое на земле.

Контрольные вопросы:

1. Запишите что относится к нетрадиционным источникам энергии.
2. Запишите достоинства ветрогенераторов.
3. Запишите недостатки солнечных батарей.
4. Запишите принцип действия приливных электростанций.
5. Запишите какой из изученных нетрадиционных и возобновляемых источников энергии можно разместить на территории нашего региона. Обоснуйте ответ.

Материально-техническое обеспечение

Реализация программы учебной дисциплины требует наличия лаборатории «Гидравлики и теплотехники»:

- рабочее место преподавателя;
- рабочие места обучающихся;
- учебно-наглядные пособия по теме «Гидравлика и теплотехника»;
- учебно-наглядные пособия по теме «Термодинамика»;
- стенды по определению гидростатических и гидродинамических характеристик жидкости;
- стенды по определению характеристик гидропривода и гидравлических машин;
- комплект учебного оборудования по определению тепловых характеристик приборов отопления, теплотехнике газов и жидкостей.

Технические средства обучения:

- компьютер с лицензионным программным обеспечением;
- мультимедийный проектор;
- интерактивная доска.

Перечень учебных изданий, интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Основные источники:

1. Гусев А.А. Основы гидравлики [Электронный ресурс] : учебник для СПО/А.А. Гусев. – 2-е изд. пер и доп. – М.: Юрайт, 2016 г.
2. Кожевникова Н.Г. Основы гидравлики и теплотехники. М.: «КолосС» 2016.

Дополнительные источники:

1. Исаев, Ю. М. Гидравлика и гидропневмопривод [Текст] : учебник для использования в учебном процессе образовательных учреждений, реализующих программы сред.проф. образования. - 2-е изд. ; стереотип./ Ю.М. Исаев. - М. : Академия, 2016.

Интернет- ресурсы:

1. http://firing-hydra.ru/index.php?request=list_category&id=573
2. <http://infobos.ru/str/398.html>