Федеральное агентство железнодорожного транспорта

Сибирский государственный университет путей сообщения

Проектирование гидропривода машины

Курсовая работа

по дисциплине «Гидропривод»

2008

**Содержание**

**1 Описание работы и свойства гидравлической схемы**

1.1 Характеристики объемного гидропривода машины

1.2 Движение силовых и управляющих потоков для первого рабочего органа

1.3 Движение силовых и управляющих потоков для второго рабочего органа

**2 Предварительный расчет объемной гидропередачи. Выбор комплектующих**

 2.1 Цели и условия расчета

 2.2 Расчетная схема

 2.3 Мощности на рабочих органах

 2.4 Выбор номинального давления

 2.5 Выбор насосов и расчет их производительности

 2.6 Выбор гидродвигателей

 2.7 Выбор рабочей жидкости

 2.8 Выбор трубопроводов и расчет толщины их стенок

 2.9 Выбор распределителей

 2.10 Выбор фильтров

 2.11 Выбор предохранительных клапанов

**3 Проверочный статический расчет объемной гидропередачи**

3.1 Цели и условия расчета

 3.2 Расчетная схема. Определение потерь давления

 3.3 Вращающие моменты и силы на выходных звеньях гидродвигателей

**4 Расчет параметров тепловой защиты гидропередачи**

 4.1 Исходные данные расчета

 4.2 Параметры бака

 4.3 Параметры теплообменного аппарата

 4.4 Производительность вентилятора

 **Список литературы**

**1 Описание работы и свойства гидравлической схемы**

**1.1 Характеристики объемного гидропривода машины**

Рабочая жидкость подается из гидробака Б через общую всасывающую линию индивидуальными аксиально-поршневыми насосами в напорные линии, идущие к рабочим органам через гидрораспределители.

Приводы рабочих органов реверсивные, нерегулируемые. От первого насоса Н 1 приводится высокомоментный гидромотор М привода рабочего органа № 1 (вращательного действия). От второго насоса Н2 приводится гидроцилиндр привода рабочего органа №2 (поступательного действия).

Для изменения направления движения гидродвигателя и рабочего органа, включения - выключения гидродвигателей использованы трехпозиционные, четырехлинейные распределители с гидравлическим управлением (Р2) и электрическим управлением (Р1). В приводе рабочего органа № 1 установлен распределитель с закрытым центром, а в приводе рабочего органа № 2 - с открытым.

Первичную защиту гидросистемы (от активных и реактивных перегрузок для РО1 и от реактивных и инерционных при пуске для РО2) обеспечивают предохранительные клапаны КП 1, КП 2 непрямого действия. В приводе РО 1 с электрическим управлением, нормально открытый, в приводе РО2 неуправляемый. Первичная защита РО1 настроена на давление 35 МПа, первичная защита РО2 – 35 МПа. Вторичную защиту (от инерционных перегрузок при торможении, а также от реактивных и температурных перегрузок) обеспечивают блоки вторичной защиты (А4, А5), установленные между рабочими линиями гидродвигателей за распределителями. Вторичная защита гидромотора настроена на давление 37 МПа, гидроцилиндра – 37 МПа. Контроль давления рабочей жидкости в напорных линиях осуществляется с помощью манометров МН 1, МН 2, МН3, МН4. Перед фильтрацией рабочая жидкость охлаждается в теплообменном аппарате АТ. Температура жидкости в баке контролируется термометром Т.

Сливные линии от гидродвигателей объединены в общую сливную магистраль. Слив из магистрали производится через фильтровальную установку Ф.

**1.2 Движение силовых и управляющих потоков для первого рабочего органа**

При включении дизеля происходит нагнетание насосом Н 1 рабочей жидкости в напорную линию. Контроль давления осуществляется манометром МН3.Включение привода рабочего органа РО1 производится подачей электрического сигнала на левый электромагнит распределителя Р1. Силовой распределитель из нейтральной позиции переходит в рабочую, обеспечивая подачу рабочей жидкости гидромотору, приводя его во вращение. При этом силовой поток идет:

Б – Н1 – Р 1 – М – Р 1 – ТС – АТ - Ф – Б.

Реверсирование гидромотора осуществляется подачей электрического сигнала на правый электромагнит Р1. Клапан первичной защиты КП1 обеспечивает защиту гидросистемы от перегрузок. Настройка клапана произведена на 26 МПа, при превышении этого давления КП1 открывается, часть потока жидкости идет по пути:

Б – Н1 – КП1 – ТС – АТ – Ф – Б.

При нейтральной позиции силового распределителя КП1 работает в режиме переливного клапана, вся жидкость идет на слив по пути:

Б – Н1 – КП1 – ТС – АТ – Ф – Б.

При включении силового распределителя в рабочую позицию КП1 переходит в режим предохранительного клапана. Блок вторичной защиты А4 обеспечивает защиту гидромотора, при нейтральной позиции распределителя когда мотор работает как насос. Настройка блока произведена на 30 МПа, при превышении этого давления жидкость идет по пути:

для прямого включения: М – А4 –М

для реверсивного включения: М – А4 –М.

 При работе М в как насоса связь А4 со сливом нужна для восполнения дренажных утечек.

**1.3 Движение силовых и управляющих потоков для второго рабочего органа**

При включении дизеля происходит нагнетание насосом Н2 рабочей жидкости в напорную линию. Контроль давления осуществляется манометром МН4. Включение привода рабочего органа РО2 производится включением распределителя Р2 в рабочую позицию. Управление распределителем Р2 производится блоком сервоуправления А3. При включении распределителя Р3 МГ подаётся под давлением насосом Н3 к правому торцу распределителя Р2. Силовой распределитель из нейтральной позиции переходит в рабочую, обеспечивая подачу рабочей жидкости к гидроцилиндру, выдвигая шток гидроцилиндра. При этом силовой поток идет:

Б – Н2 – Р2 – Ц – Р2 – ТС – АТ – Ф – Б.

Втягивание гидроцилиндра осуществляется переводом распределителя Р4 в рабочую позицию. Клапан первичной защиты КП2 обеспечивает защиту гидросистемы от перегрузок. Настройка клапана произведена на 35 МПа, при превышении этого давления КП1 открывается, часть потока жидкости идет по пути:

Б – Н2 – КП2 – ТС – АТ – Ф – Б.

 При нейтральной позиции силового распределителя жидкость идёт на слив через его центр по пути:

Б – Н2 – Р2 – ТС – АТ – Ф – Б.

Блок вторичной защиты А5 обеспечивает защиту гидроцилиндра от активных и реактивных нагрузок. Настройка блока произведена на 37 МПа, при превышении этого давления жидкость идет по пути:

для выдвижения: Ц – А5 – Ц

для втягивания: Ц – А5 – Ц.

При работе Ц связь А5 со сливом нужна для восполнения дренажных утечек.

**2 Предварительный расчет объемной гидропередачи. Выбор комплектующих**

**2.1 Цели и условия расчета**

**Цели**: выбрать насосы, рабочие жидкости для зимы и для лета, гидродвигатели, трубопроводы, распределители, предохранительные клапаны. **Условия**: комплектующие выбраны на основании статического расчета, при установившихся движениях рабочих органов. Температура жидкости оптимальная.

**2.2 Расчетная схема**

Расчетная схема для предварительного расчета объёмной гидропередачи:

Рисунок 1 - Расчетная схема к предварительному расчету

**2.3 Мощности на рабочих органах**

Мощность на РО 1 *РРО1*, Вт:

, (2.1)

. (2.2)

где - мощность насоса на РО1 ();

 - полный КПД насоса ();

 - КПД, учитывающий потери мощности на пути от насоса до гидродвигателя и от гидродвигателя до бака ();

 - полный КПД гидродвигателя (- для радиально-поршневого мотора; - для гидроцилиндра);

 - КПД передачи между гидродвигателем и рабочим органом ();

,

Мощность на РО 2 *РР02* , Вт:

, (2.3)

, (2.4)

**.** (2.5)

где - мощность дизеля ();

 - мощность насоса РО1 на входе ().

,

,

**2.4 Выбор номинального давления**

Номинальное давление *рном*, МПа:

 (2.6)

где *РРО* – мощность на рабочем органе, кВт.

,

.

Окончательно принято номинальное давление для гидропередачи 25 МПа .

**2.5 Выбор насосов и расчет их производительности**

Выбираем насосы по мощности на выходе:

**Таблица 2.2 – Характеристики насосов**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Рабочие органы, приводимые насосом | РО1  | РО2 |
| Марка насоса | 310.80 | 310.112 |
| Рабочий объем *qн*,см3 | 80 | 112 |
| Давление, МПаноминальное *рном*максимальное *рмакс* | 2030 | 2035 |
| Частота вращения валов, об/сноминальная *nном*максимальная *nмакс* | 2555,8 | 2550 |
| Номинальная мощность на валу , кВт | 41 | 56 |
| КПДполный объемный  | 0,910,95 | 0,910,95 |

 Для второго РО2 выбраны два насоса марки 310.112

Необходимая частота вращения вала насоса *nн необх*, об/с:

 , (2.7)

об/с,

об/с.

Насос привода РО1 дефорсирован по частоте, т.к. , насос привода РО2 дефорсирован по частоте, т.к.

Передаточное отношение привода насоса *uпн*:

 , (2.8)

,

.

Производительность насоса *Qн*, л/мин:

 .(2.9)

,

.

**2.6 Выбор гидродвигателей. Выбор гидромотора привода РО 1**

Требуемая мощность на валу гидромотора *РМ*, Вт:

 ,(2.10)

Выбран ближайший больший по мощности гидромотор МР-700.

**Таблица 2.3 - Характеристики гидромотора**

|  |  |
| --- | --- |
| Параметры | МР-700 |
| Рабочий объем , *см3* | 707 |
| Максимальное давление, МПа | 25 |
| Номинальный давления, *МПа* | 21 |
| Частота вращения вала, *об/мин*:минимальная номинальная максимальная  | 1120340 |
| Номинальная мощность *Рном*, *кВт* | 26,17 |
| Номинальный вращающий момент ,  | 2160 |
| КПД при номинальных параметрах:гидромеханический полный  | 0,90,85 |
| Масса, кг (без рабочей жидкости) | 100 |
| Темпераратура рабочей жидкости, оСминимальнаямаксимальная | -25+75 |

Фактическая частота вращения вала гидромотора, об/мин:

 , (2.11)

.



**Выбор гидроцилиндра привода РО2.**

, (2.12)

 , (2.13)

 , (2.14)

.



Принимаем скорость РО1 , так как скорости различаются требуется поставить ускоряющую передачу. Передаточное отношение которой:

, (2.15)

,

*,* (2.16)

,(2.17)

,

.

Выбран гидроцилиндр с ближайшим большим диаметром поршня .

**Таблица 2.4 – Характеристики гидроцилиндра**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Диаметр поршня D,мм | Диаметр штока d,мм | Отношение рабочих площадей  | Минимальный ход штока ,мм | Максимальный ход штока ,мм |
| 100 | 60 | 1,65 | 800 | 1250 |

Выбран стандартный ход штока

**2.7 Выбор рабочей жидкости**

В качестве рабочих принимают специальные гидравлические жидкости, рекомендуемые для выбранных насосов. Температуры застывания принимаемых жидкостей должны быть ниже минимальной температуры воздуха на 100…150С. Для летнего периода работы принята рабочая жидкость МГЕ-46В, а для зимнего периода работы – ВМГЗ .

**Таблица 2.5 – Технические характеристики рабочих жидкостей**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка жидкости | Плотность при +500 С, кг/м3 | Кинематическая вязкость при +500 С, м2/с.106 | Температура застывания, 0С | Температурные пределы применения насосов, 0С | Условия применения |
| Шестеренных | аксиально-поршневых |
| ВМГЗ | 890 | 18 | -45 | -40…+25 | -40…+65 | При отрицательных температурах воздуха |
| МГЕ-46В | 890 | 46 | -32 | -10…+60 | +5…+85 | При положительных температурах воздуха |

**2.8 Выбор трубопроводов и расчет толщины их стенок**

Для гидропривода машины жесткие трубопроводы изготовляют из стальных бесшовных холоднодеформированных труб по ГОСТ 8734, выполненных из стали 45.

**Расчет напорного трубопровода РО1**

Необходимый внутренний диаметр мм:

(2.18)

где - допустимая скорость (- для напорного трубопровода).

Наружный диаметр , мм:

 (2.19)

где - минимальная толщина стенки, мм:

 (2.20)

где - максимальное давление жидкости, Па;

 - допускаемое напряжение разрыву, Па:

(2.21)

где - предел прочности Па (для стали 45 ).

,

,

С учетом отклонения

**Расчет напорного трубопровода РО2**

Необходимый внутренний диаметр , мм:

Минимальная толщина стенки , мм:

Наружный диаметр , мм:

Принят из ряда стандартных .

, (2.22)

.

Принимаем из ряда стандартных =8 мм.

**Расчет всасывающего трубопровода**

Необходимый внутренний диаметр , мм:

, (2.23)

где - суммарная производительность насосов, м3/с:

; (2.24)

 - допустимая скорость ( - для всасывающих трубопроводов).

,

Толщина стенки принята для обеспечения соединения труб.

Наружный диаметр , мм:

С учетом отклонения

**Расчет сливного трубопровода.**

Необходимый внутренний диаметр , мм:

,(2.25)

где - допустимая скорость, м/с ( - для сливных трубопроводов).

Толщина стенки принята для обеспечения соединения труб.

Наружный диаметр , мм:

С учетом отклонения

**2.9 Выбор распределителей**

Распределители выбирают по принципиальной схеме (числу позиций и линий, с открытым или закрытым центром), по расходу и давлению жидкости, а также по заданному типу управления. Для управления РО1 выбран трехпозиционный, четырехлинейный распределитель с закрытым центром и гидравлическим управлением. Для управления РО2 выбран трехпозиционный, четырехлинейный распределитель с открытым центром и электрическим управлением.

**Таблица 2.6 – Характеристики распределителей**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Рабочий орган | РО1 | РО2 |
| Тип распределителя | В | 1Р |
| Диаметр условного прохода, мм | 16 | 32 |
| Расход рабочей жидкости, л/мин:номинальныймаксимальный | 125240 | 700900 |
| Номинальное давление в напорной линии, МПа | 32 | 32 |
| Схема исполнения | с закрытым центром | с открытым центром |
| Вид управления | Электрическое | электрическое |
| Упрощенное обозначение | В.E.16.44 | 1Р.И.32.64 |

**2.10 Выбор фильтров**

Фильтры выбирают по требуемой тонкости фильтрации (обычно 10…40мкм) и по расходу жидкости. Пропускная способность фильтровальной установки , л/мин:

 , (2.26)

.

**Таблица 2.7 – Характеристики фильтров**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка (тип) фильтра | Количество фильтров | Тонкость фильтрации, мкм | Номинальный расход, л/мин | Суммарный расход, л/мин |
| 1.1.50 – 25 | 2 | 25 | 250 | 500 |

**2.11 Выбор предохранительных клапанов**

Предохранительные клапаны выбирают по расходу в защищаемой линии и по максимальному давлению в защищаемой линии (оно должно быть не менее желаемого давления настройки). Для первичной защиты гидропередачи РО1 и РО2 выбран управляемый клапан непрямого действия. Для вторичной защиты РО1 и РО2 выбраны клапаны прямого действия.

**Таблица 2.8 – Характеристики клапанов первичной защиты по ТУ2-053-5749043-002-88**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | РО1 | РО2 |
| Диаметр условного прохода, мм30мм |
| Расход жидкости, л/мин:номинальныймаксимальный | 250350 | 250350 |
| Упрощенное обозначение | 30-20-133 | 30-25-11 |

Давление настройки первичной защиты , Па:

. (2.27)

гидропередачи РО1:

гидропередачи РО2:

Давление настройки вторичной защиты , Па:

. (2.28)

гидропередачи РО1:

гидропередачи РО1:

**3 Проверочный статический расчет объемной гидропередачи**

**3.1 Цели и условия расчета**

**Цели**: определение потерь давления на пути от насосов до гидродвигателей и до бака, вращающих моментов и сил на выходных звеньях гидродвигателей и на рабочих органах, корректировка параметров привода (при необходимости).

**Условия**: движения рабочих органов установившиеся; температура жидкости равна 20оС.

**3**.**2 Расчетная схема. Определение потерь давления**

В данной работе составляют расчетную схему и вычисляют потери давления для каждой из гидропередач.

Рисунок 2-Расчетная схема к проверочному расчету для первого рабочего органа

РО1

1,2,3,4,6,7,8,9,10,11,12,14,15,16,17,18,21,24-соединения. 3,7,8,11,15,16-крестовины и тройники. 1,2,4,6,9,10,12,14,17,18,19,21,22,24-штуцера. L-повороты, колена. 20-теплообменный аппарат. 23-фильтры. 25-выход в бак.

Рисунок 3-Расчетная схема к проверочному расчету для второго рабочего органа РО2

1,2,3,4,5,6,7,9,10,11,12,13,14,17,18,21,24,25,27-соединения. L-повороты, колена.

5,6,10,13,17,18-крестовины, тройники. 1,2,3,4,7,9,11,12,14,16,19,21,22,24,25,27-штуцера. 28-выход в бак. 8,15-распределитель. 23-теплообменный аппарат.26-фильтры.

**Таблица 3.1 – Характеристики трубопроводов**

|  |  |
| --- | --- |
| Характеристики | Участок трубопровода |
| Насос - гидромотор | Гидромотор – сливная линия | Сливная линия - бак |
| РО1 | РО2 | РО1 | РО2 | РО1 | РО2 |
| Длинатрубопровода , м | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Условныйпроход *d*, мм | 23 | 35 | 23 | 35 | 60 | 60 |
| Количество штуцеров | 4 | 5 | 2 | 2 | 7 | 7 |
| Количество крестовин и тройников | 3 | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Количество колен | 4 | 12 | 3 | 4 | - | 3 |

Линейные потери давления , Па:

,(3.1)

где - коэффициент гидравлических потерь, который зависит от режима течения;

 - длина трубопровода, м;

 - плотность жидкости, кг/м3 (для ВМГЗ );

 - диаметр трубопровода, м;

 - скорость жидкости в трубопроводе, м/с:

(3.2)

 Коэффициент гидравлических потерь :

, если <2320; (3.3)

, если >2320, (3.4)

 где - число Рейнольдса:

, (3.5)

где - коэффициент кинематической вязкости жидкости при температуре +200 С, м2/с (для ВМГЗ ).

Линейные потери на участке насос – гидродвигатель для РО1:

,

,

,

, , , .

Линейные потери на участке насос – гидродвигатель для РО2:

,

,

,

, , , .

Линейные потери на участке гидродвигатель - сливная линия для РО1

,

,

,

, , , .

Линейные потери на участке гидродвигатель - сливная линия для РО2

,

,

,

, , , .

 Линейные потери на участке сливная линия – бак:

,

,

,

, , , .

Местные потери , Па:

, (3.6)

где - коэффициент местного сопротивления.

**Таблица 3.2 – Коэффициенты местного сопротивления**

|  |  |
| --- | --- |
| Сопротивление |  |
| Штуцер | 0,1 |
| Тройник | 0,2 |
| Крестовина | 0,2 |
| Выход сливного трубопровода в бак | 1 |
| Колено | 0,3 |
| Распределитель | 20 |
| Теплообменный аппарат | 50 |
| Фильтр | 50 |

 Расчет местных потерь для РО1:

,

,

.

Расчет местных потерь для РО2:

,

,

.

Результаты расчетов всех потерь давления сведены в таблицу 3.3

 **Таблица 3.3 – Характеристики участков гидропередачи. Результаты расчетов потерь давления**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Участок | l, м |  | d, м | , м/с | *R* |  |  МПа |  | , МПа | МПа |
| Насос – гидродвигатель | 6 | РО1 | 23 | 4,1 | 3493 | 0,0412 | 0,077 | 22,2 | 0,159 | 0,246 |
| РО2 | 35 | 5315 | 0,0371 | 0,045 | 24,7 | 0,176 | 0,221 |
| Гидродвинатель-сливная линия | 6 | РО1 | 23 | 4,1 | 3493 | 0,0412 | 0,077 | 21,3 | 0,152 | 0,229 |
| РО2 | 35 | 5315 | 0,0371 | 0,045 | 21,6 | 0,154 | 0,199 |
| Сливная линия-бак | 6 | РО1 | 60 | 2 | 4444 | 0,0388 | 0,007 | 152,1 | 0,259 | 0,266 |
| РО2 | 153 | 0,260 | 0,267 |
| Сумма потерь давления для РО1 МПа, для РО2 МПа. |

**3.3 Вращающие моменты и силы на выходных звеньях гидродвигателей**

Вращающий момент на валу гидромотора , Н.м:

; (3.7)

сила на штоке при выдвижении , Н:

,(3.8)

где - гдромеханический КПД гидромотора;

*qм* – рабочий объем гидромотора;

 - номинальное давление в напорной линии;

 - сумма потерь давления от насоса до гидромотора и гидроцилиндра;

 - сумма потерь давления от гидромотора и гидроцилиндра до бака;

*D* – диаметр поршня гидроцилиндра;

*d –* диаметр штока гидроцилиндра;

 - гдромеханический КПД гидроцилиндра ().

,

Условия:

, (3.9)

. (3.10)

Проверка условий (3.9) и (3.10):

,

Условие (3.9) нарушено на 1%,а условие (3.10) на 5%.

**Таблица 8 – Заданные и полученные характеристики приводов**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| РО |  |  | Относительное отклонение |
|  | Задано | Получено |  |
| РО1 | 24 кВт | 23,7 кВт | 1% |
| РО2 | 79,64 кВт | 83 кВт | 5% |

**4 Расчет параметров тепловой защиты гидропередачи**

**4.1 Исходные данные расчета**

 Желаемая установившаяся температура жидкости Туст = +50оС, температура воздуха Тв = +20оС. Гидропередача работает в непрерывном режиме. Мощность на входе насоса кВт первого рабочего органа РО1и кВт. ГП в предремонтном состоянии.

**4.2 Параметры бака**

Выбор бака производен из условия отстоя и успокоения жидкости. Этим условиям удовлетворяет бак, объем которого примерно на 25% больше объема жидкости, перекачиваемой всеми насосами за 1-2 минуты (60-120 секунд).

, (4.1),

Площадь бака:

, (4.2)

.

**4.3 Параметры теплообменного аппарата**

Площадь теплообменного аппарата АТ вычислена из условия получения желаемой установившейся температуры МГ:

Ту = Тв + 0,95 РП / (kТ АТ + ε kБ АБ ) , (4.3)

где k – коэффициент теплопередачи, kТ = 30 Вт/(м2·оС), kБ = 10 Вт/(м2·оС);

A – площадь поверхности, м2;

ε ≈ 2 – коэффициент, учитывающий площади других элементов(трубопроводов, распределителей и т.д.);

Тв – температуры воздуха, оС;

РП – мощность теплового потока, поступающего в гидропередачу, кВт.

, (4.4)

где kВ – коэффициент использования передачи по времени в течение смены (принят kВ = 0,8);

η– полный КПД передачи;

Рвх – номинальная мощность передачи.

, (4.5)

где – полный КПД насоса;

– полный КПД гидродвигателя;

– КПД, учитывающий потери механической мощности на пути насос – гидродвигатель – бак.

. (4.6)

Для первого рабочего органа РО1:

,

.

Для второго рабочего органа РО2:

,

.

КПД всей гидропередачи:

.

С учетом износа аппаратов гидропередачи КПД понижен на 20%, т.е. η=0,61(1-0,2) = 0,50.

.

, (4.7)

.

**4.4 Производительность вентилятора**

Производительность вентилятора определена из равенства мощностей тепловых потоков, отдаваемой МГ и получаемой воздухом:

cρQ(TTвх – TTвых) = cв ρв Qв (Tввых – Tв), (4.8)

где (ТТвх - ТТвых) – разность температуры РЖ на входе и выходе АТ;

с, ρ и Q – удельная теплоемкость, плотность и расход МГ (с ≈ 2000 Дж/(кг°⋅С); ρ ≈ 855 кг/м3);

Tввых - Tв–разность температуры воздуха на выходе и входе АТ;

св, ρв и Qв – удельная теплоемкость, плотность и искомый расход воздуха (св ≈ 1010 Дж/(кг°⋅С); ρв ≈ 1,2 кг/м3).

Величина (ТТвх - ТТвых) вычислена из условия, чтобы АТ рассеивал приходящуюся на его долю мощность теплового потока РТ = РП – РБ+Э :

cρQ (ТТвх - ТТвых) = РП - ε kБ АБ (Ту - Тв), (4.9)

.

Температура воздуха на выходе Tввых принята 30˚C.

, (4.10)

**Список литературы**

1. Мокин Н.В. «Объемный гидропривод», метод. указания по выполнению курсовой работы. Н., 1999. 39с.
2. Мокин Н.В. «Гидравлические и пневматические приводы».

 Н. 2004. 353с.

3. СТП СГУПС 01.01 – 2000 «Курсовой и дипломный проекты. Требования к оформлению». Н. 2000. 40с.