

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт «Архитектурно-строительный»
Кафедра «Градостроительство, инженерные сети и системы»

ПРОЕКТ ПРОВЕРЕН

Рецензент
должность

_____ 2017 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой,
к.т.н., доцент

Д.В. Ульрих

_____ 2017 г.

**Реконструкция системы отопления цеха ТОПС и ЦТП трамвайного
депо №2 по адресу г. Челябинск, Свердловский тракт, За.**

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 13.03.01.2017.138.09. ПЗ ВКР**

Консультанты:

Раздел «Автоматизация»

к.т.н., доцент

_____ С.В. Панфёров

_____ 2017 г.

Руководитель проекта:

Старший преподаватель

_____ Ю.В. Кунгурцева

_____ 2017 г.

Автор проекта:

студент группы АС-412

_____ Николаев А.Д.

_____ 2017 г.

Нормоконтролер:

старший преподаватель

_____ Ю.В. Кунгурцева

_____ 2017 г.

Челябинск 2017

АННОТАЦИЯ

Николаев А.Д. "Реконструкция системы отопления цеха ТОПС и ЦТП трамвайного депо №2 по адресу г. Челябинск, Свердловский тракт, 3а"-Челябинск : ЮУрГУ, АС-412,92 с.,6 ил.,6 табл., библиогр. Список-20 наим., 6 листов чертежей ф. А1 Кафедра ГИСС, 2017.

В дипломном проекте запроектирована реконструкция системы отопления цеха ТОПС и ЦТП трамвайного депо №2 по адресу г. Челябинск, Свердловский тракт, 3а.

Выполнен теплотехнический расчет ограждающих конструкций . Произведен расчет системы отопления и аэрации, подобрано оборудование ЦТП.

В разделе “Автоматизация” разработана схема автоматизации приточной установки.

| | | | | | | | | |
|-------------------|----------------|-----------------|----------------|-------------|--|---------------|-------------|---------------|
| | | | | | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | | | |
| <i>Изм</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Зав. каф.</i> | Ульрих Д.В. | | | | "Реконструкция системы отопления цеха ТОПС и ЦТП трамвайного депо №2 по адресу г. Челябинск, Свердловский тракт, | <i>Стадия</i> | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| <i>Н. контр.</i> | Кунгурцева Ю.В | | | | | | 3 | 92 |
| <i>Руководит.</i> | Кунгурцева Ю.В | | | | | Кафедра ГИСС | | |
| <i>Студент</i> | Николаев А.Д | | | | | | | |

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ | 5 |
| 1.1 | Характеристика объекта | 5 |
| 1.2 | Расчетные параметры внутреннего и наружного воздуха | 5 |
| 2 | ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ. 6 | |
| 2.1 | Сопrotивление теплопередаче ограждающих конструкций | 6 |
| 2.2 | Сопrotивление теплопередаче наружной стены | 6 |
| 2.3 | Сопrotивление теплопередаче бесчердачного перекрытия | 9 |
| 2.4 | Выбор заполнения оконного проема | 10 |
| 2.5 | Выбор заполнения дверного проема | 10 |
| 3 | ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОПOTЕРЬ ЗДАНИЯ..... | 12 |
| 3.1 | Теплопотери через ограждающие конструкции..... | 13 |
| 3.2 | Потери теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха | 15 |
| 3.3 | Потери теплоты на нагревание наружного инфильтрующегося воздуха в помещения производственных зданий при естественной вытяжной вентиляции..... | 19 |
| 3.4 | Тепловая мощность системы отопления | 20 |
| 3.5 | Годовые затраты на отопление | 21 |
| 3.6 | Оценка тепловой эффективности здания | 21 |
| 4 | СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ | 24 |
| 4.1 | Описание принятой системы отопления | 24 |
| 4.2 | Тепловой расчет воздушного отопления | 26 |
| 5 | ВОЗДУШНО-ТЕПЛОВЫЕ ЗАВЕСЫ | 28 |
| 5.1 | Описание воздушно-тепловой завесы | 28 |
| 5.2 | Расчет тепловых завес | 31 |
| 6 | КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ..... | 35 |
| 6.1 | Виды систем вентиляции..... | 35 |
| 6.2 | Механическая вентиляция..... | 37 |
| 6.3 | Приточная вентиляция..... | 37 |
| 6.4 | Вытяжная вентиляция | 37 |

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | | | | |

| | | |
|------|---|----|
| 6.5 | Местная вентиляция | 37 |
| 6.6 | Местная приточная вентиляция | 37 |
| 6.7 | Местная вытяжная вентиляция..... | 38 |
| 6.8 | Общеобменная приточная вентиляция..... | 41 |
| 6.9 | Расчет аэрации для теплого периода года | 43 |
| 6.10 | Расчет аэрации для переходного периода года | 46 |
| 7 | ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ ЦТП | 51 |
| 7.1 | Исходные данные для подбора оборудования ЦТП | 51 |
| 7.2 | Описание центрального пункта | 52 |
| 7.3 | Подбор оборудования ЦТП..... | 53 |
| 7.4 | Подбор грязевика..... | 53 |
| 7.5 | Подбор теплообменника | 54 |
| 7.6 | Подбор линии подпитки | 55 |
| 7.7 | Подбор расширительного бака | 58 |
| 7.8 | Подбор регулятора температуры | 58 |
| 7.9 | Подбор теплосчетчика..... | 58 |
| 7.10 | Подбор регулятора перепада давления | 59 |
| 7.11 | Подбор циркуляционного насоса | 61 |
| 8 | СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ЦТП..... | 61 |
| 8.1 | Описание объекта управления | 62 |
| 8.2 | Описание приборов регулирования | 63 |
| 8.3 | Регулирование параметров | 64 |
| 8.4 | Контроль и учет параметров теплоносителя | 65 |
| | ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 65 |
| | БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 66 |
| | ПРИЛОЖЕНИЕ А. Гидравлический расчет системы отопления | 68 |

ВВЕДЕНИЕ

В зимнее время температура в помещениях отапливаемых зданий должна быть выше температуры наружного воздуха. Согласно второму закону термодинамики при наличии разности температур между внутренним и наружным воздухом теплота переходит от тела с более высокой температурой (внутренний воздух) к телу с более низкой температурой (наружный воздух). Происходит это через наружные ограждения здания- стены, окна, двери, потолки и полы. Если потери тепла не компенсировать притоком его от системы отопления, то температура в помещениях будет понижаться до тех пор, пока не сравняется с температурой наружного воздуха. Поэтому необходимость проектирования системы отопления не вызывает сомнений.

В ходе выполнения дипломного проекта требуется запроектировать воздушную систему отопления с водяным теплоносителем, а так же произвести расчет на аэрацию и подбор оборудования в центральном тепловом пункте.

Задачей на проектирование является экономия денежных средств на использовании меньшего количества тепла, подаваемого в отапливаемые помещения, путем добавления в наружные ограждающие конструкции теплоизоляционных слоев.

Объектом на проектирование является система отопления, а предметом, непосредственно, цех ТОПС и ЦТП.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1.1 Характеристика объекта.

Объектом проектирования является система воздушного отопления цеха ТОПС, расположенного в г. Челябинске. Главный фасад здания ориентирован на север. Расчетная географическая широта района строительства - 43°.

Данное здание является однопролетным цехом, а так же имеется в техническом помещении ЦТП.

ЦТП распределяет теплоноситель по 5 помещениям (административный корпус, диспетчерская, насосная, цех ЦПР и цех ТОПС). Одно помещение использует калориферы для поддержания оптимальной температуры в помещении, а в остальных помещениях используются радиаторы. Разводка теплоносителя для воздушного отопления является двухтрубная система с тупиковым движением теплоносителя. Регулировка температуры осуществляется с помощью ручных регуляторов.

1.2 Расчетные параметры наружного и внутреннего воздуха

Расчётные параметры наружного воздуха принимаются по [1].

Для Челябинска температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,92 составляет -34°C.

Продолжительность периода со среднесуточной температурой воздуха равной или ниже 8°C равна 218 суток.

Средняя температура, $t_{от.пер.}$ составляет -6,5 °C.

Скорость ветра составляет 4.5 м/с

Зона влажности территории России — сухая по [2].

Влажностный режим помещений здания — сухой по таблице 1 [2].

Условия эксплуатации ограждающих конструкций - А по [2].

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

2 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ.

2.1 Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций.

Градусосутки отопительного сезона (ГСОП) определяются по формуле :

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от.пер}}) \cdot Z_{\text{от.пер}} \quad (2.1)$$

Где $t_{\text{в}}$ - расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, °С

$t_{\text{от.пер}}$ - средняя температура наружного воздуха, °С

$Z_{\text{от.пер}}$ - продолжительность, сутки, отопительного периода;

$$\text{ГСОП} = (16 + 6,5) \cdot 218 = 4905^{\circ}\text{С} \cdot \text{сут}$$

2.2 Расчет сопротивления теплопередаче наружной стены.

Нормируемое сопротивление теплопередаче для наружной стены определяется из условий обеспечения санитарно-гигиенических требований и определяется по формуле :

$$R_{\text{рег}} = a \cdot D_d + b \quad (2.2)$$

Где D_d - градусосутки отопительного периода;

a, b - коэффициенты, значения которых принимает по данным таблицы для соответствующих групп зданий.

Для наружной стены : $a=0,0002$; $b=1,0$

$$R_{\text{рег}} = 0,0002 \cdot 4905 + 1,0 = 1,98 \frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{С}}{\text{Вт}};$$

В дипломном проекте, выполняем реконструкцию систем отопления. В нашем случае, стена имеет сопротивление теплопередаче равное $0,97 \frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{С}}{\text{Вт}}$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

В целях обеспечения условия $R_0^{\phi} > R_0^{\text{рег}}$, добавим в стеновую конструкцию теплоизоляционный слой минеральной ваты плотностью $100 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Таблица 1.1- характеристика слоев наружной стены

| Слой | $\rho_0, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ | $\delta, \text{м}$ | $\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$ |
|-------------------------------|--|--------------------|---|
| Цементно-песчаный раствор | 1700 | 0,03 | 1,2 |
| кладка из кирпича силикатного | 1800 | 0,54 | 0,7 |
| Минеральная вата стеклянная | 100 | 0,06 | 0,048 |
| Цементно-песчаный раствор | 1700 | 0,02 | 1,2 |

Требуемое сопротивление теплопередаче наружной стены R_0 , определяется по формуле :

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_B} + R_K + \frac{1}{\alpha_H} \quad (2.3)$$

Где R_K - термическое сопротивление теплопроводности для однородной многослойной ограждающей конструкции, состоящей из n слоев, $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$

α_B, α_H - коэффициенты теплоотдачи для внутренней и наружной поверхностей ограждающих конструкций, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$, применяемые по СП 50.13330.2012.

$$R_K = \sum_{i=1}^n R_i, \quad (2.4)$$

Термическое сопротивление конструктивных слоев наружной стены :

$$R = \frac{\delta}{\lambda} \quad (2.5)$$

Где λ - коэффициент теплопроводности, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$

δ -толщина слоя, м

Определим толщину утеплителя из условия :

$$R_0 = R_{reg},$$

$$\delta_3 = \left[R_0 - \left(\frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_H} \right) \right] \cdot \lambda_3 \quad (2.6)$$

$$\delta_3 = \left[1,98 - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,03}{1,2} + \frac{0,54}{0,7} + \frac{0,02}{1,2} + \frac{1}{23} \right) \right] \cdot 0,048 = 0,06 \text{ м}$$

Фактическое сопротивление теплопередаче наружной стеновой панели:

$$R_0^\Phi = \frac{1}{8,7} + \frac{0,03}{1,2} + \frac{0,02}{1,2} + \frac{0,54}{0,7} + \frac{0,06}{0,048} + \frac{1}{23} = 2,22 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$$

$$R_0^\Phi > R_0^{reg}, \text{ т.е.}$$

Данная конструкция наружной стены удовлетворяет требованиям СП 50.13330.2012 “Тепловая защита зданий”.

2.3 Расчет сопротивления теплопередаче бесчердачного покрытия.

Нормируемое сопротивление теплопередаче для бесчердачного покрытия из условия обеспечения требований СП 50.13330.2012 “Тепловая защита зданий”, определяем по формуле (2.2), при $a=0,0002$; $b=1,0$

$$R_{reg} = 0,0002 \cdot 4905 + 1,0 = 1,98 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$$

$$R_0^\Phi = \frac{1}{8,7} + \frac{0,2}{0,17} + \frac{0,03}{1,69} + \frac{1}{23} = 1,35 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$$

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | | | | |

В нашем случае, бесчердачное покрытие имеет сопротивление теплопередаче равное $1,35 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$

В целях обеспечения условия $R_0^\Phi > R_0^{\text{рег}}$, добавим в конструкцию бесчердачного покрытия необходимо добавить слой утеплителя из пеностекла или газостекла с $\rho = 150 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ и $\lambda = 0,06 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$.

Таблица 1.2 – Характеристика слоев бесчердачного покрытия.

| Слой | $\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ | $\delta, \text{м}$ | $\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$ |
|--------------------------------|--------------------------------------|--------------------|---|
| Рубероид | 600 | 0,2 | 0,17 |
| Железобетонная плита ребристая | 2500 | 0,03 | 1,69 |
| Пеностекло | 150 | 0,04 | 0,06 |

Сопротивление теплопередаче $R_{\text{рег}} = 1,98 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$

Определим толщину утеплителя из условия :

$$R_0 = R_{\text{рег}},$$

$$\delta_2 = \left[1,98 - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,2}{0,17} + \frac{0,03}{1,69} + \frac{1}{23} \right) \right] \cdot 0,06 = 0,04 \text{ м}$$

Общая толщина бесчердачного покрытия составляет 0.27 м.

Фактическое сопротивление теплопередаче бесчердачного покрытия:

$$R_0^\Phi = \frac{1}{8,7} + \frac{0,2}{0,17} + \frac{0,03}{1,69} + \frac{0,04}{0,06} + \frac{1}{23} = 2,02 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$$

Данная конструкция бесчердачного покрытия удовлетворяет требованиям СП 50.13330.2012 “Тепловая защита зданий”.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

$$R_0^\Phi > R_{reg} \text{ т.е } 2,02 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} > 1,98 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$$

2.4 Выбор конструкции заполнения оконного проема.

Нормируемое сопротивление теплопередаче для бесчердачного покрытия из условия обеспечения требований СП 50.13330.2012 “Тепловая защита зданий”, определяем по формуле (2.2), при $a=0,00025$; $b=0,2$

$$R_{reg} = 0,00025 \cdot 4905 + 0,2 = 0,32 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$$

Конструкцию для заполнения оконного проема выбираем из однокамерного стеклопакета ($R_0 = 0,34 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$).

2.5 Выбор конструкции заполнения дверного проема

Нормируемое сопротивление теплопередаче для заполнения дверного проема из условия обеспечения требований СП 50.13330.2012 “Тепловая защита зданий”, определяем по формуле (2.2), при $a=0,00025$; $b=0,2$

$$R_{reg} = 0,00025 \cdot 4905 + 0,2 = 0,32 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$$

Сопротивление теплопередаче ворот в цехе не удовлетворяет условиям

$R_0^\Phi > R_{reg}$; $0,3 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} < 0,32 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$. В целях реконструкции систем отопления и выполнения условия, заменяем ворота на подъемно поворотные ворота с сопротивлением теплопередаче $0,4 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$

Таким образом, выполняется условие $R_0^\Phi > R_{reg}$; $0,4 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} > 0,32 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | | |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | |
| | | | | | | Лист |

Таблица 2.3 Теплотехническая характеристика ограждающих конструкций

| Наименование конструкции | $R_0^{reg}, \frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$ | $R_0^\Phi, \frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$ | $K = \frac{1}{R_0^\Phi}, \frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C}$ | $\delta, мм$ |
|--------------------------|--|---|---|--------------|
| Наружная стена | 1,98 | 2,22 | 0,45 | 650 |
| Бесчердачное перекрытие | 1,98 | 2,02 | 0,49 | 270 |
| Оконный проем | 0,32 | 0,34 | 2,94 | - |
| Дверной проем | 0,32 | 0,4 | 2,5 | - |

Потери теплоты через отдельные ограждающие конструкции Q_i , Вт, определяется по формуле:

$$Q_i = A_i \cdot K_i \cdot (t_n - t_h) \cdot n_i \cdot (1 + \sum \beta_i) \quad (2.7)$$

Где A_i - Расчетная площадь ограждающих конструкций, $м^2$;

K_i – коэффициент теплопередачи отдельного ограждения, $\frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C}$;

t_h – Расчетная температура наружного воздуха, равная средней температуре холодной пятидневки обеспеченностью 0.95, равно $-34^\circ C$;

t_n – расчетная температура помещения, $^\circ C$;

β_i – добавочные потери теплоты в долях основных потерь;

n_i - коэффициент учета положения наружной поверхности ограждения по отношению к наружному воздуху.

3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОПOTЕРЬ ЗДАНИЯ

3.1 Теплотери через ограждающие конструкции

Таблица 3.1- Характеристика ограждающих конструкций

| Показатель | Наружная ограждающая конструкция | | | | | |
|--|----------------------------------|------------|------------|------------|------------|--|
| | Наружная стена | Пол 1 зона | Пол 2 зона | Пол 3 зона | Пол 4 зона | Перекрытие над неотапливаемым подвалом |
| Площадь А, м ² | 291,6 | 144 | 144 | 144 | 2628 | 3060 |
| Коэффициент теплопередачи k Вт/(м ² · °С) | 0,45 | 0,35 | 0,23 | 0,11 | 0,07 | 0,49 |

1) Наружная стена 1(НС 1)

$$A_{нс1}=36 \cdot 8,1 = 291,6 \text{ м}^2$$

Ориентация ограждения – С, следовательно $\beta = 0,1$;

Теплотери наружной стены определяем по формуле (2.1)

$$Q_{нс1} = 291,6 \cdot 0,45 \cdot (16 + 34) \cdot 1 \cdot (1 + 0,1) = 7217 \text{ Вт.}$$

2) Наружная стена 2 (НС 2)

$$A_{нс1}=36 \cdot 8,1 = 291,6 \text{ м}^2$$

Ориентация ограждения – С , следовательно $\beta = 0,1$;

Теплотери наружной стены определяем по формуле (2.1)

$$Q_{нс1} = 291,6 \cdot 0,45 \cdot (16 + 34) \cdot 1 \cdot (1 + 0,1) = 7217 \text{ Вт.}$$

3) Теплопотери через окна (С)

Ориентация ограждения – С , следовательно $\beta = 0,1$;

$$A_{ок1}=2 \cdot 120 = 240 \text{ м}^2$$

$$K_{ок}^{расч} = K_{ок} - K_{нс} = 2,94 - 0,45 = 2,49 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$$

Теплопотери оконного проема определяем по формуле (1.1)

$$Q_{ок} = 240 \cdot 2,49 \cdot (16 + 34) \cdot 1 \cdot (1 + 0,1) = 32868 \text{ Вт.}$$

4) Теплопотери через окна (С)

$$A_{ок2}=2 \cdot 96 = 192 \text{ м}^2$$

Ориентация ограждения – С , следовательно $\beta = 0,1$

Теплопотери оконного проема определяем по формуле (2.1)

$$Q_{ок} = 192 \cdot 2,49 \cdot (16 + 34) \cdot 1 \cdot (1 + 0,1) = 26294 \text{ Вт.}$$

Итого теплопотери в цехе через окна : $Q_{ок} = 32868+26294=59162 \text{ Вт}$

5)Теплопотери через пол

$$A_{пл} = 85 \cdot 36 = 3060 \text{ м}^2$$

1 зона :

$$A_{1з} = 2 \cdot 36 \cdot 2 = 144 \text{ м}^2$$

$$Q_{1з} = 144 \cdot 0,35 \cdot (16 + 34) \cdot 1 \cdot 1 = 2520 \text{ Вт.}$$

2 зона :

$$A_{2з} = 2 \cdot 36 \cdot 2 = 144 \text{ м}^2$$

$$Q_{2з} = 144 \cdot 0,23 \cdot (16 + 34) \cdot 1 \cdot 1 = 1656 \text{ Вт.}$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | <i>13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР</i> | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

3 зона :

$$A_{33} = 2 \cdot 36 \cdot 2 = 144 \text{ м}^2$$

$$Q_{33} = 144 \cdot 0,11 \cdot (16 + 34) \cdot 1 \cdot 1 = 792 \text{ Вт.}$$

4 зона :

$$A_{43} = 36 \cdot 73 = 2628 \text{ м}^2$$

$$Q_{43} = 2628 \cdot 0,07 \cdot (16 + 34) \cdot 1 \cdot 1 = 9198 \text{ Вт.}$$

6) Теплопотери через потолок

$$A_{\text{пт}} = 85 \cdot 36 = 3060 \text{ м}^2$$

$$Q_{\text{пт}} = 3060 \cdot 0,49 \cdot (16 + 34) \cdot 1 \cdot 1 = 71971 \text{ Вт.}$$

7) Теплопотери через ворота

$$A_{\text{дв}} = 54 \cdot 5 = 270 \text{ м}^2$$

$$Q_{\text{дв}} = 270 \cdot 1,29 \cdot (16 + 34) \cdot 1 \cdot 1,1 = 19156 \text{ Вт.}$$

8) Теплопотери на нагрев холодных вагонов, трамваев.

$$Q_{\text{вг}} = 281010 \text{ Вт}$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | <i>13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР</i> | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

Таблица 3.2 – Теплотери цеха через ограждающие конструкции

| № | Ограждение | Площадь, м ² | Теплотери, Вт |
|--------------------------------|-------------------|-------------------------|---------------|
| 1 | Наружная стена 1 | 291,6 | 7217 |
| 2 | Наружная стена 2 | 291,6 | 7217 |
| 3 | Окна | 432 | 59162 |
| 4 | Пол | 3060 | 14166 |
| 5 | Потолок | 3060 | 71971 |
| 6 | Ворота | 270 | 19156 |
| 7 | На нагрев вагонов | 281010 | 281010 |
| Суммарные теплотери через НОК: | | | 459899 |

3.2 Потери теплоты на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха через ограждающие конструкции

Расход теплоты на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха Q_i , Вт/м², следует определять по формуле :

$$Q_i = 0,28 \cdot \sum G_i \cdot c \cdot (t_B - t_H) \cdot k, \quad (3.1)$$

Где c - удельная теплоемкость воздуха , равная 1 кДж/(кг· °С);

k - коэффициент учета влияния встречного теплового потока в конструкциях;

G_i – расход инфильтрующегося воздуха , кг/ч.

Расход воздуха, инфильтрующегося в помещение через окна, определяется по формуле :

$$G_i^{ок} = 0,216 \frac{\Delta p_i^{\frac{2}{3}}}{R_{и}} \cdot A_{ок} \quad (3.2)$$

Расход воздуха для дверей вычисляется по формуле :

$$G_i^{\text{нд}} = \frac{\Delta p_i^{\frac{1}{2}}}{R_{\text{и}}} \cdot A_{\text{дв}} \quad (3.3)$$

Где p_i – расчетная разность давлений на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций на расчетном этаже, Па;

$R_{\text{и}}$ – сопротивление воздухопроницанию, $(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})/\text{кг}$;

$R_{\text{и}} = 0,14(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})/\text{кг}$ (для наружных дверей);

$$\Delta p_i = (H_{\text{зд}} - h_i) \cdot g \cdot (p_{\text{н}} - p_{\text{в}}) + 0,5 \cdot V_{\text{н}}^2 \cdot p_{\text{н}} \cdot (c_{\text{н}} - c_{\text{з}}) \cdot k_i - P_0 \quad (3.4)$$

Где h_i – расчетная высота от уровня земли до верха окон, дверей;

$p_{\text{н}}, p_{\text{в}}$ – плотность соответственно наружного и внутреннего воздуха в помещении, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$$p = \frac{353}{273+t} \quad (3.5)$$

$V_{\text{н}}$ – скорость ветра за январь, м/с;

$c_{\text{н}}, c_{\text{з}}$ – аэродинамический коэффициент на наветренной и заветренной сторонах здания;

$$c_{\text{н}} = 0,8$$

$$c_{\text{з}} = -0,6$$

k_i – коэффициент учета изменения скоростного давления ветра по высоте здания;

P_0 – условно постоянное давление воздуха в здании, Па;

$$P_0 = 0,5 \cdot H_{\text{зд}} \cdot g \cdot (p_{\text{н}} - p_{\text{в}}) + 0,25 \cdot V_{\text{н}}^2 \cdot p_{\text{н}} \cdot (c_{\text{н}} - c_{\text{з}}) \cdot k_i; \quad (3.6)$$

Расчет потерь теплоты на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха через ограждающие конструкции:

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | | | | |

1) Плотность воздуха:

- В помещении: $p_{в} = \frac{353}{273+16} = 1,22 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

- Плотность наружного воздуха: $p_{н} = \frac{353}{273-34} = 1,47 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

2) $P_0 = 0,5 \cdot 8 \cdot 9,81 \cdot (1,47 - 1,22) + 0,25 \cdot 4,5^2 \cdot 1,47 \cdot (0,8 + 0,6) \cdot 0,75 = 9,81 + 7,81 = 17,62 \text{ Па}$;

3) На высоте 3 метра :

$P_3 = 0,5 \cdot (8 - 3) \cdot 9,81 \cdot (1,47 - 1,22) + 0,25 \cdot 4,5^2 \cdot 1,47 \cdot (0,8 + 0,6) \cdot 0,4 = 6,31 + 4,16 = 10,47 \text{ Па}$;

4) На высоте 6 метров :

$P_6 = 0,5 \cdot (8 - 6) \cdot 9,81 \cdot (1,47 - 1,22) + 0,25 \cdot 4,5^2 \cdot 1,47 \cdot (0,8 + 0,6) \cdot 0,75 = 2,45 + 4,16 = 6,63 \text{ Па}$;

5) Определение условного давления в помещениях P_x из уравнения воздушного баланса при условии перетекания инфильтрующегося воздуха через окна при отсутствии организованной вентиляции .

- Средняя площадь окна $A_{ок} = 2 \text{ м}^2$,

- Площадь внутренних ворот $A_{дв} = 4 \cdot 6 = 24 \text{ м}^2$,

- Сопротивление воздухопроницанию для стеклопакета $R_{иок} = 0,26 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}}{\text{кг}}$

- Сопротивление Ворот $R_{ив} = 0,3 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}}{\text{кг}}$

Уравнение воздушного баланса помещения цеха имеет вид :

$$0,216 \cdot (P - P_x)^{\frac{2}{3}} \cdot \frac{A_{ок}}{R_{иок}} = (P_x - P)^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{A_{дв}}{R_{идв}} \quad (3.7)$$

Для высоты 3 метров :

$$0,216 \cdot (10,47 - P_x)^{\frac{2}{3}} \cdot \frac{2}{0,26} = (P_x - 17,62)^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{24}{0,3}$$

$$(10,47 - P_x)^{\frac{2}{3}} \cdot 1,66 = 80 \cdot (P_x - 17,62)^{\frac{1}{2}}$$

В результате этого уравнения найдем $P_x = 9 \text{ Па}$.

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | | | | |

Для высоты 6 метров :

$$0,216 \cdot (6.63 - P_x)^{\frac{2}{3}} \cdot \frac{2}{0.26} = (P_x - 17.62)^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{24}{0,3}$$

$$(6.63 - P_x)^{\frac{2}{3}} \cdot 1.66 = 80 \cdot (P_x - 17.62)^{\frac{1}{2}}$$

В результате этого уравнения найдем $P_x = 5$ Па.

б) Определение расчетной разности давлений:

$$\Delta P_3 = 10.47 - 9 = 1.47 \text{ Па}$$

$$\Delta P_6 = 6.63 - 5 = 1.63 \text{ Па}$$

$$\Delta P_i = \Delta P_3 - \frac{\Delta P_3 - \Delta P_6}{H}$$

$$\Delta P_i = 1.47 - \frac{1.47 - 1.63}{8.1} = 1.48 \text{ Па}$$

Положительная разность давлений свидетельствует нам о том, что присутствует инфильтрация через неплотности ограждений.

7) Удельный расход воздуха, инфильтрующегося через 1 м^2 окна определяется по формуле 3.2

Для высоты 3 метра :

$$G_3 = 0.216 \cdot \frac{1.47}{0,26} \cdot 2 = 2,44 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч}}$$

Для высоты 6 метров :

$$G_3 = 0.216 \cdot \frac{1.63}{0,26} \cdot 2 = 2,7 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч}}$$

8) Расход теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха через 1 м^2 окна определяется по формуле:

$$Q_{\text{инф}} = 0,28 \cdot 2,44 \cdot 1 \cdot (16 + 34) \cdot 0,8 = 27,32 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

Через окна площадью два метра квадратных соответственно : $Q_{\text{инф}} = 54.65 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$

| | | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------------|--|--|--|------|--|
| | | | | | | | | | Лист | |
| | | | | | | | | | | |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | | | | | |

3.3 Потери теплоты на нагревание наружного инфильтрующегося воздуха в помещения производственных зданий при естественной вытяжной вентиляции

Расход теплоты Q_i^B , Вт, на нагревание инфильтрующегося воздуха зданий при естественной вытяжной вентиляции не компенсируемого подогретым приточным воздухом, определяется по формуле:

$$Q_i^B = 0.28 \cdot L_{\Pi} \cdot \rho_{\text{н}} \cdot c \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot \beta, \quad (3.8)$$

Где L_{Π} – расход удаляемого воздуха, на компенсируемый подогретым приточным воздухом, $\text{м}^3/\text{ч}$.

В производственных зданиях в холодный период года разрешено предусматривать при техническом обосновании отрицательный дисбаланс в объеме не более 0,5 воздухообмена в 1 ч в помещениях высотой 6 м и менее, и не более $3\text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 пола в помещениях высотой более 6 м. Для производственных зданий удельный нормативный расход $1\text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 .

$$L_{\Pi} = 1 \cdot A_{\text{пл}}$$

$$t_{\text{в}} = 16^{\circ}\text{C}$$

По плану: $A_{\text{пл}} = 3060\text{ м}^2$

$$L_{\Pi} = 1 \cdot 3060 = 3060 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

$$Q_i^B = 0.28 \cdot 3060 \cdot 1,47 \cdot 1 \cdot (16 + 34) \cdot 0,8 = 50379\text{Вт}$$

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | | | | |

3.4 Тепловая мощность системы отопления

Тепловая мощность системы отопления складывается из суммы теплопотерь через наружные ограждающие конструкции помещения, и большей из величин, полученных при определении потерь на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха через ограждающие конструкции помещений и инфильтрующегося воздуха, поступающего в помещение производственных зданий при естественной вытяжной вентиляции, некомпенсируемого подогретым приточным воздухом, Исходя из этого, уравнение теплового баланса расходов теплоты имеет вид :

$$\sum Q = Q_{огр} + \max\left(\frac{Q_i^B}{Q_i}\right) - Q_6 + Q_э \quad (3.9)$$

Числовые значения всех величин, входящих в формулу, сведены в таблицу и определяется нехватка теплоты, которая должна компенсироваться системой отопления.

Мощность системы отопления:

$$Q_{от} = Q_{зд} = 459899 + 50379 = 510278 \text{ Вт}$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

3.5 Годовые затраты теплоты на отопление

Затраты теплоты на отопление определяются по формуле :

$$Q_{\text{год}}^{\text{от}} = 3600 \cdot t_{\text{нр}} \cdot Q_{\text{от}} \cdot Z_{\text{от.пер}} \cdot \frac{(t_{\text{п}} - t_{\text{от}})}{(t_{\text{п}} - t_{\text{н.р}})} \quad (3.10)$$

Где $t_{\text{нр}}$ – температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 – минус 34 °С

$t_{\text{от}}$ – средняя температура за отопительный период - 6,5°С

$Z_{\text{от.пер}}$ – продолжительность отопительного периода 218 сут.

$Q_{\text{от}}$ – тепловая мощность системы $Q_{\text{от}} = 510278$ Вт.

$t_{\text{п}}$ – температура цеха, 16 °С

Годовые затраты теплоты на отопление здания равны :

$$Q_{\text{год}}^{\text{от}} = 3600 \cdot 34 \cdot 510278 \cdot 218 \frac{(16+6.5)}{(16+34)} = 6127,1 \text{ ГДж/ч}$$

3.6 Оценка тепловой эффективности здания

Для теплотехнической оценки объемно- планировочных решений и для расчета теплопотерь здания пользуются показателем- удельная тепловая характеристика здания q_p :

$$q_p = \frac{\sum Q_{\text{огр}}}{V_{\text{н}} \cdot (t_{\text{п}} - t_{\text{н}})} \quad (3.11)$$

Где $\sum Q_{\text{огр}}$ – расчетные теплопотери через наружные ограждения, Вт ;

$V_{\text{н}}$ - объем отапливаемого здания, м³;

Получаемая величина должна удовлетворять условию $q_p \leq q$

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | | | | |

Определяем величину q по формуле :

$$q = q_0 \cdot \beta_t \quad (3.12)$$

Где q_0 – удельная тепловая характеристика, соответствующая разности температур : $\Delta t_0 = 16 + 34 = 50^\circ\text{C}$

β_t – температурный коэффициент, учитывающий отклонение фактической, от расчетной разности температур :

$$\beta_t = 0.54 + \frac{22}{t_{\text{п}} - t_{\text{н}}} \quad (3.13)$$

Величина q_0 может быть определена по формуле Ермолаева :

$$q = 1,08 \left\{ \frac{P}{A_{\text{зд}}} \cdot [K_{\text{нс}} + d \cdot (K_{\text{ок}} - K_{\text{нс}})] + \frac{1}{H_{\text{зд}}} \cdot (0,9 \cdot K_{\text{пт}} + 0,6 \cdot K_{\text{пл}}) \right\} \quad (3.14)$$

Где P - периметр здания, м;

$H_{\text{зд}}$ - высота здания, м;

$K_{\text{ок}}$; $K_{\text{нс}}$; $K_{\text{пт}}$; $K_{\text{пл}}$ - коэффициенты теплопередачи наружной стены, окна, перекрытия, Вт/(м²· °С)

1,08- коэффициент учитывающий бесполезные потери тепла.

$$q = 1,08 \left\{ \frac{242}{3060} \cdot [0,45 + 0,52 \cdot (2,94 - 0,45)] + \frac{1}{8,1} \cdot (0,9 \cdot 0,49 + 0,6 \cdot 0,209) \right\}$$
$$= 0,21 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$q = 0,21 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}} \leq q_{\text{тр}} 0,267 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}} \Rightarrow \text{условие выполняется}$$

$$A_{\text{общ}} = 3060 \cdot 3 = 9180 \text{ м}^2$$

$$q_1 = \frac{510278}{9180} = 50,0 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}}$$

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | | | | |

Удельный расчетный расход теплоты на отопление производственных зданий
на 1 м²

$$q_{reg} = 259 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_1^{reg} \cdot \beta_t = 57 \cdot 0.955 = 54.44 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_1 = 50.0 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \leq q_1^{reg} = 54.44 \text{ Вт/м}^2 - \text{условие тепловой эффективности}$$

выполняется

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

4 СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ

4.1 Описание принятой системы отопления

Системы отопления цеха ТОПС запроектирована воздушная с помощью воздушно-отопительных агрегатов "Volcano" фирмы "VTS". В качестве теплоносителя используется вода с параметрами 90-65°C. Схема присоединения системы к тепловым сетям - независимая. Разводка трубопроводов запроектирована горизонтальная двухтрубная с тупиковым движением теплоносителя.

Регулирование внутренней температуры воздуха в цехе осуществляется с помощью регуляторов скорости вращения вентиляторов воздушно-отопительных агрегатов, поставляемых в комплекте с ними. На подающих подводках воздушно-отопительных агрегатов установлены запорные шаровые краны фирмы "ITAP", а на обратных - ручные балансировочные клапаны типа USV-I фирмы "Danfoss" для увязки системы.

Для предотвращения врывания холодного воздуха через открытые ворота цеха запроектированы боковые воздушно-тепловые завесы, состоящие из канальных приточных установок фирмы "NED" и воздухопроводов равномерной раздачи, выполненных из оцинкованной стали, соответствующих ГОСТ 14918-80. Подача воздуха осуществляется через двухрядные щелевые воздухораспределители типа ЛД2 фирмы "СЕЗОН". Система теплоснабжения воздушно-тепловых завес запроектирована с учётом того, что одновременно открыты 4 ворот из 12 и работает 4 воздушно-тепловых завесы. Регулирование температуры воздушно-тепловых завес осуществляется с помощью смесительных узлов с двухходовыми регулирующими клапанами типа VB2 фирмы "Danfoss" в комплекте с электроприводом. В нерабочем режиме регулирующий клапан закрыт, а циркуляционный насос работает для защиты системы от размораживания. В качестве теплоносителя используется сетевая вода с параметрами 110-70°C. Схема присоединения системы к тепловым сетям -

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | | | | |

зависимая. Разводка трубопроводов запроектирована горизонтальная двухтрубная с тупиковым движением теплоносителя.

Трубопроводы систем отопления и теплоснабжения воздушно-тепловых завес цеха выполнены из сшитого полиэтилена, PN6 фирмы "Uponor", соответствующих ГОСТ Р 52134. Магистральные трубопроводы системы теплоснабжения воздушно-тепловых завес выполнены с труб стальных прямошовных соответствующих ГОСТ 10704-91.

Удаление воздуха из системы отопления осуществляется через автоматические воздухоотводчики в верхних точках системы; опорожнение - через дренажные шаровые краны в низших точках системы. Магистральные трубопроводы проложить с уклоном 0,003 в сторону теплового узла. В проекте заложена арматура фирмы "ITAP".

Для предотвращения наружной коррозии все стальные трубопроводы необходимо отшкурить и покрыть грунтом ГФ-020 в 2 слоя и краской БТ-177 в 1 слой

Трубопроводы системы теплоснабжения ВТЗ покрыть тепловой изоляцией из вспененного каучука с полимерным покрытием "K-Flex ST IN CLAD" толщиной 13 мм.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

4.2 Тепловой расчет системы воздушного отопления

Максимальная теплотребность для цеха определяется по формуле :

$$Q_{\text{п}} = G_{\text{от}} \cdot c \cdot (t_{\text{г}} - t_{\text{в}}). \quad (4.1)$$

Через формулу выведем расход нагретого воздуха $G_{\text{от}}$ кг/с, для отопления помещения:

$$G_{\text{от}} = \frac{Q_{\text{п}}}{c \cdot (t_{\text{г}} - t_{\text{в}})} \quad (4.2)$$

Где c - удельная массовая теплоемкость воздуха, равная 1,005 Дж/(кг · °С).

Для получения расхода воздуха в кг/ч следует выражение (4.1) умножить на 3600.

Объем подаваемого воздуха $L_{\text{от}}$, м³/ч, при температуре $t_{\text{г}}$ нагретого воздуха:

$$L_{\text{от}} = \frac{G_{\text{от}}}{\rho_{\text{г}}} \quad (4.3)$$

Назначаем длину зоны обслуживания помещения одним агрегатом :

9 метров.

Принимаем предварительную подачу воздуха и назначаем ширину зоны обслуживания: 12 метров.

Объем обслуживаемой ячейки равен :

$$V_{\text{об}} = 8,1 \cdot 12 \cdot 9 = 875 \text{ м}^3$$

Находим требуемую производительность теплового агрегата :

$$Q = 0.79 \cdot 875 \cdot (16 + 6,5) = 15553 \text{ Вт.}$$

По каталогу подбираем воздухонагреватели “Volcano” фирмы “VTS” мощностью : 20 кВт.

Ширина зоны обслуживания 12 метров.

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | | | | |

Определим необходимое число агрегатов:

$$N = \frac{36 \cdot 85}{9 \cdot 12} = 28 \text{ шт.}$$

Высота агрегатов 6.5 метров от грунта.

Требуемая теплопроизводительность агрегата:

$$Q = \frac{0.79 \cdot 24786 \cdot (16 + 6,5)}{28} = 18230 \text{ Вт}$$

Температура подаваемого воздуха : $t = 50^\circ\text{C}$

Расход воздуха одним воздухонагревателем:

$$Q = \frac{3.6 \cdot 18230}{1.005 \cdot (50 - 16)} = 1657 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

Гидравлический расчет системы отопления представлен в приложении А.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | <i>13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР</i> | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

5 ВОЗДУШНО-ТЕПЛОВЫЕ ЗАВЕСЫ

5.1 Описание воздушно-тепловой завесы

Воздушно-тепловая завеса предназначена для защиты помещений от проникновения холодного воздуха через открытые проемы — окна, двери, ворота и т.п.

Конструкция тепловой завесы можно описать так : внутри металлического корпуса размещены электродвигатель с вентилятором и нагревательный элемент .Это устройство обычно устанавливается сверху (над проемом) и создаёт мощный поток воздуха, направленный вниз невидимая преграда не дает холодному воздуху попасть внутрь помещения. Воздушная завеса будет полезна и летом — она поможет удержать в помещении прохладный воздух и не допустить попадания в помещение пыли и насекомых.

Из-за простоты конструкции тепловых завес, их выбор значительно сложнее выбора обогревателя воздуха.

Одна из основных характеристик, на которую необходимо обращать внимание при выборе завесы — это высота ее установки, то есть расстояние от нижнего края отопительного прибора до пола. При стандартной установке это расстояние равно или чуть больше высоты защищаемого проема.

Расположение отопительного агрегата по высоте определяется «качеством» и скоростью воздушного потока на выходе из устройства. Правильно спроектированное оборудование должно создавать равномерный поток воздуха определенной ширины, который имеет скорость 8 — 10 м/с на выходе из сопла и около 3 м/с на уровне пола. Создание определенного потока требует применение сложного в изготовлении и из-за этого дорогого центробежного вентилятора. Цена такой тепловой завесы напрямую зависит от параметров вентилятора — его длины, скорости вращения, формы лопастей, качества балансировки и т.п. Именно они определяют производительность по воздуху,

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

которая показывает, какой объем воздуха прогоняет через себя прибор за один час. Например, для стандартного дверного проема, имеющего высоту 3 метра и ширину около 80 см, должно иметь производительность не менее 800-900 м³/ч. Чем длиннее прибор, тем выше должна быть его производительность при одинаковой высоте установки.

Если тепловая завеса будет установлена на большей высоте, чем рекомендовано в документации, то она не сможет воспроизвести воздушный барьер с заданными параметрами, и через нижнюю часть проема в помещение будет проникать с улицы, холодный воздух в цех. Высота установки приводится в технических каталогах, но разные производители рассчитывают высоту по разным методам и она может различаться у различных производителей. В данной выпускной квалификационной работе будем основываться на методике расчета фирмы VTS. Для определения требуемой высоты установки тепловой завесы, достаточно выбрать из модельного ряда VTS прибор с подходящими характеристиками(в данном случае этими характеристиками являются длина и производительность по воздуху).

Для уменьшения стоимости оборудования производители идут на различного рода шаги. Например, вместо одного вентилятора длиной 100 см устанавливают два небольших по размерам 40-45 см и между ними располагают двигатель. Данного рода конструкция приводит к провалу в центральной части воздушного потока. Иногда для повышения скорости потока воздуха сечение делают специально уже – это позволяет снизить производительность устройства, сохранив высокую мощность потока. Однако узкий поток воздуха становится неустойчивым, и даже легкий порыв ветра может преодолеть такую воздушную завесу.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | <i>13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР</i> | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

Под мощностью понимается мощность встроенных нагревательных элементов, так как мощность, потребляемая вентилятором, достаточно мала. В отличие от обогревателей воздуха, мощность тепловой завесы не является решающей характеристикой, поскольку защитные свойства воздушного потока определяются его скоростью, а не температурой. Тем не менее, большинство агрегатов имеет нагревательные элементы, благодаря которым тепловая завеса умеет не только отсекал наружный воздух, но и нагревать воздух в помещении.

Длина прибора должна быть равна или немного больше ширины защищаемого проема. Если проем очень широкий, можно установить несколько приборов рядом друг с другом, однако в этом случае в районе их стыка возможно уменьшение скорости воздушного потока. Для широких проемов рекомендуется установка вертикальных тепловых завес, которые устанавливаются по бокам от проема. Водяные тепловые завесы имеют водяной калорифер. Водяные тепловые завесы требуют применения более сложной системы автоматики для предотвращения замерзания и разрыва калорифера в холодное время года и поэтому имеют более высокую цену чем электрические воздушные завесы. Боковая тепловая завеса позволяет снизить стоимость оборудования в том случае, если ширина проема существенно больше его высоты. Тогда дешевле установить одну высокопроизводительную вертикальную завесу, чем несколько менее производительных горизонтальных устройств. Тем более, что в отличие от горизонтальной, длина вертикальной завесы может составлять только 75-80 процентов от высоты проема.

В зависимости от места установки относительно проема вертикальные завесы могут быть левого, правого и смешанного типа (справа и слева) исполнения. Так же существуют промышленные приборы, которые допускают как горизонтальную, так и вертикальную установку.

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|--------------|-------------|------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подп.</i> | <i>Дата</i> | | |

Устанавливать тепловую завесу в положении, для которого она не предназначена, не рекомендуется, так как это может привести к поломке оборудования. Для защиты больших проемов 5-8 метров, могут применяться устройства, которые создают поток воздуха, направленный снизу вверх. В этом случае прибор размещается сбоку от ворот, а подача воздуха производится через специальный канал расположенный на полу по всей ширине проема.

Завесы управляются с помощью встроенного или выносного (проводного или инфракрасного) пульта управления. Выносной пульт может входить в комплект, но иногда его нужно подбирать отдельно к оборудованию. С пульта можно регулировать скорость вентилятора (производительность) и мощность нагревательных элементов (несколько ступеней мощности от 20 до 100 %). Если прибор должен автоматически поддерживать заданную температуру, к нему необходимо подключить термостат, который будет управлять включением или выключением ТЭНов в зависимости от заданной температуры в помещении.

5.2 Расчет тепловых завес

Общий расход воздуха для завесы смесительного типа определяется по формуле:

$$G_{Т.З} = \frac{5100 \cdot k \cdot \mu_{ВХ} \cdot F_{ВХ} \cdot (t_{СМ} - t_{Н}) \cdot \sqrt{\Delta p \cdot \rho_{Н}}}{t_{ТЗ} - t_{СМ}} \quad (5.1)$$

Где k - поправочный коэффициент

$\mu_{ВХ}$ -коэффициент расхода входа, зависящий от его конструкции

$F_{ВХ}$ - площадь одной открываемой створки наружных входных ворот, м².

Δp - разность давлений воздуха снаружи и внутри помещения, на уровне проема, оборудованной тепловой завесой, кг/м³

$\rho_{Н}$ – удельный вес наружного воздуха, кг/м³.

| | | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | | | | | |

Расчетная разность давлений составляет, кгс/м³:

$$\Delta p = g \cdot h \cdot (p_H - p_B) \quad (5.2)$$

Где h - расстояние по вертикали от центра проема, оборудованного завесой, до уровня равных давлений снаружи и внутри здания.

p_H, p_B – удельный вес воздуха соответственно при наружной и внутренней температуре, кгс/м³.

Тепловую мощность $Q_{Т.з.}$ ккал/ч, калориферов воздушно-тепловой завесы определяют по формуле:

$$Q_{Т.з.} = 0,28 \cdot G_{Т.з.} \cdot (t_{Т.з.} - t_0) \quad (5.3)$$

Где t_0 - температура воздуха забираемого воздуха на нужды тепловой завесы.

Определим плотности наружного и внутреннего воздуха по формуле :

$$p_H = \frac{353}{273+t_H} \quad (5.4)$$

$$p_H = \frac{353}{273 - 34} = 1,48 \frac{\text{КГС}}{\text{М}^3}$$

$$p_B = \frac{353}{273+t_B} \quad (5.5)$$

$$p_B = \frac{353}{273 + 12} = 1,24 \frac{\text{КГС}}{\text{М}^3}$$

$$h = 0,5 \cdot 5 = 2.5 \text{ м}$$

$$\Delta p = 9.81 \cdot 2.5 \cdot (1.48 - 1.24) = 5,88 \text{ Па.}$$

$$G_{Т.з.} = \frac{5100 \cdot 0,04 \cdot 0,7 \cdot 20 \cdot (12 + 34) \sqrt{5,88 \cdot 1,48}}{50 - 12} = 10164 \frac{\text{КГ}}{\text{Ч}}$$

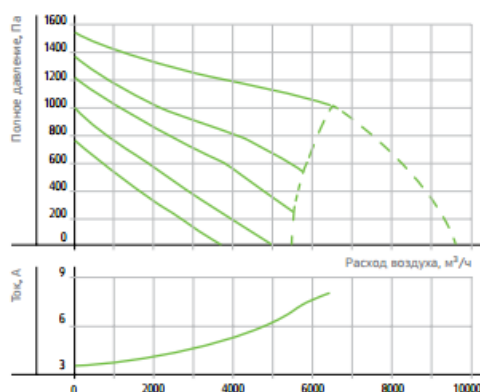
$$Q_{Т.з.} = 0,28 \cdot 10164 \cdot (50 - 12) = 108144 \text{ Вт}$$

К установке принимаем 24 ВТЗ типа VR 90-50/45.4D

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

| | | VR 90-50/45.4D |
|---|----------------|----------------|
| Напряжение питания | В | 3-380 |
| Потребляемая мощность | Вт | 4920 |
| Ток | А | 8,3 |
| Макс. расход воздуха | м³/ч | 6558 |
| Макс. полное давление | Па | 1544,3 |
| Частота вращения | об/мин | 1265 |
| Диапазон температур перемещаемого воздуха | °С | -30...+40 |
| Масса | кг | 96,2 |
| Степень защиты | | IP54 |
| Тип термозащиты | | STDT 16 |
| Силовой кабель | | ВВГ 4х1,5 |
| Кабель цепи защиты | | ПВС 2х0,75 |
| Регулятор производительности | бесступенчатый | FC-051P4K0 |

VR 90-50/45.4D



| Режим работы | Уровень звука L, дБА | Уровень звуковой мощности (L _w , дБА) в октавных полосах частот, Гц | | | | | | | |
|-------------------|----------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Шум на всасывании | 85,7 | 59,7 | 60,5 | 68,7 | 70,1 | 75,2 | 75,5 | 73,3 | 67,5 |
| Шум на нагнетании | 91,6 | 61,7 | 69 | 73,9 | 79,3 | 82,8 | 80,3 | 77,2 | 71,6 |
| Шум через корпус | 71,2 | 52,3 | 58,6 | 57,6 | 56,2 | 59,3 | 57,1 | 57 | 53,7 |

Условия испытаний: P_{ст}=1110Па

Рисунок 5.1- Технические характеристики установки.

Для переключения режимов расхода воздуха тепловой завесы укомплектовываются пультом управления. При правильно подобранной тепловой завесе и наличии смесительного узла пульт управления позволяет поддерживать требуемую температуру воздуха вблизи проема путем изменения производительности и тепловой мощности завесы.

| | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
|-----|------|----------|-------|------|

13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР

Лист

6 КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ.

6.1 Виды систем вентиляции.

Вентиляцией называется совокупность мероприятий и устройств, используемых при организации воздухообмена для обеспечения заданного состояния воздушной среды в помещениях и на рабочих местах в соответствии со СНиП (Строительными нормами).

Системы вентиляции обеспечивают поддержание допустимых метеорологических параметров в помещениях различного назначения. При всем многообразии систем вентиляции, обусловленном назначением помещения, характером технологического процесса, видом вредных выделений и т.п., их можно классифицировать по следующим характерным признакам:

По способу создания давления для перемещения воздуха: с естественным и искусственным (механическим) побуждением.

По назначению: приточные и вытяжные.

По зоне обслуживания: местные и общеобменные.

По конструктивному исполнению: канальные и бесканальные.

Естественная вентиляция:

- 1) Распространение воздуха в системах естественной вентиляции происходит вследствие разности температур наружного (атмосферного) воздуха и воздуха в помещении, так называемой аэрации;
- 2) Ввиду разности давлений «воздушного столба» между нижним уровнем (обслуживаемым помещением) и верхним уровнем — вытяжным устройством (дефлектором), установленным на кровле здания;
- 3) в результате воздействия, так называемого ветрового давления.

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|--------------|-------------|------------------------------------|-------------|
| | | | | | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | <i>Лист</i> |
| <i>Изм</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подп.</i> | <i>Дата</i> | | |

Аэрацию применяют в цехах со значительными тепловыделениями, если концентрация пыли и вредных газов в приточном воздухе не превышает 30% предельно допустимой в рабочей зоне. Аэрацию не применяют, если по условиям технологии производства требуется предварительная обработка приточного воздуха или если приток наружного воздуха вызывает образование тумана или конденсата.

В помещениях с большими избытками тепла воздух всегда теплее наружного. Более тяжелый наружный воздух, поступая в здание, вытесняет из него менее плотный теплый воздух.

При этом в замкнутом пространстве помещения возникает циркуляция воздуха, вызываемая источником тепла, подобная той, которую вызывает вентилятор.

В системах естественной вентиляции, где перемещение воздуха создается за счет разности давлений воздушного столба, минимальный перепад по высоте между уровнем забора воздуха из помещения и его выбросом через дефлектор должен быть не менее 3 м. При этом, рекомендуемая длина горизонтальных участков воздуховодов не должна быть более 3 м, а скорость воздуха в воздуховодах — не превышать 1 м/с.

Воздействие ветрового давления выражается в том, что на ветреных (обращенных к ветру) сторонах здания образуется повышенное, а на подветренных сторонах, а иногда и на кровле, — пониженное давление (разрежение).

Если в ограждениях здания имеются проемы, то с наветренной стороны атмосферный воздух поступает в помещение, а с заветренной — выходит из него, при этом скорость движения воздуха в проемах зависит от скорости ветра, обдувающего здание, и соответственно от величин возникающих разностей давлений.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

Системы естественной вентиляции просты и не требуют сложного дорогостоящего оборудования и расхода электрической энергии. Однако зависимость эффективности этих систем от переменных факторов (температуры воздуха, направления и скорости ветра), а также небольшое располагаемое давление не позволяют решать с их помощью все сложные и многообразные задачи в области вентиляции.

6.2 Механическая вентиляция

В механических системах вентиляции используются оборудование и приборы (вентиляторы, электродвигатели, воздухонагреватели, пылеуловители, автоматика и др.), которые способны перемещать воздух на значительные расстояния. Затраты электроэнергии на их работу могут быть довольно большими. Такие системы могут подавать и удалять воздух из локальных зон помещения в требуемом количестве, независимо от изменяющихся условий окружающей воздушной среды. При необходимости воздух подвергают различным видам обработки (очистке, нагреванию, увлажнению и т. д.), что практически невозможно в системах с естественным побуждением.

Следует отметить, что на практике часто предусматривают так называемую смешанную вентиляцию, т. е. одновременно естественную и механическую вентиляцию.

В каждом конкретном проекте определяется, какой тип вентиляции является наилучшим в санитарно-гигиеническом отношении, а также экономически и технически более рациональным.

6.3 Приточная вентиляция

Приточные системы служат для подачи в вентилируемые помещения чистого воздуха взамен удаленного. Приточный воздух в необходимых случаях подвергается дополнительной обработке или отчистки от вредных примесей в воздухе.

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|--------------|-------------|------------------------------------|-------------|
| | | | | | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | <i>Лист</i> |
| <i>Изм</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подп.</i> | <i>Дата</i> | | |

6.4 Вытяжная вентиляция

Вытяжная вентиляция удаляет из помещения (цеха, корпуса) загрязненный или нагретый отработанный воздух.

В общем случае в помещении предусматриваются как приточные, так и вытяжные системы. Их производительность должна быть сбалансирована с учетом возможности поступления воздуха в смежные помещения или из смежных помещений. В помещениях может быть также предусмотрена только вытяжная или только приточная система. В этом случае воздух поступает в данное помещение снаружи или из смежных помещений через специальные проемы или удаляется из данного помещения наружу, или перетекает в смежные помещения.

Как приточная, так и вытяжная вентиляция может устраиваться на рабочем месте (местная) или для всего помещения (общеобменная).

6.5 Местная вентиляция

Местной вентиляцией называется такая, при которой воздух подают на определенные места (местная приточная вентиляция) и загрязненный воздух удаляют только от мест образования вредных выделений (местная вытяжная вентиляция).

6.6 Местная приточная вентиляция

К местной при точной вентиляции относятся воздушные души. Они должны подавать чистый воздух к постоянным рабочим местам, снижать в их зоне температуру окружающего воздуха и обдувать рабочих, подвергающихся интенсивному тепловому облучению.

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|--------------|-------------|------------------------------------|-------------|
| | | | | | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | <i>Лист</i> |
| <i>Изм</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подп.</i> | <i>Дата</i> | | |

К местной приточной вентиляции относятся воздушные оазисы участки помещений, отгороженные от остального помещения передвижными перегородками высотой 2-2,5 м, в которые нагнетается воздух с пониженной температурой.

Местную приточную вентиляцию применяют также в виде воздушных завес (у ворот, печей и пр.), которые создают воздушные перегородки или изменяют направление потоков воздуха. Местная вентиляция требует меньших затрат, чем общеобменная. В производственных помещениях при выделении вредностей (газов, влаги, теплоты и т. п.) обычно применяют смешанную систему вентиляции- общую для устранения вредностей во всем объеме помещения и местную (местные отсосы и приток) для обслуживания рабочих мест.

6.7 Местная вытяжная вентиляция

Местную вытяжную вентиляцию применяют, когда места выделений вредностей в помещении локализованы и можно не допустить их распространение по всему помещению. Местная вытяжная вентиляция в производственных помещениях обеспечивает улавливание и отвод вредных выделений: газов, дыма, пыли и частично выделяющегося от оборудования тепла. Для удаления вредностей применяют местные отсосы (укрытия в виде шкафов, зонты, бортовые отсосы, завесы, укрытия в виде кожухов у станков и др.).

Основные требования, которым они должны удовлетворять:

- 1) Место образования вредных выделений по возможности должно быть полностью укрыто.
- 2) Конструкция местного отсоса должна быть такой, чтобы отсос не мешал нормальной работе и не снижал производительность труда.
- 3) Вредные выделения необходимо удалять от места их образования в направлении их естественного движения (горячие газы и пары надо удалять вверх, холодные тяжелые газы и пыль — вниз).

Конструкции местных отсосов условно делят на три группы:

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

1) Полуоткрытые отсосы . Объемы воздуха определяются расчетом.

2) Открытого типа (бортовые отсосы). Отвод вредных выделений достигается лишь при больших объемах отсасываемого воздуха.

3) При устройстве местной вытяжной вентиляции для улавливания пылевыведений удаляемый из цеха воздух, перед выбросом его в атмосферу, должен быть предварительно очищен от пыли. Наиболее сложными вытяжными системами являются такие, в которых предусматривают очень высокую степень очистки воздуха от пыли с установкой последовательно нескольких пылеуловителей (фильтров).

Местные вытяжные системы, весьма эффективны, так как они позволяют удалять вредные вещества непосредственно от места их образования или выделения, не давая им распространиться в помещении. Благодаря значительной концентрации вредных веществ (паров, газов, пыли), обычно удается достичь хорошего санитарно-гигиенического эффекта при небольшом объеме удаляемого воздуха.

Местные системы не могут решить всех задач, стоящих перед вентиляцией. Не все вредные выделения могут быть утилизированы этими системами. Например, когда вредные выделения, рассредоточены на значительной площади или в объеме; подача воздуха в отдельные зоны помещения не может обеспечить необходимые условия воздушной среды, тоже самое если работа производится на всей площади помещения или ее характер связан с перемещением и т. д.

Общеобменные системы вентиляции представляются примерно как приточные, так и вытяжные, предназначены для осуществления вентиляции в помещении в целом или в значительной его части.

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|--------------|-------------|------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подп.</i> | <i>Дата</i> | | |

Общеобменные вытяжные системы относительно равномерно удаляют воздух из всего обслуживаемого помещения, а общеобменные приточные системы подают воздух и распределяют его по всему объему вентилируемого помещения.

6.8 Общеобменная приточная вентиляция

Общеобменная приточная вентиляция устраивается для ассимиляции избыточного тепла и влаги, разбавления вредных концентраций паров и газов, не удаленных местной и общеобменной вытяжной вентиляцией, а также для обеспечения расчетных санитарно-гигиенических норм и свободного дыхания человека в рабочей зоне.

При отрицательном тепловом балансе, т. е. при недостатке тепла, общеобменную приточную вентиляцию устраивают с механическим побуждением и с подогревом всего объема приточного воздуха. Как правило, перед подачей воздух очищают от пыли.

При поступлении вредных выделений в воздух цеха количество приточного воздуха должно полностью компенсировать общеобменную и местную вытяжную вентиляцию.

В некоторых случаях установка имеет протяженный вытяжной воздуховод. Если длина вытяжного воздуховода превышает 30—40 м и соответственно потери давления в сети составляют более 30—40 кг/м², то вместо осевого вентилятора устанавливается вентилятор центробежного типа. Когда вредными выделениями в цехе являются тяжелые газы или пыль и нет тепловыделений от оборудования, вытяжные воздуховоды прокладывают по полу цеха или выполняют в виде подпольных каналов. В промышленных зданиях, где имеются разнородные вредные выделения (теплота, влага, газы, пары, пыль и т. п.) и их поступление в помещение происходит в различных условиях.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | <i>13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР</i> | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

В нашем случае, принимаем аэрацию, так как нам не требуется предварительная обработка воздуха в помещении и концентрация пыли и вредных газов не превышает 30 % предельно допустимой в рабочей зоне.

Целью расчета аэрации однопролетных зданий является определение необходимой площади аэрационных проемов для обеспечения заданной температуры воздуха в рабочей зоне. Аэрацию рассчитывают для неблагоприятного режима работы, соответствующего отсутствию ветра.

Для расчета должны быть известны следующие данные:

- 1) Расчетная летняя температура воздуха t_n , °С
- 2) Допустимая разность температур воздуха в рабочей зоне и наружного воздуха Δt_p , °С
- 3) Высота расположения центров приточных аэрационных проемов от пола z_1 , м
- 4) Высота вытяжных проемов z_2 , м
- 5) Площадь пола аэрируемого помещения(цеха) F_a , м²
- 6) Число источников тепловыделений n , шт.
- 7) Общее количество тепла, выделяющиеся в помещении $Q_{\text{выд}}$, ккал/ч

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

6.9 Расчет аэрации для теплого периода года

Температура в рабочей зоне составляет:

$$t_{p.z} = t_n + \Delta t_{p.z} \quad (6.1)$$

Количество избыточного тепла, выделяющегося в помещении, ккал/ч:

$$Q_{изб} = Q_{ТВ} - Q_{ТП} \quad (6.2)$$

Условное количество тепла, ккал/ч:

$$Q_{усл} = \alpha_l \cdot F_{пл} \cdot \Delta t_{p.z}. \quad (6.3)$$

Где α_l - коэффициент лучистой теплоотдачи от кровли на пол, принимаемый равным $5 \frac{\text{ккал}}{\text{ч} \cdot \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$

Коэффициент m , учитывающий долю избыточных тепловыделений, поступающих в рабочую зону:

$$m = \frac{Q_{л.р.з} - Q_{усл}}{2Q_{изб}} + \sqrt{\left(\frac{Q_{л.р.з} - Q_{усл}}{2Q_{изб}}\right)^2 + \frac{Q_{усл}}{Q_{изб}}} \quad (6.4)$$

Весовой расход воздуха, необходимого для обеспечения заданной температуры воздуха в рабочей зоне помещения кгс/ч:

$$G = \frac{m \cdot Q_{изб}}{c_p \cdot \Delta t_{p.z}} \quad (6.5)$$

Где c_p – удельная теплоемкость воздуха, равная $0.24 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$;

Температура удаляемого воздуха определяется по формуле, $^\circ\text{C}$:

$$t_y = t_n + \frac{Q_{изб}}{c_p \cdot G} \quad (6.6)$$

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | | | | |

Высоту расположения температурного перекрытия(высоту расположения нижней границы тепловой подушки) от пола помещения, м:

$$z = 0.1 \left(\frac{c_p \cdot t_{p.з}}{g \cdot \gamma_{p.з}^2} \cdot \frac{G^3}{n^2 \cdot Q_k} \right)^{\frac{1}{5}} - z_{п} \quad (6.7)$$

Где $t_{p.з}$ - температура воздуха в рабочей зоне, К

g - ускорение свободного падения равное 9.81 м/с²

$\gamma_{p.з}$ - удельный вес воздуха в рабочей зоне кгс/м³

Если высота расположения температурного перекрытия z окажется больше z_2 , в дальнейших расчетах следует принимать $z=z_2$

Разность давлений, вызывающую перемещение аэрационного воздуха через приточные и вытяжные проемы, кгс/м².

$$\Delta p = (z - z_1) \cdot (\gamma_n - \gamma_{p.з}) + (z_2 - z) \cdot (\gamma_n - \gamma_y) \quad (6.8)$$

Где $\gamma_n - \gamma_y$ – удельный вес соответственно наружного и удаляемого воздуха, кгс/м³, определяемой по формуле :

$$\gamma = \frac{353}{T} \quad (6.9)$$

Далее, если площадь приточных проемов не задана, определяют :

Потери давления на проход воздуха через приточные проемы кгс/м²:

$$\Delta p_1 = \beta \Delta p \quad (6.10)$$

Где β - доля разности давлений, расходуемой на проход воздуха через приточные проемы.

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | | | | |

Площадь приточных проемов должна быть по возможности большей, что обеспечит относительно невысокую скорость поступления воздуха в цех и устойчивость восходящих конвективных потоков. С этой целью рекомендуется принимать β в пределах 0.1-0.4;

Площадь приточных проемов в стенах :

$$F_1 = \frac{G}{3600 \cdot \sqrt{\frac{2g \cdot \gamma_H}{\tau_1} \Delta p_1}} \quad (6.11)$$

Где τ_1 - коэффициент местного сопротивления приточных проемов

Если площадь приточных проемов известна F_1 , определяют :

Потери давления на проход воздуха через приточные проемы, кгс/м²:

$$\Delta p_1 = \frac{\tau_1}{2g \cdot \gamma_H} \cdot \left(\frac{G}{3600 \cdot F_1} \right)^2 \quad (6.12)$$

Потери давления на проход воздуха через проемы фонаря, кгс/м²

$$\Delta p_2 = \Delta p - \Delta p_1 \quad (6.13)$$

Площадь проемов фонаря:

$$F_2 = \frac{G}{3600 \cdot \sqrt{\frac{2g \cdot \gamma_Y}{\tau_2} \Delta p_2}} \quad (6.14)$$

Где τ_2 – коэффициент местного сопротивления фонаря

Если площадь проемов фонаря задана, потери давления на проход воздуха через них определяют по формуле 6.11 с заменой τ_1 на τ_2 , γ_H на γ_Y и F_1 на F_2 ; потери давления на проход воздуха через приточные проемы - из формулы 6.12, а площадь приточных проемов - по формуле 6.10

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

6.10 Расчет для переходного периода года

Расчетную температуру воздуха определяют по справочной таблице. Разность температур воздуха в рабочей среде и наружного воздуха находят из формулы 6.1. В остальном расчет производят по тем же формулам, что и для теплого периода.

При расчете требуемой степени открытия фонаря в переходном периоде года задача может свестись к определению углов открытия створок. В этом случае вычисляют коэффициент необходимого местного сопротивления проемов фонаря :

$$\tau_2 = 2g\gamma_y \left(\frac{3600 \cdot F_2}{G} \right)^2 \cdot \Delta p_2 \quad (6.15)$$

Где F_2 - площадь проемов фонаря в теплый период года, м²

По значению коэффициента τ_2 с помощью таблицы определяют необходимый угол открытия створок.

Аэрацию для холодного периода года не рассчитывают. Аэрационные проемы, открываемые в период года расположены на тех же уровнях ,что и открываемые в переходный период, а их площади определяются условиями эксплуатации.

Произведем расчет ремонтного цеха на аэрацию для теплого периода года:

Теплопоступления от искусственного источника света:

$$Q_{\text{св}} = E \cdot F \cdot q_{\text{осв}} \cdot n \quad (6.16)$$

$$Q_{\text{св}} = 150 \cdot 3060 \cdot 0.073 \cdot 1 = 33507 \text{ Вт};$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

Теплопоступления от солнечной радиации

Расчет в программе Sunny Radiation

Исходные данные | Окна | Итого :

Окна

Высота окна : $H = 1,5$ м СВ В ЮВ Ю ЮЗ З СЗ

Ширина окна : $B = 2$ м

Длина горизонт. эл-тов затенения : $L_g = 0,3$ м

Длина вертик. эл-тов затенения : $L_v = 0,3$ м

Расстояние от горизонтального : $a = 0$ м

и вертикального : $c = 0$ м

элементов затенения до тоса светового проёма

Количество однотипных одинаково направленных окон : 144 шт.

Площадь световых проёмов : $F_{п} = 432$ м²

Приведённый коэф. поглощения солнечной радиации : $\rho_{п} = 0,7$

Сопротивление теплопередаче заполнения светового проёма : $R_{п} = 0,34$ м²·°C/Вт

Коэф.затенения светового проёма переплётками : $\tau_2 = 0,5$

Коэф. относ. проникания солн. радиации : $K_{отн} = 0,69$

Ориентация окна : Вертикальная Наклонная (близко к вертикальной) Горизонтальная

Северная широта района : 48 °

Средняя температура наружного воздуха : $t_{н.ср} = 6,5$ °C

Температура внутреннего воздуха : $t_{в} = 20$ °C

Скорость ветра : $V = 0$ м/с

Суточная амплитуда температуры нар. в-ва : $A_{тн} = 14,7$ °C

Стены

Площадь стены : $F = 580$ м² СВ В ЮВ Ю ЮЗ З СЗ

Коэффициент теплопередачи : $K = 0,425$ м²·°C/Вт

Коэффициент сопротивления теплопередаче : $R = 2,350$ м²·°C/Вт

Коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью стены : $\rho_{ст} = 0,7$

Количество слоёв в стене : 4 $R_{в.пр.} = 0$ м²·°C/Вт

| № слоя | Материал слоя | Коэф-т теплоусв.Вт/м | Коэф-т теплопр.Вт/м ² | Толщина, м |
|--------|---------------------------|----------------------|----------------------------------|------------|
| 1 | Цементно песчаный раствор | 11,09 | 1,2 | 0,03 |
| 2 | Селикатный кирпич | 10,12 | 0,7 | 0,54 |
| 3 | Минеральная вата | 2,03 | 0,048 | 0,06 |
| 4 | Цементно песчаный раствор | 11,09 | 1,2 | 0,02 |

Покрытие

Площадь покрытия : $F = 3060$ м² Температура воздуха под покрытием : $t_{покр} = 25,5$ °C

Коэффициент теплопередачи : $K_{покр} = 0,702$ м²·°C/Вт

Коэффициент сопротивления теплопередаче : $R_{покр} = 1,424$ м²·°C/Вт

Коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью покрытия : $\rho_{п} = 0,9$ Коэффициент теплоотдачи наружной поверхностью покрытия : $\alpha_{н} = 11,3$

Количество слоёв в покрытии : 3

| № слоя | Материал слоя | Коэф-т теплоусв.Вт/м | Коэф-т теплопр.Вт/м ² | Толщина, м |
|--------|--------------------|----------------------|----------------------------------|------------|
| 1 | Рубероид | 0,71 | 0,17 | 0,2 |
| 2 | ЖБ плита ребристая | 10,12 | 1,69 | 0,03 |
| 3 | Пеностекло | 0,72 | 0,04 | 0,0 |

Рисунок 6.1- Исходные данные

Исходные данные | Окна | Итого :

| 8-9 | 9-10 | 10-11 | 11-12 | 12-13 | 13-14 | 14-15 | 15-16 | 16-17 | 17-18 |
|-------|-------|--------|--------|----------|--------|--------|-------|-------|-------|
| | | | | Окна | | | | | |
| 7936 | 7838 | 8722 | 10447 | 12248 | 13841 | 15990 | 18552 | 19298 | 16451 |
| | | | | | | | | MAX | |
| | | | | Стены | | | | | |
| -2727 | -2724 | -2720 | -2717 | -2715 | -2715 | -2717 | -2718 | -2734 | -2730 |
| | | | | MAX | | | | | |
| | | | | Покрытие | | | | | |
| 55981 | 78753 | 99689 | 113124 | 117215 | 111799 | 97899 | 80855 | 54337 | 25611 |
| | | | | MAX | | | | | |
| | | | | ВСЕГО | | | | | |
| 61190 | 83867 | 105691 | 120854 | 126748 | 122925 | 111172 | 96689 | 70901 | 39332 |
| | | | | MAX | | | | | |

Рисунок 6.2-Теплопоступления через проемы по часам

Поступление вредностей от людей рассчитывают для двух периодов года:

Холодный период $t_B = 16 \text{ }^\circ\text{C}$

$$Q_{\text{я}} = q_{\text{я}} \cdot N \quad (6.17)$$

$$Q_{\text{я}} = 130 \cdot 15 = 1950 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{п}} = q_{\text{п}} \cdot N \quad (6.18)$$

$$Q_{\text{п}} = 290 \cdot 15 = 4350 \text{ Вт}$$

$$M_w = Q_w \cdot N \quad (6.19)$$

$$M_w = 240 \cdot 15 = 3600 \frac{\text{г}}{\text{ч}} \quad (6.20)$$

$$M_{\text{co}^2} = q_{\text{co}^2} \cdot N \quad (6.21)$$

$$M_{\text{co}^2} = 23 \cdot 15 = 345 \frac{\text{г}}{\text{ч}}$$

Теплый период $t_B = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

$$Q_{\text{я}} = 95 \cdot 15 = 1425 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{п}} = 290 \cdot 15 = 4350 \text{ Вт}$$

$$M_w = 240 \cdot 15 = 3600 \frac{\text{г}}{\text{ч}}$$

$$M_{\text{co}^2} = 23 \cdot 15 = 345 \frac{\text{г}}{\text{ч}}$$

В цехе 15 человек.

Все вредности, поступающие в цех, сведем в таблицу.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | <i>13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР</i> | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

Таблица 6.1- Сводная таблица выделения вредных веществ в цехе.

| Период года | От солн.рад. | | От осв. | От людей | | Общие тепловыделения | | | |
|-------------|--------------|--------|---------|----------|-------|----------------------|--------|------|-----------------|
| | Окна | Покр. | | Явн. | Полн. | Явн. | Полн. | W | Co ² |
| Зимний | - | - | 33507 | 1950 | 4350 | 35457 | 3600 | 3600 | 345 |
| Летний | 12248 | 117215 | 33507 | 1425 | 4350 | 152147 | 155072 | 360 | 345 |

$$t_{p.z} = 16 + 5 = 21^{\circ}\text{C};$$

По графику находим соотношения $\frac{Q_{тп}}{Q_{изб}}$, $m=0.9$;

По формуле 6.5 определяем расход воздуха

$$G = \frac{0.9 \cdot 155072}{0.24 \cdot 5} = 116304 \frac{\text{кгс}}{\text{ч}};$$

Определяем температуру удаляемого воздуха

$$t_y = 20 + \frac{155072}{0.24 \cdot 116304} = 25,5^{\circ}\text{C};$$

Находим высоту расположения температурного перекрытия

$$z = 0.1 \left(\frac{0.24 \cdot (273 + 25.5)}{9.81 \cdot 1.2^2} \cdot \frac{25130^3}{41^2 \cdot 3.3 \cdot 10^3} \right)^{0.2} - 2.75 = 8 \text{ м};$$

Разность давлений определяем по формуле 6.8

$$\Delta P = (8 - 1.5) \cdot (1.2 - 1.18) + (18 - 8) \cdot (1.2 - 1.145) = 0.67 \frac{\text{кгс}}{\text{м}^2};$$

Потери давлений в приточных проемах определяем по формуле 6.10

$$\Delta P = 0.2 \cdot 0.67 = 0.134 \frac{\text{кгс}}{\text{м}^2};$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

Находим площадь приточных проемов по формуле 6.11

$$F_1 = \frac{116304}{3600 \sqrt{\frac{2 \cdot 9.81 \cdot 1.2}{3.5} \cdot 0.134}} = 34 \text{ м}^2;$$

Потери давления в проемах фонаря определяем по формуле 6.13

$$\Delta P_2 = 0.67 - 0.134 = 0.536 \frac{\text{кгс}}{\text{м}^2};$$

$$F_2 = \frac{116304}{3600 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9.81 \cdot 1.145}{5.8} \cdot 0.536}} = 23 \text{ м}^2$$

Переходный период

Находим коэффициент необходимого местного сопротивления фонаря по формуле 6.15

$$\tau_1 = 2 \cdot 9.81 \cdot 1.145 \left(\frac{3600 \cdot 34}{116304} \right)^2 \cdot 0.536 = 11.7$$

$$\tau_2 = 2 \cdot 9.81 \cdot 1.145 \left(\frac{3600 \cdot 23}{116304} \right)^2 \cdot 0.536 = 6$$

Таким образом, мы пришли к выводу, что для обеспечения всех условий аэрации, следует принять к установке следующее оборудование : фонарь приточный П образный без ветрозащитных панелей. В теплый период года они должны быть открыты на 70 градусов , а в переходный на 35 градусов.

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | | | | |

7 ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ ЦТП

7.1 Исходные данные для подбора оборудования ЦТП

1) Источник теплоснабжения – тепловые сети;

2) Параметры теплоносителя из тепловой сети:

$$t_1 = 150^{\circ}\text{C}, t_2 = 70^{\circ}\text{C};$$

3) Параметры теплоносителя системы отопления:

$$t_1 = 90^{\circ}\text{C}, t_2 = 65^{\circ}\text{C};$$

4) Схема подключения системы отопления - независимая;

5) Тепловая мощность системы отопления:

$$Q_{\text{co}} = 2389828 \text{ Вт.}$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

7.2 Описание центрального пункта

Источником теплоснабжения жилого здания являются тепловые сети. Параметры теплоносителя в наружных сетях 150-70°C; в системе отопления 90-65°C. Системы отопления депо присоединены к тепловым сетям по независимой схеме, системы теплоснабжения вентиляционных установок и ВТЗ по зависимой схеме. Водонагреватель ГВС присоединен к теплосетям по двухступенчатой смешанной схеме ($Q_{гвс}/Q_{со} = 588/2448 = 0,24$).

Для коммерческого учёта тепловой энергии запроектирован теплосчётчик типа ТКС7 фирмы "Теплоком" (Россия). Для регулирования расхода теплоты на систем отопления и системы ГВС предусмотрены регуляторы температуры фирмы "Danfoss" (Дания). Для поддержания постоянного перепада давления в регулируемых системах запроектированы регуляторы перепада давления фирмы "Danfoss" (Дания).

В качестве запорной арматуры принята арматуры фирмы ИТАР (Италия), "ADL" (Россия), "LD" (Россия), . В качестве теплообменного оборудования запроектированы пластинчатые разборные теплообменники фирмы "РИДАН" (Россия).

Трубопроводы ИТП запроектированы из стальных труб электросварных по ГОСТ 10704-91 диаметром больше 50 мм. Компенсация температурных удлинений осуществляется за счёт углов поворота при трассировке магистралей. Трубопроводы укладываются с уклоном не менее 0,003 для возможности опорожнения систем отопления, а также для облегчения выпуска воздуха. Удаление воздуха из системы отопления осуществляется через автоматические воздухоотводчики в верхних точках системы, опорожнение - через спускные краны в низших точках системы.

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | | | | |

Все трубы покрываются грунтом ГФ-020 в 2 слоя и краской БТ-177 в 1 слой. Трубопроводы ИТП наружного контура покрыть трубчатой тепловой изоляцией из минеральной ваты "ISOROLL", кашированной алюминиевой фольгой, толщиной 20 мм фирмы "ISOROLL", остальные трубопроводы - трубчатой тепловой изоляцией из вспененного каучука «K-FLEX ALU», кашированной алюминиевой фольгой, толщиной 13 мм фирмы «K-FLEX».

7.3 Подбор оборудования ЦТП

Подбор оборудования ЦТП должен осуществляться таким образом, чтобы обеспечить бесперебойную подачу теплоносителя до потребителя. Необходим подбор фильтрующего оборудования, регуляторов давления и температуры, а также циркуляционного насоса.

Определим расходы:

$$G_{\text{со1 ИТП}} = \frac{3,6 \cdot 2389828 \cdot 1,07}{4,187(90 - 65)} = 87944,75 \text{ т/ч}$$

7.4 Подбор грязевика

В тепловом пункте подбор арматуры и оборудования осуществляется исходя из предельно допустимых параметров эксплуатации (давление, температура и скорость движения теплоносителя).

Грязевики устанавливаются для улавливания взвешенных частиц, песка, накипи и прочего мусора, который ухудшает эксплуатацию системы отопления. Грязевик является фильтром грубой очистки теплоносителя (воды).

Грязевик. Подбирается из условия обеспечения скорости течения теплоносителя в нем 0,05 м/с. Для этого определим расход воды, приходящей из тепловой сети:

$$G_{\text{тс}} = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{со}}}{c \cdot (\tau_1 - \tau_2)} = \frac{3,6 \cdot 2389828}{4,187 \cdot (90 - 65)} = 82191,36 \text{ кг/ч}$$

| | | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | | | | | |

По [2] подбираем горячедеформированные бесшовные стальные трубы $d_n = 273 \times 7$ мм.

Задаемся скоростью 0,05 м/с и находим требуемый диаметр грязевика:

$$d = \sqrt{\frac{4G}{w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 82191,36}{0,05 \cdot 1000 \cdot 3,14 \cdot 3600}} = 0,76 \text{ м}$$

Принимаем грязевик ТС-567.00.000-01 $D_y = 250$ мм, $D_n = 530$ мм, $P_y = 2,5$ МПа.

| | |
|--|------------------|
| Модель | ТС-567.00.000-01 |
| Условное давление P_y, Мпа | 2,5 |
| Условный проход D_y, мм | 250 |
| Диаметр корпуса D_n, мм | 530 |
| Производительность, т/ч | 247 |
| Масса, кг | 502 |
| Производство | Россия |

Рисунок 7.1- Характеристики грязевика

7.5 Подбор теплообменника

Система отопления присоединяется к тепловым сетям по независимой схеме с помощью пластинчатого теплообменника. С помощью расчетной программы РИДАН подбираем теплообменник под температуру теплоносителя 90°C/65°C.

Параметры теплоносителя из тепловой сети:

$$t_1 = 150^\circ\text{C}, t_2 = 70^\circ\text{C};$$

Параметры теплоносителя системы отопления:

$$t_1 = 90^\circ\text{C}, t_2 = 65^\circ\text{C};$$

Тепловая мощность системы отопления $Q_{co} = 2389828$ Вт

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | | | | |

Выбираем теплообменник НН-62-16/1-50-ТК, $d_y=150$ мм и параметрами:

$$\Delta p_{\text{то.тс}}=3877 \text{ Па}$$

$$\Delta p_{\text{то.со}}=29809 \text{ Па}$$

7.6 Линия подпитки

В ЦТП необходимо проектировать линию подпитки, так как в процессе эксплуатации происходят потери теплоносителя в контуре системы отопления, а в контуре системы отопления должен поддерживаться постоянный объем теплоносителя. Определяем линию подпитки для каждого помещения.

Определим расход подпиточной линии для административного корпуса по формуле:

$$G_{\text{под}} = 0,2 \cdot V_{\text{со}}/1000 = 0,2 \cdot Q_{\text{со}} \cdot V_{\text{уд}}$$

где $V_{\text{со}}$ – Объем системы отопления, который определяется по формуле :

$$V_{\text{со}} = Q_{\text{со}} \cdot \vartheta_{\text{с.о.}}$$

где $\vartheta_{\text{с.о.}}$ – удельный объем теплоносителя в системе отопления, принимаем $\vartheta_{\text{с.о.}} = 15$ л/кВт.

Тогда расход на подпиточной линии равен:

$$G_{\text{под}} = 0,2 \cdot 1785/1000 = 0,357 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Подбираем трубы стальные водогазопроводные $D_y = 65$ мм, $\omega = 0,3$ м/с

Система отопления №2 (диспетчерская, здание ОГМ, механический цех цеха ЦПР)

Определим расход подпиточной линии по формуле:

$$G_{\text{под}} = 0,2 \cdot V_{\text{со}}/1000 = 0,2 \cdot Q_{\text{со}} \cdot V_{\text{уд}}$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

где V_{co} – Объем системы отопления, который определяется по формуле :

$$V_{co} = Q_{co} \cdot \vartheta_{c.o.}$$

где $\vartheta_{c.o.}$ – удельный объем теплоносителя в системе отопления, принимаем $\vartheta_{c.o.} = 15$ л/кВт.

Тогда расход на подпиточной линии равен:

$$G_{под} = 0,2 \cdot 2385/1000 = 0,477 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Подбираем трубы стальные водогазопроводные $D_y = 65$ мм, $\omega = 0,2$ м/с

Система отопления №3 (Насосная, гараж, служебные помещения цеха ТОПС)

Определим расход подпиточной линии по формуле:

$$G_{под} = 0,2 \cdot V_{co}/1000 = 0,2 \cdot Q_{co} \cdot V_{уд}$$

где V_{co} – Объем системы отопления, который определяется по формуле :

$$V_{co} = Q_{co} \cdot \vartheta_{c.o.}$$

где $\vartheta_{c.o.}$ – удельный объем теплоносителя в системе отопления, принимаем $\vartheta_{c.o.} = 15$ л/кВт.

Тогда расход на подпиточной линии равен:

$$G_{под} = 0,2 \cdot 5670/1000 = 1,13 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Подбираем трубы стальные водогазопроводные $D_y = 80$ мм, $\omega = 0,32$ м/с

Система отопления №4 (цех ЦПР, центральный склад)

Определим расход подпиточной линии по формуле:

$$G_{под} = 0,2 \cdot V_{co}/1000 = 0,2 \cdot Q_{co} \cdot V_{уд}$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | <i>13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР</i> | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

где V_{co} – Объем системы отопления, который определяется по формуле :

$$V_{co} = Q_{co} \cdot \vartheta_{c.o.}$$

где $\vartheta_{c.o.}$ – удельный объем теплоносителя в системе отопления, принимаем $\vartheta_{c.o.} = 15$ л/кВт.

Тогда расход на подпиточной линии равен:

$$G_{под} = 0,2 \cdot 5670/1000 = 3,66 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Подбираем трубы стальные водогазопроводные $D_y = 150$ мм, $\omega = 0,3$ м/с

7.7 Подбор расширительного бака

Расширительный бак предназначен для приема избытка теплоносителя в результате его расширения при нагреве, а так же при увеличении давления в тепловой сети.

Объем расширительного бака находится по формуле:

$$V = \frac{V_{co} \cdot \beta}{1 - \frac{p_H}{p_K}}$$

$$V = \frac{35835 \cdot 0,03965}{1 - \frac{2,3}{17}} = 1641$$

Где P_H и P_K – соответственно начальное и конечное давление, бар;

β – коэффициент температурного расширения, принимаем $\beta = 0,03965$.

$$P_H = P_{ст} + 1$$

$$P_{ст} = H_{зд} + \Delta P_{из} = 8,1 + 5 = 13,1 \text{ м} = 1,3 \text{ бар}$$

$$P_H = 1,3 + 1 = 2,3 \text{ бар}$$

$$P_K = 16 + 1 = 17 \text{ бар}$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

$$V = \frac{35835 \cdot 0,03965}{1 - \frac{2,3}{17}} = 1641 \text{ л}$$

Принимаем к установке расширительный бак Wester WRV2000, объемом 2000 литров.

7.8 Подбор регулятора температуры

Регулятор температуры подбирается по расходу и перепаду давления на клапане. Расход теплоносителя в системе составляет $G_V = 86.48 \text{ м}^3/\text{ч}$, а

$$\Delta p_{\text{рег.с}} = 11810 \text{ Па} = 1.2 \text{ м.вод.ст.}$$

С помощью номограммы подбираем подходящий регулятор температуры, пропускная способность в данном случае составляет $25 \text{ м}^3/\text{ч}$. Подходящий регулятор температуры – «Danfoss» AME655 с $D_y = 125 \text{ мм}$ и $K_{VS} = 250 \text{ м}^3/\text{ч}$,

7.9 Подбор теплосчетчика

Теплосчетчик состоит из расходомера на подаче, на обратке и на линии подпитки при необходимости, так же устанавливается датчик температуры и тепловычислитель.

При подборе расходомера необходимо определить диапазон расходов при которых он будет работать. При подборе теплосчетчика следует стремиться к условию:

$$Q_{\text{ном}} < G_{\text{тс}} < Q_{\text{мах}},$$

Где $Q_{\text{ном}}$ – средний расход, для которого скорость $\omega \approx 5 \text{ м/с}$

$G_{\text{тс}}$ – максимальный расчетный расход в системе на вводе из тепловой сети, $\text{м}^3/\text{ч}$

$Q_{\text{мах}}$ – наибольший расход в трубопроводе, $\text{м}^3/\text{ч}$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

С помощью расчетной программы фирмы «ВКТ» рассчитаем гидравлические потери напора на узлах установки расходомеров.

Таким образом выбираем расходомер: электромагнитный ВКТ 7-03

$$D_y = 150 \text{ мм. } \Delta p_{\text{тс}} = 0,36 \text{ м.вод.ст.} = 3600 \text{ Па}$$

$$\omega = \frac{4 \cdot 7,16}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,15^2} = 0,11 \text{ м/с}$$

7.10 Подбор регулятора перепада давления

Регулятор давления требуется для того, чтобы погасить перепад давления тепловой сети и теплового пункта, а также системы отопления.

Разность давлений в тепловой сети определяется по формуле:

$$\Delta p_p = \Delta p_1 - \Delta p_2$$

$$\Delta p_p = 0,54 - 0,4 = 0,16 \text{ МПа}$$

Разность давлений в тепловой сети составляет 160000 Па, а на арматуре в тепловом пункте теряется 20623 Па.

Найдем перепад давления на регуляторе:

$$\Delta p_{\text{рпд}} = \Delta p_{\text{тс}} - \Delta p_{\text{итп}}$$

$$\Delta p_{\text{рпд}} = 160000 - 20623 = 139377 \text{ Па}$$

$$K_{VS} = \frac{1,2 \cdot G}{\sqrt{\Delta p_{\text{рпд}}}}$$

$$K_{VS} = \frac{1,2 \cdot 8368}{\sqrt{139377}} = 42 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$K_{\text{вс}}^{\text{рас}} \leq K_{\text{вс}}$$

| | | | | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | | | | |

Таким образом выбираем регулятор перепада давления «Danfoss» VFG2 с $D_y = 65$ мм и $K_{VS}=32$ м³/ч.

$$\omega = \frac{4 \cdot 3,99}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,05^2} = 0,56 \text{ м/с}$$

7.11 Подбор циркуляционного насоса

Подбор циркуляционного насоса производится по двум параметрам: расходу теплоносителя в системе отопления и напора на преодоление всех потерь в системе. Он необходим в системе для того, чтобы перекачивать теплоноситель и выдавать определенный напор в системе.

$$G=84.48 \text{ м}^3/\text{ч},$$

Напор насоса определяется по следующей формуле:

$$\Delta P_{\text{ц.н}} = 1,1 \cdot (\Delta p_{\text{оцк}} + \Delta p_{\text{цтп}})$$
$$\Delta P_{\text{ц.н}} = 1,1 \cdot (11418 + 35134) = 46552 \text{ Па}$$

$$D_y = 125 \text{ мм } K_{VS} = 250$$

К установке принимаем насос фирмы “Danfoss ” типа “IL-E 100/250-7.5/4”

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

8 СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ЦТП

Данный раздел дипломного проекта ориентирован на автоматизацию системы подачи теплоносителя в индивидуальном тепловом пункте.

8.1 Описание объекта управления

Индивидуальный тепловой пункт осуществляет подачу теплоносителя на горячее водоснабжение и систему отопления. Температура, в холодный период года должна находиться в оптимальных диапазонах. В нашем случае, температура цеха должна находиться на уровне 16 °С. Для обеспечения заданных параметров, требуется система автоматизации теплового пункта, который должен обеспечивать заданной температурой определенные помещения .

Теплоносителем в тепловом пункте является вода из тепловой сети, параметры которой равны : 110°С/70°С.

При автоматическом управлении ЦТП необходимо обеспечить выполнения условий:

- 1) Поддержание оптимальной температуры в помещениях
- 2) Надежную работу установок
- 3) Согласованные правила эксплуатации оборудования

Системой автоматического регулирования должны выполняться следующие функции :

- 1) Контроль и регулирование температуры воздуха.
- 2) Контроль температуры обратного теплоносителя. Осуществляется с помощью датчика-реле температуры, устанавливаемого непосредственно на трубе.
- 3) Сигнализация (информирует а работе установок, а так же неполадках, пожаре)

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

8.2 Описание приборов регулирования

Система теплоснабжения включает в себя следующие наименования приборов:

- 1) Прибор для измерения температуры показывающий, установленный на щите (TI).
- 2) Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения температуры, установленный по месту (TE).
- 3) Прибор для измерения давления с контактным устройством, установленный по месту (PS).
- 4) Переключатель электрических цепей измерения (управления) (HS).
- 5) Анализатор пусковой аппаратуры для управления электродвигателем (NS).
- 6) Прибор для измерения расхода показывающий, установленный по месту (FI).
- 7) Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения расхода, установленный по месту (FE).
- 8) Прибор для измерения давления (разрежения) показывающий, установленный по месту (PI).
- 9) Прибор для измерения расхода интегрирующий, установленный на щите, регистрирующий (UQIR).
- 10) Прибор, показывающий напряжение, установлен по месту (GE).

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

8.3 Описание приборов регулирования

1) Милливольтметр щитовой с двухпозиционным регулирующим устройством магнитоэлектрической системы класса 1.5 предназначен для измерения и двухпозиционного регулирования температуры в комплекте с термоэлектрическими преобразователями номинальных статических характеристик .

2) Термометр сопротивления – электронный прибор, предназначенный для измерения температуры. Принцип действия основан на зависимости электрического сопротивления металлов, сплавов и полупроводниковых металлов от температуры.

3) Реле давления или прессостат применяется для переключения электрических цепей при изменении разницы давления неагрессивных к медным сплавам жидких или газообразных, не вязких и не кристаллизующихся сред с максимальной температурой 110 °С (воздух, масло, вода, хладоны). Принцип работы реле заключается в следующем: когда значение давления в системе достигает определенной установки, заданной заранее, происходит переключение однополюсного перекидного контакта, и реле срабатывает, замыкая или размыкая электрическую цепь. В момент, когда давление изменяется на величину настраиваемого дифференциала, реле возвращается в исходное положение. Реле давления относится к категории автоматических приборов.

4) Пускатель электромагнитный – низковольтное электромагнитное комбинированное устройство распределения и управления, предназначенное для пуска электродвигателя, обеспечения его непрерывной работы, отключения питания, защиты электродвигателя и подключенных цепей.

5) Расходомер – прибор, измеряющий объемный расход или массовый расход вещества(объем или масса), проходящее через данное сечение потока. Если прибор имеет интегрирующее устройство и служит для одновременного измерения и количества вещества, то его называют счетчиком- расходомером.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

б) Манометр- прибор для измерения давления теплоносителя в трубопроводе.

8.4 Регулирование параметров

Регулирование температуры теплоносителя может выполняться двумя методами. Ими являются количественный и качественный методы. С помощью количественного изменяется расход теплоносителя при неизменной температуре, а качественный метод заключается в том , что изменяем температуру теплоносителя с постоянным расходом в тепловых сетях. Рациональнее применять качественный вид изменения параметров теплоносителя, так как при использовании теплообменника этого добиться проще чем изменить расход в тепловой сети.

При увеличении давления в сетях часть теплоносителя идет в расширительный бак, для того чтобы давление в системе оставалось неизменным.

8.5 Контроль и учет параметров теплоносителя

Для организации надежной работы теплового пункта необходим контроль следующих параметров:

- 1) Температура обратного теплоносителя.
- 2) Перепад давления.
- 3) Измерения расхода на подающем и обратном трубопроводах.

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|--------------|-------------|------------------------------------|-------------|
| | | | | | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | <i>Лист</i> |
| <i>Изм</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подп.</i> | <i>Дата</i> | | |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе дипломного проекта, мы запроектировали воздушную систему отопления цеха ТОПС, а так же систему аэрации и подобрали оборудование в ЦТП. Подобрали теплоизоляционные слои для стен, перекрытия, а так же оконных проемов.

В данном дипломном проекте я освоил знания о проектировании воздушного отопления и проектирования воздушных тепловых завес, а так же с методом расчета аэрации.

При использовании проектного решения данного дипломного проекта можно добавить только то , что при увеличении толщины теплоизоляционных слоев конструкции, можно увеличить экономию тепловых ресурсов, а так же замена еще менее теплопроводных оконных проемов. В зависимости от средств, которые имеются на реконструкцию системы отопления можно осуществить замену теплоизоляционных материалов для труб, чтобы уменьшить теплопотери при подаче теплоносителя непосредственно к калориферам.

При добавлении теплоизоляционных слоев в покрытия цеха ТОПС экономия тепловой энергии составила порядка 15-20 % , что является неплохим решением, с точки зрения экономии денежных средств на отопление данного цеха.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | <i>13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР</i> | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1) Староверов И.Г. Внутренние санитарно-технические устройства, Справочное пособие. 1975- 430с.
- 2) СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 32-01-99* М. Минстрой России 2012- 365с.
- 3) СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003, М. Минстрой России 2012- 193с.
- 4) Рекомендации по применению воздушных завес “VTS” – ООО “VTS group”.
- 5) СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирования воздуха Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003, М. Минстрой России 2012- 203с
- 6) Богословский В.Н. и др. Вентиляция и кондиционирование воздуха часть вторая , 1977- 505с.
- 7) Применение средств автоматизации “Danfoss” в системах водяного отопления зданий.- М.ЗАО “Danfoss” 2016-107с.
- 8) Подбор воздушно-тепловых завес “NED”.- М. ЗАО “NED” 2016-32с.
- 9) ГОСТ 21.208-2013 Автоматизация технологических процессов. 2013- 85с.
- 10) Каталог поставляемой продукции “NED”-45 с.
- 11) Краснов Ю.С., Борисоглебская А.П., Антипов А.В. Системы вентиляции и кондиционирования. Рекомендации по проектированию, испытаниям и наладке. М.: Термокул, 2004г. -373с.
- 12) СП 7.13130.2013 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности – М.: Минрегион России, 2012.
- 13) СанПин 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы. – М.: Информационно – издательский центр Минздрава России, 1997.
- 14) СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.
- 15) ГОСТ 10704-91. Трубы стальные электросварные прямошовные. М.: Стандартиформ, 2007.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | 13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

- 16) ГОСТ 3262-75: Трубы стальные водогазопроводные М.: Стандартиформ, 2007.
- 17) ГОСТ 14918-80 Сталь тонколистовая оцинкованная с непрерывных линий. М.: Стандартиформ, 2007.
- 18) Каталог поставляемой продукции «Danfoss» - 2008- 208с.
- 19) Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч.3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн.2/ Б.В.Баркалов, Н.Н.Павлов, С.С.Амирджанов и др.; Под ред. Н.Н.Павлова и Ю.И.Шиллера.-4-е изд., перераб. и доп.-М.: Стройиздат, 1992.-416 с.
- 20) СП 118.13330.2012* Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009, М. Минстрой России 2012-218с.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | <i>13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР</i> | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | <i>13.03.01.2017.138.09 ПЗ ВКР</i> | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |

ПРИЛОЖЕНИЕ А
ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

Таблица А.1- Гидравлический расчет ОЦК и ответвлений

| уч-к | Q, Вт | G, кг/ч | l, м | Dy, мм | Dн, мм | δ, мм | ω, м/с | Re | Re пр | λ | R, Па/м | ΔРтр, Па | Σδ | Kvs | ΔРм | ΔРуч | ΔР | ΔН | |
|---|--------|---------|------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------------|----------|-----|-----|------|------|-------|------|--|
| 1 | 510278 | 18778 | 32,0 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2431 | | | 350 | 2780 | 2780 | 0,29 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | Dy=100 мм | 1,2 | | 350 | | | | | |
| 2 | 382710 | 14084 | 14 | 100 | 114 | 10 | 0,581 | 153502 | 266960 | 0,025 | 43,2 | 605 | | | 197 | 802 | 3582 | 0,38 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | |
| 2. тройник на ответвление dotв/дств=110/110=1 | | | | | | | | | | | Gотв/Gств= 1 | 1,2 | | 197 | | | | | |
| 3 | 127574 | 4695 | 17,9 | 63 | 76 | 5,8 | 0,413 | 74687 | 182896 | 0,028 | 35,6 | 636 | | | 279 | 915 | 4497 | 0,47 | |
| 1. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,3 | | 49 | | | | |
| 2. Крестовина на проход | | | | | | | | | | | | | 1,4 | | 230 | | | | |
| 4 | 72902 | 2683 | 4,6 | 50 | 60 | 4,6 | 0,379 | 54106 | 144272 | 0,030 | 40,5 | 186 | | | 49 | 235 | 4732 | 0,50 | |
| 1. тройник на ответвление dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,6 | | 42 | | | | |
| 2. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 7 | | | | |
| 5 | 54768 | 2015 | 12 | 50 | 60 | 4,6 | 0,285 | 40648 | 144272 | 0,030 | 23,3 | 280 | | | 150 | 430 | 5163 | 0,54 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/50=0,8 | | | | | | | | | | | | | 2,1 | | 146 | | | | |
| 2. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 4 | | | | |
| 6 | 36454 | 1341 | 12 | 40 | 48 | 3,7 | 0,297 | 33852 | 115304 | 0,032 | 33,4 | 401 | | | 111 | 512 | 5675 | 0,60 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/40=0,8 | | | | | | | | | | | | | 2,5 | | 107 | | | | |
| 2. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 4 | | | | |
| 7 | 18230 | 671 | 12 | 32 | 38 | 2,9 | 0,236 | 21345 | 91448 | 0,034 | 28,7 | 345 | | | 9232 | 9577 | 15252 | 1,60 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 32 | | | | |
| Воздухонагреватель Volcano VR1 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 9200 | | | | |

Продолжение приложения А

Продолжение таблицы А.1

| уч-к | Q, Вт | G, кг/ч | l, м | Dy, мм | Dн, мм | δ, мм | ω, м/с | Re | Re пр | λ | R, Па/м | ΔPтр, Па | Σζ | Kvs | ΔPм | ΔPуч | ΔP | ΔH | |
|---|--------|---------|------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|---------|------------|----|------|-----|------|-------|------|--|
| 8 | 18230 | 671 | 0,5 | 32 | 38 | 2,9 | 0,236 | 21345 | 91448 | 0,034 | 28,7 | 14 | | | 32 | 47 | 15299 | 1,61 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 32 | | | |
| 9 | 36454 | 1341 | 12 | 40 | 48 | 3,7 | 0,297 | 33852 | 115304 | 0,032 | 33,4 | 401 | | | 5 | 406 | 15704 | 1,65 | |
| 1. тройник на проход dотв/dств=32/40=0,8 | | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 4 | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 0 | | | |
| 10 | 54768 | 2015 | 12 | 50 | 60 | 4,6 | 0,285 | 40648 | 144272 | 0,030 | 23,3 | 280 | | | 4 | 284 | 15989 | 1,68 | |
| 1. тройник на проход dотв/dств=40/50=0,8 | | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 4 | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 0 | | | |
| 11 | 72902 | 2683 | 4,6 | 50 | 60 | 4,6 | 0,379 | 54106 | 144272 | 0,030 | 40,5 | 186 | | | 84 | 271 | 16260 | 1,71 | |
| 1. тройник на ответвление dотв/dств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 84 | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 1 | | | |
| 12 | 127574 | 4695 | 17,9 | 63 | 76 | 5,8 | 0,413 | 74687 | 182896 | 0,028 | 35,6 | 636 | | | 141 | 777 | 17037 | 1,79 | |
| 1. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | | 0,3 | | 25 | | | |
| 2. Крестовина на проход | | | | | | | | | | | | | | 1,4 | | 116 | | | |
| 13 | 382710 | 14084 | 14 | 100 | 114 | 10 | 0,581 | 153502 | 266960 | 0,025 | 43,2 | 605 | | | 197 | 802 | 17838 | 1,87 | |
| 2. тройник на ответвление dотв/dств=110/110=1 | | | | | | | | | | | | Gотв/Gств= | 1 | 1,2 | | 197 | | | |
| 14 | 510728 | 18795 | 32 | 100 | 114 | 10 | 0,776 | 204849 | 266960 | 0,024 | 76,1 | 2435 | | | 350 | 2785 | 20623 | 2,17 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | | Dy=100 мм | | 1,2 | | 350 | | | |

| Ответвление №1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---------|------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|------------|----------|------|-----|------|------|-------|------|--|
| уч-к | Q, Вт | G, кг/ч | l, м | Dy, мм | Dн, мм | δ, мм | ω, м/с | Re | Re пр | λ | R, Па/м | ΔPтр, Па | Σδ | Kvs | ΔPм | ΔPуч | ΔP | ΔH | |
| 1 | 510278 | 18778 | 32,0 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2431 | | | 350 | 2780 | 2780 | 0,29 | |
| 2 | 382710 | 14084 | 14 | 100 | 114 | 10 | 0,581 | 153502 | 266960 | 0,025 | 43,2 | 605 | | | 197 | 802 | 3582 | 0,38 | |
| 2. тройник на ответвление dotв/дств=110/110=1 | | | | | | | | | | | Gотв/Gств= | 1 | 1,2 | | 197 | | | | |
| 3 | 127574 | 4695 | 17,9 | 63 | 76 | 5,8 | 0,413 | 74687 | 182896 | 0,028 | 35,6 | 636 | | | 279 | 915 | 3695 | 0,39 | |
| 1. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,3 | | 49 | | | | |
| 2. Крестовина на проход | | | | | | | | | | | | | 1,4 | | 230 | | | | |
| 4 | 54672 | 2012 | 6,4 | 50 | 60 | 4,6 | 0,284 | 40576 | 144272 | 0,030 | 23,2 | 149 | | | 27 | 176 | 3872 | 0,41 | |
| 1. тройник на ответвление dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,6 | | 24 | | | | |
| 2. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 4 | | | | |
| 5 | 36442 | 1341 | 12 | 40 | 48 | 3,7 | 0,297 | 33841 | 115304 | 0,032 | 33,4 | 401 | | | 87 | 487 | 4359 | 0,46 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/50=0,8 | | | | | | | | | | | | | 2,1 | | 82 | | | | |
| 2. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 4 | | | | |
| 6 | 18212 | 670 | 12 | 32 | 38 | 2,9 | 0,236 | 21324 | 91448 | 0,034 | 28,7 | 344 | | | 9267 | 9612 | 13971 | 1,47 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/40=0,8 | | | | | | | | | | | | | 2,5 | | 67 | | | | |
| Воздухонагреватель Volcano VR1 | | | | | | | | | | | | | | | 9200 | | | | |
| 7 | 18212 | 670 | 0,5 | 32 | 38 | 2,9 | 0,236 | 21324 | 91448 | 0,034 | 28,7 | 14 | | | 32 | 47 | 14017 | 1,47 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 32 | | | | |
| 8 | 36442 | 1341 | 12 | 40 | 48 | 3,7 | 0,297 | 33841 | 115304 | 0,032 | 33,4 | 401 | | | 51 | 452 | 14469 | 1,52 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 51 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 0 | | | | |
| 9 | 54672 | 2012 | 12 | 50 | 60 | 4,6 | 0,284 | 40576 | 144272 | 0,030 | 23,2 | 279 | | | 4 | 283 | 14753 | 1,55 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/40=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 4 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 0 | | | | |
| 10 | 127574 | 4695 | 17,9 | 63 | 76 | 5,8 | 0,413 | 74687 | 182896 | 0,028 | 35,6 | 636 | | | 9 | 646 | 15398 | 1,62 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=40/50=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 8 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 1 | | | | |
| 11 | 382710 | 14084 | 14 | 100 | 114 | 10 | 0,581 | 153502 | 266960 | 0,025 | 43,2 | 605 | | | 197 | 802 | 16200 | 1,70 | |
| 1. тройник на ответвление dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 197 | | | | |
| 12 | 510278 | 18778 | 32 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2431 | | | 350 | 2780 | 18980 | 1,99 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 350 | | | | |

| Ответвление №3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---------|------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|------------|----------|------|-----|------|-------|-------|------|--|
| уч-к | Q, Вт | G, кг/ч | l, м | Dy, мм | Dн, мм | δ, мм | ω, м/с | Re | Re пр | λ | R, Па/м | ΔPтр, Па | Σζ | Kvs | ΔPм | ΔPуч | ΔP | ΔH | |
| 1 | 510278 | 18778 | 32,0 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2431 | | | 350 | 2780 | 2780 | 0,29 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | Dy=100 мм | 1,2 | | 350 | | | | | |
| 2 | 382710 | 14084 | 14 | 100 | 114 | 10 | 0,581 | 153502 | 266960 | 0,025 | 43,2 | 605 | | | 197 | 802 | 3582 | 0,38 | |
| 2. тройник на ответвление dotв/дств=110/110=1 | | | | | | | | | | | Gотв/Gств= | 1 | 1,2 | | 197 | | | | |
| 3 | 109380 | 4025 | 13,6 | 50 | 63 | 5,8 | 0,556 | 80232 | 145976 | 0,029 | 84,1 | 1144 | | | 148 | 1291 | 4873 | 0,51 | |
| 1. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,3 | | 49 | | | | |
| 1. тройник на ответвление dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,6 | | 98 | | | | |
| 4 | 72920 | 2683 | 4,6 | 40 | 50 | 4,6 | 0,588 | 67384 | 115872 | 0,031 | 125,4 | 577 | | | 218 | 795 | 5668 | 0,60 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 201 | | | | |
| 2. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 17 | | | | |
| 5 | 36460 | 1342 | 12 | 32 | 40 | 3,7 | 0,460 | 42167 | 92584 | 0,033 | 103,0 | 1236 | | | 9552 | 10788 | 16456 | 1,73 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90*2 | | | | | | | | | | | | | 2,1 | | 352 | | | | |
| Воздухонагреватель Volkano VR1 | | | | | | | | | | | | | | | 9200 | | | | |
| 6 | 36460 | 1342 | 0,5 | 32 | 40 | 3,7 | 0,460 | 42167 | 92584 | 0,033 | 103,0 | 51 | | | 267 | 319 | 16775 | 1,76 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/40=0,8 | | | | | | | | | | | | | 2,5 | | 257 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 10 | | | | |
| 7 | 72920 | 2683 | 4,6 | 40 | 50 | 4,6 | 0,588 | 67384 | 115872 | 0,031 | 125,4 | 577 | | | 212 | 788 | 17563 | 1,85 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/40=0,8 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 201 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 10 | | | | |
| 8 | 109380 | 4025 | 12 | 50 | 63 | 5,8 | 0,556 | 80232 | 145976 | 0,029 | 84,1 | 1009 | | | 331 | 1341 | 18903 | 1,99 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | | | 2,1 | | 315 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 17 | | | | |
| 9 | 382710 | 14084 | 12 | 100 | 114 | 10 | 0,581 | 153502 | 266960 | 0,025 | 43,2 | 518 | | | 18 | 536 | 19440 | 2,04 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/40=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 16 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 2 | | | | |
| 10 | 510278 | 18778 | 4,6 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 349 | | | 350 | 699 | 20139 | 2,12 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 350 | | | | |

| Ответвление №4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---------|------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|------------|----------|------|-----|------|------|-------|------|--|
| уч-к | Q, Вт | G, кг/ч | l, м | Dy, мм | Dн, мм | δ, мм | ω, м/с | Re | Re пр | λ | R, Па/м | ΔPтр, Па | Σζ | Kvs | ΔPм | ΔPуч | ΔP | ΔH | |
| 1 | 510278 | 18778 | 32,0 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2431 | | | 350 | 2780 | 2780 | 0,29 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | Dy=100 мм | 1,2 | | 350 | | | | | |
| 2 | 127568 | 4694 | 0,7 | 50 | 63 | 5,8 | 0,648 | 93573 | 145976 | 0,029 | 113,7 | 80 | | | 0 | 80 | 2860 | 0,30 | |
| 2. тройник на ответвление dotв/dctв=110/110=1 | | | | | | | | | | | Gотв/Gctв= | 1 | 1,2 | | 0 | | | | |
| 3 | 72888 | 2682 | 4,6 | 40 | 50 | 4,6 | 0,588 | 67355 | 115872 | 0,031 | 125,3 | 423 | | | 183 | 606 | 3466 | 0,36 | |
| 1. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,3 | | 61 | | | | |
| 1. тройник на ответвление dotв/dctв=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,6 | | 122 | | | | |
| 4 | 54658 | 2011 | 6 | 32 | 40 | 3 | 0,635 | 60610 | 96560 | 0,032 | 182,9 | 856 | | | 254 | 1110 | 4576 | 0,48 | |
| 1. тройник на проход dotв/dctв=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 234 | | | | |
| 2. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 20 | | | | |
| 5 | 36428 | 1341 | 6 | 32 | 40 | 3 | 0,423 | 40395 | 96560 | 0,032 | 82,8 | 497 | | | 410 | 907 | 5483 | 0,58 | |
| 1. тройник на проход dotв/dctв=32/40=0,8 | | | | | | | | | | | | | 2,1 | | 410 | | | | |
| 6 | 18198 | 670 | 6 | 25 | 32 | 2,9 | 0,356 | 26187 | 74408 | 0,035 | 82,0 | 492 | | | 9329 | 9821 | 15304 | 1,61 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | | | 2,1 | | 129 | | | | |
| Воздухонагреватель Volcano VR1 | | | | | | | | | | | | | | | 9200 | | | | |
| 7 | 18198 | 670 | 0,5 | 25 | 32 | 2,9 | 0,356 | 26187 | 74408 | 0,035 | 82,0 | 41 | | | 74 | 115 | 15419 | 1,62 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 74 | | | | |
| 8 | 36428 | 1341 | 6 | 32 | 40 | 3 | 0,423 | 40395 | 96560 | 0,032 | 82,8 | 497 | | | 191 | 688 | 16107 | 1,69 | |
| 1. тройник на проход dotв/dctв=40/50=0,8 | | | | | | | | | | | | | 2,1 | | 182 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 9 | | | | |
| 9 | 54658 | 2011 | 6 | 32 | 40 | 3 | 0,635 | 60610 | 96560 | 0,032 | 182,9 | 900 | | | 21 | 921 | 17028 | 1,79 | |
| 1. тройник на проход dotв/dctв=32/40=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 20 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 2 | | | | |
| 10 | 72888 | 2682 | 4,6 | 40 | 50 | 4,6 | 0,588 | 67355 | 115872 | 0,031 | 125,3 | 576 | | | 18 | 595 | 17623 | 1,85 | |
| 1. тройник на проход dotв/dctв=40/50=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 17 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 2 | | | | |
| 11 | 127568 | 4694 | 0,7 | 50 | 63 | 5,8 | 0,648 | 93573 | 145976 | 0,029 | 113,7 | 80 | | | 244 | 324 | 17947 | 1,89 | |
| 1. тройник на ответвление dotв/dctв=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 244 | | | | |
| 12 | 510278 | 18778 | 32 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2231 | | | 350 | 2581 | 20528 | 2,16 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 350 | | | | |

| Ответвление №5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---------|------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|------------|----------|------|-----|------|-------|-------|------|--|
| уч-к | Q, Вт | G, кг/ч | l, м | Dy, мм | Dн, мм | δ, мм | ω, м/с | Re | Re пр | λ | R, Па/м | ΔPтр, Па | Σζ | Kvs | ΔPм | ΔPуч | ΔP | ΔH | |
| 1 | 510278 | 18778 | 32,0 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2431 | | | 350 | 2780 | 2780 | 0,29 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | Dy=100 мм | 1,2 | | 350 | | | | | |
| 2 | 127568 | 4694 | 0,7 | 50 | 63 | 5,8 | 0,648 | 93573 | 145976 | 0,029 | 113,7 | 80 | | | 244 | 324 | 3104 | 0,33 | |
| 2. тройник на ответвление dotв/дств=110/110=1 | | | | | | | | | | | Gотв/Gств= | 1 | 1,2 | | 244 | | | | |
| 3 | 54680 | 2012 | 6 | 40 | 50 | 4,6 | 0,441 | 50529 | 115872 | 0,031 | 71,5 | 429 | | | 183 | 612 | 3717 | 0,39 | |
| 1. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,3 | | 61 | | | | |
| 1. тройник на ответвление dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,6 | | 122 | | | | |
| 4 | 36450 | 1341 | 12 | 32 | 40 | 3,7 | 0,460 | 42155 | 92584 | 0,033 | 102,9 | 1235 | | | 134 | 1369 | 5085 | 0,53 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 123 | | | | |
| 2. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 10 | | | | |
| 5 | 18220 | 670 | 12 | 25 | 32 | 2,9 | 0,356 | 26219 | 74408 | 0,035 | 82,2 | 986 | | | 9416 | 10402 | 15487 | 1,63 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | | | 2,1 | | 216 | | | | |
| Воздухонагреватель Volkano VR1 | | | | | | | | | | | | | | | 9200 | | | | |
| 6 | 18220 | 670 | 0,1 | 25 | 32 | 2,9 | 0,356 | 26219 | 74408 | 0,035 | 82,2 | 8 | | | 160 | 168 | 15656 | 1,64 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/40=0,8 | | | | | | | | | | | | | 2,5 | | 154 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 6 | | | | |
| 7 | 36450 | 1341 | 12 | 32 | 40 | 3,7 | 0,460 | 42155 | 92584 | 0,033 | 102,9 | 1235 | | | 134 | 1369 | 17024 | 1,79 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/40=0,8 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 123 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 10 | | | | |
| 8 | 54680 | 2012 | 6 | 40 | 50 | 4,6 | 0,441 | 50529 | 115872 | 0,031 | 71,5 | 429 | | | 207 | 636 | 17661 | 1,86 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | | | 2,1 | | 198 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 9 | | | | |
| 9 | 127568 | 4694 | 0,7 | 50 | 63 | 5,8 | 0,648 | 93573 | 145976 | 0,029 | 113,7 | 80 | | | 22 | 102 | 17763 | 1,87 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/40=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 20 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 2 | | | | |
| 10 | 510278 | 18778 | 32 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2431 | | | 350 | 2780 | 20543 | 2,16 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 350 | | | | |

| Ответвление №6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---------|------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|------------|----------|------|-----|------|------|-------|------|--|
| уч-к | Q, Вт | G, кг/ч | l, м | Dy, мм | Dн, мм | δ, мм | ω, м/с | Re | Re пр | λ | R, Па/м | ΔPтр, Па | Σζ | Kvs | ΔPм | ΔPуч | ΔP | ΔH | |
| 1 | 510278 | 18778 | 32,0 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2431 | | | 350 | 2780 | 2780 | 0,29 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | Dy=100 мм | 1,2 | | 350 | | | | | |
| 2 | 382710 | 14084 | 14 | 100 | 114 | 10 | 0,581 | 153502 | 266960 | 0,025 | 43,2 | 605 | | | 197 | 802 | 3582 | 0,38 | |
| 2. тройник на ответвление dotв/дств=110/110=1 | | | | | | | | | | | Gотв/Gств= | 1 | 1,2 | | 197 | | | | |
| 3 | 127574 | 4695 | 17,9 | 63 | 76 | 5,8 | 0,413 | 74687 | 182896 | 0,028 | 35,6 | 636 | | | 279 | 915 | 4497 | 0,47 | |
| 1. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,3 | | 49 | | | | |
| 2. Крестовина на проход | | | | | | | | | | | | | 1,4 | | 230 | | | | |
| 4 | 72902 | 2683 | 4,6 | 50 | 60 | 4,6 | 0,379 | 54106 | 144272 | 0,030 | 40,5 | 186 | | | 49 | 235 | 4732 | 0,50 | |
| 1. тройник на ответвление dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,6 | | 42 | | | | |
| 2. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 7 | | | | |
| 5 | 54768 | 2015 | 12 | 50 | 60 | 4,6 | 0,285 | 40648 | 144272 | 0,030 | 23,3 | 280 | | | 150 | 430 | 5163 | 0,54 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/50=0,8 | | | | | | | | | | | | | 2,1 | | 146 | | | | |
| 2. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 4 | | | | |
| 6 | 36454 | 1341 | 12 | 40 | 48 | 3,7 | 0,297 | 33852 | 115304 | 0,032 | 33,4 | 401 | | | 9230 | 9631 | 14793 | 1,55 | |
| 1. тройник на ответвление dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,6 | | 26 | | | | |
| 2. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 4 | | | | |
| Воздухонагреватель Volcano VR1 | | | | | | | | | | | | | | | 9200 | | | | |
| 7 | 36454 | 1341 | 0,5 | 40 | 48 | 3,7 | 0,297 | 33852 | 115304 | 0,032 | 33,4 | 17 | | | 5 | 21 | 14815 | 1,56 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/40=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 4 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 0 | | | | |
| 8 | 54768 | 2015 | 12 | 50 | 60 | 4,6 | 0,285 | 40648 | 144272 | 0,030 | 23,3 | 280 | | | 4 | 284 | 15099 | 1,59 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=40/50=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 4 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 0 | | | | |
| 9 | 72902 | 2683 | 4,6 | 50 | 60 | 4,6 | 0,379 | 54106 | 144272 | 0,030 | 40,5 | 186 | | | 84 | 271 | 15370 | 1,61 | |
| 1. тройник на ответвление dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 84 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 1 | | | | |
| 10 | 127574 | 4695 | 17,9 | 63 | 76 | 5,8 | 0,413 | 74687 | 182896 | 0,028 | 35,6 | 636 | | | 141 | 777 | 16147 | 1,70 | |
| 1. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,3 | | 25 | | | | |
| 2. Крестовина на проход | | | | | | | | | | | | | 1,4 | | 116 | | | | |
| 11 | 382710 | 14084 | 14 | 100 | 114 | 10 | 0,581 | 153502 | 266960 | 0,025 | 43,2 | 605 | | | 197 | 802 | 16949 | 1,78 | |
| 2. тройник на ответвление dotв/дств=110/110=1 | | | | | | | | | | | Gотв/Gств= | 1 | 1,2 | | 197 | | | | |
| 12 | 510728 | 18795 | 32 | 100 | 114 | 10 | 0,776 | 204849 | 266960 | 0,024 | 76,1 | 2435 | | | 350 | 2785 | 19734 | 2,07 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | Dy=100 мм | 1,2 | | 350 | | | | | |

Продолжение приложения А

Продолжение таблицы А.1

| Ответвление №7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---------|------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|------------|----------|------|-----|------|------|-------|------|--|
| уч-к | Q, Вт | G, кг/ч | l, м | Dy, мм | Dн, мм | δ, мм | ω, м/с | Re | Re пр | λ | R, Па/м | ΔPтр, Па | Σδ | Kvs | ΔPм | ΔPуч | ΔP | ΔH | |
| 1 | 510278 | 18778 | 32,0 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2431 | | | 350 | 2780 | 2780 | 0,29 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | Dy=100 мм | 1,2 | | 350 | | | | | |
| 2 | 382710 | 14084 | 14 | 100 | 114 | 10 | 0,581 | 153502 | 266960 | 0,025 | 43,2 | 605 | | | 197 | 802 | 3582 | 0,38 | |
| 2. тройник на ответвление dotв/дств=110/110=1 | | | | | | | | | | | Gотв/Gств= | 1 | 1,2 | | 197 | | | | |
| 3 | 127574 | 4695 | 17,9 | 63 | 76 | 5,8 | 0,413 | 74687 | 182896 | 0,028 | 35,6 | 636 | | | 279 | 915 | 4497 | 0,47 | |
| 1. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,3 | | 49 | | | | |
| 2. Крестовина на проход | | | | | | | | | | | | | 1,4 | | 230 | | | | |
| 4 | 72902 | 2683 | 4,6 | 50 | 60 | 4,6 | 0,379 | 54106 | 144272 | 0,030 | 40,5 | 186 | | | 49 | 235 | 4732 | 0,50 | |
| 1. тройник на ответвление dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,6 | | 42 | | | | |
| 2. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 7 | | | | |
| 5 | 54768 | 2015 | 12 | 50 | 60 | 4,6 | 0,285 | 40648 | 144272 | 0,030 | 23,3 | 280 | | | 9350 | 9630 | 14363 | 1,51 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/50=0,8 | | | | | | | | | | | | | 2,1 | | 146 | | | | |
| 2. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 4 | | | | |
| Воздухонагреватель Volcano VR1 | | | | | | | | | | | | | | | 9200 | | | | |
| 6 | 54768 | 2015 | 0,5 | 50 | 60 | 4,6 | 0,285 | 40648 | 144272 | 0,030 | 23,3 | 12 | | | 4 | 16 | 14379 | 1,51 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=40/50=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 4 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 0 | | | | |
| 7 | 72902 | 2683 | 4,6 | 50 | 60 | 4,6 | 0,379 | 54106 | 144272 | 0,030 | 40,5 | 186 | | | 84 | 271 | 14649 | 1,54 | |
| 1. тройник на ответвление dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 84 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 1 | | | | |
| 8 | 127574 | 4695 | 17,9 | 63 | 76 | 5,8 | 0,413 | 74687 | 182896 | 0,028 | 35,6 | 636 | | | 141 | 777 | 15426 | 1,62 | |
| 1. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,3 | | 25 | | | | |
| 2. Крестовина на проход | | | | | | | | | | | | | 1,4 | | 116 | | | | |
| 9 | 382710 | 14084 | 14 | 100 | 114 | 10 | 0,581 | 153502 | 266960 | 0,025 | 43,2 | 605 | | | 197 | 802 | 16228 | 1,71 | |
| 2. тройник на ответвление dotв/дств=110/110=1 | | | | | | | | | | | Gотв/Gств= | 1 | 1,2 | | 197 | | | | |
| 10 | 510728 | 18795 | 32 | 100 | 114 | 10 | 0,776 | 204849 | 266960 | 0,024 | 76,1 | 2435 | | | 350 | 2785 | 19013 | 2,00 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | Dy=100 мм | 1,2 | | 350 | | | | | |

| Ответвление №8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---------|------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|------------|----------|------|-----|------|------|-------|------|--|
| уч-к | Q, Вт | G, кг/ч | l, м | Dy, мм | Dн, мм | δ, мм | ω, м/с | Re | Re пр | λ | R, Па/м | ΔPтр, Па | Σζ | Kvs | ΔPм | ΔPуч | ΔP | ΔH | |
| 1 | 510278 | 18778 | 32,0 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2431 | | | 350 | 2780 | 2780 | 0,29 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | Dy=100 мм | 1,2 | | 350 | | | | | |
| 2 | 382710 | 14084 | 14 | 100 | 114 | 10 | 0,581 | 153502 | 266960 | 0,025 | 43,2 | 605 | | | 197 | 802 | 3582 | 0,38 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | |
| 2. тройник на ответвление dotв/дств=110/110=1 | | | | | | | | | | | Gотв/Gств= | 1 | 1,2 | | 197 | | | | |
| 3 | 127574 | 4695 | 17,9 | 63 | 76 | 5,8 | 0,413 | 74687 | 182896 | 0,028 | 35,6 | 636 | | | 279 | 915 | 4497 | 0,47 | |
| 1. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,3 | | 49 | | | | |
| 2. Крестовина на проход | | | | | | | | | | | | | 1,4 | | 230 | | | | |
| 4 | 72902 | 2683 | 4,6 | 50 | 60 | 4,6 | 0,379 | 54106 | 144272 | 0,030 | 40,5 | 186 | | | 9249 | 9435 | 13932 | 1,46 | |
| 1. тройник на ответвление dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,6 | | 42 | | | | |
| 2. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 7 | | | | |
| Воздухонагреватель Volcano VR1 | | | | | | | | | | | | | | | 9200 | | | | |
| 5 | 72902 | 2683 | 0,5 | 50 | 60 | 4,6 | 0,379 | 54106 | 144272 | 0,030 | 40,5 | 20 | | | 84 | 105 | 14037 | 1,47 | |
| 1. тройник на ответвление dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 84 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 1 | | | | |
| 6 | 127574 | 4695 | 17,9 | 63 | 76 | 5,8 | 0,413 | 74687 | 182896 | 0,028 | 35,6 | 636 | | | 141 | 777 | 14814 | 1,56 | |
| 1. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,3 | | 25 | | | | |
| 2. Крестовина на проход | | | | | | | | | | | | | 1,4 | | 116 | | | | |
| 7 | 382710 | 14084 | 14 | 100 | 114 | 10 | 0,581 | 153502 | 266960 | 0,025 | 43,2 | 605 | | | 197 | 802 | 15615 | 1,64 | |
| 2. тройник на ответвление dotв/дств=110/110=1 | | | | | | | | | | | Gотв/Gств= | 1 | 1,2 | | 197 | | | | |
| 8 | 510728 | 18795 | 32 | 100 | 114 | 10 | 0,776 | 204849 | 266960 | 0,024 | 76,1 | 2435 | | | 350 | 2785 | 18401 | 1,93 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | Dy=100 мм | 1,2 | | 350 | | | | | |

Продолжение приложения А

Продолжение таблицы А.1

| Ответвление №9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---------|------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|------------|----------|------|-----|------|------|-------|------|--|
| уч-к | Q, Вт | G, кг/ч | l, м | Dy, мм | Dн, мм | δ, мм | ω, м/с | Re | Re пр | λ | R, Па/м | ΔPтр, Па | Σζ | Kvs | ΔPм | ΔPуч | ΔP | ΔH | |
| 1 | 510278 | 18778 | 32,0 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2431 | | | 350 | 2780 | 2780 | 0,29 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | Dy=100 мм | 1,2 | | 350 | | | | | |
| 2 | 382710 | 14084 | 14 | 100 | 114 | 10 | 0,581 | 153502 | 266960 | 0,025 | 43,2 | 605 | | | 197 | 802 | 3582 | 0,38 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | |
| 2. тройник на ответвление dotв/дств=110/110=1 | | | | | | | | | | | Gотв/Gств= | 1 | 1,2 | | 197 | | | | |
| 3 | 127574 | 4695 | 17,9 | 63 | 76 | 5,8 | 0,413 | 74687 | 182896 | 0,028 | 35,6 | 636 | | | 279 | 915 | 4497 | 0,47 | |
| 1. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,3 | | 49 | | | | |
| 2. Крестовина на проход | | | | | | | | | | | | | 1,4 | | 230 | | | | |
| 4 | 54672 | 2012 | 6,4 | 50 | 60 | 4,6 | 0,284 | 40576 | 144272 | 0,030 | 23,2 | 149 | | | 9227 | 9376 | 13873 | 1,46 | |
| 1. тройник на ответвление dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,6 | | 24 | | | | |
| 2. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 4 | | | | |
| Воздухонагреватель Volcano VR1 | | | | | | | | | | | | | | | 9200 | | | | |
| 5 | 54672 | 2012 | 0,5 | 50 | 60 | 4,6 | 0,284 | 40576 | 144272 | 0,030 | 23,2 | 12 | | | 4 | 16 | 13889 | 1,46 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/40=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 4 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 0 | | | | |
| 6 | 127574 | 4695 | 17,9 | 63 | 76 | 5,8 | 0,413 | 74687 | 182896 | 0,028 | 35,6 | 636 | | | 9 | 646 | 14535 | 1,53 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=40/50=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 8 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 1 | | | | |
| 7 | 382710 | 14084 | 14 | 100 | 114 | 10 | 0,581 | 153502 | 266960 | 0,025 | 43,2 | 605 | | | 197 | 802 | 15336 | 1,61 | |
| 1. тройник на ответвление dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 197 | | | | |
| 8 | 510278 | 18778 | 32 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2431 | | | 350 | 2780 | 18116 | 1,90 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 350 | | | | |

| Ответвление №10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---------|------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|------------|----------|------|-----|------|------|-------|------|--|
| уч-к | Q, Вт | G, кг/ч | l, м | Dy, мм | Dн, мм | δ, мм | ω, м/с | Re | Re пр | λ | R, Па/м | ΔPтр, Па | Σδ | Kvs | ΔPм | ΔPуч | ΔP | ΔH | |
| 1 | 510278 | 18778 | 32,0 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2431 | | | 350 | 2780 | 2780 | 0,29 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | Dy=100 мм | 1,2 | | 350 | | | | | |
| 2 | 382710 | 14084 | 14 | 100 | 114 | 10 | 0,581 | 153502 | 266960 | 0,025 | 43,2 | 605 | | | 197 | 802 | 3582 | 0,38 | |
| 2. тройник на ответвление dotв/дств=110/110=1 | | | | | | | | | | | Gотв/Gств= | 1 | 1,2 | | 197 | | | | |
| 3 | 127574 | 4695 | 17,9 | 63 | 76 | 5,8 | 0,413 | 74687 | 182896 | 0,028 | 35,6 | 636 | | | 279 | 915 | 4497 | 0,47 | |
| 1. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,3 | | 49 | | | | |
| 2. Крестовина на проход | | | | | | | | | | | | | 1,4 | | 230 | | | | |
| 4 | 54672 | 2012 | 6,4 | 50 | 60 | 4,6 | 0,284 | 40576 | 144272 | 0,030 | 23,2 | 149 | | | 27 | 176 | 4673 | 0,49 | |
| 1. тройник на ответвление dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,6 | | 24 | | | | |
| 2. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 4 | | | | |
| 5 | 36442 | 1341 | 12 | 40 | 48 | 3,7 | 0,297 | 33841 | 115304 | 0,032 | 33,4 | 401 | | | 9287 | 9687 | 14361 | 1,51 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/50=0,8 | | | | | | | | | | | | | 2,1 | | 82 | | | | |
| 2. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 4 | | | | |
| Воздухонагреватель Volcano VR1 | | | | | | | | | | | | | | | 9200 | | | | |
| 6 | 36442 | 1341 | 0,5 | 40 | 48 | 3,7 | 0,297 | 33841 | 115304 | 0,032 | 33,4 | 17 | | | 51 | 68 | 14429 | 1,52 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 51 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 0 | | | | |
| 7 | 54672 | 2012 | 12 | 50 | 60 | 4,6 | 0,284 | 40576 | 144272 | 0,030 | 23,2 | 279 | | | 4 | 283 | 14712 | 1,55 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/40=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 4 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 0 | | | | |
| 8 | 127574 | 4695 | 17,9 | 63 | 76 | 5,8 | 0,413 | 74687 | 182896 | 0,028 | 35,6 | 636 | | | 9 | 646 | 15357 | 1,61 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=40/50=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 8 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 1 | | | | |
| 9 | 382710 | 14084 | 14 | 100 | 114 | 10 | 0,581 | 153502 | 266960 | 0,025 | 43,2 | 605 | | | 197 | 802 | 16159 | 1,70 | |
| 1. тройник на ответвление dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 197 | | | | |
| 10 | 510278 | 18778 | 32 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2431 | | | 350 | 2780 | 18939 | 1,99 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 350 | | | | |

| Ответвление №11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---------|------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|------------|----------|------|-----|------|-------|-------|------|--|
| уч-к | Q, Вт | G, кг/ч | l, м | Dy, мм | Dн, мм | δ, мм | ω, м/с | Re | Re пр | λ | R, Па/м | ΔPтр, Па | Σζ | Kvs | ΔPм | ΔPуч | ΔP | ΔH | |
| 1 | 510278 | 18778 | 32,0 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2431 | | | 350 | 2780 | 2780 | 0,29 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | Dy=100 мм | 1,2 | | 350 | | | | | |
| 2 | 382710 | 14084 | 14 | 100 | 114 | 10 | 0,581 | 153502 | 266960 | 0,025 | 43,2 | 605 | | | 197 | 802 | 3582 | 0,38 | |
| 2. тройник на ответвление dotв/дств=110/110=1 | | | | | | | | | | | Gотв/Gств= | 1 | 1,2 | | 197 | | | | |
| 3 | 145840 | 5367 | 4,3 | 63 | 75 | 6,9 | 0,523 | 89845 | 173808 | 0,028 | 60,0 | 258 | | | 0 | 258 | 3840 | 0,40 | |
| 1. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,3 | | 0 | | | | |
| 1. тройник на ответвление dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,6 | | 0 | | | | |
| 4 | 109830 | 4042 | 12 | 50 | 63 | 5,8 | 0,558 | 80562 | 145976 | 0,029 | 84,8 | 1017 | | | 196 | 1214 | 5053 | 0,53 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 181 | | | | |
| 2. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 15 | | | | |
| 5 | 72920 | 2683 | 6 | 40 | 50 | 4,6 | 0,588 | 67384 | 115872 | 0,031 | 125,4 | 752 | | | 9307 | 10059 | 15113 | 1,59 | |
| 1. тройник на ответвление dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,6 | | 91 | | | | |
| 2. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 17 | | | | |
| Воздухонагреватель Volcano VR1 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 9200 | | | | |
| 6 | 72920 | 2683 | 0,5 | 40 | 50 | 4,6 | 0,588 | 67384 | 115872 | 0,031 | 125,4 | 63 | | | 354 | 417 | 15529 | 1,63 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/40=0,8 | | | | | | | | | | | | | 2,1 | | 352 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 2 | | | | |
| 7 | 109830 | 4042 | 6 | 50 | 63 | 5,8 | 0,558 | 80562 | 145976 | 0,029 | 84,8 | 509 | | | 17 | 525 | 16054 | 1,69 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/40=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 15 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 2 | | | | |
| 8 | 145840 | 5367 | 4,3 | 63 | 75 | 6,9 | 0,523 | 89845 | 173808 | 0,028 | 60,0 | 258 | | | 15 | 273 | 16327 | 1,72 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=40/50=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 13 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 1 | | | | |
| 9 | 382710 | 14084 | 14 | 100 | 114 | 10 | 0,581 | 153502 | 266960 | 0,025 | 43,2 | 605 | | | 197 | 802 | 17129 | 1,80 | |
| 1. тройник на ответвление dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 197 | | | | |
| 10 | 510278 | 18778 | 32 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2431 | | | 350 | 2780 | 19909 | 2,09 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 350 | | | | |

| Ответвление №12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---------|------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|------------|----------|------|-----|------|------|------|------|
| уч-к | Q, Вт | G, кг/ч | l, м | Dy, мм | Dн, мм | δ, мм | ω, м/с | Re | Re пр | λ | R, Па/м | ΔPтр, Па | Σζ | Kvs | ΔPм | ΔPуч | ΔP | ΔH |
| 1 | 510278 | 18778 | 32,0 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2431 | | | 350 | 2780 | 2780 | 0,29 |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | Dy=100 мм | 1,2 | | 350 | | | | |
| 2 | 382710 | 14084 | 14 | 100 | 114 | 10 | 0,581 | 153502 | 266960 | 0,025 | 43,2 | 605 | | | 197 | 802 | 3582 | 0,38 |
| 2. тройник на ответвление dotв/дств=110/110=1 | | | | | | | | | | | Gотв/Gств= | 1 | 1,2 | | 197 | | | |
| 3 | 145840 | 5367 | 4,3 | 63 | 75 | 6,9 | 0,523 | 89845 | 173808 | 0,028 | 60,0 | 258 | | | 148 | 405 | 3987 | 0,42 |
| 1. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,3 | | 49 | | | |
| 1. тройник на ответвление dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,6 | | 98 | | | |
| 4 | 109830 | 4042 | 12 | 50 | 63 | 5,8 | 0,558 | 80562 | 145976 | 0,029 | 84,8 | 1017 | | | 196 | 1214 | 5201 | 0,55 |
| 1. тройник на проход dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 181 | | | |
| 2. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 15 | | | |
| Воздухонагреватель Volcano VR1 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 9200 | | | |
| 5 | 109830 | 4042 | 0,5 | 50 | 63 | 5,8 | 0,558 | 80562 | 145976 | 0,029 | 84,8 | 42 | | | 17 | 59 | 5260 | 0,55 |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/40=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 15 | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 2 | | | |
| 6 | 145840 | 5367 | 4,3 | 63 | 75 | 6,9 | 0,523 | 89845 | 173808 | 0,028 | 60,0 | 258 | | | 15 | 273 | 5533 | 0,58 |
| 1. тройник на проход dotв/дств=40/50=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 13 | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 1 | | | |
| 7 | 382710 | 14084 | 14 | 100 | 114 | 10 | 0,581 | 153502 | 266960 | 0,025 | 43,2 | 605 | | | 197 | 802 | 6334 | 0,67 |
| 1. тройник на ответвление dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 197 | | | |
| 8 | 510278 | 18778 | 32 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2431 | | | 350 | 2780 | 9114 | 0,96 |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 350 | | | |

Продолжение приложения А

Продолжение таблицы А.1

| Ответвление №13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---------|------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|------------|----------|------|-----|------|------|------|------|
| уч-к | Q, Вт | G, кг/ч | l, м | Dy, мм | Dн, мм | δ, мм | ω, м/с | Re | Re пр | λ | R, Па/м | ΔРтр, Па | Σζ | Kvs | ΔРм | ΔРуч | ΔР | ΔН |
| 1 | 510278 | 18778 | 32,0 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2431 | | | 350 | 2780 | 2780 | 0,29 |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | Dy=100 мм | 1,2 | | 350 | | | | |
| 2 | 382710 | 14084 | 14 | 100 | 114 | 10 | 0,581 | 153502 | 266960 | 0,025 | 43,2 | 605 | | | 197 | 802 | 3582 | 0,38 |
| 2. тройник на ответвление dotв/dctв=110/110=1 | | | | | | | | | | | Gотв/Gctв= | 1 | 1,2 | | 197 | | | |
| 3 | 145840 | 5367 | 4,3 | 63 | 75 | 6,9 | 0,523 | 89845 | 173808 | 0,028 | 60,0 | 258 | | | 0 | 258 | 3840 | 0,40 |
| 1. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,3 | | 0 | | | |
| 1. тройник на ответвление dotв/dctв=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,6 | | 0 | | | |
| Воздухонагреватель Volcano VR1 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 9200 | | | |
| 4 | 145840 | 5367 | 0,5 | 63 | 75 | 6,9 | 0,523 | 89845 | 173808 | 0,028 | 60,0 | 30 | | | 15 | 45 | 3884 | 0,41 |
| 1. тройник на проход dotв/dctв=40/50=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 13 | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 1 | | | |
| 5 | 382710 | 14084 | 14 | 100 | 114 | 10 | 0,581 | 153502 | 266960 | 0,025 | 43,2 | 605 | | | 197 | 802 | 4686 | 0,49 |
| 1. тройник на ответвление dotв/dctв=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 197 | | | |
| 6 | 510278 | 18778 | 32 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2431 | | | 350 | 2780 | 7466 | 0,78 |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 350 | | | |

| Ответвление №14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---------|------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|------------|----------|------|-----|-------|-------|-------|-------|
| уч-к | Q, Вт | G, кг/ч | l, м | Dy, мм | Dн, мм | δ, мм | ω, м/с | Re | Re пр | λ | R, Па/м | ΔPтр, Па | Σζ | Kvs | ΔPм | ΔPуч | ΔP | ΔH |
| 1 | 510278 | 18778 | 32,0 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2431 | | | 350 | 2780 | 2780 | 0,29 |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | Dy=100 мм | 1,2 | | 350 | | | | |
| 2 | 382710 | 14084 | 14 | 100 | 114 | 10 | 0,581 | 153502 | 266960 | 0,025 | 43,2 | 605 | | | 197 | 802 | 3582 | 0,38 |
| 2. тройник на ответвление dotв/дств=110/110=1 | | | | | | | | | | | Gотв/Gств= | 1 | 1,2 | | 197 | | | |
| 3 | 109380 | 4025 | 13,6 | 50 | 63 | 5,8 | 0,556 | 80232 | 145976 | 0,029 | 84,1 | 1144 | | | 9348 | 10491 | 14073 | 1,48 |
| 1. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,3 | | 49 | | | |
| 1. тройник на ответвление dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,6 | | 98 | | | |
| Воздухонагреватель Volcano VR1 | | | | | | | | | | | | | | | 9200 | | | |
| 4 | 109380 | 4025 | 0,5 | 50 | 63 | 5,8 | 0,556 | 80232 | 145976 | 0,029 | 84,1 | 42 | | | ##### | ##### | ##### | ##### |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | | | 2,1 | | 315 | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | ##### | | | |
| 5 | 382710 | 14084 | 12 | 100 | 114 | 10 | 0,581 | 153502 | 266960 | 0,025 | 43,2 | 518 | | | 18 | 536 | ##### | ##### |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/40=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 16 | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 2 | | | |
| 6 | 510278 | 18778 | 4,6 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 349 | | | 350 | 699 | ##### | ##### |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 350 | | | |

| Ответвление №15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---------|------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|------------|----------|------|-----|------|------|------|------|--|
| уч-к | Q, Вт | G, кг/ч | l, м | Dy, мм | Dн, мм | δ, мм | ω, м/с | Re | Re пр | λ | R, Па/м | ΔPтр, Па | Σζ | Kvs | ΔPм | ΔPуч | ΔP | ΔH | |
| 1 | 510278 | 18778 | 32,0 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2431 | | | 350 | 2780 | 2780 | 0,29 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | Dy=100 мм | 1,2 | | 350 | | | | | |
| 2 | 382710 | 14084 | 14 | 100 | 114 | 10 | 0,581 | 153502 | 266960 | 0,025 | 43,2 | 605 | | | 197 | 802 | 3582 | 0,38 | |
| 2. тройник на ответвление dotв/дств=110/110=1 | | | | | | | | | | | Gотв/Gств= | 1 | 1,2 | | 197 | | | | |
| 3 | 109380 | 4025 | 13,6 | 50 | 63 | 5,8 | 0,556 | 80232 | 145976 | 0,029 | 84,1 | 1144 | | | 148 | 1291 | 4873 | 0,51 | |
| 1. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,3 | | 49 | | | | |
| 1. тройник на ответвление dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,6 | | 98 | | | | |
| 4 | 72920 | 2683 | 4,6 | 40 | 50 | 4,6 | 0,588 | 67384 | 115872 | 0,031 | 125,4 | 577 | | | 218 | 795 | 5668 | 0,60 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 201 | | | | |
| 2. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 17 | | | | |
| Воздухонагреватель Volcano VR1 | | | | | | | | | | | | | | | 9200 | | | | |
| 5 | 72920 | 2683 | 0,5 | 40 | 50 | 4,6 | 0,588 | 67384 | 115872 | 0,031 | 125,4 | 63 | | | 218 | 281 | 5949 | 0,63 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/40=0,8 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 201 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 17 | | | | |
| 6 | 109380 | 4025 | 12 | 50 | 63 | 5,8 | 0,556 | 80232 | 145976 | 0,029 | 84,1 | 1009 | | | 331 | 1341 | 7289 | 0,77 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | | | 2,1 | | 315 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 17 | | | | |
| 7 | 382710 | 14084 | 12 | 100 | 114 | 10 | 0,581 | 153502 | 266960 | 0,025 | 43,2 | 518 | | | 18 | 536 | 7826 | 0,82 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/40=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 16 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 2 | | | | |
| 8 | 510278 | 18778 | 4,6 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 349 | | | 350 | 699 | 8525 | 0,90 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 350 | | | | |

| Ответвление №16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---------|------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|------------|----------|------|-----|------|-------|-------|------|
| уч-к | Q, Вт | G, кг/ч | l, м | Dy, мм | Dн, мм | δ, мм | ω, м/с | Re | Re пр | λ | R, Па/м | ΔPтр, Па | Σζ | Kvs | ΔPм | ΔPуч | ΔP | ΔH |
| 1 | 510278 | 18778 | 32,0 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2431 | | | 350 | 2780 | 2780 | 0,29 |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | Dy=100 мм | 1,2 | | 350 | | | | |
| 2 | 127568 | 4694 | 0,7 | 50 | 63 | 5,8 | 0,648 | 93573 | 145976 | 0,029 | 113,7 | 80 | | | 0 | 80 | 2860 | 0,30 |
| 2. тройник на ответвление dotв/дств=110/110=1 | | | | | | | | | | | Gотв/Gств= | 1 | 1,2 | | 0 | | | |
| 3 | 72888 | 2682 | 4,6 | 40 | 50 | 4,6 | 0,588 | 67355 | 115872 | 0,031 | 125,3 | 423 | | | 183 | 606 | 3466 | 0,36 |
| 1. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,3 | | 61 | | | |
| 1. тройник на ответвление dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,6 | | 122 | | | |
| 4 | 54658 | 2011 | 6 | 32 | 40 | 3 | 0,635 | 60610 | 96560 | 0,032 | 182,9 | 856 | | | 254 | 1110 | 4576 | 0,48 |
| 1. тройник на проход dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 234 | | | |
| 2. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 20 | | | |
| 5 | 36428 | 1341 | 6 | 32 | 40 | 3 | 0,423 | 40395 | 96560 | 0,032 | 82,8 | 497 | | | 9714 | 10211 | 14787 | 1,55 |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/40=0,8 | | | | | | | | | | | | | 2,1 | | 410 | | | |
| Воздухонагреватель Volkano VR1 | | | | | | | | | | | | | | | 9200 | | | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 104 | | | |
| 6 | 36428 | 1341 | 0,5 | 32 | 40 | 3 | 0,423 | 40395 | 96560 | 0,032 | 82,8 | 41 | | | 191 | 232 | 15020 | 1,58 |
| 1. тройник на проход dotв/дств=40/50=0,8 | | | | | | | | | | | | | 2,1 | | 182 | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 9 | | | |
| 7 | 54658 | 2011 | 6 | 32 | 40 | 3 | 0,635 | 60610 | 96560 | 0,032 | 182,9 | 900 | | | 21 | 921 | 15941 | 1,67 |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/40=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 20 | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 2 | | | |
| 8 | 72888 | 2682 | 4,6 | 40 | 50 | 4,6 | 0,588 | 67355 | 115872 | 0,031 | 125,3 | 576 | | | 18 | 595 | 16536 | 1,74 |
| 1. тройник на проход dotв/дств=40/50=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 17 | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 2 | | | |
| 9 | 127568 | 4694 | 0,7 | 50 | 63 | 5,8 | 0,648 | 93573 | 145976 | 0,029 | 113,7 | 80 | | | 244 | 324 | 16860 | 1,77 |
| 1. тройник на ответвление dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 244 | | | |
| 10 | 510278 | 18778 | 32 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2231 | | | 350 | 2581 | 19441 | 2,04 |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 350 | | | |

Продолжение приложения А

Продолжение таблицы А.1

| Ответвление №17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---------|------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|------------|----------|------|-----|------|-------|-------|------|--|
| уч-к | Q, Вт | G, кг/ч | l, м | Dy, мм | Dн, мм | δ, мм | ω, м/с | Re | Re пр | λ | R, Па/м | ΔPтр, Па | Σζ | Kvs | ΔPм | ΔPуч | ΔP | ΔH | |
| 1 | 510278 | 18778 | 32,0 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2431 | | | 350 | 2780 | 2780 | 0,29 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | Dy=100 мм | 1,2 | | 350 | | | | | |
| 2 | 127568 | 4694 | 0,7 | 50 | 63 | 5,8 | 0,648 | 93573 | 145976 | 0,029 | 113,7 | 80 | | | 0 | 80 | 2860 | 0,30 | |
| 2. тройник на ответвление dotв/дств=110/110=1 | | | | | | | | | | | Gотв/Gств= | 1 | 1,2 | | 0 | | | | |
| 3 | 72888 | 2682 | 4,6 | 40 | 50 | 4,6 | 0,588 | 67355 | 115872 | 0,031 | 125,3 | 423 | | | 183 | 606 | 3466 | 0,36 | |
| 1. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,3 | | 61 | | | | |
| 1. тройник на ответвление dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,6 | | 122 | | | | |
| 4 | 54658 | 2011 | 6 | 32 | 40 | 3 | 0,635 | 60610 | 96560 | 0,032 | 182,9 | 856 | | | 9454 | 10310 | 13776 | 1,45 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 234 | | | | |
| 2. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 20 | | | | |
| Воздухонагреватель Volcano VR1 | | | | | | | | | | | | | | | 9200 | | | | |
| 5 | 54658 | 2011 | 6 | 32 | 40 | 3 | 0,635 | 60610 | 96560 | 0,032 | 182,9 | 900 | | | 21 | 921 | 14698 | 1,54 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/40=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 20 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 2 | | | | |
| 6 | 72888 | 2682 | 4,6 | 40 | 50 | 4,6 | 0,588 | 67355 | 115872 | 0,031 | 125,3 | 576 | | | 18 | 595 | 15292 | 1,61 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=40/50=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 17 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 2 | | | | |
| 7 | 127568 | 4694 | 0,7 | 50 | 63 | 5,8 | 0,648 | 93573 | 145976 | 0,029 | 113,7 | 80 | | | 244 | 324 | 15616 | 1,64 | |
| 1. тройник на ответвление dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 244 | | | | |
| 8 | 510278 | 18778 | 32 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2231 | | | 350 | 2581 | 18197 | 1,91 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 350 | | | | |

| Ответвление №18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---------|------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|------------|----------|------|-----|------|------|-------|------|--|
| уч-к | Q, Вт | G, кг/ч | l, м | Dy, мм | Dн, мм | δ, мм | ω, м/с | Re | Re пр | λ | R, Па/м | ΔРтр, Па | Σζ | Kvs | ΔРм | ΔРуч | ΔР | ΔН | |
| 1 | 510278 | 18778 | 32,0 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2431 | | | 350 | 2780 | 2780 | 0,29 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | Dy=100 мм | 1,2 | | 350 | | | | | |
| 2 | 127568 | 4694 | 0,7 | 50 | 63 | 5,8 | 0,648 | 93573 | 145976 | 0,029 | 113,7 | 80 | | | 0 | 80 | 2860 | 0,30 | |
| 2. тройник на ответвление dotв/dctв=110/110=1 | | | | | | | | | | | Gотв/Gctв= | 1 | 1,2 | | 0 | | | | |
| 3 | 72888 | 2682 | 4,6 | 40 | 50 | 4,6 | 0,588 | 67355 | 115872 | 0,031 | 125,3 | 423 | | | 9383 | 9806 | 12666 | 1,33 | |
| 1. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,3 | | 61 | | | | |
| 1. тройник на ответвление dotв/dctв=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,6 | | 122 | | | | |
| Воздухонагреватель Volcano VR1 | | | | | | | | | | | | | | | 9200 | | | | |
| 4 | 72888 | 2682 | 4,6 | 40 | 50 | 4,6 | 0,588 | 67355 | 115872 | 0,031 | 125,3 | 576 | | | 18 | 595 | 13261 | 1,39 | |
| 1. тройник на проход dotв/dctв=40/50=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 17 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 2 | | | | |
| 5 | 127568 | 4694 | 0,7 | 50 | 63 | 5,8 | 0,648 | 93573 | 145976 | 0,029 | 113,7 | 80 | | | 244 | 324 | 13585 | 1,43 | |
| 1. тройник на ответвление dotв/dctв=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 244 | | | | |
| 6 | 510278 | 18778 | 32 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2231 | | | 350 | 2581 | 16166 | 1,70 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 350 | | | | |

Продолжение приложения А

Окончание таблицы А.1

| Ответвление №19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---------|------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|------------|----------|------|-----|------|-------|-------|------|--|
| уч-к | Q, Вт | G, кг/ч | l, м | Dy, мм | Dн, мм | δ, мм | ω, м/с | Re | Re пр | λ | R, Па/м | ΔРтр, Па | Σδ | Kvs | ΔРм | ΔРуч | ΔР | ΔН | |
| 1 | 510278 | 18778 | 32,0 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2431 | | | 350 | 2780 | 2780 | 0,29 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | Dy=100 мм | 1,2 | | 350 | | | | | |
| 2 | 127568 | 4694 | 0,7 | 50 | 63 | 5,8 | 0,648 | 93573 | 145976 | 0,029 | 113,7 | 80 | | | 244 | 324 | 3104 | 0,33 | |
| 2. тройник на ответвление dotв/дств=110/110=1 | | | | | | | | | | | Gотв/Gств= | 1 | 1,2 | | 244 | | | | |
| 3 | 54680 | 2012 | 6 | 40 | 50 | 4,6 | 0,441 | 50529 | 115872 | 0,031 | 71,5 | 429 | | | 183 | 612 | 3717 | 0,39 | |
| 1. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,3 | | 61 | | | | |
| 1. тройник на ответвление dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,6 | | 122 | | | | |
| 4 | 36450 | 1341 | 12 | 32 | 40 | 3,7 | 0,460 | 42155 | 92584 | 0,033 | 102,9 | 1235 | | | 9334 | 10569 | 14285 | 1,50 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 123 | | | | |
| 2. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 10 | | | | |
| Воздухонагреватель Volcano VR1 | | | | | | | | | | | | | | | 9200 | | | | |
| 5 | 36450 | 1341 | 12 | 32 | 40 | 3,7 | 0,460 | 42155 | 92584 | 0,033 | 102,9 | 1235 | | | 134 | 1369 | 15654 | 1,64 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/40=0,8 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 123 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 10 | | | | |
| 6 | 54680 | 2012 | 6 | 40 | 50 | 4,6 | 0,441 | 50529 | 115872 | 0,031 | 71,5 | 429 | | | 207 | 636 | 16290 | 1,71 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | | | 2,1 | | 198 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 9 | | | | |
| 7 | 127568 | 4694 | 0,7 | 50 | 63 | 5,8 | 0,648 | 93573 | 145976 | 0,029 | 113,7 | 80 | | | 22 | 102 | 16392 | 1,72 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/40=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 20 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 2 | | | | |
| 8 | 510278 | 18778 | 32 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2431 | | | 350 | 2780 | 19172 | 2,01 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 350 | | | | |

| Ответвление №2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---------|------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|------------|----------|------|-----|------|------|-------|------|--|
| уч-к | Q, Вт | G, кг/ч | l, м | Dy, мм | Dн, мм | δ, мм | ω, м/с | Re | Re пр | λ | R, Па/м | ΔPтр, Па | Σξ | Kvs | ΔPм | ΔPуч | ΔP | ΔH | |
| 1 | 510278 | 18778 | 32,0 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2431 | | | 350 | 2780 | 2780 | 0,29 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | Dy=100 мм | 1,2 | | 350 | | | | | |
| 2 | 382710 | 14084 | 14 | 100 | 114 | 10 | 0,581 | 153502 | 266960 | 0,025 | 43,2 | 605 | | | 197 | 802 | 3582 | 0,38 | |
| 2. тройник на ответвление dotв/дств=110/110=1 | | | | | | | | | | | Gотв/Gств= | 1 | 1,2 | | 197 | | | | |
| 3 | 145840 | 5367 | 4,3 | 63 | 75 | 6,9 | 0,523 | 89845 | 173808 | 0,028 | 60,0 | 258 | | | 35 | 293 | 4165 | 0,44 | |
| 1. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,3 | | 12 | | | | |
| 1. тройник на ответвление dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,6 | | 24 | | | | |
| 4 | 109830 | 4042 | 12 | 50 | 63 | 5,8 | 0,558 | 80562 | 145976 | 0,029 | 84,8 | 1017 | | | 196 | 1214 | 5379 | 0,57 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 181 | | | | |
| 2. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 15 | | | | |
| 5 | 72920 | 2683 | 6 | 40 | 50 | 4,6 | 0,588 | 67384 | 115872 | 0,031 | 125,4 | 752 | | | 334 | 1026 | 6405 | 0,67 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/40=0,8 | | | | | | | | | | | | | 2,1 | | 317 | | | | |
| 2. внезапное сужение | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 17 | | | | |
| 6 | 36460 | 1342 | 6 | 32 | 40 | 3,7 | 0,460 | 42167 | 92584 | 0,033 | 103,0 | 618 | | | 257 | 875 | 7280 | 0,76 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/40=0,8 | | | | | | | | | | | | | 2,5 | | 257 | | | | |
| 7 | 36460 | 1342 | 6 | 32 | 40 | 3,7 | 0,460 | 42167 | 92584 | 0,033 | 103,0 | 618 | | | 6457 | 7075 | 14355 | 1,51 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/40=0,8 | | | | | | | | | | | | | 2,5 | | 257 | | | | |
| Воздухонагреватель Volcano VR1 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 6200 | | | | |
| 8 | 72920 | 2683 | 6 | 40 | 50 | 4,6 | 0,588 | 67384 | 115872 | 0,031 | 125,4 | 752 | | | 354 | 1006 | 15361 | 1,61 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/40=0,8 | | | | | | | | | | | | | 2,1 | | 352 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 2 | | | | |
| 9 | 109830 | 4042 | 6 | 50 | 63 | 5,8 | 0,558 | 80562 | 145976 | 0,029 | 84,8 | 509 | | | 17 | 525 | 15886 | 1,67 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=32/40=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 15 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 2 | | | | |
| 10 | 145840 | 5367 | 4,3 | 63 | 75 | 6,9 | 0,523 | 89845 | 173808 | 0,028 | 60,0 | 258 | | | 15 | 273 | 16158 | 1,70 | |
| 1. тройник на проход dotв/дств=40/50=0,8 | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | 13 | | | | |
| 2. внезапное расширение | | | | | | | | | | | | | 0,01 | | 1 | | | | |
| 11 | 382710 | 14084 | 14 | 100 | 114 | 10 | 0,581 | 153502 | 266960 | 0,025 | 43,2 | 605 | | | 197 | 802 | 16960 | 1,78 | |
| 1. тройник на ответвление dotв/дств=50/63=0,8 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 197 | | | | |
| 12 | 510278 | 18778 | 32 | 100 | 114 | 10 | 0,775 | 204668 | 266960 | 0,024 | 76,0 | 2431 | | | 350 | 2780 | 19740 | 2,07 | |
| 1. отвод гнутый под углом 90 | | | | | | | | | | | | | 1,2 | | 350 | | | | |