

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«Витебский государственный технологический университет»

# **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ  
1-36 08 01 «МАШИНЫ И АППАРАТЫ ЛЁГКОЙ, ТЕКСТИЛЬНОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ И БЫТОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ»**

Витебск  
2014

УДК 697.98 : 628.83 : 67

Проектирование и эксплуатация санитарно-технических установок : лабораторный практикум для студентов специальности 1-36 08 01 «Машины и аппараты лёгкой, текстильной промышленности и бытового обслуживания».

Витебск: Министерство образования Республики Беларусь, УО ВГТУ, 2014.

Составители: доцент, к.т.н. Гречаников А.В.  
доцент, к.т.н. Тимонов И.А.

В лабораторном практикуме содержатся теоретические сведения, нормативные и справочные данные по вопросам проектирования и эксплуатации систем вентиляции, кондиционирования воздуха, отопления, водоснабжения, водоотведения, аспирации и пневмотранспорта в цехах предприятий легкой промышленности. Это дает возможность студентам изучить методы расчета этих систем, получить навыки проектирования санитарно-технических установок промышленных предприятий.

Одобрено кафедрой «Охрана труда и промэкология» УО «ВГТУ»,  
«24» января 2014 г., протокол № 8

Рецензент: профессор, д.т.н. С.Г. Ковчур  
Редактор: доцент, к.т.н. В.Н. Потоцкий

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским советом  
УО «ВГТУ» «27» февраля 2014 г., протокол № 2

Ответственный за выпуск: В.А. Сяборова

Учреждение образования  
«Витебский государственный технологический университет»

---

Подписано к печати \_\_\_\_\_ Формат \_\_\_\_\_ Уч.-изд. лист \_\_\_\_\_  
Печать ризографическая. Тираж \_\_\_\_\_ экз. Заказ \_\_\_\_\_ Цена \_\_\_\_\_

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Витебский государственный технологический университет».

Лицензия № 02330/0494384 от 16 марта 2009 г.

210035, Витебск, Московский пр-т, 72.

## СОДЕРЖАНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 .....	4
ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ.....	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 .....	15
РАСЧЕТ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА В ЦЕХАХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	15
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 .....	29
ВОЗДУХОВОДЫ И ОСНОВЫ ИХ РАСЧЕТА.....	29
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 .....	40
СИСТЕМЫ ДЕЖУРНОГО ОТОПЛЕНИЯ И ОТОПИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ В ЦЕХАХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	40
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 .....	48
СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	48
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 .....	57
СИСТЕМЫ АСПИРАЦИИ В ЦЕХАХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ..	57
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7 .....	69
РАСЧЁТ И ПОДБОР НАСОСА ПОВЫСИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ .....	69
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8 .....	76
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЁТНЫХ РАСХОДОВ СТОЧНЫХ ВОД.....	76
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	85
Приложение 1 .....	86
Приложение 2 .....	87
Приложение 3 .....	88
Приложение 4.....	89
Приложение 5 .....	90
Приложение 6.....	91
Приложение 7.....	93
Приложение 8.....	94
Приложение 9.....	95
Приложение 10.....	96
Приложение 11.....	99
Приложение 12.....	101

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

## ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

### *1 Цель работы*

*Ознакомиться с составляющими теплового баланса производственных помещений.*

### *2 Общие сведения*

В основных цехах предприятий легкой промышленности одним из определяющих вредных выделений является избыточное тепло. При расчете систем отопления и кондиционирования воздуха таких помещений необходимо составление теплового баланса, т.е. выяснение всех статей поступления и расхода тепла.

К статьям поступления относится тепло, выделяемое всеми имеющимися в цехе источниками, и тепло от солнечной радиации.

Расходными статьями являются потери тепла через ограждающие конструкции здания или помещения.

Избытки явного тепла – остаточные количества явного тепла (за вычетом теплопотерь), поступающие в помещение при расчетных параметрах наружного воздуха после осуществления всех технологических, строительных, объемно-планировочных, санитарно-технических мероприятий по их уменьшению, а также по теплоизоляции и герметизации оборудования, установок и теплопроводов, устройству местных отсосов нагретого воздуха и т.п.

В задачу составления теплового баланса цеха входит определение избытков тепла для расчетных периодов года: теплого и холодного.

Холодный период года – период года, характеризующийся среднесуточной температурой наружного воздуха, равной  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$  и ниже.

Теплый период года – период года, характеризующийся среднесуточной температурой наружного воздуха выше  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

К ограждающим конструкциям относятся наружные стены, полы по грунту, внутренние ограждающие конструкции между помещениями с различной температурой внутреннего воздуха, покрытия, перекрытия над верхними этажами, заполнения проёмов: окна, витражи, витрины, фонари, двери, ворота.

Теплопотери зависят от принятой температуры внутри помещения и от температурных условий наружного воздуха в пункте строительства фабрики.

Основные теплопотери через ограждения определяются суммированием теплопотерь через отдельные ограждения зданий

$$Q_i = K_i \cdot F_i \cdot (t_e - t_n) \cdot n_i \cdot B_i, \quad (1.1)$$

где  $Q_i$  – теплотери через ограждающие конструкции, Вт

$K_i$  – коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции, Вт/м<sup>2</sup>·°С;

$F_i$  – площадь ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>;

$t_e$  – расчетная температура внутреннего воздуха для холодного периода, °С;

$t_n$  – расчетная температура наружного воздуха для холодного периода, °С;

$n_i$  – коэффициент, зависящий от положения наружной поверхности ограждения и учитывающий фактическое понижение расчетной разности температур (для наружных стен и окон  $n_i = 1$ );

$B_i$  – коэффициент, учитывающий надбавки к потерям тепла на ориентации ограждений по странам света, на обдувание ограждений ветром и врывание холодного воздуха через наружные двери и ворота.

Добавочные потери теплоты через ограждающие конструкции в помещениях любого назначения следует принимать через наружные вертикальные и наклонные стены, двери и окна, обращенные на север, восток, северо-восток и северо-запад, в размере 0,1; на юго-восток и запад – в размере 0,05. Дополнительные теплотери в виде надбавок на инфильтрацию ветром следует принимать: север, восток, северо-восток и северо-запад – в размере 0,1; на юго-восток и запад – в размере 0,05.

Теплотери через пол, расположенный на грунте, рассчитываются по зонам. Для этого поверхность пола делят на полосы шириной 2 м параллельные наружным стенам. Полосу, ближайшую к наружной стене, обозначают первой зоной  $П_{ЗI}$ , следующие две полосы – второй и третьей зоной  $П_{ЗII}$  и  $П_{ЗIII}$ , а остальную поверхность пола – четвертой зоной  $П_{ЗIV}$ .

Теплотери каждой зоны рассчитывают по формуле (1.1), принимая  $n = 1$  и  $\sum \beta = 0$ ,  $t_B$  и  $t_H^B$  остаются неизменными.

За величину  $K_i$  – коэффициента теплопередачи – принимают условные значения, которые для каждой зоны неутепленного пола равны (Вт/м<sup>2</sup>·°С)

$$K_I = 0,48 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С};$$

$$K_{II} = 0,23 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}$$

$$K_{III} = 0,12 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С};$$

$$K_{IV} = 0,07 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С} \text{ – (для оставшейся площади пола).}$$

Поверхность пола в первой зоне, примыкающая к углу наружных стен, имеет повышенные теплотери, поэтому ее площадь размером 2 × 2 м дважды учитывается при определении общей площади первой зоны.

Данные расчета заносятся в таблицу расчета теплотерь.

Метеорологические условия в помещениях производственных и вспомогательных зданий промышленных предприятий при кондиционировании в пределах оптимальных и допустимых норм приведены в приложениях 1–5. Рекомендуемая форма записи выбранных метеорологических условий представлена в таблице 1.2.

Расчетные параметры наружного воздуха представлены в приложении 6. Рекомендуемая форма записи выбранных расчетных параметров наружного воздуха представлена в таблице 1.3.

Таблица 1.1 – Бланк расчета теплотерь

Обозначение ограждающей конструкции	Количество Размер ограждения, м	Суммарная площадь ограждения $F$ , м <sup>2</sup>	Температурный перепад $\Delta t = t_e - t_n$ , °C	Коэффициент теплопередачи $K$ , Вт/м <sup>2</sup> · °C	Надбавки к потерям тепла		Коэффициент, учитывающий надбавки к потерям тепла, $B_i$	Суммарные потери тепла $\sum Q_{тп}^{н.Вм}$
					На страны света	На инфильтрацию		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Всего								

Таблица 1.2 – Метеорологические условия в рабочей зоне цеха

Наименование цеха	Параметры воздуха	Расчетные периоды года					
		ТЕПЛЫЙ			ХОЛОДНЫЙ		
		Температура $t$ , °C	Относительная влажность $\varphi$ , %	Скорость воздуха $V$ , м/с	Температура $t$ , °C	Относительная влажность $\varphi$ , %	Скорость воздуха $V$ , м/с
	Рекомендуемые						
	Принятые в расчете						

Таблица 1.3 – Расчетные параметры наружного воздуха

Наименование пункта	Расчетная географическая широта, °С.Ш.	Период года	Параметры Б		Скорость ветра, м/с
			Температура, °С	Удельная энтальпия, кДж/кг	
		теплый			
		холодный			

После расчета теплотерь определяют составляющие избытков тепла в помещении.

Поступление тепла от машин (оборудования) определяют по формуле

$$Q_M = 1000 N_{уст} \cdot K_{исп} \cdot K_B, \quad (1.2)$$

где  $Q_M$  – теплопоступление от технологического оборудования, Вт;  
 $N_{уст}$  – установленная (номинальная) мощность электродвигателей, кВт;  
 $K_{исп}$  – коэффициент использования электродвигателей (приложение 7);  
 $K_B$  – коэффициент выделения тепла в помещении,  $K_B = 1$ .

Поступление тепла от людей рассчитывается по формуле

$$Q_M = q_L \cdot n, \quad (1.3)$$

где  $Q_L$  – поступление тепла от людей, Вт;  
 $g_L$  – тепловыделения одним человеком, Вт (приложение 1);  
 $n$  – количество основных рабочих в наиболее многочисленной смене цеха.

Поступление тепла от искусственного освещения рассчитывается по формуле

$$Q_{осв} = 1000 \cdot q_{осв} \cdot F \cdot K_{осв}, \quad (1.4)$$

где  $Q_{осв}$  – поступление тепла от искусственного освещения помещения, Вт;  
 $q_{осв} = 0,05$  кВт – удельный расход электроэнергии на освещение 1 м<sup>2</sup> площади помещения, кВт/м<sup>2</sup>;  
 $F$  – площадь помещения, м<sup>2</sup>;  
 $K_{осв}$  – коэффициент, учитывающий фактическое поступление тепла в цех.  
 Значение  $K_{осв}$  в холодный период принимается равным 1, а в теп-

льный период  $K_{OCB}$  принимается в зависимости от высоты этажа и ширины цеха (приложение 8).

Теплопоступления от солнечной радиации определяются по формуле

$$Q_{C.P.} = q_{OCT} \cdot F_{OCT} \cdot n_{OCT}, \quad (1.5)$$

где  $Q_{C.P.}$  – теплопоступления от солнечной радиации, Вт;

$q_{OCT}$  – удельная величина теплопоступлений от солнечной радиации через вертикальные световые проемы, Вт/м<sup>2</sup> (приложение 8);

$F_{OCT}$  – площадь светового проема, м<sup>2</sup>;

$n_{OCT}$  – количество световых проемов, м<sup>2</sup>.

Теплопоступления от покрытия определяются по формуле

$$Q_{ПОР.} = q_{ПОР.} \cdot F_{ПОР.} \cdot b, \quad (1.6)$$

где  $Q_{ПОР.}$  – теплопоступления от солнечной радиации, Вт;

$q_{ПОР.}$  – удельная величина теплопоступлений от покрытия, Вт/м<sup>2</sup> (приложение 8);

$F_{ПОР.}$  – площадь покрытия, м<sup>2</sup>;

$b=0,8$ .

Теплопоступления с технического этажа (чердака) определяются по формуле

$$Q_{Ч.Р.} = \frac{1}{R} \cdot F_{ПОР.} \cdot b \cdot (t_{Ч} - t_{В}), \quad (1.7)$$

где  $R$  – сопротивление теплопередаче перекрытия,  $R = 5 \frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$ ;

$t_{Ч} = t_{Н} + 5 \text{ } ^\circ C$  – температура чердачного покрытия, С;

$b = 0,8$ .

Рекомендуемая форма составления теплового баланса представлена в таблице 1.4.



Таблица 1.4 – Тепловой баланс производственного помещения

№ п/п	Величины, входящие в тепловой баланс	Условные обозначения	Значения величин, Вт	
			Теплый период года	Холодный период года
1	Теплопотери через ограждающие конструкции	$\sum Q_{Т.П.}$		
2	Теплопоступления от технологического оборудования	$Q_M$		
3	Теплопоступления от людей	$Q_L$		
4	Теплопоступления от искусственного электрического освещения	$Q_{ОСВ}$		
5	Теплопоступления с технического чердака	$Q_{Т.Ч.}$		
6	Теплопоступления от солнечной радиации через остеклённые ограждающие конструкции	$Q_{С.Р.}$		
7	Теплопоступления от покрытия	$Q_{Покр.}$		
Избытки тепла		$Q_{ИЗБ}$		

Сведением всех составляющих прихода и расхода тепла в тепловом балансе помещения определяется дефицит или избыток тепла. Дефицит тепла указывает на необходимость устройства в помещении отопления в рабочее время.

Для теплого периода года все тепло, поступающее в производственное помещение, является теплом избыточным

$$Q_{ИЗБ}^T = \sum Q_{Т.В.}^T \cdot \quad (1.8)$$

Общие теплопоступления для теплого периода года определяются как сумма тепловыделений от конкретных источников, имеющихся в данном цехе

$$\sum Q_{Т.В.}^T = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n, \quad (1.9)$$

где  $\sum Q_{Т.В.}^T$  – сумма теплопоступлений в цех для теплого периода года, Вт;

$Q_i$  – тепловыделения от конкретных источников, Вт.

Для холодного периода года избыточным теплом будет разность между теплопоступлениями в цех и теплопотерями через ограждения помещения

$$Q_{ИЗБ}^X = \sum Q_{Т.В.}^X - \sum Q_{Т.П.} \cdot \quad (1.10)$$

Общие теплопоступления для холодного периода года определяются как сумма тепловыделений от конкретных источников, имеющихся в данном цехе.

После составления теплового баланса определяется удельная тепловая нагрузка цеха и удельная тепловая характеристика цеха.

Мощность (производительность) вентиляционных установок и установок кондиционирования воздуха, обеспечивающих требуемые температурно-влажностные условия в рабочей зоне производственных помещений, в основном определяется удельной тепловой нагрузкой цеха, т.е. количеством избыточного тепла (Вт), выделяющегося в 1 м<sup>3</sup> внутреннего объема цеха

$$q_{т.н.} = \frac{Q_{ИЗБ}^T}{V_{ц}}, \quad (1.11)$$

где  $q_{т.н.}$  – удельная тепловая нагрузка цеха, Вт/м<sup>3</sup>;

$Q_{ИЗБ}^T$  – избытки явного тепла, Вт;

$V_{ц}$  – объем помещения, м<sup>3</sup>.

Удельная тепловая характеристика определяется по формуле

$$q_{т.х.} = \frac{\sum Q_{т.п.}}{V_{ц} \cdot (t_{в} - t_{н}^B)}, \quad (1.12)$$

где  $q_{т.х.}$  – удельная тепловая характеристика цеха, Вт/м<sup>3</sup> · °С;

$\sum Q_{т.п.}$  – суммарные теплопотери через все ограждающие конструкции помещения, Вт.;

$V_{ц}$  – внутренний объем помещения, м<sup>3</sup>;

$t_{в}$  – принятая температура воздуха внутри цеха в холодный период года, °С;

$t_{н}^B$  – расчётная температура наружного воздуха для холодного периода года (параметры Б) при расчёте потерь теплоты через наружные ограждения, °С.

### ***3 Порядок выполнения работы***

1. Изучить составляющие теплового баланса производственных цехов предприятий легкой промышленности.

2. Изучить методику расчета теплопотерь и теплопоступлений в производственных цехах предприятий легкой промышленности.

3. Студенты получают задание с описанием цеха и в соответствии с методикой проводят расчет теплового баланса.

### ***Варианты задания***

Вариант 1 – Вязальный цех трикотажной фабрики расположен на 2 этаже 4-х этажного здания. Размеры цеха: длина 60 м, ширина 36 м, высота этажа 4,8 м. Фабрика расположена в городе Бресте. Сетка колонн 6×6 м. Коэффициенты теплопередачи: стены – 1,5 Вт/м<sup>2</sup>·°С; окна – 2,9 Вт/м<sup>2</sup>·°С. Мощность установленного оборудования  $N_{уст} = 114$  кВт. Количество основных работающих в наиболее многочисленной смене цеха  $n = 170$  чел. Световые проёмы: север – 8 шт., юг – 8 шт. Размер светового проёма 3×4 м.

Вариант 2 – Прядильный цех расположен на 1 этаже одноэтажного здания. Размеры цеха: длина 60 м, ширина 54 м, высота этажа 6,0 м. Фабрика расположена в городе Минске. Сетка колонн 18×12 м. Сырьё – хлопок. Коэффициенты теплопередачи: стены – 1,5 Вт/м<sup>2</sup>·°С; окна – 2,9 Вт/м<sup>2</sup>·°С. Мощность установленного оборудования  $N_{уст} = 342$  кВт. Количество основных работающих в наиболее многочисленной смене цеха  $n = 130$  чел. Световые проёмы: север – 8 шт., восток – 6 шт. Размер светового проёма 3×4 м.

Вариант 3 – Ткацкий цех расположен на 1 этаже одноэтажного здания. Размеры цеха: длина 72 м, ширина 72 м, высота этажа 6,0 м. Фабрика расположена в городе Витебске. Сырьё – хлопок. Сетка колонн 24×12 м. Коэффициенты теплопередачи: стены – 1,5 Вт/м<sup>2</sup>·°С; окна – 2,9 Вт/м<sup>2</sup>·°С. Мощность установленного оборудования  $N_{уст} = 445$  кВт. Количество основных работающих в наиболее многочисленной смене цеха  $n = 120$  чел. Световые проёмы: север – 10 шт., восток – 6 шт. Размер светового проёма 3×4 м.

Вариант 4 – Швейный цех расположен на 3 этаже 4-х этажного здания. Размеры цеха: длина 72 м, ширина 42 м, высота этажа 4,8 м. Фабрика расположена в городе Полоцке. Сетка колонн 6×6 м. Коэффициенты теплопередачи: стены – 1,5 Вт/м<sup>2</sup>·°С; окна – 2,9 Вт/м<sup>2</sup>·°С. Мощность установленного оборудования  $N_{уст} = 112$  кВт. Количество основных работающих в наиболее многочисленной смене цеха  $n = 460$  чел. Световые проёмы: север – 10 шт., юг – 10 шт. Размер светового проёма 3×4 м.

Вариант 5 – Обувной цех расположен на 2 этаже 2-х этажного здания. Размеры цеха: длина 66 м, ширина 36 м, высота этажа 5,4 м. Фабрика расположена в городе Могилеве. Сетка колонн 18×6 м. Коэффициенты теплопередачи: стены – 1,5 Вт/м<sup>2</sup>·°С; окна – 2,9 Вт/м<sup>2</sup>·°С. Мощность установленного оборудования  $N_{уст} = 98$  кВт. Количество основных работающих в наиболее многочисленной смене цеха  $n = 200$  чел. Световые проёмы: север – 9 шт., юг – 9 шт. Размер светового проёма 3×4 м.

Вариант 6 – Обувной цех расположен на 4 этаже 4-х этажного здания. Размеры цеха: длина 60 м, ширина 54 м, высота этажа 6,0 м. Фабрика располо-

жена в городе Гродно. Сетка колонн  $18 \times 6$  м. Коэффициенты теплопередачи: стены –  $1,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$ ; окна –  $2,9 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$ . Мощность установленного оборудования  $N_{уст} = 104$  кВт. Количество основных работающих в наиболее многочисленной смене цеха  $n = 200$  чел. Световые проёмы: север – 8 шт., юг – 8 шт. Размер светового проёма  $3 \times 4$  м.

Вариант 7 – Прядильный цех расположен на 1 этаже одноэтажного здания. Размеры цеха: длина 36 м, ширина 72 м, высота этажа 6,0 м. Фабрика расположена в городе Гомеле. Сетка колонн  $24 \times 12$  м. Сырьё – лен. Коэффициенты теплопередачи: стены –  $1,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$ ; окна –  $2,9 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$ . Мощность установленного оборудования  $N_{уст} = 420$  кВт. Количество основных работающих в наиболее многочисленной смене цеха  $n = 120$  чел. Световые проёмы: север – 6 шт., восток – 8 шт. Размер светового проёма  $3 \times 4$  м.

Вариант 8 – Прядильный цех расположен на 1 этаже одноэтажного здания. Размеры цеха: длина 48 м, ширина 48 м, высота этажа 5,4 м. Фабрика расположена в городе Слуцке. Сетка колонн  $12 \times 12$  м. Сырьё – шерсть натуральная. Коэффициенты теплопередачи: стены –  $1,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$ ; окна –  $2,9 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$ . Мощность установленного оборудования  $N_{уст} = 300$  кВт. Количество основных работающих в наиболее многочисленной смене цеха  $n = 100$  чел. Световые проёмы: север – 8 шт. Размер светового проёма  $3 \times 4$  м.

Вариант 9 – Швейный цех расположен на 2 этаже 3-х этажного здания. Размеры цеха: длина 48 м, ширина 24 м, высота этажа 4,8 м. Фабрика расположена в городе Новогрудке. Сетка колонн  $6 \times 6$  м. Коэффициенты теплопередачи: стены –  $1,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$ ; окна –  $2,9 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$ . Мощность установленного оборудования  $N_{уст} = 78$  кВт. Количество основных работающих в наиболее многочисленной смене цеха  $n = 160$  чел. Световые проёмы: север – 6 шт., юг – 6 шт. Размер светового проёма  $3 \times 4$  м.

Вариант 10 – Швейный цех расположен на 2 этаже 2-х этажного здания. Размеры цеха: длина 66 м, ширина 24 м, высота этажа 6,0 м. Фабрика расположена в городе Бобруйске. Сетка колонн  $24 \times 6$  м. Коэффициенты теплопередачи: стены –  $1,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$ ; окна –  $2,9 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$ . Мощность установленного оборудования  $N_{уст} = 72$  кВт. Количество основных работающих в наиболее многочисленной смене цеха  $n = 150$  чел. Световые проёмы: север – 9 шт., юг – 9 шт. Размер светового проёма  $3 \times 4$  м.

Вариант 11 – Вязальный цех трикотажной фабрики расположен на 3 этаже 3-х этажной фабрики. Размеры цеха: длина 60 м, ширина 24 м, высота этажа 4,8 м. Фабрика расположена в городе Брагине. Сетка колонн  $12 \times 6$  м. Коэффициенты теплопередачи: стены –  $1,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$ ; окна –  $2,9 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$ . Мощность установленного оборудования  $N_{уст} = 212$  кВт. Количество основных работающих в наиболее многочисленной смене цеха  $n = 165$  чел. Световые проёмы: север – 8 шт., юг – 8 шт. Размер светового проёма  $3 \times 4$  м.

Вариант 12 – Ткацкий цех расположен на 1 этаже одноэтажного здания. Размеры цеха: длина 54 м, ширина 72 м, высота этажа 6,0 м. Фабрика расположена в городе Лиде. Сырье – лен. Сетка колонн 18×6 м. Коэффициенты теплопередачи: стены – 1,5 Вт/м<sup>2</sup>·°С; окна – 2,9 Вт/м<sup>2</sup>·°С. Мощность установленного оборудования  $N_{уст} = 340$  кВт. Количество основных работающих в наиболее многочисленной смене цеха  $n = 155$  чел. Световые проёмы: север – 9 шт., восток – 8 шт. Размер светового проёма 3×4 м.

Вариант 13 – Ткацкий цех расположен на 1 этаже одноэтажного здания. Размеры цеха: длина 60 м, ширина 36 м, высота этажа 4,8 м. Фабрика расположена в городе Борисове. Сырье – шерсть. Сетка колонн 12×12 м. Коэффициенты теплопередачи: стены – 1,5 Вт/м<sup>2</sup>·°С; окна – 2,9 Вт/м<sup>2</sup>·°С. Мощность установленного оборудования  $N_{уст} = 300$  кВт. Количество основных работающих в наиболее многочисленной смене цеха  $n = 105$  чел. Световые проёмы: север – 10 шт. Размер светового проёма 3×4 м.

Вариант 14 – Обувной цех расположен на 4 этаже 4-х этажного здания. Размеры цеха: длина 72 м, ширина 36 м, высота этажа 6,0 м. Фабрика расположена в городе Лиде. Сетка колонн 18×6 м. Коэффициенты теплопередачи: стены – 1,5 Вт/м<sup>2</sup>·°С; окна – 2,9 Вт/м<sup>2</sup>·°С. Мощность установленного оборудования  $N_{уст} = 120$  кВт. Количество основных работающих в наиболее многочисленной смене цеха  $n = 465$  чел. Световые проёмы: север – 10 шт., юг – 10 шт. Размер светового проёма 3×4 м.

Вариант 15 – Прядильный цех расположен на 1 этаже одноэтажного здания. Размеры цеха: длина 72 м, ширина 48 м, высота этажа 6,0 м. Фабрика расположена в городе Марьино Горка. Сетка колонн 24×6 м. Сырьё – хлопок. Коэффициенты теплопередачи: стены – 1,5 Вт/м<sup>2</sup>·°С; окна – 2,9 Вт/м<sup>2</sup>·°С. Мощность установленного оборудования  $N_{уст} = 525$  кВт. Количество основных работающих в наиболее многочисленной смене цеха  $n = 145$  чел. Световые проёмы: север – 8 шт. Размер светового проёма 3×4 м.

#### ***4 Содержание отчета***

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Расчет теплопотерь цеха.
4. Расчет тепlopоступлений цеха.
5. Сводная таблица теплового баланса.

## ***5 Рекомендуемая литература***

1. СанПиН 9–80 РБ 98. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – Взамен ГОСТ 12.1.005–88 ; введ. 1998–07–01.– Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 1998. – 10 с.

2. СНБ 4.02.01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Введ. впервые. 2004 – 06 – 01. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2004. – 32 с.

3. Ковчур, С. Г. Основы проектирования предприятий легкой промышленности : учеб. пособие / С. Г. Ковчур, В. Я. Казарновский, Р. В. Ордовский. – Минск : Выш. шк., 1981. – 263 с.: ил.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### РАСЧЕТ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА В ЦЕХАХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

#### *1 Цель работы*

*Изучить методы расчета систем кондиционирования воздуха (СКВ) в цехах предприятий легкой промышленности, условия выбора кондиционеров.*

#### *2 Общие сведения*

Технологические процессы предприятий текстильной и легкой промышленности связаны с выделением в рабочую зону помещений различных вредных веществ: тепла, влаги, растительной и минеральной пыли, вредных газов, запахов и др. Указанные выделения могут создать в цехах такие метеорологические условия, которые не удовлетворяют санитарно-гигиеническим и технологическим требованиям. Для поддержания требуемых метеорологических условий в помещении необходимо подавать в него воздух с определенными параметрами. В отдельные периоды года эти параметры могут заметно отличаться от необходимых параметров приточного воздуха. Поэтому прежде чем подать наружный воздух в помещение, его необходимо специально обработать, придав ему определенные кондиции. Процесс создания и автоматического поддержания определенных параметров воздушной среды называют кондиционированием воздуха (КВ). Устройства, в которых воздух подвергается тепловлажностной обработке (нагрев, охлаждение, очистка, увлажнение, осушка), называются установками кондиционирования воздуха (УКВ) или кондиционерами.

Комплекс технологических средств и устройств для приготовления приточного воздуха с заданными параметрами и поддержания в рабочих залах требуемых метеорологических условий (независимо от изменения внешних и внутренних факторов) называется системой кондиционирования воздуха (СКВ). В СКВ входят оборудование для осуществления всевозможных процессов обработки воздуха, его перемещения и распределения, источники тепло- и холодообеспечения, средства автоматического регулирования, дистанционного управления и контроля, насосы и трубопроводы для тепло- и холодоносителя, местные подогреватели, охладители, осушители и увлажнители, а также вспомогательное электрооборудование.

В основных цехах предприятий легкой промышленности следует принимать кондиционирование второго класса для обеспечения метеорологических условий в пределах оптимальных норм или требуемых для технологических процессов.

Определять количество воздуха для вентиляции по кратности воздухообмена не допускается, за исключением случаев, оговоренных в нормативных документах, согласованных и утвержденных в установленном порядке.

Опыт проектирования и эксплуатации основных производственных помещений прядильных, ткацких и трикотажных фабрик, а также швейных и обувных фабрик показал, что теплоизбытки являются определяющей вредностью для расчета систем вентиляции и кондиционирования воздуха. В цехах швейных фабрик наряду с теплоизбытками необходимо учитывать влаговыведения, так как влагосодержание воздуха увеличивается.

Расчет установок кондиционирования воздуха производится для теплого и холодного периодов года при максимальном и минимальном значении величины теплоизбытков. По максимальным теплоизбыткам в теплый период года определяется максимальная подача воздуха и выбирается оборудование для его перемещения, увлажнения, охлаждения или осушки. По минимальным теплоизбыткам в холодный период года определяются максимальные расходы тепла и выбирается соответствующее оборудование для нагрева воздуха.

Расчет необходимого количества кондиционированного воздуха для соответствующих периодов года производится графоаналитическим методом с использованием  $i-d$ -диаграммы.

## 2.1 Схемы процессов кондиционирования воздуха для теплого периода года

Политропное охлаждение приточного воздуха используется для обеспечения экономичности системы кондиционирования в тех случаях, когда энтальпия наружного воздуха выше энтальпии внутреннего, а также для сокращения кратности воздухообмена.

Исходными данными для построения схемы процесса являются точки  $H$  и  $B$ , которые наносятся на  $i-d$ -диаграмму. Требуемое состояние кондиционного воздуха после политропного охлаждения в оросительной камере, характеризуемое точкой  $O$ , определится влагосодержанием  $d_o = d_g$  и относительной влажностью  $\varphi = 95\%$ . Луч процесса  $HO$  будет соответствовать процессу изменения тепловлажностного состояния воздуха в оросительной камере кондиционера (рисунок 2.1).

Регулирование процесса охлаждения воздуха производится за счет изменения пропорции смеси холодной и рециркуляционной воды. Точка  $K$ , характеризующая состояние воздуха, подаваемого в цех, определяется энтальпией  $i_k = i_o + 0,8$  кДж/кг и влагосодержанием  $d_k = d_o$ . Для охлаждения воздуха используется холодная вода, которая поступает в оросительную камеру кондиционера из артезианских скважин (естественные источники холода) или от специальных холодильных установок (искусственные источники холода).



Параметры воздуха	$t, ^\circ\text{C}$	$i, \text{кДж/кг}$	$d, \text{г/кг}$	$\varphi, \%$
Точка (состояние воздуха)				
Наружный воздух (Н)				
Внутренний воздух (В)				
Оросительная камера (О)				
Кондиционированный (К)				

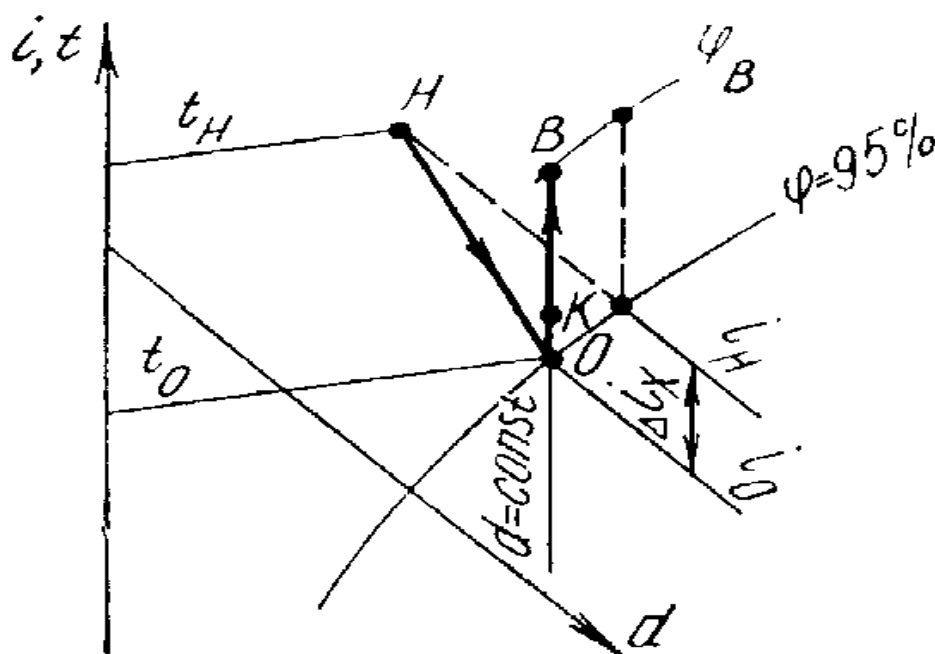


Рисунок 2.1 – Схема процесса кондиционирования воздуха с политропным охлаждением воздуха

Количество кондиционированного воздуха, необходимого для поглощения избытков тепла в помещении в теплый период года, находят следующим образом:

$$G^T = \frac{3,6 \cdot Q_{ИЗБ}^T}{\Delta i_p \cdot k_3}, \quad (2.1)$$

где  $G^T$  – массовый расход воздуха в теплый период года, кг/ч;  
 $Q_{ИЗБ}^T$  – избыточное тепло в цехе, Вт;  
 $\Delta i_p = i_B - i_K$  – приращение удельной энтальпии воздуха, поступающего в помещение, равное разности энтальпий внутреннего воздуха  $i_B$  и воздуха, поступающего в цех  $i_K$ , кДж/кг;  
 $k_э$  – коэффициент эффективности воздухообмена, зависящий от способа подачи воздуха в помещение, при приближенных расчетах  $k_э = 1$ .

Объемная производительность УКВ определяется по выражению

$$L^T = \frac{G^T}{\rho}, \quad (2.2)$$

где  $L^T$  – объемная производительность УКВ, м<sup>3</sup>/ч;  
 $G^T$  – массовый расход воздуха в теплый период года, кг/ч;  
 $\rho$  – плотность воздуха. Для стандартного воздуха ( $t = 20$  °С,  $\phi = 50\%$  и  $p_в = 101,325$  кПа)  $\rho = 1,2$  кг/м<sup>3</sup>.

По объемной производительности УКВ определяется тип и количество кондиционеров (приложение 9). В производственных цехах по нормам проектирования необходимо устанавливать не менее 2-х кондиционеров с запасом по производительности 10–20 %.

Удельная характеристика, называемая кратностью воздухообмена, применяется для оценки интенсивности воздухообмена в помещении и определяется по формуле

$$k = \frac{L^T}{V_u}, \quad (2.3)$$

где  $k$  – кратность воздухообмена, показывающая, сколько раз в течение часа меняется воздух в цехе, обменов/ч (раз/ч);

$L^T$  – объемная производительность УКВ в теплый период года, м<sup>3</sup>/ч;  
 $V_u$  – объем цеха по внутреннему обмеру, м<sup>3</sup>.

Эксперименты показали, что для нормального воздухообмена в помещении минимальная кратность должна быть не менее 5 обменов/ч.

Количество влаги, испаряющейся в оросительной камере и поглощаемой воздухом, определяется по формуле

$$W_y = \frac{\Delta d}{1000} \cdot G^T, \quad (2.4)$$

где  $W_y$  – количество влаги, усвоенное воздухом в оросительной камере кондиционера и уносимое в цех, кг/ч;

$\Delta d = d_o - d_H$  – приращение влагосодержания обрабатываемого воздуха при контакте с распыленной водой в оросительной камере кондиционера, г/кг;

$d_o$  – влагосодержание воздуха после оросительной камеры, г/кг;

$d_H$  – влагосодержание наружного воздуха, г/кг;

$G^T$  – массовый расход воздуха, кг/ч.

Количество влаги, уносимой воздухом из оросительной камеры, определяется для того, чтобы автоматически поддерживать постоянный уровень воды в поддоне камеры орошения. Действительное количество воды, необходимое для обработки воздуха и распыляемое в оросительной камере кондиционера определяется по формуле

$$W_d = \mu \cdot G^T, \quad (2.5)$$

где  $W_d$  – действительное количество воды, кг/ч;

$\mu$  – коэффициент орошения воздуха водой  $\frac{\text{кг воды}}{\text{кг воздуха}}$ .

Ориентировочно, значение  $\mu$  можно принять в зависимости от процесса тепло- и влагообмена в камере орошения:

- охлаждение и осушка (снижение  $t$ ,  $i$  и  $d$ ) –  $\mu = 2$ ;
- сухое охлаждение (снижение  $t$ ,  $i$ ,  $d \cong \text{const}$ ) –  $\mu = 1,5$ ;
- увлажнение с понижением  $i$ ,  $t$  и увеличением  $d$  –  $\mu = 1,35 \dots 0,9$ ;
- увлажнение при постоянной удельной энтальпии ( $i = \text{const}$ , снижение  $t$ , увеличение  $d$ ) –  $\mu = 0,8$ .

Расход холода определяется из выражения

$$Q_{\text{хол}} = -\Delta i_x \cdot \frac{G^T}{3,6}, \quad (2.6)$$

где  $Q_{\text{хол}}$  – производительность холодильной установки (максимальный часовой расход холода), Вт;

$\Delta i_x = i_o - i_H$  – изменение энтальпии воздуха в оросительной камере, кДж/кг;

$G^T$  – массовый расход воздуха, кг/ч.

В случае, если  $i_H > i_B$ , то рекомендуется использовать после очистки рециркуляционный воздух с целью экономии холода в теплый период года.

Для производственных помещений при применении кондиционирования воздуха с рециркуляцией объём подачи наружного воздуха должен быть не менее 60 м<sup>3</sup>/ч на одного работающего, но не менее однократного воздухообмена в час (по наружному воздуху) при расчётной кратности воздухообмена 10 и более.

При меньшей расчётной кратности воздухообмена и применении рециркуляции объём подачи наружного воздуха должен быть не менее 60 м<sup>3</sup>/ч на одного работающего, но не менее 20 % общего воздухообмена.

Согласно СНБ 4.02.01-03 «Отопление, вентиляция, кондиционирование» необходимое количество наружного воздуха, приходящегося на одного человека, определяется по формуле:

– при кратности воздухообмена  $k \geq 10$

$$G_{Hч}^T = 1,2 \cdot 60 \cdot n, \quad (2.7)$$

где  $G_{Hч}^T$  – необходимое количество наружного воздуха, кг/ч;

$n$  – количество работающих в цехе.

Минимальное необходимое количество наружного воздуха, определяется по формуле

$$G_{H \min} = 1,2 \cdot V_{ц}, \quad (2.8)$$

где  $G_{H \min}$  – минимальное количество наружного воздуха, кг/ч;

$V_{ц}$  – объём цеха.

– при кратности воздухообмена  $k < 10$

$$G_{Hч}^T = 1,2 \cdot 60 \cdot n, \quad (2.9)$$

где  $G_{Hч}^T$  – необходимое количество наружного воздуха, кг/ч;

$n$  – количество работающих в цехе.

Минимальное необходимое количество наружного воздуха определяется по формуле

$$G_{H \min} = 0,2 \cdot G^T, \quad (2.10)$$

где  $G_{H \min}$  – минимальное количество наружного воздуха, кг/ч;  
 $V_{ц}$  – объём цеха.

По параметрам наружного воздуха  $t_n$  и  $i_n$  и внутренним параметрам  $t_e$  и  $\varphi_e$  наносим точки  $H$  и  $B$  на  $i-d$ -диаграмме и соединяем их линией  $HB$ , а затем находим точки  $O$  и  $K$  на линии  $BO$  (рисунок 2.2). Точка  $C$ , характеризующая состояние смеси наружного и внутреннего воздуха, определяется по формуле

$$i_c = i_B + \frac{G_{H \min}}{G^T} \cdot (i_H - i_B), \quad (2.10)$$

где  $G_{H \min}$  – минимальное количество наружного воздуха, кг/ч; (выбирается большее из рассчитанных по формулам 2.7 и 2.8; 2.9 и 2.10);  
 $G^T$  – массовый расход в теплый период года, кг/ч;  
 $i_B$  – энтальпия внутреннего воздуха, кДж/кг;  
 $i_C$  – энтальпия смеси, кДж/кг;  
 $i_H$  – энтальпия наружного воздуха, кДж/кг.

Луч  $CO$  показывает изменение параметров смеси в оросительной камере кондиционера при обработке холодной водой. В зависимости от температуры распыляемой воды может происходить увлажнение или сушка воздуха. В этом случае определяется максимальный часовой расход по формуле

$$Q_{хол} = -\Delta i_X \cdot G^T, \quad (2.10)$$

где  $Q_{хол}$  – производительность холодильной установки (максимальный часовой расход холода), Вт;  
 $-\Delta i_X = i_O - i_C$  – изменение энтальпии воздуха в камере орошения, кДж/кг;  
 $G^T$  – массовая производительность кондиционера, кг/ч.

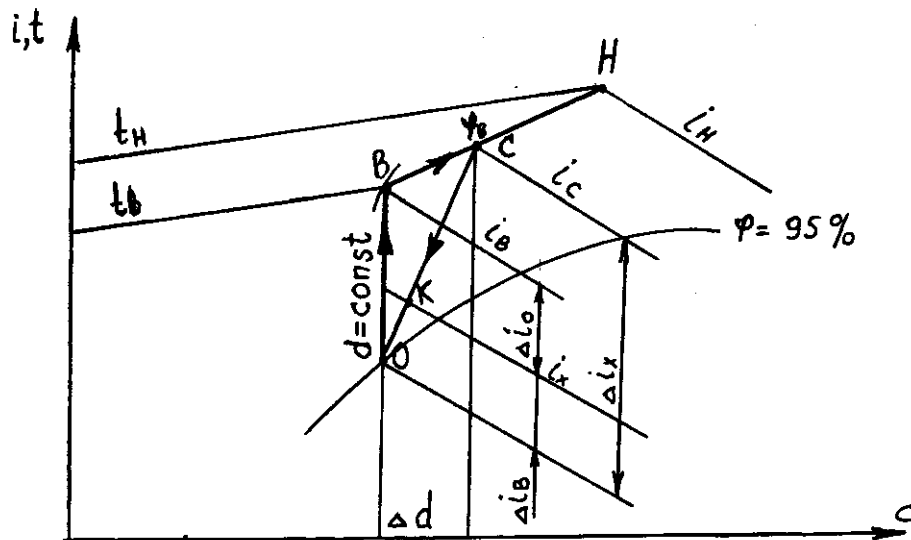


Рисунок 2.2 – Схема процесса кондиционирования воздуха с рециркуляцией при политропном охлаждении воздуха

## 2.2 Схемы процессов кондиционирования воздуха для холодного периода года

В холодный период года большинство основных цехов предприятий легкой промышленности характеризуется избыточным теплом. Следовательно, требования по тепловлажностной обработке приточного воздуха в установках кондиционирования в принципе остаются теми же, что и в теплый период года, т. е. энтальпия приточного воздуха должна быть меньше, а влагосодержание равно соответствующим заданным параметрам внутреннего воздуха.

Кондиционирование в холодный период года заключается в нагреве и увлажнении воздуха. Нагрев воздуха в кондиционере производится в калориферах секций подогрева, которые устанавливаются до камеры орошения (первый подогрев) и после нее (второй подогрев). Для этого в кондиционере производится смешение наружного воздуха с воздухом, забираемым из помещения т. е. применяется рециркуляция воздуха.

Для холодного периода года с целью экономии расхода теплоты на нагрев наружного воздуха необходимо предусматривать рециркуляцию воздуха, если это не противоречит санитарным нормам (запахи, выделение токсичных веществ).

Построение схемы процесса кондиционирования воздуха с использованием рециркуляции производится в определенной последовательности. На  $i-d$ -диаграмму наносятся точки  $H$  и  $B$ , характеризующие состояние наружного и внутреннего воздуха. Положение точки  $O$ , отражающей состояние воздуха по-

сле оросительной камеры, определено построением схемы кондиционирования воздуха для теплого периода года. Ее положение сохраняется неизменным для упрощения системы автоматического регулирования УКВ.

Состояние смеси наружного и внутреннего воздуха характеризуется точкой *C*, которая находится на прямой смеси *НВ*. Обработка смеси в камере орошения производится рециркуляционной водой, т.е. энтальпия воздуха до и после камеры орошения остается неизменной (адиабатный процесс). Следовательно, положение точки *C* будет определено пересечением адиабаты  $i = const$ , проведенной из точки *O*, с линией смеси *НВ*.

Точка *K*, характеризующая состояние приточного (кондиционированного) воздуха, поступающего в цех, определяется энтальпией  $i_K = i_O + (0,8 \dots 1,2 \text{ кДж/кг})$  и влагосодержанием  $d_K = d_O = d_B$ .

Точка (состояние воздуха)	Параметры воздуха	$t, ^\circ\text{C}$	$i, \text{кДж/кг}$	$d, \text{г/кг}$	$\varphi, \%$
точка Н (наружный воздух)					
точка В (внутренний воздух)					
О (после камеры орошения)					
К (приточный воздух)					
С (смесь)					

На рисунке 2.3 показана схема процесса кондиционирования воздуха в цехе с использованием рециркуляции.

Количество воздуха находят следующим образом:

$$G^X = \frac{3,6 \cdot Q_{ИЗБ}^X}{\Delta i_p \cdot k_{\text{э}}}, \quad (2.11)$$

где  $G^X$  – массовый расход в холодный период года, кг/ч;

$Q_{ИЗБ}^X$  – избыточное тепло в цехе, Вт;

$\Delta i_p = i_B - i_K$  – приращение удельной энтальпии воздуха, кДж/кг;

$k_{\text{э}}$  – коэффициент эффективности воздухообмена,  $k_{\text{э}} = 1$ .

Объемная производительность УКВ определяется по выражению

$$L^X = \frac{G^X}{\rho}, \quad (2.12)$$

где  $L^X$  – объемная производительность УКВ, м<sup>3</sup>/ч;  
 $G^X$  – массовый расход в холодный период года, кг/ч;  
 $\rho$  – плотность воздуха,  $\rho = 1,2$  кг/м<sup>3</sup>.

Кратность воздухообмена определяется по формуле

$$k = \frac{L^X}{V_{ц}}, \quad (2.13)$$

где  $k$  – кратность воздухообмена, показывающая, сколько раз в течение часа меняется воздух в цехе, обменов/ч (раз/ч);  
 $L^T$  – объемная производительность УКВ в теплый период года, м<sup>3</sup>/ч;  
 $V_{ц}$  – объем цеха по внутреннему обмеру, м<sup>3</sup>.

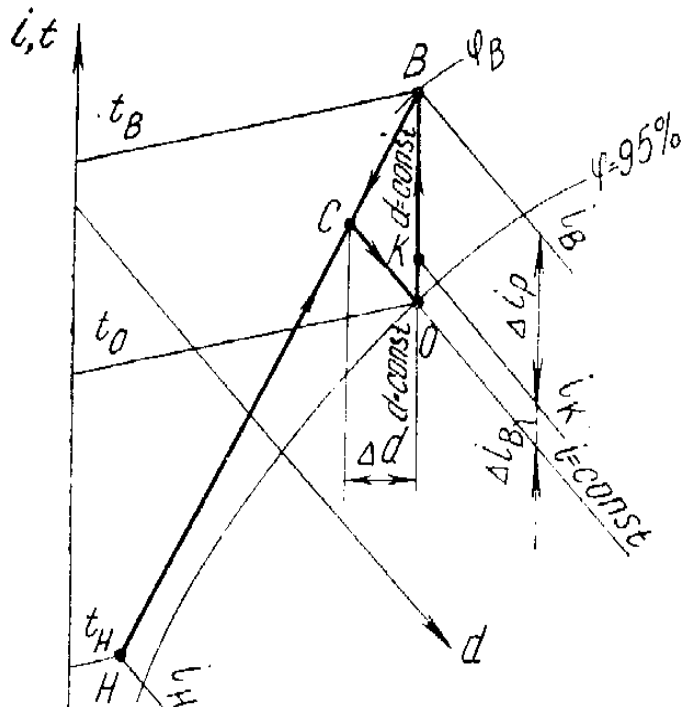


Рисунок 2.3 – Схема процесса кондиционирования воздуха с использованием рециркуляции



Количество наружного воздуха в составе смеси определяется по формуле

$$G_H^X = G^X \cdot \frac{i_B - i_C}{i_B - i_H}, \quad (2.16)$$

где  $G_H^X$  – требуемое количество наружного воздуха, кг/ч;

$G^X$  – количество воздуха в холодный период, кг/ч;

$i_B$  – энтальпия внутреннего воздуха, кДж/кг;

$i_C$  – энтальпия смеси, кДж/кг;

$i_H$  – энтальпия наружного воздуха, кДж/кг.

После этого необходимо проверить, требуется ли наличие первого подогрева. Если  $G_H^X > G_{H \min}$  и  $G_H^X > G_{Hч}^X$ , то первый подогрев отсутствует. Если условие не выполняется, то необходимо использовать подогрев воздуха.  $G_{H \min}$  и  $G_{Hч}^X$  рассчитываются по формулам 2.7 – 2.10 в зависимости от кратности воздухообмена.

На рисунке 2.4 представлена схема процесса кондиционирования с рециркуляцией и подогревом смеси наружного и внутреннего воздуха, которая применяется при работе систем с переменным расходом наружного воздуха. Секция первого подогрева в этом случае устанавливается после смешительной камеры. Энтальпия искомой точки смеси  $C'$  определяется по формуле

$$i_{C'} = i_B - \frac{G_{H \min}}{G^X} \cdot (i_B - i_H), \quad (2.17)$$

где  $G_{H \min}$  – минимальное количество наружного воздуха, кг/ч (выбирается большее из рассчитанных по формулам 2.7 и 2.8 или 2.9 и 2.10);

$G^X$  – количество воздуха в холодный период, кг/ч;

$i_B$  – энтальпия внутреннего воздуха, кДж/кг;

$i_{C'}$  – энтальпия смеси, кДж/кг;

$i_H$  – энтальпия наружного воздуха, кДж/кг.

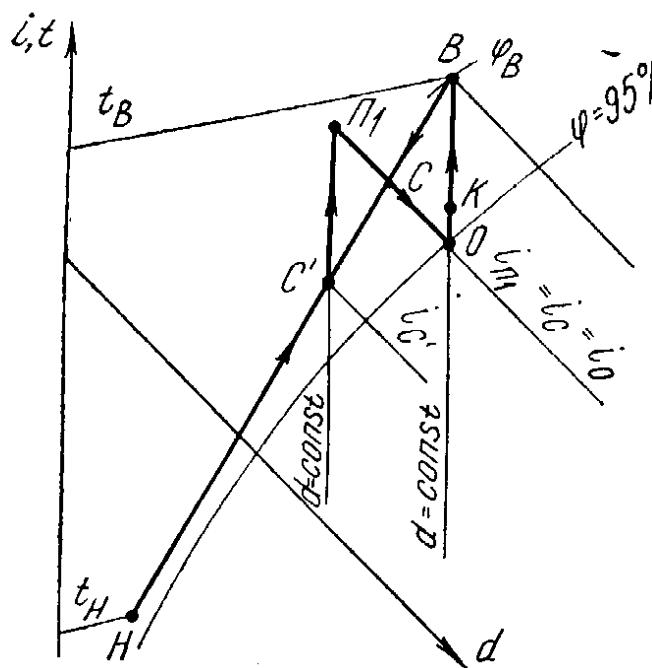


Рисунок 2.4 – Схема процесса кондиционирования с рециркуляцией и подогревом смеси

Для получения требуемых параметров воздуха после оросительной камеры при адиабатном охлаждении необходимо полученную смесь подогреть до соответствующей энтальпии. Так как нагрев смеси воздуха производится в воздухонагревателях, то луч процесса нагрева совпадет с линией  $d_{C'} = const$  и будет направлен вверх. Точка  $\Pi_1$ , характеризующая состояние смеси после подогрева в воздухонагревателях, определяется энтальпией  $i_{\Pi_1} = i_O$  и влагосодержанием  $d_{\Pi_1} = d_{C'}$ .

Луч  $C'\Pi_1$  показывает процесс нагрева смеси наружного и внутреннего воздуха в необходимой пропорции в воздухонагревателях секции первого подогрева. Луч  $\Pi_1 O$  характеризует адиабатный процесс охлаждения и увлажнения смеси в оросительной камере кондиционера.

Максимальный часовой расход тепла на подогрев смеси в этом случае определяется по формуле

$$Q_{\Pi_1} = \Delta i_{\Pi_1} \cdot \frac{G^X}{3,6}, \text{ Вт}, \quad (2.18)$$

где  $Q_{\Pi_1}$  – максимальный часовой расход тепла на подогрев смеси, Вт;  
 $\Delta i_{\Pi_1} = i_{\Pi_1} - i_{C'}$  – приращение энтальпии подогреваемой смеси, кДж/кг;  
 $G^X$  – массовый расход воздуха в холодный период, кг/ч.

<i>Параметры воздуха</i> <i>Точка</i> <i>(состояние воздуха)</i>	$t, ^\circ\text{C}$	$i, \text{кДж/кг}$	$d, \text{г/кг}$	$\varphi, \%$
Наружный воздух (Н)				
Внутренний воздух (В)				
Оросительная камера (О)				
Кондиционированный (К)				
Смесь воздуха (С)				
Смесь воздуха (С')				
П <sub>1</sub> (первый подогрев)				

### **3 Порядок выполнения работы**

1. Изучить методику расчета систем СКВ в цехах предприятий легкой промышленности.
2. Произвести расчет СКВ заданного цеха и выбрать тип кондиционера.
3. По результатам расчета составить  $i-d$  – диаграммы процессов.

#### ***Варианты задания***

Вариант 1 – Произвести расчет СКВ цеха и выбрать тип кондиционера. Размеры цеха и другие данные взять из работы № 1.

Вариант 2 – Произвести расчет СКВ цеха и выбрать тип кондиционера. Размеры цеха и другие данные взять из работы № 1.

Вариант 3 – Произвести расчет СКВ цеха и выбрать тип кондиционера. Размеры цеха и другие данные взять из работы № 1.

Вариант 4 – Произвести расчет СКВ цеха и выбрать тип кондиционера. Размеры цеха и другие данные взять из работы № 1.

Вариант 5 – Произвести расчет СКВ цеха и выбрать тип кондиционера. Размеры цеха и другие данные взять из работы № 1.

Вариант 6 – Произвести расчет СКВ цеха и выбрать тип кондиционера. Размеры цеха и другие данные взять из работы № 1.

Вариант 7 – Произвести расчет СКВ цеха и выбрать тип кондиционера. Размеры цеха и другие данные взять из работы № 1.

Вариант 8 – Произвести расчет СКВ цеха и выбрать тип кондиционера. Размеры цеха и другие данные взять из работы № 1.

Вариант 9 – Произвести расчет СКВ цеха и выбрать тип кондиционера. Размеры цеха и другие данные взять из работы № 1.

Вариант 10 – Произвести расчет СКВ цеха и выбрать тип кондиционера. Размеры цеха и другие данные взять из работы № 1.

Вариант 11 – Произвести расчет СКВ цеха и выбрать тип кондиционера. Размеры цеха и другие данные взять из работы № 1.

Вариант 12– Произвести расчет СКВ цеха и выбрать тип кондиционера. Размеры цеха и другие данные взять из работы № 1.

Вариант 13– Произвести расчет СКВ цеха и выбрать тип кондиционера. Размеры цеха и другие данные взять из работы № 1.

Вариант 14– Произвести расчет СКВ цеха и выбрать тип кондиционера. Размеры цеха и другие данные взять из работы № 1.

Вариант 15– Произвести расчет СКВ цеха и выбрать тип кондиционера. Размеры цеха и другие данные взять из работы № 1.

#### ***4 Содержание отчета***

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Расчет системы СКВ.
4. Схемы процессов обработки воздуха для теплого и холодного периодов года на  $i-d$  – диаграмме.

#### ***5 Рекомендуемая литература***

1. СанПиН 9–80 РБ 98. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – Взамен ГОСТ 12.1.005–88; введ. 1998–07–01.– Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 1998. – 10 с.

2. СНБ 4.02.01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Введ. впервые. 2004 – 06 – 01. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2004. – 32 с.

3. Ковчур, С. Г. Основы проектирования предприятий легкой промышленности : учеб. пособие / С. Г. Ковчур, В. Я. Казарновский, Р. В. Ордовский. – Минск : Выш. шк., 1981. – 263с.: ил.

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

## ВОЗДУХОВОДЫ И ОСНОВЫ ИХ РАСЧЕТА

### *1 Цель работы*

*Изучить основы расчетов воздуховодов в цехах предприятий легкой промышленности.*

### *2 Общие сведения*

Воздух в системах кондиционирования и механической вентиляции перемещается по воздуховодам. Воздуховоды систем вентиляции и кондиционирования следует проектировать, как правило, круглого сечения. Допускается проектировать воздуховоды прямоугольного или другого сечения при наличии обоснований. Тип, количество, размеры и размещение воздуховодов зависят от количества подаваемого воздуха, типа и размеров здания, схемы организации воздухообмена. Воздуховоды изготавливаются из листовой стали, бетона, кирпича, гипса, асбестоцемента, различных пластиков и других материалов. Прокладываются они на чердаках и технических галереях зданий или крепятся к строительным конструкциям при открытом размещении внутри помещения. В настоящее время применяются также воздуховоды встроенные в конструктивные элементы междуэтажных перекрытий или толщу стен. Рекомендуемые материалы и нормируемые размеры поперечного сечения воздуховодов даны в справочной литературе. Присоединения воздуховодов к вентиляторам необходимо предусматривать, как правило, через мягкие вставки (виброизолирующие патрубки).

В цехах предприятий лёгкой промышленности раздающие воздуховоды с воздухораспределителями должны обеспечивать равномерную подачу воздуха по всей площади цеха, так как вся она является рабочей зоной.

#### *2.1 Основы расчёта воздуховодов с использованием круглых воздухораспределителей.*

В производственных зданиях с техническим чердаком при сетке колонн  $18 \times 6$ ,  $24 \times 6$ ,  $18 \times 12$ ,  $24 \times 12$ ,  $18 \times 18$ ,  $24 \times 24$  используются, как правило, круглые раздающие воздуховоды.

Поперечное сечение приточного коллектора (магистрального приточного воздуховода)

$$F_{МАГ} = \frac{L_{КОНД}}{3600 \cdot v_{МАГ}}, \quad (3.1)$$

где  $F_{МАГ}$  – площадь поперечного сечения магистрального приточного воздуховода, м<sup>2</sup>;

$v_{МАГ} = 10$  м/с – скорость воздуха в приточном коллекторе;

$L_{КОНД} = \frac{L^T}{n_K}$  – объемная производительность 1 кондиционера, м<sup>3</sup>/ч;

$L^T$  – объемная производительность кондиционеров, м<sup>3</sup>/ч;

$N_K$  – количество кондиционеров.

Сечение приточного коллектора принимается прямоугольным, постоянным по всей длине, с соотношением  $b:h = 2:1$ .

Размеры коллектора:  $h$  – высота,  $b = 2 \cdot h$  – ширина.

Раздающие воздуховоды для обеспечения равномерного распределения воздуха по воздухораспределителям выполняются конусными.

Начальное сечение раздающего воздуховода

$$F_{РАЗД}^{НАЧ} = \frac{L_{РАЗД}}{3600 \cdot v_{РАЗД}}, \quad (3.2)$$

где  $F_{РАЗД}^{НАЧ}$  – начальное сечение раздающего воздуховода, м<sup>2</sup>;

$L_{РАЗД} = \frac{L^T}{n_P}$  – количество воздуха, проходящего по одному раздающему воздуховоду, м<sup>3</sup>/ч;

$n_P$  – количество раздающих воздуховодов (принимается 1 раздающий воздуховод на 6 – 12-ти метровую ячейку площади помещения);

$L^T$  – объемная производительность кондиционеров, м<sup>3</sup>/ч;

$v_{РАЗД} = 8$  м/с – скорость воздуха в раздающем воздуховоде.

Конечное сечение раздающего воздуховода принимается

$$F_{РАЗД}^{КОН} = 0,5 \cdot F_{РАЗД}^{НАЧ}, \quad (3.3)$$

где  $F_{РАЗД}^{НАЧ}$  – начальное сечение раздающего воздуховода, м<sup>2</sup>;

$F_{РАЗД}^{КОН}$  – конечное сечение раздающего воздуховода, м<sup>2</sup>.

## Диаметры круглых раздающих воздуховодов

$$d_{РАЗД}^{НАЧ} = 1,13 \cdot \sqrt{F_{РАЗД}^{НАЧ}}, \quad (3.4)$$

где  $d_{РАЗД}^{НАЧ}$  – начальный диаметр раздающего воздуховода, м<sup>2</sup>;  
 $F_{РАЗД}^{НАЧ}$  – начальное сечение раздающего воздуховода, м<sup>2</sup>.

$$d_{РАЗД}^{КОН} = 1,13 \cdot \sqrt{F_{РАЗД}^{КОН}}, \quad (3.5)$$

где  $d_{РАЗД}^{КОН}$  – конечный диаметр раздающего воздуховода, м<sup>2</sup>;  
 $F_{РАЗД}^{КОН}$  – конечное сечение раздающего воздуховода, м<sup>2</sup>.

## Расход воздуха через 1 воздухораспределитель (плафон)

$$L_{Плаф} = \frac{L_{РАЗД}}{n_{плаф}}, \quad (3.6)$$

где  $L_{Плаф}$  – расход воздуха через 1 воздухораспределитель (плафон), м<sup>3</sup>/ч;  
 $L_{РАЗД}$  – количество воздуха, проходящего по одному раздающему воздуховоду, м<sup>3</sup>/ч;  
 $n_{плаф} = \frac{l_{РАЗД}}{6}$  – число воздухораспределителей (плафонов);  
 $l_{РАЗД}$  – длина раздающего воздуховода, м.

Воздухораспределители в раздающем воздуховоде располагаются примерно через каждые 6 м.

## Площадь поперечного сечения воздухораспределителя (плафона)

$$F_{ПР} = \frac{L_{Плаф}}{v_{ПР} \cdot 3600}, \quad (3.7)$$

где  $F_{ПР}$  – площадь поперечного сечения приточного патрубка, м<sup>2</sup>;  
 $L_{Плаф}$  – расход воздуха через 1 воздухораспределитель (плафон), м<sup>3</sup>/ч;  
 $v_{ПР}$  – скорость воздуха в приточном патрубке, принимается в пределах от 4 до 11, м/с.

Обычно скорость воздуха в приточном патрубке зависит от типоразмера (номера) воздухораспределителя.

По найденной площади из таблиц 3.1–3.2 выбирают соответствующий № (номер) воздухораспределителя и определяют действительную скорость воздуха в приточном патрубке

$$v_{\text{пр.д}} = \frac{L_{\text{Плаф}}}{3600 \cdot F_{\text{пр}}}, \quad (3.8)$$

где  $v_{\text{пр.д}}$  – действительная скорость воздуха в приточном патрубке, м/с;  
 $F_{\text{пр}}$  – площадь поперечного сечения приточного патрубка, м<sup>2</sup>;  
 $L_{\text{Плаф}}$  – расход воздуха через 1 воздухораспределитель (плафон), м<sup>3</sup>/ч;

Таблица 3.1 – Воздухораспределитель двухструйный шестидиффузорный ВДШ

Тип воздухораспределителя	Площадь сечения приточного патрубка, м <sup>2</sup>	d <sub>0</sub>	d	H	Рекомендуемая скорость воздуха, м/с
ВДШ–2	0,05	250	500	136	11
ВДШ–3	0,08	315	630	153	9
ВДШ–4	0,13	400	800	196	7
ВДШ–5	0,20	500	1000	222	6
ВДШ–6	0,31	630	1260	256	5
ВДШ–8	0,507	800	1600	296	4

Таблица 3.2 – Воздухораспределитель двухструйный с перфорированным диском ВДПМ

Тип воздухораспределителя	Площадь сечения приточного патрубка, м <sup>2</sup>	d <sub>0</sub>	d	B	H	Рекомендуемая скорость воздуха, м/с
ВДПМ–2	0,05	250	375	25–75	250	11
ВДПМ–3	0,08	315	475	30–95	250	9
ВДПМ–4	0,13	400	600	40–120	250	7
ВДПМ–5	0,20	500	750	50–150	250	6
ВДПМ–6	0,31	630	945	65–190	250	5
ВДПМ–8	0,507	800	1200	80–290	250	4



Поперечное сечение вытяжного коллектора (магистрального вытяжного канала)

$$F_{ВЫТ}^{МАГ} = \frac{L_{МАГ}}{3600 \cdot v_{ВЫТ}^{МАГ}}, \quad (3.9)$$

где  $F_{ВЫТ}^{МАГ}$  – поперечное сечение магистрального приточного воздуховода, м<sup>2</sup>;  
 $L_{МАГ} = 0,9 \cdot L^T$  – количество воздуха, удаляемого из цеха через вытяжной коллектор, м<sup>3</sup>/ч;  
 $L^T$  – объемная производительность кондиционеров, м<sup>3</sup>/ч;  
 $v_{ВЫТ}^{МАГ}$  – скорость воздуха в приточном коллекторе (принимается 8–10 м/с).

Поперечное сечение вытяжного канала

$$F_{ВЫТ} = \frac{L_{ВЫТ}}{3600 \cdot v_{ВЫТ}}, \quad (3.10)$$

где  $F_{ВЫТ}$  – поперечное сечение вытяжного канала, м<sup>2</sup>;  
 $L_{ВЫТ} = \frac{L_{МАГ}}{n_{ВЫТ}}$  – количество воздуха, удаляемого из цеха через один канал, м<sup>3</sup>/ч;  
 $n_{ВЫТ}$  – количество вытяжных каналов (можно принимать из расчёта – один канал на 2 раздающих воздуховода);  
 $v_{ВЫТ}$  – скорость воздуха в вытяжном канале (принимается 6–8 м/с).

Вытяжные подпольные коллекторы и каналы (воздуховоды) имеют прямоугольное сечение высотой 2,1–2,4 м. Исходя из этого, определяется их ширина

$$b = \frac{F_{ВЫТ}}{2,1 \dots 2,4}, \quad (3.11)$$

где  $b$  – ширина вытяжного канала, м;  
 $F_{ВЫТ}$  – поперечное сечение вытяжного канала, м<sup>2</sup>.

Количество напольных вытяжных решёток на одном вытяжном канале определяется из выражения

$$n_{РЕШ} = \frac{L_{ВЫТ}}{3600 \cdot v_{РЕШ} \cdot F_{РЕШ}}, \quad (3.12)$$

где  $n_{РЕШ}$  – количество напольных вытяжных решёток на одном вытяжном канале;

$L_{ВЫТ}$  – количество воздуха, удаляемого из цеха через один канал, м<sup>3</sup>/ч;

$v_{РЕШ}$  – скорость воздуха в напольной вытяжной решётки (принимается 4–6 м/с);

$F_{РЕШ} = 0,8 \cdot [l \cdot (b - 0,2)]$  – живое сечение решётки;

$l = 0,5 \div 1$  м – длина решётки.

## 2.2 Основы расчёта воздуховодов с использованием щелевых воздухораспределителей

Для производственных зданий с сеткой колонн  $6 \times 6$ ,  $9 \times 6$ ,  $12 \times 6$ ,  $12 \times 12$  обычно используются раздающие воздуховоды прямоугольного сечения с щелевыми воздухораспределителями.

Подвесные воздуховоды из листовой стали выполняются конусными по длине и крепятся к перекрытиям данного этажа. При расчёте таких воздуховодов обычно задаются их количеством и скоростью воздуха.

Поперечное сечение магистрального приточного воздуховода определяется по формуле 3.1.

Сечение приточного коллектора принимается прямоугольным, постоянным по всей длине, с соотношением  $b:h = 2:1$ .

Размеры коллектора:  $h$  – высота,  $b = 2 \cdot h$  – ширина.

Начальное и конечное сечение раздающего воздуховода определяется по формулам 3.2 – 3.3.

Щелевые выпуски с поворотными лопатками располагаются с двух боковых сторон раздающего воздуховода исходя из расстояний между проходами или равномерно через 1...3 м.

Количество щелевых выпусков с одной стороны раздающего воздуховода приближенно можно найти из выражения

$$n_{ЩЕЛ.ВЫП.} = \frac{l_{РАЗД}}{1...3}, \quad (3.13)$$

где  $n_{ЩЕЛ.ВЫП.}$  – количество щелевых выпусков с одной стороны раздающего воздуховода, м;

$l_{РАЗД}$  – длина раздающего воздуховода, м.

Расход воздуха через один щелевой выпуск находится из выражения

$$L_{Щ} = \frac{L_{РАЗД}}{2 \cdot n_{ЩЕЛ.ВЫП.}}, \quad (3.14)$$

где  $L_{Щ}$  – расход воздуха через один щелевой выпуск, м<sup>3</sup>/ч;  
 $n_{ЩЕЛ.ВЫП.}$  – количество щелевых выпусков с одной стороны раздающего воздуховода, м;  
 $L_{РАЗД}$  – количество воздуха, проходящего по одному раздающему воздуховоду, м<sup>3</sup>/ч;

Площадь поперечного сечения щелевого выпуска определяется по формуле

$$F_{Щ} = \frac{L_{Щ}}{3600 \cdot v_{Щ}}, \quad (3.15)$$

где  $F_{Щ}$  – площадь поперечного сечения щелевого выпуска, м<sup>2</sup>;  
 $L_{Щ}$  – расход воздуха через один щелевой выпуск, м<sup>3</sup>/ч;  
 $v_{Щ}$  – скорость воздуха на выходе из щелевого выпуска (принимается по таблице 3.3), м/с.

По принятой скорости и найденному расходу воздуха выбирается размер щелевого выпуска близкий к  $F_{Щ}$ .

В одноэтажных зданиях удаление воздуха производится через напольные вытяжные решётки (формулы 3.10 – 3.13).

В многоэтажных зданиях (начиная с этажа 2 и выше) удаление воздуха производится через щелевые выпуски вытяжных воздуховодов.

Поперечное сечение магистрального вытяжного канала определяется по формуле 3.9. Поперечное сечение вытяжного канала определяется по формуле 3.10.

Таблица 3.3 – Техническая характеристика щелевых выпусков

Число лопаток	Размер щели, мм	Площадь поперечного сечения, м <sup>2</sup>	Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч, при скорости, м/с										
			3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0
4	50×360	0,018	194	201	208	216	270	227	234	240	246	253	260
	60×360	0,0216	233	241	249	256	264	272	280	288	295	303	310
	70×360	0,0252	272	282	280	300	309	318	326	336	345	354	363
	80×360	0,0288	311	322	332	342	352	363	374	384	394	404	415
4	50×460	0,023	230	238	246	254	262	269	275	284	292	300	308
	60×460	0,0276	298	308	318	320	394	348	357	367	372	388	398
	70×460	0,0322	348	359	371	382	398	406	422	428	440	452	464
	80×460	0,0368	397	410	423	436	450	464	477	490	504	516	540
4	50×560	0,028	301	312	322	333	343	353	362	372	383	393	402
	60×560	0,0336	363	395	387	399	411	423	435	447	460	471	484
	70×560	0,0342	422	437	450	455	479	493	507	521	535	550	564
	80×560	0,0448	484	498	516	532	548	564	580	595	612	629	644

Количество щелевых выпусков с одной стороны вытяжного воздуховода приближенно можно найти из выражения, аналогичного как и для приточного раздающего воздуховода

$$n_{\text{ЩЕЛ.ВЫП.}} = \frac{l_{\text{ВЫТ}}}{1...3}, \quad (3.16)$$

где  $n_{\text{ЩЕЛ.ВЫП.}}$  – количество щелевых выпусков с одной стороны раздающего воздуховода, м;

$l_{\text{ВЫТ}}$  – длина вытяжного воздуховода, м.

Количество удаляемого воздуха через один щелевой выпуск находится из выражения

$$L_{\text{Щ}}^{\text{ВЫТ}} = \frac{L_{\text{ВЫТ}}}{2 \cdot n_{\text{ЩЕЛ.ВЫП.}}}, \quad (3.17)$$

где  $L_{\text{Щ}}^{\text{ВЫТ}}$  – количество удаляемого воздуха через один щелевой выпуск, м<sup>3</sup>/ч;

$n_{\text{ЩЕЛ.ВЫП.}}$  – количество щелевых выпусков с одной стороны вытяжного воздуховода, м;

$L_{\text{ВЫТ}}$  – количество воздуха, удаляемого по одному вытяжному воздуховоду, м<sup>3</sup>/ч.

Площадь поперечного сечения щелевого выпуска определяется по формуле

$$F_{\text{Щ}} = \frac{L_{\text{Щ}}}{3600 \cdot v_{\text{Щ}}}, \quad (3.18)$$

где  $F_{\text{Щ}}$  – площадь поперечного сечения щелевого выпуска, м<sup>2</sup>;

$L_{\text{Щ}}$  – расход воздуха через один щелевой выпуск, м<sup>3</sup>/ч;

$v_{\text{Щ}}$  – скорость воздуха на входе в щелевой выпуск (принимается по таблице 3.3), м/с.

По принятой скорости и найденному расходу воздуха выбирается размер щелевого выпуска близкий к  $F_{\text{Щ}}$ .

### ***3 Порядок выполнения работы***

1. Изучить типы воздуховодов, используемых в цехах предприятий легкой промышленности.
2. Изучить основы расчета воздуховодов.
3. Студенты получают задание с описанием предприятия и в соответствии методикой проводят расчет воздуховодов.

#### ***Варианты задания***

Вариант 1 – Рассчитать систему воздуховодов цеха. В качестве исходных данных используются результаты расчета лабораторной работы № 1 и № 2.

Вариант 2 – Рассчитать систему воздуховодов цеха. В качестве исходных данных используются результаты расчета лабораторной работы № 1 и № 2.

Вариант 3 – Рассчитать систему воздуховодов цеха. В качестве исходных данных используются результаты расчета лабораторной работы № 1 и № 2.

Вариант 4 – Рассчитать систему воздуховодов цеха. В качестве исходных данных используются результаты расчета лабораторной работы № 1 и № 2.

Вариант 5 – Рассчитать систему воздуховодов цеха. В качестве исходных данных используются результаты расчета лабораторной работы № 1 и № 2.

Вариант 6 – Рассчитать систему воздуховодов цеха. В качестве исходных данных используются результаты расчета лабораторной работы № 1 и № 2.

Вариант 7 – Рассчитать систему воздуховодов цеха. В качестве исходных данных используются результаты расчета лабораторной работы № 1 и № 2.

Вариант 8 – Рассчитать систему воздуховодов цеха. В качестве исходных данных используются результаты расчета лабораторной работы № 1 и № 2.

Вариант 9 – Рассчитать систему воздуховодов цеха. В качестве исходных данных используются результаты расчета лабораторной работы № 1 и № 2.

Вариант 10 – Рассчитать систему воздуховодов цеха. В качестве исходных данных используются результаты расчета лабораторной работы № 1 и № 2.

Вариант 11 – Рассчитать систему воздуховодов цеха. В качестве исходных данных используются результаты расчета лабораторной работы № 1 и № 2.

Вариант 12– Рассчитать систему воздуховодов цеха. В качестве исходных данных используются результаты расчета лабораторной работы № 1 и № 2.

Вариант 13– Рассчитать систему воздуховодов цеха. В качестве исходных данных используются результаты расчета лабораторной работы № 1 и № 2.

Вариант 14– Рассчитать систему воздуховодов цеха. В качестве исходных данных используются результаты расчета лабораторной работы № 1 и № 2.

Вариант 15– Рассчитать систему воздуховодов цеха. В качестве исходных данных используются результаты расчета лабораторной работы № 1 и № 2.

#### ***4 Содержание отчета***

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Расчет системы воздуховодов цеха.
4. Схема расположения воздуховодов в цехе.
5. Литература.

#### ***5 Рекомендуемая литература***

1. СНБ 4.02.01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Введ. впервые. 2004 – 06 – 01. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2004. – 32 с.
2. Ковчур, С. Г. Основы проектирования предприятий легкой промышленности : учеб. пособие / С. Г. Ковчур, В. Я. Казарновский, Р. В. Ордовский. – Минск : Выш. шк., 1981. – 263 с.: ил.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

# СИСТЕМЫ ДЕЖУРНОГО ОТОПЛЕНИЯ И ОТОПИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ В ЦЕХАХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

### *1 Цель работы*

*Изучить расчёт системы дежурного отопления в цехах предприятий легкой промышленности; изучить виды отопительных приборов, используемых в цехах предприятий легкой промышленности.*

### *2 Общие сведения*

Отопление проектируется в помещениях, где постоянно или длительно находятся люди и где по условиям производства требуется поддерживать положительную температуру в холодный период года, а также в населенных пунктах, расположенных в районах с наружной зимней расчетной температурой по параметрам Б ниже  $-5^{\circ}\text{C}$ .

Система отопления является одной из строительного-инженерных установок здания и должна соответствовать следующим основным требованиям: санитарно-гигиеническим (обеспечивать регламентированные ТНПА внутренние температуры без ухудшения состояния воздушной среды); экономическим (обеспечивать наименьшие приведенные затраты при уменьшении расхода металла и теплоты); строительного-эстетическим (предусматривать размещение элементов системы отопления в увязке с архитектурно-строительными решениями здания без нарушения прочности основных конструкций при монтаже и ремонте системы отопления, а также хорошо гармонировать с интерьером помещений и не занимать лишних площадей); монтажным (предусматривать возможность монтажа индустриальным методом с использованием унифицированных деталей заводского изготовления); эксплуатационным (обеспечивать простоту и удобство управления и ремонта, бесшумность, надежность и безопасность работы).

Система отопления состоит из трех основных элементов: генератора теплоты, в котором теплоноситель получает необходимое количество теплоты; системы теплопроводов для перемещения по ним теплоносителя от генератора к нагревательным приборам; нагревательных приборов, передающих теплоту теплоносителя в отапливаемое помещение. В зависимости от местонахождения этих элементов различают местное и центральное отопление. По виду теплоносителя отопление может быть водяным, паровым, воздушным, пароводяным, паровоздушным, водовоздушным и др. В зависимости от способа перемещения теплоносителя системы отопления могут быть с естественной и механической



циркуляцией. По количеству трубопроводов (стояков), подающих теплоноситель к нагревательному прибору, различают двух- и однотрубные системы отопления. По месту прокладки магистральных трубопроводов здания, по которым теплоноситель подается в стояки, системы отопления проектируют с верхней или нижней разводкой.

Решение вопроса о необходимости выбора системы отопления принимается после определения удельной тепловой характеристики и удельной тепловой нагрузки проектируемого цеха.

Если  $t_{вн} - t_n > \frac{g_{Т.П.}}{g_{Т.Х.}}$ , то цех в рабочее время нуждается в отоплении.

Анализ теплового баланса цеха показывает, что, как правило, в большинстве основных производственных цехов предприятий легкой промышленности имеются теплоизбытки не только в теплый, но и холодный период года. Поэтому можно предусматривать в этих цехах только дежурное отопление, которое работает только в периоды длительных перерывов в работе цехов. К этим перерывам можно отнести праздничные и выходные дни, нерабочие смены.

Температура воздуха внутри помещения при расчете дежурного отопления  $t_{ДЕЖ}$  принимается в пределах от 10 до 20 °С, с учетом требований технологических процессов.

Производительность дежурного отопления определяется по расчетным теплотерям

$$Q_{ДЕЖ} = q_{Т.Х.} \cdot V_{ц} \cdot (t_{ДЕЖ} - t_n), \quad (4.1)$$

где  $Q_{ДЕЖ}$  – теплопроизводительность дежурного отопления, Вт;

$V_{ц}$  – объём цеха, м<sup>3</sup>;

$q_{Т.Х.}$  – удельная тепловая характеристика цеха, Вт/м<sup>3</sup> · °С;

$t_{ДЕЖ}$  – принятая температура дежурного отопления, °С;

$t_n$  – расчётная температура наружного воздуха, °С.

Определение теплодающей площади поверхности нагревательных приборов производится в зависимости от типа прибора, его расположения в цехе и т.д.

Измерителями поверхности нагрева нагревательных приборов служат физический показатель – квадратный метр поверхности нагрева, и теплотехнический показатель – эквивалентный квадратный метр (экм). Эквивалентным квадратным метром называется площадь нагревательного прибора, отдающая в 1 час 435 ккал тепла при разности средней температуры теплоносителя и

воздуха 64,5°C и расходе воды в этом приборе 17,4 кг/час по схеме движения теплоносителя сверху вниз.

Среди отопительных приборов, применяющихся на промышленных предприятиях, выделяются следующие:

1. Радиатор секционный— прибор конвективно-радиационного типа, состоящий из отдельных колончатых элементов — секций с каналами круглой или эллипсообразной формы. Такой радиатор отдает в помещение радиацией около 25% общего теплового потока, передаваемого от теплоносителя (остальные 75% – конвекцией), и именуется «радиатором» лишь по традиции. Секции радиатора отливают из серого чугуна, их можно компоновать в приборы различной площади. Секции соединяют на ниппелях с прокладками из картона, резины или паронита. Производство чугунных радиаторов трудоемко, монтаж затруднен из-за громоздкости и значительной массы собранных приборов. Радиаторы не могут считаться удовлетворяющими санитарно-гигиеническим требованиям, так как очистка от пыли межсекционного пространства сложна. Эти приборы обладают значительной тепловой инерцией. Наконец, следует отметить несоответствие их внешнего вида интерьеру помещений в зданиях современной архитектуры. Указанные недостатки радиаторов вызывают необходимость их замены более легкими и менее металлоемкими приборами. Несмотря на это чугунные радиаторы — это наиболее распространенный в настоящее время отопительный прибор.

2. Стальные панельные радиаторы. Состоят из двух отштампованных листов, образующих горизонтальные коллекторы, соединенные вертикальными колоннами (колончатая форма), или горизонтальные параллельно и последовательно соединенные каналы (змеевиковая форма). Змеевик можно выполнить из стальной трубы и приварить к одному профилированному стальному листу; такой прибор называется листотрубным. Стальные панельные радиаторы отличаются от чугунных меньшей массой и тепловой инерцией.

3. Бетонные панельные радиаторы (отопительные панели). Могут иметь бетонированные нагревательные элементы змеевиковой или регистровой формы из стальных труб диаметром 15-20 мм, а также бетонные, стеклянные или пластмассовые каналы различной конфигурации. Бетонные панели обладают коэффициентом теплопередачи, близким к показателям других приборов с гладкой поверхностью, а также высоким тепловым напряжением металла. Приборы, особенно совмещенного типа, отвечают строгим санитарно-гигиеническим, архитектурно-строительным и другим требованиям. К недостаткам совмещенных бетонных панелей относятся трудности ремонта, большая тепловая инерция, усложняющая регулирование теплоподачи в помещении. Недостатками приборов приставного типа являются повышенные затраты ручного труда при их изготовлении и монтаже, сокращение полезной площади пола помещения. Увеличиваются также теплотери через дополнительно прогреваемые наружные ограждения зданий.

4. Гладкотрубный – прибор из нескольких соединенных вместе стальных труб, образующих каналы для теплоносителя змеевиковой или регистровой формы. В змеевике трубы соединены последовательно по направлению движения теплоносителя, что увеличивает скорость его движения и гидравлическое сопротивление прибора. При параллельном соединении труб в регистре поток теплоносителя делится, скорость его движения и гидравлическое сопротивление прибора уменьшаются. Гладкотрубные приборы обладают самым высоким коэффициентом теплопередачи, их пылесобирающая поверхность невелика и они легко очищаются. Вместе с тем гладкотрубные приборы тяжелы и громоздки, занимают немало места, увеличивают расход стали в системах отопления, имеют непривлекательный внешний вид. Их применяют в редких случаях, когда не могут быть использованы приборы других видов (например, для отопления теплиц).

5. Конвектор – это прибор конвективного типа, состоящий из двух элементов: ребристого нагревателя и кожуха. Кожух декорирует нагреватель и способствует повышению теплопередачи благодаря увеличению подвижности воздуха у поверхности нагревателя. Конвектор с кожухом передает в помещение конвекцией до 90 – 95% всего теплового потока. Прибор, в котором функции кожуха выполняет оребрение нагревателя, называют конвектором без кожуха. Нагреватель выполняют из стали, чугуна, алюминия и других металлов, кожух – из листовых материалов (стали, асбестоцемента и др.). Конвекторы обладают сравнительно низким коэффициентом теплопередачи. Тем не менее они находят широкое применение. Это объясняется простотой изготовления, монтажа и эксплуатации, а также малой металлоемкостью.

6. Ребристая труба – прибор конвективного типа, представляющий собой фланцевую чугунную трубу, наружная поверхность которой покрыта совместно отлитыми тонкими ребрами. Площадь внешней поверхности ребристой трубы во много раз больше, чем площадь поверхности гладкой трубы того же диаметра и длины. Это придает отопительному прибору особую компактность. Кроме того, пониженная температура поверхности ребер при использовании высокотемпературного теплоносителя, сравнительная простота изготовления и невысокая стоимость обуславливают применение этого малоэффективного в теплотехническом отношении тяжелого прибора. К недостаткам ребристых труб относятся также несовременный внешний вид, малая механическая прочность ребер и трудность очистки от пыли. Ребристые трубы применяют, как правило, во вспомогательных помещениях (котельных, складских помещениях, гаражах и т. д.). Их устанавливают горизонтально в несколько ярусов и соединяют по змеевиковой схеме на болтах с помощью «калачей» — фланцевых чугунных двойных отводов и контрфланцев.

Основные характеристики отопительных приборов приведены в приложении 10.

Площадь поверхности нагревательных приборов определяется из выражения

$$F_{H.П} = \frac{Q_{ДЕЖ}}{K_{H.П} \cdot \left( \frac{t_{ВХ} + t_{ВЫХ}}{2} - t_{ДЕЖ} \right)} \cdot \beta, \quad (4.2)$$

где  $F_{H.П}$  – площадь поверхности нагрева отопительных приборов, м<sup>2</sup>;  
 $K_{H.П}$  – коэффициент теплоотдачи отопительного прибора, Вт/м<sup>2</sup>·°С  
(приложение 10);  
 $t_{ВХ}$  – температура горячей воды, °С;  
 $t_{ВЫХ}$  – температура охлажденной воды, °С;  
 $t_{ДЕЖ}$  – температура дежурного отопления, °С;  
 $\beta$  – коэффициент, учитывающий остывание воды в трубопроводах системы отопления, снижение теплоотдачи прибора и влияние установки прибора, можно принять  $\beta = 1$ .

Количество секций отопительных приборов можно определить по формуле

$$N = \frac{F_{H.П}}{f}, \quad (4.3)$$

где  $N$  – количество секций, ребристых труб или погонных метров гладких труб;  
 $F_{H.П}$  – площадь поверхности нагрева отопительных приборов, м<sup>2</sup>;  
 $f$  – поверхность нагрева одной секции ребристой трубы или 1 м<sup>2</sup> гладкой трубы (приложение 10).

### **3 Порядок выполнения работы**

1. Изучить виды отопительных приборов используемых на предприятиях легкой промышленности.
2. Изучить методы расчета систем дежурного отопления в цехах предприятий легкой промышленности.
3. Студенты получают задание с описанием цеха и в соответствии с методикой проводят расчет системы дежурного отопления.

### **Варианты задания**

Вариант 1 – Рассчитать систему дежурного отопления цеха, подобрать отопительные приборы. Температура воздуха внутри помещения при расчете

дежурного отопления  $t_{ДЕЖ}$  равна 16 °С. Объём цеха, параметры наружного воздуха, удельную тепловую характеристику цеха взять из работы №1. Выбрать оптимальный вариант системы (чугунные радиаторы или конвекторы «Прогресс-20»).

Вариант 2 – Рассчитать систему дежурного отопления цеха, подобрать отопительные приборы. Температура воздуха внутри помещения при расчете дежурного отопления  $t_{ДЕЖ}$  равна 10 °С. Объём цеха, параметры наружного воздуха, удельную тепловую характеристику цеха взять из работы №1. Выбрать оптимальный вариант системы (чугунные ребристые или конвекторы «Прогресс-15»).

Вариант 3 – Рассчитать систему дежурного отопления цеха, подобрать отопительные приборы. Температура воздуха внутри помещения при расчете дежурного отопления  $t_{ДЕЖ}$  принимается равной 20 °С. Объём цеха, параметры наружного воздуха, удельную тепловую характеристику цеха взять из работы №1. Выбрать оптимальный вариант системы (чугунные радиаторы или стальные штампованные листотрубные одинарные).

Вариант 4 – Рассчитать систему дежурного отопления цеха, подобрать отопительные приборы. Температура воздуха внутри помещения при расчете дежурного отопления  $t_{ДЕЖ}$  принимается равной 18 °С. Объём цеха, параметры наружного воздуха, удельную тепловую характеристику цеха взять из работы №1. Выбрать оптимальный вариант системы (стальные штампованные змеевидные спаренные или конвекторы плитусовые стальные).

Вариант 5 – Рассчитать систему дежурного отопления цеха, подобрать отопительные приборы. Температура воздуха внутри помещения при расчете дежурного отопления  $t_{ДЕЖ}$  принимается равной 11 °С. Объём цеха, параметры наружного воздуха, удельную тепловую характеристику цеха взять из работы №1. Выбрать оптимальный вариант системы (чугунные радиаторы чугунные ребристые трубы).

Вариант 6 – Рассчитать систему дежурного отопления цеха, подобрать отопительные приборы. Температура воздуха внутри помещения при расчете дежурного отопления  $t_{ДЕЖ}$  принимается равной 13 °С. Объём цеха, параметры наружного воздуха, удельную тепловую характеристику цеха взять из работы №1. Выбрать оптимальный вариант системы (чугунные ребристые трубы или стальные штампованные листотрубные спаренные).

Вариант 7 – Рассчитать систему дежурного отопления цеха, подобрать отопительные приборы. Температура воздуха внутри помещения при расчете дежурного отопления  $t_{ДЕЖ}$  принимается равной 14 °С. Объём цеха, параметры наружного воздуха, удельную тепловую характеристику цеха взять из работы №1. Выбрать оптимальный вариант системы (стальные штампованные змеевидные одинарные или конвекторы «Прогресс-20»).

Вариант 8 – Рассчитать систему дежурного отопления цеха, подобрать отопительные приборы. Температура воздуха внутри помещения при расчете дежурного отопления  $t_{ДЕЖ}$  принимается равной 15 °С. Объём цеха, параметры

наружного воздуха, удельную тепловую характеристику цеха взять из работы №1. Выбрать оптимальный вариант системы (чугунные радиаторы или конвекторы «Прогресс-15»).

Вариант 9 – Рассчитать систему дежурного отопления цеха, подобрать отопительные приборы. Температура воздуха внутри помещения при расчете дежурного отопления  $t_{ДЕЖ}$  принимается равной 17 °С. Объём цеха, параметры наружного воздуха, удельная тепловая характеристика цеха взять из работы №1. Выбрать оптимальный вариант системы (чугунные ребристые трубы или конвекторы плинтусные стальные).

Вариант 10 – Рассчитать систему дежурного отопления цеха, подобрать отопительные приборы. Температура воздуха внутри помещения при расчете дежурного отопления  $t_{ДЕЖ}$  принимается равной 19 °С. Объём цеха, параметры наружного воздуха, удельную тепловую характеристику цеха взять из работы №1. Выбрать оптимальный вариант системы (стальные штампованные листотрубные одинарные или конвекторы «Прогресс-20»).

Вариант 11 – Рассчитать систему дежурного отопления цеха, подобрать отопительные приборы. Температура воздуха внутри помещения при расчете дежурного отопления  $t_{ДЕЖ}$  принимается равной 10 °С. Объём цеха, параметры наружного воздуха, удельную тепловую характеристику цеха взять из работы №1. Выбрать оптимальный вариант системы (чугунные радиаторы или конвекторы «Прогресс-15»).

Вариант 12– Рассчитать систему дежурного отопления цеха, подобрать отопительные приборы. Температура воздуха внутри помещения при расчете дежурного отопления  $t_{ДЕЖ}$  принимается равной 20 °С. Объём цеха, параметры наружного воздуха, удельную тепловую характеристику цеха взять из работы №1. Выбрать оптимальный вариант системы (чугунные ребристые трубы или стальные штампованные змеевидные одинарные).

Вариант 13– Рассчитать систему дежурного отопления цеха, подобрать отопительные приборы. Температура воздуха внутри помещения при расчете дежурного отопления  $t_{ДЕЖ}$  принимается равной 16 °С. Объём цеха, параметры наружного воздуха, удельную тепловую характеристику цеха взять из работы №1. Выбрать оптимальный вариант системы (чугунные радиаторы или чугунные ребристые трубы).

Вариант 14– Рассчитать систему дежурного отопления цеха, подобрать отопительные приборы. Температура воздуха внутри помещения при расчете дежурного отопления  $t_{ДЕЖ}$  принимается равной 18 °С. Объём цеха, параметры наружного воздуха, удельную тепловую характеристику цеха взять из работы №1. Выбрать оптимальный вариант системы (стальные штампованные змеевидные одинарные или стальные штампованные листотрубные одинарные).

Вариант 15– Рассчитать систему дежурного отопления цеха, подобрать отопительные приборы. Температура воздуха внутри помещения при расчете дежурного отопления  $t_{ДЕЖ}$  принимается равной 15 °С. Объём цеха, параметры наружного воздуха, удельную тепловую характеристику цеха взять из работы

№1. Выбрать оптимальный вариант системы (конвекторы «Прогресс-15» или конвекторы «Прогресс-20»).

#### ***4 Содержание отчета***

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Расчет системы дежурного отопления.
5. Литература.

#### ***5 Рекомендуемая литература***

1. СНБ 4.02.01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Введ. впервые. 2004 – 06 – 01. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2004. – 32 с.

2. Ковчур, С. Г. Основы проектирования предприятий легкой промышленности : учеб. пособие / С. Г. Ковчур, В. Я. Казарновский, Р. В. Ордовский. – Минск : Выш. шк., 1981. – 263 с.: ил.

3. Свищев, Г. А. Проектирование и эксплуатация санитарно-технических установок на предприятиях лёгкой промышленности : учеб. / Г. А. Свищев. – Москва : Легпромбытиздат. 1990. – 245 с.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

# СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

### *1 Цель работы*

*Изучить системы водоснабжения, применяемые на предприятиях легкой промышленности; изучить методы расчета этих систем.*

### *2 Общие сведения*

Система водоснабжения города или промышленного предприятия состоит из следующих основных элементов: 1) водоприемных сооружений; 2) водоподъемных сооружений, т. е. насосных станций, подающих воду к очистным сооружениям (насосные станции I подъема) или потребителям (насосные станции II подъема); 3) очистных сооружений; 4) башен и резервуаров, накапливающих запасы воды или регулирующих напоры и расходы; 5) водоводов и сети трубопроводов, предназначенных для транспортирования воды от сооружения к сооружению или к потребителям.

По назначению системы водоснабжения (водопроводы) разделяют на хозяйственно-питьевые, подающие воду для хозяйственных (приготовление пищи, мытье посуды и полов, стирка белья и др.), гигиенических (умывальники, души, ванны, бани) и питьевых нужд населения и работников предприятий; производственные, снабжающие водой технологические цехи промышленных предприятий; противопожарные, подающие воду для тушения пожаров.

Противопожарные водопроводы, в свою очередь, подразделяют на водопроводы высокого и низкого давления. При устройстве противопожарных водопроводов высокого давления пожары тушат струями воды, создаваемыми непосредственно под действием напора в водопроводе. При устройстве противопожарных водопроводов низкого давления пожары тушат струями воды, создаваемыми пожарными насосами, привозимыми к месту пожара. При этом для надежного действия насосов в сети водопровода необходимо поддерживать напор не менее 10 м. На промышленных предприятиях устраивают преимущественно противопожарные водопроводы высокого давления (более надежные).

Часто оказывается целесообразным объединение водопроводов различного назначения. В городах и поселках, как правило, устраивают единый хозяйственно-противопожарный водопровод, служащий и для обеспечения водой мелких предприятий. На промышленных предприятиях в зависимости от необходимых расходов, напоров и качества воды, используемой для различных целей, можно устраивать следующие водопроводы: производственно-хозяйственно-противопожарный; отдельные производственно-



противопожарный и хозяйственно-питьевой; отдельные производственный и хозяйственно-противопожарный; отдельные производственный, хозяйственно-питьевой и противопожарный.

Наиболее часто устраивают отдельные производственный и хозяйственно-противопожарный водопроводы. Противопожарный водопровод объединяют с производственным довольно редко по следующим причинам: 1) из-за повышения напора в период пожаротушения, что может привести к порче производственной аппаратуры, а также нецелесообразно при значительных расходах производственных вод; 2) из-за ограниченности производственной сети по сравнению с сетью противопожарной, охватывающей всю территорию предприятия. Устройство объединенного производственно-хозяйственно-противопожарного водопровода возможно при сравнительно малом расходе производственных вод и в тех случаях, когда их качество должно быть таким же, как и качество питьевой воды.

Водоснабжение промышленного предприятия может быть прямоточным, с последовательным (или повторным) использованием воды, и оборотным.

Схема прямоточного водоснабжения встречается наиболее часто и отличается наибольшей простотой. Вода, забираемая из реки насосной станцией, подается по водопроводной сети в отдельные цехи предприятия. Отработанная вода отводится по самотечной сети и сбрасывается в водоем. В случае необходимости отработанная (сточная) вода подвергается очистке на специальных очистных сооружениях. В схеме прямоточного водоснабжения возможна и предварительная очистка природной воды. При большой неравномерности расходования воды целесообразно включение в схему регулирующих резервуаров и водонапорных башен.

Схема водоснабжения с последовательным (или повторным) использованием воды применяется на предприятиях, имеющих цехи, после использования в которых вода практически не загрязняется. Такая вода может использоваться для водоснабжения других цехов или повторно в тех же цехах. Последовательное (или повторное) использование воды может быть организовано и в тех случаях, когда после использования в одном из цехов вода нагревается или загрязняется незначительно. Перед дальнейшим или повторным использованием такую воду охлаждают или очищают на специальных сооружениях. По этой схеме можно проектировать системы водоснабжения на предприятиях, имеющих в своем составе ТЭЦ. Вода, потребляемая ими в больших количествах, нагревается лишь в малой степени.

Если принята схема оборотного водоснабжения, отработанные (сточные) воды не сбрасываются в водоем, а после соответствующей обработки вновь возвращаются на производство.

При проектировании водопровода промышленного предприятия необходимо первоначально устанавливать потребный суточный расход воды ( $\text{м}^3$ ) на производственные нужды, на хозяйственно-питьевое водопотребление и на пожаротушение. Потребность в производственной воде приводят в технологиче-

ском проекте. Обычно в этом случае учитывается количество выпускаемой продукции в сутки и потребный расход воды на единицу продукции. Максимальный часовой  $Q_{ч}$ , м<sup>3</sup>/ч, и секундный  $Q_{с}$ , л/с, расходы воды на производственные нужды определяются по формулам

$$Q_{ч} = \frac{m \cdot M \cdot K_{ч}}{t}, \quad (5.1)$$

где  $Q_{ч}$  – максимальный часовой расход, м<sup>3</sup>/ч;  
 $m$  – расход воды на единицу продукции, м<sup>3</sup>;  
 $M$  – количество единиц продукции в сутки, ед;  
 $K_{ч}$  – часовой коэффициент неравномерности;  
 $t$  – продолжительность работы агрегатов, выпускающих продукцию, ч;

$$Q_{с} = \frac{m \cdot M \cdot K_{ч}}{3,6 \cdot t}, \quad (5.2)$$

где  $Q_{с}$  – максимальный секундный расход, л/с;  
 $m$  – расход воды на единицу продукции, м<sup>3</sup>;  
 $M$  – количество единиц продукции в сутки, ед;  
 $K_{ч}$  – часовой коэффициент неравномерности;  
 $t$  – продолжительность работы агрегатов, выпускающих продукцию, ч.

Часовым коэффициентом неравномерности называют отношение максимального часового расхода к среднечасовому расходу. В таблице 5.1 приведены укрупненные нормы производственного водопотребления и часовой коэффициент неравномерности для производств легкой промышленности.

Таблица 5.1 – Укрупненные нормы водопотребления в легкой промышленности

Продукция	Водопотребление на единицу продукции, м <sup>3</sup>	Коэффициент часовой неравномерности
Кожи метода дубления, т		
– таннидного	40–76	1,8–2,2
– хромового	62–78	
– смешанного	50–60	
Меховые овчины на 100 шт.	40–46	
Обувь на 1000 пар	6–5,5	
Искусственные кожи, т	95	1,1–1,2

Шерстяные ткани, т	370	1,8–2,2
Хлопчатобумажные ткани, т	210	1,8–2,2
Шёлковые ткани, т	150	1,1–1,2
Ситцепечатное производство, т	250	1,8–2,2
Меланжевый комбинат, т	200	1,5
Льняной комбинат, т	300	1,8–2,2

Как правило, потребители получают воду на некоторой высоте над поверхностью земли. Для этого следует создать в сети в месте присоединения ввода напор, достаточный для подъема воды на требуемую высоту, и у водоразборного прибора необходимый свободный напор. Таким образом, потребный напор определяется по формуле

$$H_{\text{потр}} = H_{\Gamma} + \sum H + H_{\text{с.н.}}, \quad (5.3)$$

где  $H_{\Gamma}$  – геометрическая высота подъема воды от ввода до наиболее удаленного (диктующего) водоразборного прибора, м;

$\sum H$  – сумма потерь напора в воде, водомерном узле, сети трубопроводов, м;

$H_{\text{с.н.}}$  – свободный напор у прибора, м.

Проектирование водопроводных сетей начинают с определения расходов воды. Расчетные расходы воды определяют путем умножения часовых расходов воды ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$  или л/с) на коэффициенты неравномерности водопотребления. На хозяйственно-питьевые нужды и пользование душами коэффициент часовой неравномерности принимается равным 2,5 для цехов с тепловыделениями более 80кДж/ч на 1  $\text{м}^3$  объема цеха и равным 3 для остальных цехов.

Расчет водопроводных сетей заключается в определении диаметра труб и потерь напора, необходимого для преодоления сопротивлений в трубопроводах при перемещении по ним расчетных расходов воды. Расчет сети производится на подачу пожарного расхода при максимальном хозяйственно-питьевом расходе (за исключением расходов на душ, полив территорий, мойку полов и оборудования) при объединении противопожарного водопровода с хозяйственно-питьевым и на подачу пожарного расхода при максимальном производственном расходе при объединении противопожарного и производственного водопровода.

Порядок расчета водопроводной сети следующий: составляется расчетная схема водопроводной сети с разбивкой на участки; определяются расчетные расходы по участкам; подбираются диаметры труб; определяются потери напора в сети.

Расчетную схему составляют с учетом планировки проектируемого предприятия и рельефа местности. При определении расчетных расходов по участ-

кам суммируют все сосредоточенные путевые расходы. После определения расходов воды  $Q_C$ , м<sup>3</sup>/с, подбирают диаметры  $d$ , м, трубопроводов по скорости  $v$ , м/с, движения воды в трубе по формуле

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_C}{\pi \cdot v}}, \quad (5.4)$$

где  $d$  – диаметр трубопровода, м;  
 $Q_C = Q_{\text{ч}} / 3600$  – максимальный секундный расход воды, м<sup>3</sup>/с;  
 $Q_{\text{ч}}$  – максимальный часовой расход, м<sup>3</sup>/ч;  
 $v$  – скорости движения воды в трубопроводе, м/с.

Выбор скорости движения имеет важное значение, так как от нее зависит стоимость водопроводных сетей, стоимость эксплуатации, а также шум от движения воды во внутренних сетях. Поэтому диаметры труб подбирают по средним экономическим скоростям: 0,6–0,9 м/с для труб малых диаметров (до 300 мм); 1–1,4 м/с для труб средних диаметров (400—900 мм); 1,5–1,7 м/с для труб больших диаметров (более 900 мм).

При расчете сетей на пропуск пожарного расхода допускается повышение скоростей до 3 м/с, но при этом проводится проверка на создающееся давление в трубах, которое не должно быть выше допустимого, чтобы не разрушать сеть. Потери напора (давления) в сети определяют по формуле

$$H = \frac{\lambda \cdot l}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}, \quad (5.5)$$

где  $H$  – потери напора (давления) в сети, м;  
 $\lambda$  – коэффициент гидравлического сопротивления трению, зависящий от шероховатости стенок труб и критерия Рейнольдса;  
 $l$  – длина участка трубопровода, м;  
 $d$  – внутренний диаметр трубопровода, м;  
 $v$  – средняя скорость воды в трубе, м/с;  
 $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

При замене скорости воды ее расходом формула приобретает более удобный для практических расчетов вид

$$H = K_C \cdot \frac{Q_C \cdot l^2}{d^5}, \quad (5.6)$$

где  $H$  – потери напора (давления) в сети, м;  
 $K_C = 0,083 \cdot \lambda$ ;

$Q_c$  – максимальный секундный расход воды, м<sup>3</sup>/с;  
 $l$  – длина участка трубопровода, м;  
 $d$  – внутренний диаметр трубопровода, м.

В практических расчетах обычно пользуются формулой

$$H = i \cdot l, \quad (5.7)$$

где  $H$  – потери напора (давления) в сети, м;  
 $i$  – удельные потери напора на трение («гидравлический уклон»), м, на 1 м длины трубы, определяемые по таблицам гидравлического расчета для разных материалов труб;  
 $l$  – длина участка трубопровода, м.

Потери напора на преодоление сопротивлений в арматуре и соединительных частях трубопроводов можно учитывать в размере 10–20% от величины потерь в трубопроводах.

При проектировании генерального плана предприятий вопросы водоснабжения и канализации необходимо решать одновременно. Генеральный план участка должен быть представлен с горизонталями высотных отметок рельефа с указанием так называемых красных линий застройки, уличных сетей водопровода, с тем чтобы можно было решать вопрос о трассе внутризаводских водопроводных сетей.

При получении промышленным предприятием воды из городского водопровода присоединение внутризаводской сети к городской осуществляется с помощью вводов, монтируемых из стальных или чугунных труб. Внутризаводские водопроводы противопожарного и объединенного назначения должны присоединяться к городской кольцевой водопроводной сети не менее чем двумя вводами.

### ***3 Порядок выполнения работы***

1. Изучить системы водоснабжения на предприятиях легкой промышленности.
2. Изучить методы расчета водопроводных сетей.
3. Студенты получают задание с описанием предприятия и в соответствии с методикой проводят расчет системы водоснабжения.

### ***Варианты задания***

Вариант 1 – Определить диаметр водовода и потерю напора в объединенной водопроводной линии на территории обувной фабрики с производительностью 5 млн. пар обуви в год и числом рабочих 2782. Внутрипло-

щадочный водопровод присоединяется к двум не зависящим друг от друга водопроводным магистралям городского водопровода. Длина водовода от присоединения к городскому водопроводу до ввода в главный производственный корпус 230 м.

Вариант 2 – Определить диаметр водовода и потерю напора в объединенной водопроводной линии на территории меховой фабрики с производительностью 1,5 млн. штук меховых изделий в год и числом рабочих 3522. Внутриплощадочный водопровод присоединяется к двум не зависящим друг от друга водопроводным магистралям городского водопровода. Длина водовода от присоединения к городскому водопроводу до ввода в главный производственный корпус 300 м.

Вариант 3 – Определить диаметр водовода и потерю напора в объединенной водопроводной линии на территории предприятия по производству кож методом таннидного дубления с производительностью 1 млн. тонн кожи в год и числом рабочих 2582. Внутриплощадочный водопровод присоединяется к двум не зависящим друг от друга водопроводным магистралям городского водопровода. Длина водовода от присоединения к городскому водопроводу до ввода в главный производственный корпус 250 м.

Вариант 4 – Определить диаметр водовода и потерю напора в объединенной водопроводной линии на территории предприятия по производству кож методом хромового дубления с производительностью 1,5 млн. тонн кожи в год и числом рабочих 3252. Внутриплощадочный водопровод присоединяется к двум не зависящим друг от друга водопроводным магистралям городского водопровода. Длина водовода от присоединения к городскому водопроводу до ввода в главный производственный корпус 260 м.

Вариант 5 – Определить диаметр водовода и потерю напора в объединенной водопроводной линии на территории предприятия по производству кож методом смешанного дубления с производительностью 2,5 млн. тонн кожи в год и числом рабочих 2722. Внутриплощадочный водопровод присоединяется к двум не зависящим друг от друга водопроводным магистралям городского водопровода. Длина водовода от присоединения к городскому водопроводу до ввода в главный производственный корпус 270 м.

Вариант 6 – Определить диаметр водовода и потерю напора в объединенной водопроводной линии на территории предприятия по производству искусственных кож с производительностью 3 млн. тонн кожи в год и числом рабочих 2872. Внутриплощадочный водопровод присоединяется к двум не зависящим друг от друга водопроводным магистралям городского водопровода. Длина водовода от присоединения к городскому водопроводу до ввода в главный производственный корпус 240 м.

Вариант 7 – Определить диаметр водовода и потерю напора в объединенной водопроводной линии на территории фабрики по производству шерстяных тканей с производительностью 700 тыс. тонн в год и числом рабочих 2182. Внутриплощадочный водопровод присоединяется к двум не зависящим друг от

друга водопроводным магистралям городского водопровода. Длина водовода от присоединения к городскому водопроводу до ввода в главный производственный корпус 220 м.

Вариант 8 – Определить диаметр водовода и потерю напора в объединенной водопроводной линии на территории фабрики по производству хлопчатобумажных тканей с производительностью 750 тыс. тонн в год и числом рабочих 2452. Внутриплощадочный водопровод присоединяется к двум не зависящим друг от друга водопроводным магистралям городского водопровода. Длина водовода от присоединения к городскому водопроводу до ввода в главный производственный корпус 280 м.

Вариант 9 – Определить диаметр водовода и потерю напора в объединенной водопроводной линии на территории шёлкоткацкой фабрики производительностью 630 тыс. тонн в год и числом рабочих 1892. Внутриплощадочный водопровод присоединяется к двум не зависящим друг от друга водопроводным магистралям городского водопровода. Длина водовода от присоединения к городскому водопроводу до ввода в главный производственный корпус 210 м.

Вариант 10 – Определить диаметр водовода и потерю напора в объединенной водопроводной линии на территории ситцепечатной фабрики производительностью 840 тыс. тонн в год и числом рабочих 3028. Внутриплощадочный водопровод присоединяется к двум не зависящим друг от друга водопроводным магистралям городского водопровода. Длина водовода от присоединения к городскому водопроводу до ввода в главный производственный корпус 250 м.

Вариант 11 – Определить диаметр водовода и потерю напора в объединенной водопроводной линии на территории фабрики по производству меланжевых тканей с производительностью 520 тыс. тонн в год и числом рабочих 1728. Внутриплощадочный водопровод присоединяется к двум не зависящим друг от друга водопроводным магистралям городского водопровода. Длина водовода от присоединения к городскому водопроводу до ввода в главный производственный корпус 200 м.

Вариант 12– Определить диаметр водовода и потерю напора в объединенной водопроводной линии на территории льняного комбината с производительностью 960 тыс. тонн в год и числом рабочих 3112. Внутриплощадочный водопровод присоединяется к двум не зависящим друг от друга водопроводным магистралям городского водопровода. Длина водовода от присоединения к городскому водопроводу до ввода в главный производственный корпус 280 м.

Вариант 13– Определить диаметр водовода и потерю напора в объединенной водопроводной линии на территории обувной фабрики с производительностью 3 млн. пар обуви в год и числом рабочих 2156. Внутриплощадочный водопровод присоединяется к двум не зависящим друг от друга водопроводным магистралям городского водопровода. Длина водовода от присо-

единения к городскому водопроводу до ввода в главный производственный корпус 200 м.

*Вариант 14*– Определить диаметр водовода и потерю напора в объединенной водопроводной линии на территории фабрики по производству меланжевых тканей с производительностью 820 тыс. тонн в год и числом рабочих 2532. Внутриплощадочный водопровод присоединяется к двум не зависящим друг от друга водопроводным магистралям городского водопровода. Длина водовода от присоединения к городскому водопроводу до ввода в главный производственный корпус 240 м.

*Вариант 15*– Определить диаметр водовода и потерю напора в объединенной водопроводной линии на территории фабрики по производству льняных тканей с производительностью 710 тыс. тонн в год и числом рабочих 2128. Внутриплощадочный водопровод присоединяется к двум не зависящим друг от друга водопроводным магистралям городского водопровода. Длина водовода от присоединения к городскому водопроводу до ввода в главный производственный корпус 250 м.

#### ***4 Содержание отчета***

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Расчет системы водоснабжения.

#### ***5 Рекомендуемая литература***

1. ТКП 45-4.01-32-2010 Наружные водопроводные сети и сооружения. Строительные нормы проектирования. – Взамен СНиП 2.04.02-84 в части сетей и сооружений ; введ. 2010–07–06. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – 48 с.

2. Ковчур, С. Г. Основы проектирования предприятий легкой промышленности : учеб. пособие / С. Г. Ковчур, В. Я. Казарновский, Р. В. Ордовский. – Минск : Выш. шк., 1981. – 263 с.: ил.

3. Буренин, В. А. Основы промышленного строительства и санитарной техники / В. А. Буренин. – Москва : Высшая школа, 1984. – Ч 2. – 233 с.

4. Свищев, Г. А. Проектирование и эксплуатация санитарно-технических установок на предприятиях лёгкой промышленности : учеб. / Г. А. Свищев. – Москва : Легпромбытиздат, 1990. – 245 с.

5. ТКП 45-4.01-258-2012 Водоснабжение промышленных предприятий. Строительные нормы проектирования. – Введ. впервые 2012–01–07. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2012. – 76 с.



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

# СИСТЕМЫ АСПИРАЦИИ В ЦЕХАХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

### *1 Цель работы*

*Изучить системы аспирации применяемые на предприятиях легкой промышленности; изучить методы расчета этих систем.*

### *2 Общие сведения*

В зависимости от места нахождения вентилятора и пылеотделителя все аспирационные устройства делятся на централизованные и индивидуальные. В централизованных установках несколько единиц аспирируемого оборудования объединяют воздуховодами в одну систему, которая обслуживается одной центральной вентиляторной установкой и единым пылеотделителем. Вентилятор и пылеотделитель монтируют вдали от пылевыделяющего оборудования, чаще всего в отдельном помещении. В индивидуальных установках каждой единице технологического оборудования, от которого удаляют пыль, придают индивидуальный вентилятор и индивидуальный пылеотделитель, монтируемые вместе с технологическим оборудованием. На предприятиях лёгкой промышленности широко применяют и те и другие устройства. Принципиальное и санитарно-гигиеническое различие между ними состоит в том, что в централизованных системах воздух после пылеотделения направляется в атмосферу, а в индивидуальных установках воздух после очистки пыли возвращается обратно в помещение цеха.

Достоинством централизованных систем аспирации является их способность удалять из помещения цеха не только пылевидные отходы, но и газы. Они менее шумны, чем индивидуальные, количество отсасываемого воздуха во время эксплуатации почти не меняется, пылеуловители и вентиляторы не загромождают полезную площадь цеха. Однако применение централизованных систем вызывает некоторое увеличение объема приточного воздуха, а следовательно, и расхода тепла на его подогрев в зимнее время; затрудняет перестановку пылевыделяющего оборудования из-за необходимости нового монтажа воздухопроводов, а иногда и изменения их диаметров; загромождаёт объем цеха сетью труб.

К достоинствам индивидуальных установок относятся:

- возможность их легкой перестановки, т. к. они не связаны сетью воздухопроводов;
- отсутствие потерь тепла зимой, т.к. воздух не удаляется из цеха;

– отсутствие необходимости в их регулировании, т. к. режим их работы не зависит от работы соседних установок, и др.

К недостаткам индивидуальных установок относят то, что они занимают полезную площадь цеха, что с учетом их обслуживания составляет не менее 1,5 м<sup>2</sup> на одну установку.

Расчету аспирационных воздуховодов предшествует определение числа единиц, требующегося для обслуживания аспирируемого оборудования и связанного с одной вентиляторной установкой, выявление длин воздуховодов и местных сопротивлений, для чего в масштабе вычерчивается аксонометрическая схема сети. Далее для вновь проектируемой сети воздуховодов по заданным расходам воздуха (или скоростям) находят диаметры (поперечные сечения) воздуховодов, скорость (или расход) воздуха и потери давления, а для поверочного расчета действующей сети по заданным поперечным сечениям и давлению – расход и скорость.

Скорость воздуха при расчете аспирационных систем принимается исходя из необходимости обеспечить устойчивое транспортирование частиц, бесшумность работы системы, наименьшую годовую эксплуатационную стоимость, а также исходя из сечений воздуховодов, ограничиваемых стандартными диаметрами труб.

При расчёте воздуховодов аспирационных систем чаще используют метод удельной потери давления.

Потери давления на участке воздуховода длиной  $l$  определяются по формуле

$$\Delta p_v = R \cdot \beta_{ш} \cdot l + Z, \quad (6.1)$$

где  $\Delta p_v$  – потери давления на участке воздуховода, Па;

$R$  – удельная потеря давления на 1 м стального воздуховода, Па/м;

$\beta_{ш}$  – коэффициент, учитывающий фактическую шероховатость стенок воздуховода (таблица 6.1);

$l$  – длина участка, м;

$Z$  – потери давления в местных сопротивлениях, м.

Потери давления в местных сопротивлениях рассчитываются по формуле

$$Z = \sum \xi \cdot p_d, \quad (6.2)$$

где  $Z$  – потери давления местных сопротивлениях, Па;

$p_d$  – динамическое давление воздуха на участке, Па;

$\sum \xi$  – сумма коэффициентов местных сопротивлений (таблица 6.2).

Таблица 6.1 – Коэффициент, учитывающий фактическую шероховатость стенок стальных воздуховодов

$\beta_{ш}$	$\nu, \text{ м/с}$
1,005	0,3
1,006	0,4
1,008	0,5
1,009	0,6
1,011	0,7
1,012	0,8
1,014	0,9
1,015	1
1,022	1,5
1,028	2
1,034	2,5
1,039	3
1,044	3,5
1,049	4
1,053	4,5
1,057	5
1,065	6
1,071	7
1,077	8
1,083	9
1,088	10

Таблица 6.2 – Коэффициенты местных сопротивлений узлов круглого сечения (тройники)

$\frac{F_{\text{ПРОХ}}}{F_{\text{ОСН}}}$	$\frac{L_{\text{ПРОХ}}}{L_{\text{ОСН}}}$	Значение $\xi$ при $\frac{F_{\text{ОТВ}}}{F_{\text{ОСН}}}$ , равном									
		0,1		0,16		0,25		0,4		0,63	
		$\xi_{\text{ПРОХ}}$	$\xi_{\text{ОТВ}}$	$\xi_{\text{ПРОХ}}$	$\xi_{\text{ОТВ}}$	$\xi_{\text{ПРОХ}}$	$\xi_{\text{ОТВ}}$	$\xi_{\text{ПРОХ}}$	$\xi_{\text{ОТВ}}$	$\xi_{\text{ПРОХ}}$	$\xi_{\text{ОТВ}}$
1,0	0,05	0,1	-2,0	0,2	-5,5						
	0,1	0,2	0	0,2	-0,7						
	0,15	0,4	0,3	0,4	0						
	0,2	0,6	0,4	0,6	0,2						
0,8	0,1					0,2	-2,9	0,2	-5,0		
	0,2					0,3	0	0,3	-0,6		
	0,3					0,5	0,3	0,5	0,2		
	0,4					1,0	0,4	0,8	0,4		
0,63	0,2							0,2	-0,9	0,2	-3,7
	0,3							0,3	0,2	0,3	-0,5
	0,4							0,5	0,5	0,4	0,4
	0,6							1,1	0,6	1,2	0,6
0,5	0,4									0,7	-1,2
	0,6									1,1	0,5
	0,8									2,2	0,7

Коэффициенты местного сопротивления отводов равны 0,25.

Разветвленные системы аспирации рассчитывают в следующем порядке:

1. Определяют нагрузки отдельных расчётных участков. Расчётный участок характеризуется постоянным по длине расходом воздуха. Расчётные расходы на участках определяют суммированием расходов на отдельных ответвлениях, начиная с периферийных участков.

2. Выбирают основное (магистральное) направление (выявляют наиболее протяжённую цепочку последовательно расположенных расчётных участков). При равной протяжённости магистралей в качестве расчётной выбирают наиболее нагруженную.

3. Нумерацию участков магистрали начинают с участка с меньшим расходом. Результаты расчётов заносят в таблицу 6.3.

4. Ориентировочная площадь поперечного сечения воздуховода определяется по формуле

$$F = \frac{L}{3600 \cdot v_{PEK}}, \quad (6.3)$$

где  $F$  – ориентировочная площадь поперечного сечения воздуховода, м<sup>2</sup>;

$L$  – расчётный расход воздуха на участке, м<sup>3</sup>/с;

$v_{PEK}$  – рекомендуемая скорость движения воздуха на участке (5 – 8 м/с).

5. По рассчитанной площади определяют диаметр воздуховода. Полученный диаметр округляют до стандартного размера из следующего ряда, мм: 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 225, 250, 280, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1600, 1800, 2000.

6. Фактическая скорость определяется с учётом площади сечения принятого стандартного воздуховода

$$v_{ФАКТ} = \frac{L}{3600 \cdot F_{\phi}}, \quad (6.4)$$

где  $v_{ФАКТ}$  – фактическая скорость движения воздуха на участке, м/с;

$F_{\phi}$  – фактическая площадь поперечного сечения воздуховода, м<sup>2</sup>;

$L$  – расчётный расход воздуха на участке, м<sup>3</sup>/с.

7. Динамическое давление на участке определяется по формуле

$$p_D = \frac{\rho \cdot v_{ФАКТ}^2}{2}, \quad (6.5)$$

где  $p_D$  – динамическое давление на участке, Па;

$\rho$  – плотность воздуха,  $\rho = 1,2$  кг/м<sup>3</sup>;

$v_{ФАКТ}$  – фактическая скорость движения воздуха на участке, м/с.

8. Определяются удельная потеря давления на 1 м стального воздуховода  $R$  по номограмме (рисунок 6.2).

9. Определяются потери давления в местных сопротивлениях участков.

10. По формуле 6.1 определяются потери давления на участке воздуховода.

11. Общие потери давления в системе определяются по формуле

$$\Delta p = \sum \Delta p_v + \Delta p_{\text{ВЕНТ}}, \quad (6.8)$$

где  $\Delta p$  – общие потери давления в системе, Па;

$\sum \Delta p_v$  – сумма потерь давления на участках системы, Па;

$\Delta p_{\text{ВЕНТ}}$  – потери давления в вентиляционном оборудовании, Па;

12. По значению общих потерь в системе определяется требуемое давление вентилятора.

13. Увязка остальных участков (ответвлений) проводится, начиная с наиболее протяжённых ответвлений. Увязка проводится аналогично расчёту основного направления. При увязке ответвления известна потеря давления в нём, равная потерям давления в магистрали от общей точки до входа или выхода воздуха в атмосферу

$$p_{\text{РАСП.ОТВ.}} = \sum (R \cdot \beta_{\text{Ш}} \cdot l + Z)_{\text{ПАРАЛ.УЧ.}}, \quad (6.9)$$

где  $p_{\text{РАСП.ОТВ.}}$  – потери давления в ответвлении, Па;

$R$  – удельная потеря давления на 1 м стального воздуховода, Па/м;

$\beta_{\text{Ш}}$  – коэффициент, учитывающий фактическую шероховатость стенок воздуховода (таблица 6.1);

$l$  – длина участка, м;

$Z$  – потери давления в местных сопротивлениях, м.

Размеры сечений ответвлений считаются подобранными, если относительная невязка потерь в параллельных участках не превышает 15 % и определяется по формуле

$$\frac{\sum (R \cdot \beta_{\text{Ш}} \cdot l + Z)_{\text{ОТВ.}} - \Delta p_{\text{РАСП.ОТВ.}}}{p_{\text{РАСП.ОТВ.}}} \cdot 100 \leq 15\%, \quad (6.10)$$

где  $p_{\text{РАСП.ОТВ.}}$  – потери давления в ответвлении, Па;

$R$  – удельная потеря давления на 1 м стального воздуховода, Па/м;

$\beta_{\text{Ш}}$  – коэффициент, учитывающий фактическую шероховатость стенок воздуховода (таблица 6.1);

$l$  – длина участка, м;

$Z$  – потери давления в местных сопротивлениях, м.

### 3 Порядок выполнения работы

1. Изучить системы аспирации в цехах предприятий легкой промышленности.
2. Изучить методы расчета систем аспирации.
3. Студенты получают задание с описанием системы аспирации цеха.
4. В соответствии с вариантом задания составить расчетную схему (рисунок 6.1)

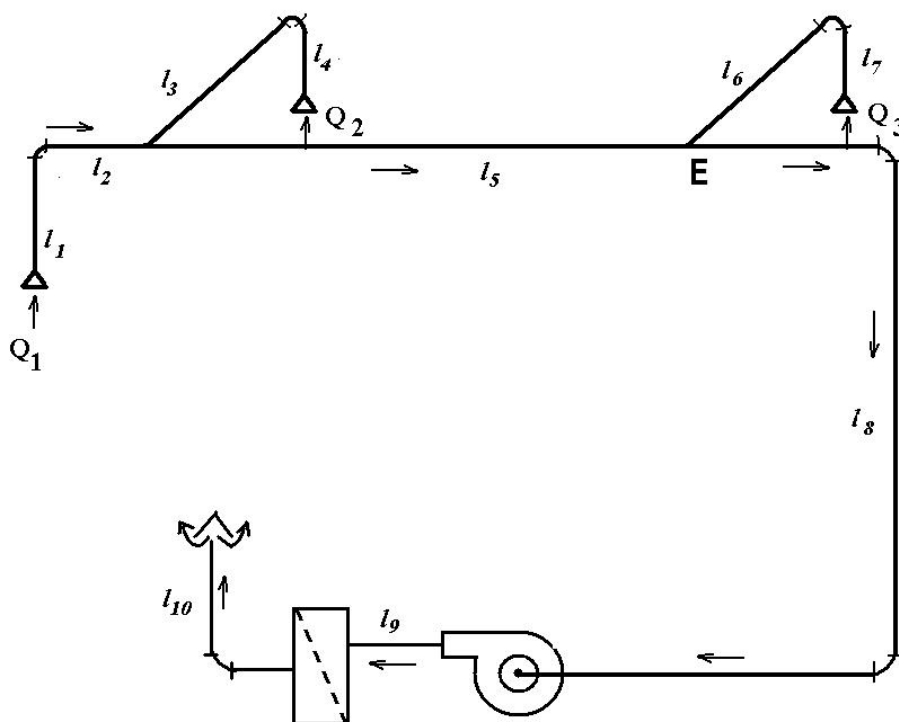


Рисунок 6.1 – Схема аспирационной установки

5. Рассчитать участки аспирационной системы, плотность воздуха  $\rho = 1,2$  кг/м<sup>3</sup>;
6. Результаты расчета свести в бланк расчета участков аспирационной системы (таблица 6.3).
7. Определить полную потерю давления в аспирационной установке.

### Варианты задания

Вариант 1 – Рассчитать систему аспирации для удаления пыли от трех местных отсосов с расходами  $Q_1 = 480 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $Q_2 = 750 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $Q_3 = 1000 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Минимальная скорость воздуха  $v = 6 \text{ м/с}$ . Сопротивление фильтра (загрязненного) перед очисткой 230 Па. Все воздуховоды круглого сечения. Все отводы выполнены радиусом  $r = 2d$ , тройники выполняются под углом  $45^\circ$ . Коэффициент местного сопротивления входа в приемные воронки равен 0,5. Участок считаем увязанным, если неувязка между сопротивлениями в общей точке при слиянии

потоков составляет менее 15%. Длины участков:  $l_1 = 2 \text{ м}$ ,  $l_2 = 3 \text{ м}$ ,  $l_3 = 3 \text{ м}$ ,  $l_4 = 2 \text{ м}$ ,  $l_5 = 27 \text{ м}$ ,  $l_6 = 7 \text{ м}$ ,  $l_7 = 2 \text{ м}$ ,  $l_8 = 15 \text{ м}$ ,  $l_9 = 5 \text{ м}$ ,  $l_{10} = 10 \text{ м}$ .

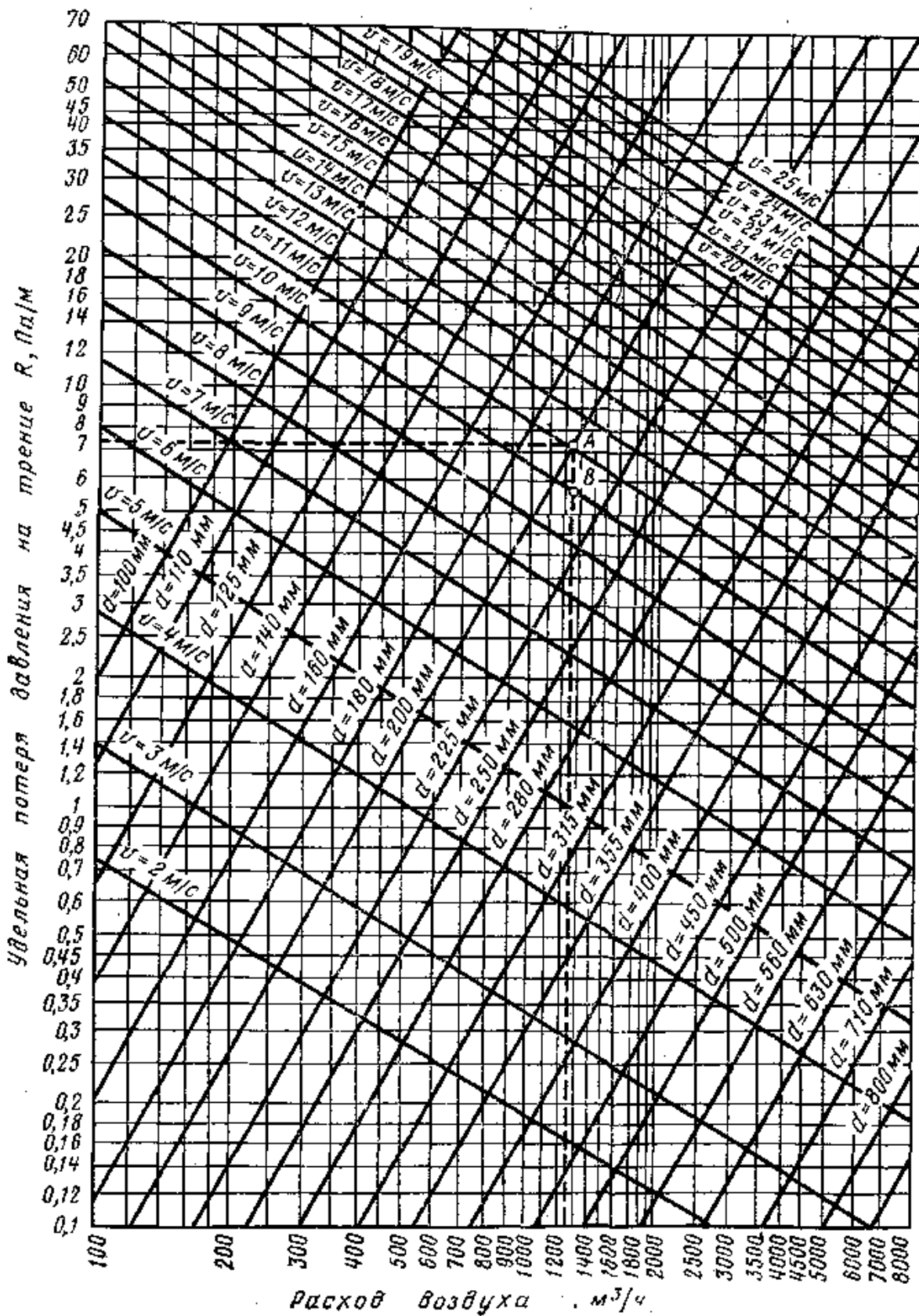


Рисунок 6.2 – Номограмма для определения диаметров воздухопроводов

Таблица 6.1 – Бланк расчета участков аспирационной установки

№ участка	Расход воздуха $L$ , м <sup>3</sup> /ч	Длина участка $l$ , м	Размеры воздухо- вода		Скорость воздуха $v_{факт}$ , м/с	Потери на 1 м длины участка $R$ , Па/м <sup>2</sup>	Коэффициент $\beta_{ш}$	Потери на трение $R \cdot \beta_{ш} \cdot l$ , Па	Сумма коэффициентов местных сопротивлений $\Sigma \zeta$	Динамическое давление $\rho_d$ , Па	Потери на местных сопро- тивлениях $Z$ , Па	Потери давления на участ- ке $R \cdot \beta_{ш} \cdot l + Z$ , Па	Сумма потерь давления $\Sigma(R \cdot \beta_{ш} \cdot l + Z)$ , Па	Неувязка %
			Диаметр, $d$ , мм	Площадь сечения $F$ , м <sup>2</sup>										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Всего														



Вариант 2 – Рассчитать систему аспирации для удаления пыли от трех местных отсосов с расходами  $Q_1 = 500 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $Q_2 = 770 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $Q_3 = 1050 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Минимальная скорость воздуха  $v = 6 \text{ м/с}$ . Сопротивление фильтра (загрязненного) перед очисткой 240 Па. Все воздухопроводы круглого сечения. Все отводы выполнены радиусом  $r = 2d$ , тройники выполняются под углом  $45^\circ$ . Коэффициент местного сопротивления входа в приемные воронки равен 0,5. Участок считаем увязанным, если неувязка между сопротивлениями в общей точке при слиянии потоков составляет менее 15%. Длины участков:  $l_1 = 3 \text{ м}$ ,  $l_2 = 4 \text{ м}$ ,  $l_3 = 4 \text{ м}$ ,  $l_4 = 3 \text{ м}$ ,  $l_5 = 28 \text{ м}$ ,  $l_6 = 8 \text{ м}$ ,  $l_7 = 3 \text{ м}$ ,  $l_8 = 16 \text{ м}$ ,  $l_9 = 6 \text{ м}$ ,  $l_{10} = 11 \text{ м}$ .

Вариант 3 – Рассчитать систему аспирации для удаления пыли от трех местных отсосов с расходами  $Q_1 = 450 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $Q_2 = 720 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $Q_3 = 950 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Минимальная скорость воздуха  $v = 6 \text{ м/с}$ . Сопротивление фильтра (загрязненного) перед очисткой 210 Па. Все воздухопроводы круглого сечения. Все отводы выполнены радиусом  $r = 2d$ , тройники выполняются под углом  $45^\circ$ . Коэффициент местного сопротивления входа в приемные воронки равен 0,5. Участок считаем увязанным, если неувязка между сопротивлениями в общей точке при слиянии потоков составляет менее 15%. Длины участков:  $l_1 = 2 \text{ м}$ ,  $l_2 = 3 \text{ м}$ ,  $l_3 = 3 \text{ м}$ ,  $l_4 = 2 \text{ м}$ ,  $l_5 = 27 \text{ м}$ ,  $l_6 = 7 \text{ м}$ ,  $l_7 = 2 \text{ м}$ ,  $l_8 = 15 \text{ м}$ ,  $l_9 = 5 \text{ м}$ ,  $l_{10} = 10 \text{ м}$ .

Вариант 4 – Рассчитать систему аспирации для удаления пыли от трех местных отсосов с расходами  $Q_1 = 490 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $Q_2 = 760 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $Q_3 = 1010 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Минимальная скорость воздуха  $v = 6 \text{ м/с}$ . Сопротивление фильтра (загрязненного) перед очисткой 230 Па. Все воздухопроводы круглого сечения. Все отводы выполнены радиусом  $r = 2d$ , тройники выполняются под углом  $45^\circ$ . Коэффициент местного сопротивления входа в приемные воронки равен 0,5. Участок считаем увязанным, если неувязка между сопротивлениями в общей точке при слиянии потоков составляет менее 15%. Длины участков:  $l_1 = 3 \text{ м}$ ,  $l_2 = 4 \text{ м}$ ,  $l_3 = 4 \text{ м}$ ,  $l_4 = 3 \text{ м}$ ,  $l_5 = 28 \text{ м}$ ,  $l_6 = 8 \text{ м}$ ,  $l_7 = 3 \text{ м}$ ,  $l_8 = 16 \text{ м}$ ,  $l_9 = 6 \text{ м}$ ,  $l_{10} = 11 \text{ м}$ .

Вариант 5 – Рассчитать систему аспирации для удаления пыли от трех местных отсосов с расходами  $Q_1 = 450 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $Q_2 = 720 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $Q_3 = 970 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Минимальная скорость воздуха  $v = 6 \text{ м/с}$ . Сопротивление фильтра (загрязненного) перед очисткой 200 Па. Все воздухопроводы круглого сечения. Все отводы выполнены радиусом  $r = 2d$ , тройники выполняются под углом  $45^\circ$ . Коэффициент местного сопротивления входа в приемные воронки равен 0,5. Участок считаем увязанным, если неувязка между сопротивлениями в общей точке при слиянии потоков составляет менее 15%. Длины участков:  $l_1 = 2 \text{ м}$ ,  $l_2 = 3 \text{ м}$ ,  $l_3 = 3 \text{ м}$ ,  $l_4 = 2 \text{ м}$ ,  $l_5 = 25 \text{ м}$ ,  $l_6 = 6 \text{ м}$ ,  $l_7 = 2 \text{ м}$ ,  $l_8 = 15 \text{ м}$ ,  $l_9 = 5 \text{ м}$ ,  $l_{10} = 10 \text{ м}$ .

Вариант 6 – Рассчитать систему аспирации для удаления пыли от трех местных отсосов с расходами  $Q_1 = 480 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $Q_2 = 750 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $Q_3 = 1000 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Минимальная скорость воздуха  $v = 6 \text{ м/с}$ . Сопротивление фильтра (загрязненного) перед очисткой 230 Па. Все воздухопроводы круглого сечения. Все отводы выполнены радиусом  $r = 2d$ , тройники выполняются под углом  $45^\circ$ . Коэффициент местного сопротивления входа в приемные воронки равен 0,5. Участок считаем увязанным, если неувязка между сопротивлениями в общей точке при слиянии

потоков составляет менее 15%. Длины участков:  $l_1 = 3 \text{ м}$ ,  $l_2 = 4 \text{ м}$ ,  $l_3 = 4 \text{ м}$ ,  $l_4 = 3 \text{ м}$ ,  $l_5 = 25 \text{ м}$ ,  $l_6 = 6 \text{ м}$ ,  $l_7 = 3 \text{ м}$ ,  $l_8 = 14 \text{ м}$ ,  $l_9 = 6 \text{ м}$ ,  $l_{10} = 10 \text{ м}$ .

Вариант 7 – Рассчитать систему аспирации для удаления пыли от трех местных отсосов с расходами  $Q_1 = 500 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $Q_2 = 800 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $Q_3 = 1100 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Минимальная скорость воздуха  $v = 6 \text{ м/с}$ . Сопротивление фильтра (загрязненного) перед очисткой 250 Па. Все воздуховоды круглого сечения. Все отводы выполнены радиусом  $r = 2d$ , тройники выполняются под углом  $45^\circ$ . Коэффициент местного сопротивления входа в приемные воронки равен 0,5. Участок считаем увязанным, если неувязка между сопротивлениями в общей точке при слиянии потоков составляет менее 15%. Длины участков:  $l_1 = 4 \text{ м}$ ,  $l_2 = 4 \text{ м}$ ,  $l_3 = 5 \text{ м}$ ,  $l_4 = 4 \text{ м}$ ,  $l_5 = 30 \text{ м}$ ,  $l_6 = 10 \text{ м}$ ,  $l_7 = 4 \text{ м}$ ,  $l_8 = 15 \text{ м}$ ,  $l_9 = 7 \text{ м}$ ,  $l_{10} = 12 \text{ м}$ .

Вариант 8 – Рассчитать систему аспирации для удаления пыли от трех местных отсосов с расходами  $Q_1 = 500 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $Q_2 = 750 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $Q_3 = 1000 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Минимальная скорость воздуха  $v = 6 \text{ м/с}$ . Сопротивление фильтра (загрязненного) перед очисткой 220 Па. Все воздуховоды круглого сечения. Все отводы выполнены радиусом  $r = 2d$ , тройники выполняются под углом  $45^\circ$ . Коэффициент местного сопротивления входа в приемные воронки равен 0,5. Участок считаем увязанным, если неувязка между сопротивлениями в общей точке при слиянии потоков составляет менее 15%. Длины участков:  $l_1 = 3 \text{ м}$ ,  $l_2 = 4 \text{ м}$ ,  $l_3 = 5 \text{ м}$ ,  $l_4 = 3 \text{ м}$ ,  $l_5 = 25 \text{ м}$ ,  $l_6 = 10 \text{ м}$ ,  $l_7 = 3 \text{ м}$ ,  $l_8 = 15 \text{ м}$ ,  $l_9 = 5 \text{ м}$ ,  $l_{10} = 10 \text{ м}$ .

Вариант 9 – Рассчитать систему аспирации для удаления пыли от трех местных отсосов с расходами  $Q_1 = 450 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $Q_2 = 700 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $Q_3 = 900 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Минимальная скорость воздуха  $v = 6 \text{ м/с}$ . Сопротивление фильтра (загрязненного) перед очисткой 200 Па. Все воздуховоды круглого сечения. Все отводы выполнены радиусом  $r = 2d$ , тройники выполняются под углом  $45^\circ$ . Коэффициент местного сопротивления входа в приемные воронки равен 0,5. Участок считаем увязанным, если неувязка между сопротивлениями в общей точке при слиянии потоков составляет менее 15%. Длины участков:  $l_1 = 2 \text{ м}$ ,  $l_2 = 3 \text{ м}$ ,  $l_3 = 3 \text{ м}$ ,  $l_4 = 2 \text{ м}$ ,  $l_5 = 25 \text{ м}$ ,  $l_6 = 5 \text{ м}$ ,  $l_7 = 2 \text{ м}$ ,  $l_8 = 15 \text{ м}$ ,  $l_9 = 5 \text{ м}$ ,  $l_{10} = 10 \text{ м}$ .

Вариант 10 – Рассчитать систему аспирации для удаления пыли от трех местных отсосов с расходами  $Q_1 = 530 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $Q_2 = 800 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $Q_3 = 1100 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Минимальная скорость воздуха  $v = 6 \text{ м/с}$ . Сопротивление фильтра (загрязненного) перед очисткой 230 Па. Все воздуховоды круглого сечения. Все отводы выполнены радиусом  $r = 2d$ , тройники выполняются под углом  $45^\circ$ . Коэффициент местного сопротивления входа в приемные воронки равен 0,5. Участок считаем увязанным, если неувязка между сопротивлениями в общей точке при слиянии потоков составляет менее 15%. Длины участков:  $l_1 = 4 \text{ м}$ ,  $l_2 = 5 \text{ м}$ ,  $l_3 = 5 \text{ м}$ ,  $l_4 = 4 \text{ м}$ ,  $l_5 = 29 \text{ м}$ ,  $l_6 = 9 \text{ м}$ ,  $l_7 = 4 \text{ м}$ ,  $l_8 = 17 \text{ м}$ ,  $l_9 = 7 \text{ м}$ ,  $l_{10} = 12 \text{ м}$ .

Вариант 11 – Рассчитать систему аспирации для удаления пыли от трех местных отсосов с расходами  $Q_1 = 500 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $Q_2 = 750 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $Q_3 = 1100 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Минимальная скорость воздуха  $v = 6 \text{ м/с}$ . Сопротивление фильтра (загрязненного) перед очисткой 210 Па. Все воздуховоды круглого сечения. Все отводы выполнены радиусом  $r = 2d$ , тройники выполняются под углом  $45^\circ$ . Коэффициент

местного сопротивления входа в приемные воронки равен 0,5. Участок считаем увязанным, если неувязка между сопротивлениями в общей точке при слиянии потоков составляет менее 15%. Длины участков:  $l_1 = 2 \text{ м}$ ,  $l_2 = 5 \text{ м}$ ,  $l_3 = 7 \text{ м}$ ,  $l_4 = 2 \text{ м}$ ,  $l_5 = 30 \text{ м}$ ,  $l_6 = 10 \text{ м}$ ,  $l_7 = 3 \text{ м}$ ,  $l_8 = 15 \text{ м}$ ,  $l_9 = 5 \text{ м}$ ,  $l_{10} = 10 \text{ м}$ .

Вариант 12– Рассчитать систему аспирации для удаления пыли от трех местных отсосов с расходами  $Q_1 = 480 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $Q_2 = 750 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $Q_3 = 1000 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Минимальная скорость воздуха  $v = 6 \text{ м/с}$ . Сопротивление фильтра (загрязненного) перед очисткой 230 Па. Все воздухопроводы круглого сечения. Все отводы выполнены радиусом  $r = 2d$ , тройники выполняются под углом  $45^\circ$ . Коэффициент местного сопротивления входа в приемные воронки равен 0,5. Участок считаем увязанным, если неувязка между сопротивлениями в общей точке при слиянии потоков составляет менее 15%. Длины участков:  $l_1 = 2 \text{ м}$ ,  $l_2 = 3 \text{ м}$ ,  $l_3 = 3 \text{ м}$ ,  $l_4 = 2 \text{ м}$ ,  $l_5 = 27 \text{ м}$ ,  $l_6 = 7 \text{ м}$ ,  $l_7 = 2 \text{ м}$ ,  $l_8 = 15 \text{ м}$ ,  $l_9 = 5 \text{ м}$ ,  $l_{10} = 10 \text{ м}$ .

Вариант 13– Рассчитать систему аспирации для удаления пыли от трех местных отсосов с расходами  $Q_1 = 490 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $Q_2 = 760 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $Q_3 = 1010 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Минимальная скорость воздуха  $v = 6 \text{ м/с}$ . Сопротивление фильтра (загрязненного) перед очисткой 230 Па. Все воздухопроводы круглого сечения. Все отводы выполнены радиусом  $r = 2d$ , тройники выполняются под углом  $45^\circ$ . Коэффициент местного сопротивления входа в приемные воронки равен 0,5. Участок считаем увязанным, если неувязка между сопротивлениями в общей точке при слиянии потоков составляет менее 15%. Длины участков:  $l_1 = 2 \text{ м}$ ,  $l_2 = 3 \text{ м}$ ,  $l_3 = 3 \text{ м}$ ,  $l_4 = 2 \text{ м}$ ,  $l_5 = 25 \text{ м}$ ,  $l_6 = 8 \text{ м}$ ,  $l_7 = 2 \text{ м}$ ,  $l_8 = 15 \text{ м}$ ,  $l_9 = 5 \text{ м}$ ,  $l_{10} = 10 \text{ м}$ .

Вариант 14– Рассчитать систему аспирации для удаления пыли от трех местных отсосов с расходами  $Q_1 = 410 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $Q_2 = 710 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $Q_3 = 910 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Минимальная скорость воздуха  $v = 6 \text{ м/с}$ . Сопротивление фильтра (загрязненного) перед очисткой 200 Па. Все воздухопроводы круглого сечения. Все отводы выполнены радиусом  $r = 2d$ , тройники выполняются под углом  $45^\circ$ . Коэффициент местного сопротивления входа в приемные воронки равен 0,5. Участок считаем увязанным, если неувязка между сопротивлениями в общей точке при слиянии потоков составляет менее 15%. Длины участков:  $l_1 = 2 \text{ м}$ ,  $l_2 = 3 \text{ м}$ ,  $l_3 = 3 \text{ м}$ ,  $l_4 = 2 \text{ м}$ ,  $l_5 = 27 \text{ м}$ ,  $l_6 = 7 \text{ м}$ ,  $l_7 = 2 \text{ м}$ ,  $l_8 = 15 \text{ м}$ ,  $l_9 = 5 \text{ м}$ ,  $l_{10} = 10 \text{ м}$ .

Вариант 15– Рассчитать систему аспирации для удаления пыли от трех местных отсосов с расходами  $Q_1 = 500 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $Q_2 = 750 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $Q_3 = 1050 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Минимальная скорость воздуха  $v = 6 \text{ м/с}$ . Сопротивление фильтра (загрязненного) перед очисткой 230 Па. Все воздухопроводы круглого сечения. Все отводы выполнены радиусом  $r = 2d$ , тройники выполняются под углом  $45^\circ$ . Коэффициент местного сопротивления входа в приемные воронки равен 0,5. Участок считаем увязанным, если неувязка между сопротивлениями в общей точке при слиянии потоков составляет менее 15%. Длины участков:  $l_1 = 3 \text{ м}$ ,  $l_2 = 4 \text{ м}$ ,  $l_3 = 4 \text{ м}$ ,  $l_4 = 3 \text{ м}$ ,  $l_5 = 28 \text{ м}$ ,  $l_6 = 8 \text{ м}$ ,  $l_7 = 3 \text{ м}$ ,  $l_8 = 16 \text{ м}$ ,  $l_9 = 6 \text{ м}$ ,  $l_{10} = 11 \text{ м}$ .

#### ***4 Содержание отчета***

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Расчетная схема аспирационной установки (рис. 6.2).
4. Расчет участков аспирационной установки.
5. Бланк расчета участков аспирационной установки (табл. 6.3)

#### ***5 Рекомендуемая литература***

1. Сорокин, Н. С. Аспирация машин и пневматический транспорт в текстильной промышленности : учеб. / Н. С. Сорокин, В. Н. Талиев. – Москва : «Лёгкая индустрия», 1978. – 216 с.

2. Буянов, А. А. Аспирационные и пылеуборочные установки обувных и кожгалантерейных предприятий : справочное пособие / А. А. Буянов, Г. А. Свищев, С. И. Уманский. – Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 184 с., ил.

3. Буренин, В. А. Основы промышленного строительства и санитарной техники / В. А. Буренин. – Москва : Высшая школа, 1984. – Ч 2. – 233 с.

4. Свищев, Г. А. Проектирование и эксплуатация санитарно-технических установок на предприятиях лёгкой промышленности : учеб. / Г. А. Свищев. – Москва : Легпромбытиздат, 1990. – 245 с.

5. СНБ 4.02.01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Введ. впервые. 2004 – 06 – 01. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2004. – 32 с.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

# РАСЧЁТ И ПОДБОР НАСОСА ПОВЫСИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

### *1 Цель работы*

*Изучить методы расчета и подбора насоса повысительной насосной установки системы водоснабжения жилого здания.*

### *2 Общие сведения*

Водопроводные насосные станции (ВНС) предназначены для обеспечения гидравлического режима установок водоочистных сооружений или сетей водоснабжения потребителей. В зависимости от источника вода может забираться из артезианских скважин, поверхностных источников. При этом ВНС принято разделять на станции первого, второго подъема и повысительные насосные станции. В состав станции каждого подъема входят одна или несколько групп основных насосов, различные вспомогательные насосы (пожарные, промывные, дренажные и др.). Особенностью работы ВНС является непрерывный в течение года режим их работы. При этом агрегаты, подающие воду на установки ВОС и в баки водонапорных башен, как правило, должны работать при незначительных изменениях подачи. Насосные станции последующих подъемов работают при переменных подачах, зависящих от расхода воды потребителями.

Если гарантийный напор  $H_g$  в наружном водопроводе ниже требуемого  $H_{тр}$  для здания, то в целях его обеспечения используют повысительные насосные установки. В системах внутреннего водопровода обычно применяют центробежные насосы, как наиболее надёжные в работе и простые в эксплуатации. Насосные установки монтируют с последовательным или параллельным соединением насосов.

Когда требуется увеличить расход подаваемой воды в сеть внутреннего водопровода, насосы соединяют параллельно.

Когда требуется увеличить напор в сети, насосы соединяют последовательно.

Для того, чтобы правильно подобрать требуемый насос, необходимо определить его производительность, напор и расчётную мощность электродвигателя. Подачу насосов определяют в зависимости от принятой системы внутреннего водопровода с учётом режима водопотребления и подачи воды.

В системе внутреннего водопровода без водонапорного бака подачу насосов принимают равной максимальному расчётному секундному расходу воды и определяют по формуле

$$q^{SP} = q_C = 5 \cdot q_0 \cdot \alpha, \quad (7.1)$$

где  $q^{SP}$  – подача насосов, л/с;

$q_C$  – максимальный секундный расход, л/с;

$q_0$  – расход воды санитарно-техническим прибором, л/с (приложение 11);

$\alpha$  – коэффициент неравномерности работы насоса.

В системе с водонапорным или гидропневматическим баком подача насосов, работающих в повторно-кратковременном режиме, принимают равной не менее максимального расчётного часового расхода воды, определяемого по формуле

$$q_{h2}^{SP} = q_{hr} = 0,005 \cdot q_{0,hr} \cdot \alpha_{hr}, \quad (7.2)$$

где  $q_{h2}^{SP}$  – подача насосов, м<sup>3</sup>/с;

$q_{hr}$  – максимальный расчётный часовой расход воды санитарно-техническим прибором, м<sup>3</sup>/с;

$\alpha_{hr}$  – коэффициент неравномерности работы насоса.

Напор, который должны создавать насосы, зависит от гарантийного напора в наружной сети и требуемого напора для обеспечения подачи расчётного количества воды к диктующему водоразборному устройству и определяется по формуле

$$H_H = H_{TP} - H_g = H_{geom} + \sum H_{tot,l} + H_f - H_g, \quad (7.3)$$

где  $H_H$  – недостающий напор в сети водопровода, м;

$H_{TP}$  – требуемый напор для обеспечения подачи расчётного количества воды к диктующему водоразборному устройству, м;

$H_g$  – гарантийный напор в наружной сети водопровода, м;

$H_{geom}$  – геометрический напор от оси насоса до отметки диктующего водоразборного устройства, м;

$\sum H_{tot,l}$  – сумма потерь напора в воде по рассчитанному направлению, м;

$H_f$  – рабочий напор у диктующего водоразборного устройства, м.

Ориентировочно недостающий напор можно определить как разность свободного напора у здания и гарантийного напора в сети наружного водопровода, и рассчитывается по формуле

$$H_H = H_{CB} - H_g, \quad (7.4)$$

где  $H_H$  – недостающий напор в сети водопровода, м;  
 $H_{CB}$  – свободный напор у здания, м;  
 $H_g$  – гарантийный напор в наружной сети водопровода, м.

Свободный напор у здания с определённым числом этажей определяется по формуле

$$H_{CB} = 10 + 4 \cdot (n - 1), \quad (7.5)$$

где  $n$  – число этажей в здании, м.

Требуемую мощность электродвигателя насоса определяют по формуле

$$N = \frac{q^{SP} \cdot H_H \cdot \beta}{102 \cdot \eta_H \cdot \eta_{эл}}, \quad (7.6)$$

где  $N$  – мощность электродвигателя насоса, кВт;

$q^{SP}$  – подача насосов, л/с;

$H_H$  – недостающий напор в сети водопровода, м;

$\eta_H$  – КПД насоса (0,7 – 0,75);

$\eta_{эл}$  – КПД электродвигателя (0,9 – 0,95);

$\beta$  – коэффициент запаса, учитывающий перегрузки для электродвигателя:

– если  $N < 0,8$  кВт, то  $\beta = 2$ ;

– если  $0,9 < N < 2$  кВт, то  $\beta = 1,5$ ;

– если  $2,1 < N < 10$  кВт, то  $\beta = 1,1 - 1,2$ ;

Подбор насоса осуществляется с помощью характеристик  $Q - H$  и  $Q - \eta$  по приложению 12. При этом рабочую точку с координатами  $H_H$  и  $q^{SP}$  определяют на пересечении характеристиками сети с кривой  $Q - H$ .

Построение характеристики сети  $h = S q^2$  начинают с высоты подъёма воды от оси насоса до отметки диктующего водоразборного устройства  $H_{geom}$  плюс рабочий напор  $H_f$ . Координаты рабочей точки насоса должны быть не менее расчётных значений  $q^{SP}$  и  $H_H$ .

При подборе насоса следует стремиться к тому, чтобы он обеспечивал подачу расходного количества воды потребителям при наибольшем значении КПД.

### **3 Порядок выполнения работы**

1. Изучить методику расчета и подбора насоса повысительной насосной установки.

2. Студенты получают задание с описанием здания, сети водопровода и в соответствии с методикой проводят расчет и подбор насоса повысительной насосной установки.

#### **Варианты задания**

Вариант 1 – В жилом 9-этажном здании напор на вводе недостаточен для подачи воды на верхние этажи здания. Геометрическая высота подъема воды  $H_{geom} = 26$  м. Сумма потерь напора по рассчитанному направлению  $\Sigma H_{tot,l} = 8,2$  м, рабочий напор у диктующего водоразборного устройства  $H_f = 2$  м. Гарантийный напор в наружной сети водопровода  $H_g = 15$  м. Число жителей 220 чел., число водоразборных устройств – 216. Приготовление горячей воды – централизованное. Необходимо подобрать насос для повысительной насосной установки. Система без водонапорного бака,  $\alpha = 51,7$ .

Вариант 2 – В жилом 10-этажном здании напор на вводе недостаточен для подачи воды на верхние этажи здания. Геометрическая высота подъема воды  $H_{geom} = 28$  м. Сумма потерь напора по рассчитанному направлению  $\Sigma H_{tot,l} = 8,8$  м, рабочий напор у диктующего водоразборного устройства  $H_f = 2$  м. Гарантийный напор в наружной сети водопровода  $H_g = 15$  м. Число жителей 270 чел., число водоразборных устройств – 266. Приготовление горячей воды – централизованное. Необходимо подобрать насос для повысительной насосной установки. Система без водонапорного бака,  $\alpha = 61,57$ .

Вариант 3 – В жилом 15-этажном здании напор на вводе недостаточен для подачи воды на верхние этажи здания. Геометрическая высота подъема воды  $H_{geom} = 42$  м. Сумма потерь напора по рассчитанному направлению  $\Sigma H_{tot,l} = 13,2$  м, рабочий напор у диктующего водоразборного устройства  $H_f = 2$  м. Гарантийный напор в наружной сети водопровода  $H_g = 15$  м. Число жителей 320 чел., число водоразборных устройств – 316. Приготовление горячей воды – централизованное. Необходимо подобрать насос для повысительной насосной установки. Система с водонапорным баком,  $\alpha_{nr} = 73,55$ .

Вариант 4 – В жилом 12-этажном здании напор на вводе недостаточен для подачи воды на верхние этажи здания. Геометрическая высота подъема воды  $H_{geom} = 34$  м. Сумма потерь напора по рассчитанному направлению  $\Sigma H_{tot,l} = 10,8$  м, рабочий напор у диктующего водоразборного устройства  $H_f = 2$  м. Гарантийный напор в наружной сети водопровода  $H_g = 15$  м. Число жителей 280 чел., число водоразборных устройств – 276. Приготовление горячей воды – централизованное. Необходимо подобрать насос для повысительной насосной установки. Система с водонапорным баком,  $\alpha_{nr} = 64,85$ .



Вариант 5 – В жилом 11-этажном здании напор на вводе недостаточен для подачи воды на верхние этажи здания. Геометрическая высота подъёма воды  $H_{geom} = 32$  м. Сумма потерь напора по рассчитанному направлению  $\Sigma H_{tot,l} = 10,2$  м, рабочий напор у диктующего водоразборного устройства  $H_f = 2$  м. Гарантийный напор в наружной сети водопровода  $H_g = 15$  м. Число жителей 250 чел., число водоразборных устройств – 246. Приготовление горячей воды – централизованное. Необходимо подобрать насос для повысительной насосной установки. Система с водонапорным баком,  $\alpha_{hr} = 58,29$ .

Вариант 6 – В жилом 8-этажном здании напор на вводе недостаточен для подачи воды на верхние этажи здания. Геометрическая высота подъёма воды  $H_{geom} = 24$  м. Сумма потерь напора по рассчитанному направлению  $\Sigma H_{tot,l} = 8,0$  м, рабочий напор у диктующего водоразборного устройства  $H_f = 2$  м. Гарантийный напор в наружной сети водопровода  $H_g = 15$  м. Число жителей 200 чел., число водоразборных устройств – 196. Приготовление горячей воды – централизованное. Необходимо подобрать насос для повысительной насосной установки. Система без водонапорного бака,  $\alpha = 47,54$ .

Вариант 7 – В жилом 9-этажном здании напор на вводе недостаточен для подачи воды на верхние этажи здания. Геометрическая высота подъёма воды  $H_{geom} = 26$  м. Сумма потерь напора по рассчитанному направлению  $\Sigma H_{tot,l} = 8,2$  м, рабочий напор у диктующего водоразборного устройства  $H_f = 2$  м. Гарантийный напор в наружной сети водопровода  $H_g = 15$  м. Число жителей 218 чел., число водоразборных устройств – 214. Приготовление горячей воды – централизованное. Необходимо подобрать насос для повысительной насосной установки. Система без водонапорного бака,  $\alpha = 51,7$ .

Вариант 8 – В жилом 14-этажном здании напор на вводе недостаточен для подачи воды на верхние этажи здания. Геометрическая высота подъёма воды  $H_{geom} = 40$  м. Сумма потерь напора по рассчитанному направлению  $\Sigma H_{tot,l} = 12,6$  м, рабочий напор у диктующего водоразборного устройства  $H_f = 2$  м. Гарантийный напор в наружной сети водопровода  $H_g = 15$  м. Число жителей 310 чел., число водоразборных устройств – 306. Приготовление горячей воды – централизованное. Необходимо подобрать насос для повысительной насосной установки. Система с водонапорным баком,  $\alpha_{hr} = 71,38$ .

Вариант 9 – В жилом 10-этажном здании напор на вводе недостаточен для подачи воды на верхние этажи здания. Геометрическая высота подъёма воды  $H_{geom} = 28$  м. Сумма потерь напора по рассчитанному направлению  $\Sigma H_{tot,l} = 8,4$  м, рабочий напор у диктующего водоразборного устройства  $H_f = 2$  м. Гарантийный напор в наружной сети водопровода  $H_g = 15$  м. Число жителей 228 чел., число водоразборных устройств – 224. Приготовление горячей воды – централизованное. Необходимо подобрать насос для повысительной насосной установки. Система без водонапорного бака,  $\alpha = 53,9$ .

Вариант 10 – В жилом 16-этажном здании напор на вводе недостаточен для подачи воды на верхние этажи здания. Геометрическая высота подъёма воды  $H_{geom} = 45$  м. Сумма потерь напора по рассчитанному направлению  $\Sigma H_{tot,l} =$

14,2 м, рабочий напор у диктующего водоразборного устройства  $H_f = 2$  м. Гарантийный напор в наружной сети водопровода  $H_g = 15$  м. Число жителей 320 чел., число водоразборных устройств – 316. Приготовление горячей воды – централизованное. Необходимо подобрать насос для повысительной насосной установки. Система с водонапорным баком,  $\alpha_{hr} = 73,55$ .

Вариант 11 – В жилом 9-этажном здании напор на вводе недостаточен для подачи воды на верхние этажи здания. Геометрическая высота подъёма воды  $H_{geom} = 26$  м. Сумма потерь напора по рассчитанному направлению  $\Sigma H_{tot,l} = 8,2$  м, рабочий напор у диктующего водоразборного устройства  $H_f = 2$  м. Гарантийный напор в наружной сети водопровода  $H_g = 15$  м. Число жителей 234 чел., число водоразборных устройств – 230. Приготовление горячей воды – централизованное. Необходимо подобрать насос для повысительной насосной установки. Система без водонапорного бака,  $\alpha = 55$ .

Вариант 12– В жилом 12-этажном здании напор на вводе недостаточен для подачи воды на верхние этажи здания. Геометрическая высота подъёма воды  $H_{geom} = 34$  м. Сумма потерь напора по рассчитанному направлению  $\Sigma H_{tot,l} = 10,2$  м, рабочий напор у диктующего водоразборного устройства  $H_f = 2$  м. Гарантийный напор в наружной сети водопровода  $H_g = 15$  м. Число жителей 274 чел., число водоразборных устройств – 270. Приготовление горячей воды – централизованное. Необходимо подобрать насос для повысительной насосной установки. Система с водонапорным баком,  $\alpha_{hr} = 52,86$ .

Вариант 13– В жилом 13-этажном здании напор на вводе недостаточен для подачи воды на верхние этажи здания. Геометрическая высота подъёма воды  $H_{geom} = 38$  м. Сумма потерь напора по рассчитанному направлению  $\Sigma H_{tot,l} = 12$  м, рабочий напор у диктующего водоразборного устройства  $H_f = 2$  м. Гарантийный напор в наружной сети водопровода  $H_g = 15$  м. Число жителей 296 чел., число водоразборных устройств – 292. Приготовление горячей воды – централизованное. Необходимо подобрать насос для повысительной насосной установки. Система с водонапорным баком,  $\alpha_{hr} = 68,12$ .

Вариант 14– В жилом 8-этажном здании напор на вводе недостаточен для подачи воды на верхние этажи здания. Геометрическая высота подъёма воды  $H_{geom} = 24$  м. Сумма потерь напора по рассчитанному направлению  $\Sigma H_{tot,l} = 7,6$  м, рабочий напор у диктующего водоразборного устройства  $H_f = 2$  м. Гарантийный напор в наружной сети водопровода  $H_g = 15$  м. Число жителей 198 чел., число водоразборных устройств – 194. Приготовление горячей воды – централизованное. Необходимо подобрать насос для повысительной насосной установки. Система без водонапорного бака,  $\alpha = 47,09$ .

Вариант 15– В жилом 7-этажном здании напор на вводе недостаточен для подачи воды на верхние этажи здания. Геометрическая высота подъёма воды  $H_{geom} = 20$  м. Сумма потерь напора по рассчитанному направлению  $\Sigma H_{tot,l} = 6,3$  м, рабочий напор у диктующего водоразборного устройства  $H_f = 2$  м. Гарантийный напор в наружной сети водопровода  $H_g = 15$  м. Число жителей 164 чел., число водоразборных устройств – 160. Приготовление горячей воды – центра-

лизованное. Необходимо подобрать насос для повысительной насосной установки. Система без водонапорного бака,  $\alpha = 39,46$ .

#### ***4 Содержание отчета***

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Расчет и подбор насоса для повысительной насосной установки.

#### ***5 Рекомендуемая литература***

1. ТКП 45-4.01-200-2010 Насосные станции систем водоснабжения. Правила проектирования. – Введ. впервые 2011-01-01. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2011. – 72 с.

2. Калицун, В. И. Гидравлика, водоснабжение и канализация / В. И. Калицун, В. С. Кедров, Ю. М. Ласков. – Москва : Стройиздат, 2000. – 397 с.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЁТНЫХ РАСХОДОВ СТОЧНЫХ ВОД

#### *1 Цель работы*

*Изучить методы определения расчётных расходов сточных вод.*

#### *2 Общие сведения*

Канализация представляет собой систему устройств и сооружений, предназначенных для приёма, отведения, очистки и сбора в водоёмы сточных (канализационных и ливневых) вод.

Канализация состоит из следующих основных элементов: внутренних канализационных устройств зданий, наружной внутриквартальной (дворовой) канализационной сети, наружной уличной канализационной сети, насосных станций и напорных трубопроводов, очистных сооружений и устройств для выпуска очищенных сточных вод в водоем.

Различие в характере и концентрации загрязнений отдельных видов сточных вод требует различных методов их очистки. В связи с этим возникает необходимость транспортирования отдельных видов сточных вод по самостоятельным трубопроводам. В зависимости от того, как отводятся отдельные виды сточных вод (совместно или раздельно), системы канализации разделяют на общесплавные, раздельные (полные или неполные) и полураздельные.

Общесплавной называется такая система канализации, при которой все виды сточных вод отводятся к очистным сооружениям или в водоем по единой канализационной сети. Так как в период сильных дождей расход сточных вод, следующих на очистные сооружения, очень велик, а концентрация загрязнений в них мала, часть смеси сточных вод сбрасывается в водоем без очистки через специальные устройства – ливнеспуски, располагаемые обычно на главном коллекторе вблизи водоема. Величина сбрасываемого расхода сточных вод определяется мощностью водоема, а также санитарными и экономическими соображениями.

Раздельной называется такая система канализации, у которой отдельные виды сточных вод, содержащих загрязнения различного характера, отводятся по самостоятельным канализационным сетям. При полной раздельной системе канализации устраивается не менее двух сетей. Сеть для отвода бытовых сточных вод называется бытовой, а для отвода атмосферных сточных вод – дождевой или водосточной. Единая сеть для отвода атмосферных и условно-чистых производственных сточных вод называется производственно-дождевой. Если характер загрязнений производственных сточных вод таков, что совместная очистка их с бытовыми сточными водами невозможна, они отводятся по само-

стоятельным сетям. В случае, если отдельные цехи промышленных предприятий дают сточные воды с загрязнениями, требующими разных методов очистки, для каждого из цехов устраивается своя канализационная сеть. Неполная раздельная система канализации обычно является промежуточной стадией строительства полной раздельной системы канализации. При неполной раздельной системе дождевая сеть не устраивается. Атмосферные сточные воды стекают в водоемы по лоткам, кюветам и канавам.

Канализационную сеть и сооружения на ней рассчитывают на максимально возможный расход сточных вод – наибольший секундный расход, который называется расчётным.

Расход бытовых сточных вод зависит от числа жителей, пользующихся канализацией, и нормы водоотведения бытовых вод. Расход производственных сточных вод зависит от количества выпускаемой продукции и нормы водоотведения производственных вод.

Нормой водоотведения называется суточный расход сточных вод на одного жителя или на единицу выпускаемой продукции. Норма водоотведения равна норме водопотребления (таблица 8.1).

Таблица 8.1 – Удельное среднесуточное водопотребление на хозяйственно-питьевые нужды населения

Степень благоустройства районов жилой застройки	Удельное хозяйственно-питьевое водопотребление в населенных пунктах на одного жителя среднесуточное (за год), л/сут
Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией:	
без ванн	125-160
с ванными и местными водонагревателями	160-230
с централизованным горячим водоснабжением	230-350

Сточные воды поступают в сеть неравномерно в отдельные дни и отдельные часы суток. Неравномерность их поступления может характеризоваться ступенчатым или интегральным графиком, аналогичным соответствующему графику водопотребления.

Расчётные общие максимальные и минимальные расходы сточных вод определяются как произведения среднесуточных (за год) расходов сточных вод на коэффициенты общей неравномерности (таблица 8.2).

Таблица 8.2 – Коэффициенты неравномерности водоотвещения

Средний расход сточных вод, л/с	Общий коэффициент неравномерности притока сточных вод	
	максимальный $K_{den.max}$	минимальный $K_{den.min}$
5	2,5	0,38
10	2,1	0,45
20	1,9	0,5
50	1,7	0,55
100	1,6	0,59
300	1,55	0,62
500	1,5	0,66
1000	1,47	0,69
5000 и более	1,44	0,71

Расчётные расходы сточных вод могут быть определены по следующим формулам:

– для бытовых сточных вод от города

$$Q_{CP.CVT} = \frac{P \cdot F \cdot n}{1000}, \quad (8.1)$$

$$q_{MAKC.C} = \frac{P \cdot F \cdot n}{24 \cdot 3600} \cdot K_{den.max}, \quad (8.2)$$

где  $Q_{CP.CVT}$  – расчётный расход сточных вод, м<sup>3</sup>/с;  
 $q_{MAKC.C}$  – расчётный расход сточных вод, л/с;  
 $P$  – число жителей, проживающих на 1 га площади кварталов (за вычетом площади улиц), чел;  
 $F$  – площадь жилых кварталов в населенном пункте, га;  
 $n$  – норма водоотведения бытовых сточных вод от города (таблица 8.1);  
 $K_{den.max}$  – максимальный коэффициент неравномерности притока сточных вод;

– для производственных сточных вод

$$Q_{CP.CVT} = M_{CVT} \cdot m, \quad (8.3)$$

$$q_{MAKC.C} = \frac{M_{CM} \cdot m \cdot 1000}{T \cdot 3600} \cdot K_q, \quad (8.4)$$

где  $Q_{CP.CVT}$  – расчётный расход сточных вод, м<sup>3</sup>/с;  
 $q_{МАКС.CVT}$  – расчётный расход сточных вод, л/с;  
 $M_{CVT}$  – количество выпускаемой продукции за сутки, шт;  
 $M_{CM}$  – количество выпускаемой продукции за смену, шт;  
 $T$  – продолжительность смены, ч;  
 $m$  – норма водоотведения производственных сточных вод (таблица 8.1);  
 $K_{ч}$  – коэффициент часовой неравномерности водоотведения.

Бытовые сточные воды на предприятиях учитываются отдельно. Расчётные часовые и секундные расходы этих вод определяют по схеме с максимальным числом рабочих и с учётом продолжительности смен по формулам

$$Q_{CVT} = \frac{25 \cdot N_1 + 45 \cdot N_2}{1000}, \quad (8.5)$$

$$Q_{\max}^{час} = \frac{25 \cdot N_3 \cdot K_{ч} + 45 \cdot N_4 \cdot K_{ч}}{T} \cdot 1000, \quad (8.6)$$

$$q_{\max}^{сек} = \frac{25 \cdot N_3 \cdot K_{ч} + 45 \cdot N_4 \cdot K_{ч}}{T} \cdot 3600, \quad (8.7)$$

где  $Q_{CVT}$  – расчётный суточный расход сточных вод, м<sup>3</sup>/с;  
 $N_1$  – число работающих в сутки при норме водоотведения 25 л на одного человека, чел;  
 $N_2$  – число работающих в сутки при норме водоотведения 45 л на одного человека, чел;  
 $Q_{\max}^{час}$  – расчётный часовой расход сточных вод, м<sup>3</sup>/с;  
 $N_3$  – число работающих в смену с максимальным числом работающих при норме водоотведения 25 л на одного человека, чел;  
 $N_4$  – число работающих в смену с максимальным числом работающих при норме водоотведения 45 л на одного человека, чел;  
 $K_{ч}$  – коэффициент часовой неравномерности водоотведения;  
 $T$  – продолжительность смены, ч;  
 $q_{\max}^{сек}$  – расчётный секундный расход сточных вод, л/с.

Расчётные расходы душевых сточных вод определяют с учётом характеристики производственных процессов по формулам

$$Q_{CVT} = \frac{40 \cdot N_5 + 60 \cdot N_6}{1000}, \quad (8.8)$$

$$q_{\max}^{\text{сек}} = \frac{40 \cdot N_7 + 60 \cdot N_8}{45 \cdot 60}, \quad (8.9)$$

где  $Q_{\text{СУТ}}$  – расчётный суточный расход душевых вод, м<sup>3</sup>/с;  
 $N_5$  – число работающих, пользующихся индивидуальным душем в душевых помещениях в сутки при норме водоотведения 40 л на одного человека, чел;  
 $N_6$  – число работающих, пользующихся индивидуальным душем в душевых помещениях в сутки при норме водоотведения 60 л на одного человека, чел.

При расчёте канализационных сетей удобно вычислять расходы, используя понятие модуль стока, который определяется по формуле

$$q_0 = \frac{P \cdot q_6}{86400}, \quad (8.10)$$

где  $q_0$  – модуль-сток канализационных сетей, л/с·га;  
 $P$  – плотность населения на 1 га, чел/га;  
 $q_6$  – расход воды на 1 человека в сутки, л/сут·чел.

Расчётный расход определяется по формуле

$$q_{\max}^{\text{сек}} = q_0 \cdot F \cdot K_{\text{ОБЩ}}, \quad (8.11)$$

где  $q_{\max}^{\text{сек}}$  – модуль-сток канализационных сетей, л/с;  
 $q_0$  – модуль-сток канализационных сетей, л/с·га;  
 $F$  – площадь кварталов в жилой зоне канализируемой территории, га;  
 $K_{\text{ОБЩ}}$  – общий коэффициент неравномерности бытовых сточных вод (таблица 8.3).

Таблица 8.3 – Общий коэффициент неравномерности бытовых сточных вод

модуль-сток канализационных сетей $q_0$ , л/с·га	5	15	30	50	100	200	300	500	800	>1250
$K_{\text{ОБЩ}}$	3	2,5	2	1,8	1,6	1,4	1,35	1,25	1,2	1,15

### 3 Порядок выполнения работы

1. Изучить системы водоотведения (канализации) на предприятиях легкой промышленности и города.



2. Изучить методику определения расчётных расходов сточных вод.
3. Студенты получают задание с описанием задания и в соответствии с методикой проводят расчет расходов сточных вод.

### ***Варианты задания***

Вариант 1 – Требуется определить максимальный секундный расход сточных вод, отводимых от города и промпредприятия. Исходные данные:

- для города:  $F = 150 \text{ га}$ ,  $P = 200 \text{ чел./га}$ ,  $q_6 = 250 \text{ л/сут}\cdot\text{чел.}$ ;
- для промпредприятия: продолжительность смены  $T = 8 \text{ ч}$ , число работающих в горячих цехах – 80 чел,  $K_ч = 2,5$ ; в холодных цехах – 400 чел,  $K_ч = 3$ ; в холодных цехах душем пользуются 3 % работающих, в горячих цехах 10 %, количество выпускаемой продукции в смену 500 кг, норма водоотведения 200 л/см $\cdot$ кг,  $K_ч = 1,2$ .

Вариант 2 – Требуется определить максимальный секундный расход сточных вод, отводимых от города и промпредприятия. Исходные данные:

- для города:  $F = 170 \text{ га}$ ,  $P = 250 \text{ чел./га}$ ,  $q_6 = 230 \text{ л/сут}\cdot\text{чел.}$ ;
- для промпредприятия: продолжительность смены  $T = 8 \text{ ч}$ , число работающих в горячих цехах – 90 чел,  $K_ч = 2,5$ ; в холодных цехах – 420 чел,  $K_ч = 3$ ; в холодных цехах душем пользуются 3 % работающих, в горячих цехах 10 %, количество выпускаемой продукции в смену 600 кг, норма водоотведения 210 л/см $\cdot$ кг,  $K_ч = 1,2$ .

Вариант 3 – Требуется определить максимальный секундный расход сточных вод, отводимых от города и промпредприятия. Исходные данные:

- для города:  $F = 180 \text{ га}$ ,  $P = 270 \text{ чел./га}$ ,  $q_6 = 270 \text{ л/сут}\cdot\text{чел.}$ ;
- для промпредприятия: продолжительность смены  $T = 8 \text{ ч}$ , число работающих в горячих цехах – 80 чел,  $K_ч = 2,5$ ; в холодных цехах – 400 чел,  $K_ч = 3$ ; в холодных цехах душем пользуются 3 % работающих, в горячих цехах 10 %, количество выпускаемой продукции в смену 700 кг, норма водоотведения 230 л/см $\cdot$ кг,  $K_ч = 1,2$ .

Вариант 4 – Требуется определить максимальный секундный расход сточных вод, отводимых от города и промпредприятия. Исходные данные:

- для города:  $F = 200 \text{ га}$ ,  $P = 300 \text{ чел./га}$ ,  $q_6 = 260 \text{ л/сут}\cdot\text{чел.}$ ;
- для промпредприятия: продолжительность смены  $T = 8 \text{ ч}$ , число работающих в горячих цехах – 100 чел,  $K_ч = 2,5$ ; в холодных цехах – 450 чел,  $K_ч = 3$ ; в холодных цехах душем пользуются 3 % работающих, в горячих цехах 10 %, количество выпускаемой продукции в смену 900 кг, норма водоотведения 250 л/см $\cdot$ кг,  $K_ч = 1,2$ .

Вариант 5 – Требуется определить максимальный секундный расход сточных вод, отводимых от города и промпредприятия. Исходные данные:

- для города:  $F = 190 \text{ га}$ ,  $P = 200 \text{ чел./га}$ ,  $q_6 = 250 \text{ л/сут}\cdot\text{чел.}$ ;

– для промпредприятия: продолжительность смены  $T = 8$  ч, число работающих в горячих цехах – 70 чел,  $K_{ч} = 2,5$ ; в холодных цехах – 400 чел,  $K_{ч} = 3$ ; в холодных цехах душем пользуются 3 % работающих, в горячих цехах 10 %, количество выпускаемой продукции в смену 650 кг, норма водоотведения 200 л/см·кг,  $K_{ч} = 1,2$ .

Вариант 6 – Требуется определить максимальный секундный расход сточных вод, отводимых от города и промпредприятия. Исходные данные:

– для города:  $F = 140$  га,  $P = 190$  чел./га,  $q_6 = 220$  л/сут·чел.;

– для промпредприятия: продолжительность смены  $T = 8$  ч, число работающих в горячих цехах – 70 чел,  $K_{ч} = 2,5$ ; в холодных цехах – 400 чел,  $K_{ч} = 3$ ; в холодных цехах душем пользуются 3 % работающих, в горячих цехах 10 %, количество выпускаемой продукции в смену 550 кг, норма водоотведения 200 л/см·кг,  $K_{ч} = 1,2$ .

Вариант 7 – Требуется определить максимальный секундный расход сточных вод, отводимых от города и промпредприятия. Исходные данные:

– для города:  $F = 250$  га,  $P = 400$  чел./га,  $q_6 = 250$  л/сут·чел.;

– для промпредприятия: продолжительность смены  $T = 8$  ч, число работающих в горячих цехах – 120 чел,  $K_{ч} = 2,5$ ; в холодных цехах – 500 чел,  $K_{ч} = 3$ ; в холодных цехах душем пользуются 3 % работающих, в горячих цехах 10 %, количество выпускаемой продукции в смену 1000 кг, норма водоотведения 270 л/см·кг,  $K_{ч} = 1,2$ .

Вариант 8 – Требуется определить максимальный секундный расход сточных вод, отводимых от города и промпредприятия. Исходные данные:

– для города:  $F = 150$  га,  $P = 280$  чел./га,  $q_6 = 235$  л/сут·чел.;

– для промпредприятия: продолжительность смены  $T = 8$  ч, число работающих в горячих цехах – 88 чел,  $K_{ч} = 2,5$ ; в холодных цехах – 446 чел,  $K_{ч} = 3$ ; в холодных цехах душем пользуются 3 % работающих, в горячих цехах 10 %, количество выпускаемой продукции в смену 580 кг, норма водоотведения 210 л/см·кг,  $K_{ч} = 1,2$ .

Вариант 9 – Требуется определить максимальный секундный расход сточных вод, отводимых от города и промпредприятия. Исходные данные:

– для города:  $F = 140$  га,  $P = 180$  чел./га,  $q_6 = 250$  л/сут·чел.;

– для промпредприятия: продолжительность смены  $T = 8$  ч, число работающих в горячих цехах – 80 чел,  $K_{ч} = 2,5$ ; в холодных цехах – 400 чел,  $K_{ч} = 3$ ; в холодных цехах душем пользуются 3 % работающих, в горячих цехах 10 %, количество выпускаемой продукции в смену 450 кг, норма водоотведения 200 л/см·кг,  $K_{ч} = 1,2$ .

Вариант 10 – Требуется определить максимальный секундный расход сточных вод, отводимых от города и промпредприятия. Исходные данные:

– для города:  $F = 180$  га,  $P = 320$  чел./га,  $q_6 = 235$  л/сут·чел.;

– для промпредприятия: продолжительность смены  $T = 8$  ч, число работающих в горячих цехах – 100 чел,  $K_{ч} = 2,5$ ; в холодных цехах – 500 чел,  $K_{ч} = 3$ ; в холодных цехах душем пользуются 3 % работающих, в горячих цехах 10 %, количество выпускаемой продукции в смену 450 кг, норма водоотведения 200 л/см·кг,  $K_{ч} = 1,2$ .

количество выпускаемой продукции в смену 880 кг, норма водоотведения 250 л/см·кг,  $K_{ч} = 1,2$ .

Вариант 11 – Требуется определить максимальный секундный расход сточных вод, отводимых от города и промпредприятия. Исходные данные:

– для города:  $F = 160$  га,  $P = 200$  чел./га,  $q_6 = 250$  л/сут·чел.;

– для промпредприятия: продолжительность смены  $T = 8$  ч, число работающих в горячих цехах – 86 чел,  $K_{ч} = 2,5$ ; в холодных цехах – 440 чел,  $K_{ч} = 3$ ; в холодных цехах душем пользуются 3 % работающих, в горячих цехах 10 %, количество выпускаемой продукции в смену 620 кг, норма водоотведения 200 л/см·кг,  $K_{ч} = 1,2$ .

Вариант 12 – Требуется определить максимальный секундный расход сточных вод, отводимых от города и промпредприятия. Исходные данные:

– для города:  $F = 240$  га,  $P = 400$  чел./га,  $q_6 = 250$  л/сут·чел.;

– для промпредприятия: продолжительность смены  $T = 8$  ч, число работающих в горячих цехах – 150 чел,  $K_{ч} = 2,5$ ; в холодных цехах – 600 чел,  $K_{ч} = 3$ ; в холодных цехах душем пользуются 3 % работающих, в горячих цехах 10 %, количество выпускаемой продукции в смену 1200 кг, норма водоотведения 200 л/см·кг,  $K_{ч} = 1,2$ .

Вариант 13 – Требуется определить максимальный секундный расход сточных вод, отводимых от города и промпредприятия. Исходные данные:

– для города:  $F = 150$  га,  $P = 200$  чел./га,  $q_6 = 250$  л/сут·чел.;

– для промпредприятия: продолжительность смены  $T = 8$  ч, число работающих в горячих цехах – 70 чел,  $K_{ч} = 2,5$ ; в холодных цехах – 480 чел,  $K_{ч} = 3$ ; в холодных цехах душем пользуются 3 % работающих, в горячих цехах 10 %, количество выпускаемой продукции в смену 660 кг, норма водоотведения 200 л/см·кг,  $K_{ч} = 1,2$ .

Вариант 14 – Требуется определить максимальный секундный расход сточных вод, отводимых от города и промпредприятия. Исходные данные:

– для города:  $F = 220$  га,  $P = 340$  чел./га,  $q_6 = 250$  л/сут·чел.;

– для промпредприятия: продолжительность смены  $T = 8$  ч, число работающих в горячих цехах – 100 чел,  $K_{ч} = 2,5$ ; в холодных цехах – 400 чел,  $K_{ч} = 3$ ; в холодных цехах душем пользуются 3 % работающих, в горячих цехах 10 %, количество выпускаемой продукции в смену 780 кг, норма водоотведения 200 л/см·кг,  $K_{ч} = 1,2$ .

Вариант 15 – Требуется определить максимальный секундный расход сточных вод, отводимых от города и промпредприятия. Исходные данные:

– для города:  $F = 120$  га,  $P = 200$  чел./га,  $q_6 = 250$  л/сут·чел.;

– для промпредприятия: продолжительность смены  $T = 8$  ч, число работающих в горячих цехах – 80 чел,  $K_{ч} = 2,5$ ; в холодных цехах – 400 чел,  $K_{ч} = 3$ ; в холодных цехах душем пользуются 3 % работающих, в горячих цехах 10 %, количество выпускаемой продукции в смену 400 кг, норма водоотведения 200 л/см·кг,  $K_{ч} = 1,2$ .

#### ***4 Содержание отчета***

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Расчет и подбор насоса для повысительной насосной установки.

#### ***5 Рекомендуемая литература***

1. ТКП 45-4.01-56-2012. Системы наружной канализации. Сети и сооружения на них. Строительные нормы проектирования. – Введ. впервые 2012–01–12. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2012. – 75 с.
2. ТКП 45-4.01-53-2012. Системы канализации населенных пунктов. Основные положения и общие требования. Строительные нормы проектирования. – Введ. впервые 2012–01–12. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2012. – 48 с.
3. Калицун, В. И. Гидравлика, водоснабжение и канализация / В. И. Калицун, В. С. Кедров, Ю. М. Ласков. – Москва : Стройиздат, 2000. – 397 с.
4. Буренин, В. А. Основы промышленного строительства и санитарной техники / В. А. Буренин. – Москва : Высшая школа, 1984. – Ч 2. – 233 с.
5. Свищев, Г. А. Проектирование и эксплуатация санитарно-технических установок на предприятиях лёгкой промышленности : учеб. / Г. А. Свищев – Москва : Легпромбытиздат, 1990. – 245 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

**Приложение 1**

Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПин 9-80 РБ 98)

ПЕРИОД ГОДА	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт (категория работ по тяжести)	Температура воздуха, °С			Относительная влажность воздуха, %		Скорость движения воздуха, м/с			Температура поверхностей, °С	
		оптимальная	допустимая		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая		оптимальная	допустимая
			диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин				для диапазона температуры воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температуры воздуха выше оптимальных величин, не более		
<b>ХОЛОДНЫЙ</b>	Легкая Ia (до 139)	22-24	20,0-21,9	24,1-25,0	60-40	15-75	0,1	0,1	0,1	21-25	19,0-26,0
	Iб (140-174)	21-23	19,0-20,9	23,1-24,0	60-40	15-75	0,1	0,1	0,2	20-24	18,0-25,0
	Средней тяжести IIa (175-232)	19-21	17,0-18,9	21,1-23,0	60-40	15-75	0,2	0,1	0,4	18-22	16,0-24,0
	IIб (233-290)	17-19	15,0-16,9	19,1-22,0	60-40	15-75	0,2	0,2	0,3	16-20	14,0-23,0
	Тяжелая III (более 290)	16-18	13,0-15,9	18,1-21,0	60-40	15-75	0,3	0,2	0,4	15-19	12,0-22,0
<b>ТЕПЛЫЙ</b>	Легкая Ia (до 139)	23-25	21,0-22,9	25,1-28,0	60-40	15-75	0,1	0,1	0,2	22-26	20,0-29,0
	Iб (140-174)	22-24	20,0-21,9	24,1-28,0	60-40	15-75	0,1	0,1	0,3	21-25	19,0-29,0
	Средней тяжести IIa (175-232)	20-22	18,0-19,9	22,1-27,0	60-40	15-75	0,2	0,1	0,4	19-23	17,0-28,0
	IIб (233-290)	19-21	16,0-18,9	21,1-27,0	60-40	15-75	0,2	0,2	0,5	18-22	15,0-28,0
	Тяжелая III (более 290)	18-20	15,0-17,9	20,1-26,0	60-40	15-75	0,3	0,2	0,5	17-21	14,0-27,0

*Приложение 2*

Метеорологические условия в рабочей зоне основных цехов и отделов хлопчатобумажных фабрик (по ВСН-1)

Наименование цехов и отделов	Холодный и переходный период года			Теплый период года		
	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Трепальный	16-20	50-40	0.25	25-28	50-40	0.6-1.0
Чесальный и вязально-прошивной нетканых материалов	22-25	55-45	0.25-0.6	26-28	55-45	0.7-1.0
Гребнечесальный	22-24	65-60	0.25-0.4	23-26	65-60	0.3-0.7
Ленточно-ровничный	22-24	60-55	0.25-0.4	23-25	60-55	0.3-0.6
Прядильный	24-27	60-50	0.4-1.0	27-28	55-50	0.9-1.0
Крутильно-мотальный	24-27	65-60	0.4-1.0	27-28	60-55	0.9-1.0
Ткацкие:						
Кареточные станки	20-24	70-65	0.25-0.4	24-26	70-65	0.4-0.7
Жаккардовые станки	22-23	65-60	0.25-0.3	24-27	65-60	0.4-1.0
Склад пряжи	18-21	75-70	0.2-0.25	22-25	75-70	0.25-0.6
Шлихтовальный	Согласно СанПин 9-80 РБ 98					
Помещения отделочного производства	Согласно СанПин 9-80 РБ 98					

Приложение 3

Метеорологические условия в рабочей зоне цехов и отделов предприятий по переработке льна (по ВСН-1)

Наименование цехов и отделов	Холодный и переходный период года			Теплый период года		
	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Льночесальный Помещения льночесальных машин	18-20	60-55	0.2-0.25	24-27	60-55	0.4-1.0
Чесальный Помещения чесальных машин	20-23	60-55	0.2-0.3	24-27	60-55	0.4-1.0
Приготовительный Ленточные, раскладочные, ровничные машины	20-23	65-60	0.2-0.3	24-27	65-60	0.4-1.0
Прядильный Помещения сухого прядения	22-26	65-60	0.25-0.7	25-28	65-60	0.6-1.0
Помещения мокрого прядения	Согласно СанПин 9-80 РБ 98					
Крутильные машины	22-25	60-55	0.25-0.6	25-28	60-55	0.6-1.0
Мотальные машины в отдельном помещении при мокрой пряже	Согласно СанПин 9-80 РБ 98					
при сухой пряже	20-23	70-65	0.2-0.3	22-26	70-65	0.25-0.7
Приготовительно-ткацкий, початочные, развивальные, сновальные машины	20-23	70-65	0.2-0.3	23-25	70-65	0.3-0.6
Шлихтовальные машины	Согласно СанПин 9-80 РБ 98					
Ткацкий при гладких тканях	22-24	75-70	0.25-0.4	22-25	75-70	0.25-0.6
при жаккардовых тканях	22-24	65-60	0.25-0.4	22-26	65-60	0.25-0.7



Приложение 4

Метеорологические условия в рабочей зоне цехов и отделов предприятий по переработке натуральной шерсти (по ВСН-2)

Наименование цехов и отделов	Холодный и переходный период года			Теплый период года		
	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
1	2	3	4	5	6	7
<b>Суконные фабрики</b>						
приготовительный	18-20	Согласно СанПин 9-80 РБ 98				
аппаратный	20-25	55-50	0.25-0.6	24-28	55-50	0.4-1.0
прядильный и крутильный						
а) для пряжи 166-77 текс	22-25	60-55	0.2-0.6	25-28	65-60	0.5-1.0
б) для 78 текс и ниже	22-25	65-60	0.2-0.6	24-27	65-60	0.4-1.0
пригот.- ткацкий	20-23	65-60	0.2-0.3	24-27	65-60	0.4-1.0
ткацкий	20-23	65-60	0.2-0.3	24-27	65-60	0.4-1.0
<b>Камвольные фабрики</b>						
приготовительный	18-20	Согласно СанПин 9-80 РБ 98				
прядение тонкой шерсти:						
а) для пряжи 62.5-31.25 текс	22-24	75-70	0.25-0.4	23-25	75-70	0.3-0.6
б) 32 текс и ниже	22-23	80-75	0.25-0.3	23-24	80-75	0.3-0.4
прядение грубой шерсти:						
а) для пряжи 62.5-31.25 текс	22-24	70-65	0.25-0.4	24-26	70-65	0.4-0.7
б) 32 текс и ниже	22-24	75-70	0.25-0.4	23-25	75-70	0.3-0.6
Ткацкий:						
кареточные станки	20-23	70-65	0.25-0.3	24-26	70-65	0.4-0.7
жаккардовые станки	22-24	65-60	0.25-0.4	23-26	65-60	0.3-0.7

## Приложение 5

Метеорологические условия в рабочей зоне производственных помещений чулочно-трикотажных фабрик (по ГПИ-3)

Наименование цехов и отделов	Холодный и переходный период года $t_n \leq 10^\circ \text{C}$			Теплый период года $t_n > 10^\circ \text{C}$		
	Температура, $^\circ \text{C}$	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	Температура, $^\circ \text{C}$	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Склад пряжи	22-23	65	0.25-0.3	22-24	65	0.25-0.4
участок хранения и подготовки сырья к вязанию	22-23	65	0.25-0.3	22-24	65	0.25-0.4
участок перемотки	22-23	65	0.25-0.3	22-24	65	0.25-0.4
участок резино-крутки	22-23	65	0.25-0.3	22-24	65	0.25-0.4
вязальный цех	22-23	65	0.25-0.3	22-24	65	0.25-0.4
швейно-кettleльный участок	22-23	65	0.25-0.3	22-24	65	0.25-0.4
экспериментальный участок	22-23	65	0.25-0.3	22-24	65	0.25-0.4
технологическая лаборатория	22-23	65	0.25-0.3	22-24	65	0.25-0.4
помещение отливки парафиновых колец	Согласно СанПин 9-80 РБ 98					
помещение предфиксации	Согласно СанПин 9-80 РБ 98					

Приложение 6

Расчетные параметры наружного воздуха

Наименование пункта	Расчетная географическая широта, °с.ш.	Барометрическое давление, гПа	Период года	Параметры А		Параметры Б		Скорость ветра, м/с	Средняя суточная амплитуда температуры воздуха, °С
				Температура воздуха, °С	Удельная энтальпия, кДж/кг	Температура воздуха, °С	Удельная энтальпия, кДж/кг		
<b>Витебская область</b>									
Верхне-двинск	56	1000	Теплый	21,0	47,0	25,6	50,8	2,9	10,8
			Холодный	-11,0	-8,0	-25,0	-24,3	3,8	—
Полоцк	56	1000	Теплый	21,1	47,0	25,7	50,8	2,9	10,9
			Холодный	-11,5	-8,7	-25,0	-24,0	4,1	—
Шарковщина	56	1000	Теплый	21,0	47,0	25,6	50,8	3,3	10,6
			Холодный	-11,5	-8,0	-24,0	-23,4	4,7	—
Витебск	56	990	Теплый	21,1	47,8	25,7	51,4	3,1	10,3
			Холодный	-12,0	-9,4	-25,0	-24,4	4,8	—
Лепель	54	990	Теплый	21,0	47,2	25,6	50,8	2,3	9,9
			Холодный	-11,5	-8,7	-24,0	-23,5	2,9	—
<b>Минская область</b>									
Вилейка	54	990	Теплый	21,4	47,0	26,0	50,6	2,6	11,0
			Холодный	-10,0	-6,7	-24,0	-22,9	3,9	—
Борисов	54	990	Теплый	21,6	47,5	26,2	51,1	2,6	10,8
			Холодный	-11,0	-8,0	-24,0	-23,2	3,8	—
Воложин	54	990	Теплый	20,8	47,0	25,4	50,6	2,8	9,8
			Холодный	-9,5	-6,0	-23,0	-21,9	4,2	—
Минск	54	990	Теплый	21,2	47,2	25,8	50,6	2,6	10,3
			Холодный	-10,0	-6,8	-24,0	-22,7	3,7	—
Марьина Горка	54	990	Теплый	21,8	48,3	26,4	51,7	3,3	11,4
			Холодный	-11,0	-7,3	-24,0	-22,7	4,3	—
Слуцк	54	1000	Теплый	21,8	48,4	26,4	51,8	3,3	11,3
			Холодный	-9,5	-6,1	-23,0	-21,6	4,8	—
<b>Гродненская область</b>									
Лида	54	1000	Теплый	21,5	47,0	26,1	50,6	3,0	10,9
			Холодный	-9,0	-5,4	-22,0	-20,8	4,0	—
Гродно	54	1000	Теплый	21,7	47,6	26,3	51,4	1,0	10,6
			Холодный	-8,5	-4,7	-22,0	-20,5	5,6	—

## Окончание приложения 6

Ново-грудок	54	980	Теплый	20,3	47,0	24,9	50,6	3,1	9,1
			Холодный	-10,0	-6,0	-21,0	-20,3	5,6	—
Волков-выск	54	990	Теплый	22,0	47,6	26,6	51,5	3,3	11,0
			Холодный	-8,5	-4,8	-21,0	-20,4	4,5	—
<b>Могилевская область</b>									
Горки	54	990	Теплый	21,1	48,4	25,7	52,4	3,1	10,6
			Холодный	-12,5	-9,9	-26,0	-25,2	5,3	—
Могилев	54	990	Теплый	21,6	47,8	26,2	51,6	3,7	10,8
			Холодный	-11,5	-8,7	-24,0	-23,2	4,7	—
Славгород	54	1000	Теплый	22,0	49,0	26,6	52,5	3,4	10,6
			Холодный	-11,5	-8,7	-24,0	-23,6	4,4	—
Бобруйск	54	1000	Теплый	22,3	48,8	26,9	52,2	3,2	11,2
			Холодный	-10,5	-7,4	-23,0	-22,2	3,9	—
<b>Брестская область</b>									
Барановичи	54	990	Теплый	21,9	47,3	26,5	51,2	3,3	10,9
			Холодный	-9,0	-5,4	-22,0	-21,0	4,8	—
Ганцевичи	52	1000	Теплый	22,2	48,5	26,8	52,0	3,4	12,0
			Холодный	-9,0	-5,5	-22,0	-20,8	3,5	—
Пружаны	52	1000	Теплый	22,2	48,5	26,8	52,4	2,5	11,3
			Холодный	-8,0	-4,1	-22,0	-20,5	3,2	—
Брест	52	1000	Теплый	22,6	49,6	27,2	53,0	2,9	10,8
			Холодный	-7,0	-2,8	-21,0	-19,6	3,7	—
Пинск	52	1000	Теплый	22,4	50,0	27,0	53,6	3,6	11,1
			Холодный	-8,5	-4,8	-21,0	-19,9	5,1	—
<b>Гомельская область</b>									
Жлобин	52	1000	Теплый	22,4	49,4	27,0	53,0	2,8	10,9
			Холодный	-10,5	-7,5	-24,0	-22,9	3,6	—
Гомель	52	1000	Теплый	22,3	50,3	26,9	54,0	3,4	10,5
			Холодный	-10,5	-7,5	-24,0	-23,3	4,0	—
Василевичи	52	1000	Теплый	22,8	49,8	27,4	53,7	1,0	11,8
			Холодный	-10,0	-6,9	-23,0	-22,2	3,7	—
Житковичи	52	1000	Теплый	22,5	49,8	27,1	53,4	2,6	11,6
			Холодный	-9,0	-5,6	-22,0	-21,1	3,3	—
Лельчицы	52	1000	Теплый	22,8	50,0	27,4	53,7	1,5	11,8
			Холодный	-9,0	-5,6	-22,0	-20,7	3,6	—
Брагин	52	1000	Теплый	22,5	49,8	27,1	53,6	1,0	11,6
			Холодный	-10,0	-6,8	-22,0	-21,4	4,9	—

Коэффициенты использования электродвигателей

№ п/п	Промышленность, производство, отдел	Коэффициент использования, $K_{исп}$
<b><u>1</u></b>	<b><u>Хлопчатобумажная промышленность</u></b>	
1.1	Чесальные машины	0,88
1.2	Прядильные отделы	0,88
1.3	Мотально-тростильные отделы	0,82
1.4	Крутильные машины	0,88
1.5	Прядильные машины безверетенного прядения	0,69
1.6	То же, но с сороудалением	0,73
1.7	Мотальные и уточно-перемоточные машины	0,82
1.8	Ткацкие отделы	0,82
<b><u>2</u></b>	<b><u>Шерстяная промышленность</u></b>	
2.1	Прядильные отделы суконные	0,8
2.2	Прядильные камвольные, тростильно-крутильные	0,82
2.3	Ткацкие	0,84
<b><u>3</u></b>	<b><u>Шелковая промышленность</u></b>	
3.1	Крутильные, прядильные машины	0,79
3.2	Ткацкие станки	0,84
<b><u>4</u></b>	<b><u>Трикотажная промышленность</u></b>	
4.1	Основовязальные машины	0,67
4.2	Круглотрикотажные и кругловязальные автоматы, плоскофанговые полуавтоматы	0,75
<b><u>5</u></b>	<b><u>Швейная промышленность</u></b>	
5.1	Швейные машины	0,68
<b><u>6</u></b>	<b><u>Обувная промышленность</u></b>	
6.1	Оборудование обувных фабрик	0,68

## Приложение 8

Значение коэффициента  $K_{OCB}$  в зависимости от ширины цеха и высоты этажа

Ширина здания (цеха), м	Коэффициент $K_{OCB}$ при высоте этажа, м	
	4,8	5,2 или 6
12	0,2	0,1
18	0,47	0,47
24	0,6	0,5
30	0,68	0,6
36	0,74	0,68
42 и более	0,77	0,72

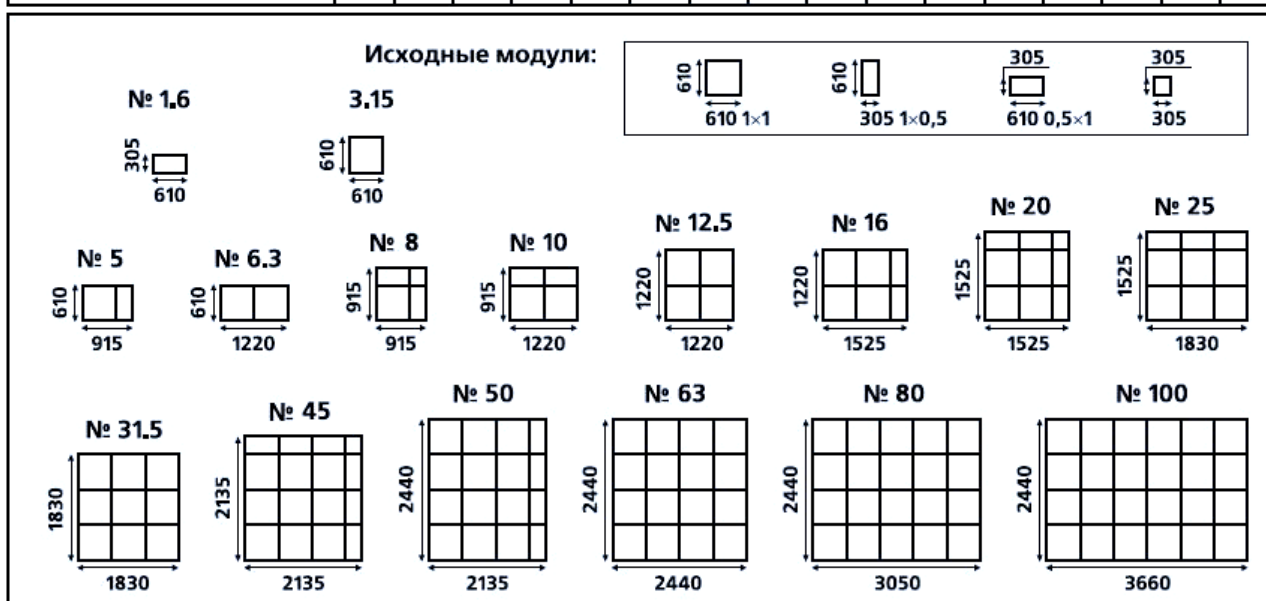
Удельные величины тепlopоступлений от солнечной радиации через вертикальные световые проемы и покрытия

Характеристика	Страны света и широты в град.															
	ЮГ				юго-восток и юго-запад				восток и запад				северо-восток и северо-запад			
	35	45	55	65	35	45	55	65	35	45	55	65	35	45	55	65
Тройное остекление в деревянных раздельно-спаренных переплетах	116	130	130	150	92	116	130	150	130	130	150	150	70	70	70	66
Покрытие	23	21	17	14	23	21	17	14	23	21	17	14	23	21	17	14

Основные типоразмеры кондиционеров серии КЦКП

Индекс кондиционера	КЦКП-1,6	КЦКП-3.15	КЦКП-5	КЦКП-6.3	КЦКП-8	КЦКП-10	КЦКП-12.5	КЦКП-16	КЦКП-20	КЦКП-25	КЦКП-31.5	КЦКП-40	КЦКП-50	КЦКП-63	КЦКП-80	КЦКП-100
Номинальная воздухопроизводительность, м <sup>3</sup> /ч	1600	3150	5000	6300	8000	10000	12500	16000	20000	25000	31500	40000	50000	63000	80000	100000

Типоразмерный ряд	№ 1,6	№ 3.15	№ 5	№ 6.3	№ 8	№ 10	№ 12.5	№ 16	№ 20	№ 25	№ 31.5	№ 45	№ 50	№ 63	№ 80	№ 100
Номинальная воздухопроизводительность, м <sup>3</sup> /ч	1600	3150	5000	6300	8000	10000	12500	16000	20000	25000	31500	45000	50000	63000	80000	100000



ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЧУГУННЫХ РАДИАТОРОВ И РЕБРИСТЫХ ТРУБ

Тип радиатора	Поверхность нагрева одной секции	
	F, м <sup>2</sup>	F <sub>экм</sub> , экм
<b>Радиаторы чугунные</b>		
М-140-АО	0,299	0,35
М-140	0,254	0,31
М-140-АО-300	0,17	0,217
М-90	0,2	0,26
РД-90с	0,203	0,275
<b>Ребристые трубы чугунные. Трубы с круглыми рёбрами длиной, м</b>		
0,5	1	0,69
0,75	1,5	1,03
1	2	1,38
1,5	3	2,07
2	4	2,76

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТАЛЬНЫХ ШТАМПОВАННЫХ РАДИАТОРОВ

Тип радиатора	Единица измерения	Поверхность нагрева		Длина А, мм
		F, м <sup>2</sup>	F <sub>экм</sub> , экм	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<b>Колончатые одиночные</b>				
МЗ-500-1	1 панель	0,64	0,83	518
МЗ-500-2	1 панель	0,96	1,25	766
МЗ-500-3	1 панель	1,2	1,56	952
МЗ-500-4	1 панель	1,6	2,08	1262
МЗ-350-1	1 панель	0,425	0,6	518
МЗ-350-2	1 панель	0,637	0,89	766
МЗ-350-3	1 панель	0,828	1,16	1014
МЗ-350-4	1 панель	1,062	1,49	1262
<b>Колончатые спаренные</b>				
2МЗ-500-1	1 комплект	1,28	1,41	518
2МЗ-500-2	1 комплект	1,92	2,12	766
2МЗ-500-3	1 комплект	2,4	2,65	952
2МЗ-500-4	1 комплект	3,2	3,53	1262
2МЗ-350-1	1 комплект	0,85	1,01	518
2МЗ-350-2	1 комплект	1,275	1,52	766
2МЗ-350-3	1 комплект	1,656	1,97	1014
2МЗ-350-4	1 комплект	2,125	2,52	1262
<b>Змеевиковые одиночные</b>				
ЗС-11-3	1 панель	0,74	0,97	545
ЗС-11-4	1 панель	0,93	1,24	694
ЗС-11-5	1 панель	1,13	1,51	844
ЗС-11-6	1 панель	1,35	1,81	1018
ЗС-11-7	1 панель	1,6	2,13	1190
<b>Змеевиковые спаренные</b>				
ЗС-21-3	1 комплект	1,46	1,65	545



Продолжение приложения 10

1	2	3	4	5
ЗС-21-4	1 комплект	1,86	2,1	694
ЗС-21-5	1 комплект	2,26	2,57	844
ЗС-21-6	1 комплект	2,7	3,08	1018
ЗС-21-7	1 комплект	3,2	3,62	1190
<b>Листотрубные одиночные</b>				
КЛТ-1	1 панель	0,81	0,77	600
КЛТ-2	1 панель	1,08	1,03	800
КЛТ-3	1 панель	1,35	1,29	1000
КЛТ-4	1 панель	1,62	1,55	1200
КЛТ-5	1 панель	1,89	1,8	1400
КЛТ-6	1 панель	2,16	2,06	1600
КЛТ-7	1 панель	2,7	2,58	2000
<b>Листотрубные спаренные</b>				
2КЛТ-1	1 комплект	0,81	0,77	600
2КЛТ-2	1 комплект	1,08	1,03	800
2КЛТ-3	1 комплект	1,35	1,29	1000
2КЛТ-4	1 комплект	1,62	1,55	1200
2КЛТ-5	1 комплект	1,89	1,8	1400
2КЛТ-6	1 комплект	2,16	2,06	1600
2КЛТ-7	1 комплект	2,7	2,58	2000

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОНВЕКТОРОВ

Тип конвектора	Поверхность нагрева одного конвектора		Длина А, мм
	Ф, м <sup>2</sup>	Фэкм, экм	
1	2	3	4
<b>Плинтусные стальные</b>			
15КП-0,5	0,37	0,25	450
15КП-0,75	0,55	0,34	700
15КП-1	0,73	0,46	950
15КП-1,25	0,95	0,6	1200
15КП-1,5	1,14	0,7	1450
15КП-1,75	1,37	0,86	1700
20КП-0,5	0,49	0,28	480
20КП-0,75	0,68	0,42	700
20КП-1	0,91	0,57	950
20КП-1,25	1,15	0,72	1200
20КП-1,5	1,43	0,89	1450
20КП-1,75	1,67	1,04	1700
<b>Стальные двухтрубные «Прогресс-15»</b>			
№ 1	0,88	0,5	400
№ 2	1,11	0,63	500
№ 3	1,32	0,75	600
№ 4	1,55	0,88	700
№ 5	1,77	1	800
№ 6	1,99	1,13	900

Окончание приложения 10

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
№ 7	2,21	1,25	1000
№ 8	2,43	1,38	1100
№ 9	2,65	1,5	1200
<b><i>Стальные двухтрубные «Прогресс-20»</i></b>			
№ 1	0,83	0,48	400
№ 2	1,1	0,6	500
№ 3	1,32	0,72	600
№ 4	1,54	0,84	700
№ 5	1,76	0,96	800
№ 6	1,98	1,08	900
№ 7	2,2	1,2	1000
№ 8	2,42	1,32	1100
№ 9	2,64	1,45	1200

Нормы расхода воды потребителями

Водопотребители	Измери- тель	Нормы расхода воды, л						Расход воды прибором, л/с (л/ч)	
		в средние сутки		в сутки наибольшего водопотребления		в час наибольшего водопотребления			
		общая (в том числе горя- чей) $q_{u,m}^{tot}$	горя- чей $q_{u,m}^h$	общая (в том числе горячей) $q_u^{tot}$	горячей $q_u^h$	общая (в том числе горячей) $q_{hr,u}^{tot}$	горячей $q_{hr,u}^h$	общий (холодной и горячей) $q_0^{tot} (q_{0,hr}^{tot})$	холодной или горячей $q_0^c, q_0^h$ $(q_{0,hr}^c, q_{0,hr}^h)$
1. Жилые дома квартирного типа: – с водопроводом и канализацией без ванн;  – с газоснабжением;  – с водопроводом, канализацией и ваннами с водонагревателями, работающими на твердом топливе	1 житель	95	-	120	-	6,5	-	0,2 (50)	0,2 (50)
	то же	120	-	150	-	7	-	0,2 (50)	0,2 (50)
	"	150	-	180	-	8,1	-	0,3 (300)	0,3 (300)

Окончание приложения 11

– с водопроводом, канализацией и ваннами; – с газовыми водонагревателями;	"	190	-	225	-	10,5	-	0,3 (300)	0,3 (300)
– с быстродействующими газовыми нагревателями и многоточечным водоразбором;	"	210	-	250	-	13	-	0,3 (300)	0,3 (300)
– с централизованным горячим водоснабжением, оборудованные умывальниками, мойками и душами;	"	195	85	230	100	12,5	7,9	0,2 (100)	0,14 (60)
– с сидячими ваннами, оборудованными душами;	"	230	90	275	110	14,3	9,2	0,3 (300)	0,2 (200)
–с ваннами длиной от 1500 до 1700 мм, оборудованными душами;	"	250	105	300	120	15,6	10	0,3 (300)	0,2 (200)
– высотой св. 12 этажей с централизованным горячим водоснабжением и повышенными требованиями к их благоустройству;	"	360	115	400	130	20	10,9	0,3 (300)	0,2 (200)

Основные данные для подбора насосов

Марка насоса	Подача, м <sup>3</sup> /ч	Напор, м	Частота вращения, об/мин	Мощность, кВт
<i>Консольные водопроводные насосы</i>				
К 8/18 (1,5 К-6)	11; 6; 14	17; 20; 14	2900	1,5
1,5 К 8/19	4,5; 9; 13	12; 11; 8	2900	1,1
2К 20/18 (2К-9)	11; 10; 22	21; 18; 17	2900	1,5
ЦВЦ	2,5 – 25	2 – 9,2	3000	0,11 – 1,62
ЦНШ-40	7; 12	6; 4	1350	0,6
К 20/30 (2К-6)	10; 20; 30	34; 30; 24	2900	2,7
К 45/55 (3К-6)	30; 45; 61	62; 55; 44	2900	10,5
К 45/30 (3К-9)	30; 45; 54	95; 30; 27	2900	5,5
К 90/20 (4К-18)	60; 90; 100	25; 20; 19	2900	6,3
1,5КМ-8/9	6; 11; 14	20; 17,4; 14	2900	0,9
2КМ	10; 20; 30	34; 30,8; 24	2900	2,7
3КМ-6	30; 45; 61	58; 54; 45	2900	10,5
<i>Насосы для перекачки сточной жидкости</i>				
СД 16/10	8 – 19	11 – 8,9	1450	1,5
СД 25/14	14 – 25	3,8 – 14	1450	3,0
СД 80/18	43 – 112	21 – 18	1450	10
СД 160/10	43 – 160	48 – 10	2900	30