

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

## **СТРОИТЕЛЬНОЕ ДЕЛО, ОТОПЛЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ**

### **Раздел «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»**

Методические указания к выполнению РГР для студентов  
специальности 1-50 01 01 «Проектирование текстильных  
материалов» (для направления специальности 1-50 01 01-01  
«Производство текстильных материалов (технология и менеджмент)»)

Витебск  
2017

УДК 69 + 502.3

Строительное дело, отопление, вентиляция и кондиционирование Раздел «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»: методические указания к выполнению РГР для студентов специальности 1-50 01 01 «Проектирование текстильных материалов» (для направления специальности 1-50 01 01-01 «Производство текстильных материалов (технология и менеджмент)»).

Витебск: Министерство образования Республики Беларусь, УО «ВГТУ», 2016.

Составители: доц., к.т.н. Тимонов И.А.,  
доц., к.т.н. Гречаников А.В.,  
доц., к.т.н. Тимонова Е.Т.

В методических указаниях изложен материал, необходимый для выполнения расчётно-графических работ по курсу «Строительное дело, отопление, вентиляция и кондиционирование», раздел «Отопление, вентиляция и кондиционирование». Эти указания могут быть использованы студентами специальностей 50 01 02, 50 02 01, 1-19 01 01 (специализации 1-19 01 01-02) при выполнении лабораторных и практических занятий, а также в дипломном проектировании.

Одобрено кафедрой «Охрана труда и химии» УО «ВГТУ».  
« 24 » февраля 2016 г., протокол № 7.

Рецензент: проф. Ковчур С. Г.  
Редактор: доц. Потоцкий В.Н.

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским советом  
УО «ВГТУ». 29 марта 2016 г., протокол № 3.

Ответственный за выпуск: Сяборова В.А.

Учреждение образования  
«Витебский государственный технологический университет»

---

Подписано к печати 13.01.17. Формат 60x90 1/16 Уч.-изд. лист. 3.3.  
Печать ризографическая. Тираж 60 экз. Заказ № 18.

---

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Витебский  
государственный технологический университет»

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.

210035, г. Витебск, Московский пр-т, 72.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	5
2 РАСЧЁТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НАРУЖНОГО И ВНУТРЕННЕГО ВОЗДУХА	7
3 ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ЦЕХА	9
4 РАСЧЁТ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ДЛЯ ТЁПЛОГО ПЕРИОДА ГОДА	14
5 РАСЧЁТ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ДЛЯ ХОЛОДНОГО ПЕРИОДА ГОДА	22
6 ВЫБОР УСТАНОВКИ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА	28
7 ОСНОВЫ РАСЧЁТА ВОЗДУХОВОДОВ И КАНАЛОВ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА	30
7.1 Расчёт воздуховодов для одноэтажных зданий с техническим чердаком	30
7.2 Расчёт воздуховодов для многоэтажных зданий	34
8 РАСЧЁТ ДЕЖУРНОГО ОТОПЛЕНИЯ	39
ЛИТЕРАТУРА	41
ПРИЛОЖЕНИЕ А	42
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	50
ПРИЛОЖЕНИЕ В	52
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	53
ПРИЛОЖЕНИЕ Д	54

## ВВЕДЕНИЕ

Курс «Строительное дело, отопление, вентиляция и кондиционирование» для студентов специальности 1-50 01 01 «Технология пряжи, тканей, трикотажа и нетканых материалов» (для всех специализаций, кроме 1-50 01 01-07 «Художественное проектирование текстильных полотен») состоит из 2-х частей:

- строительное дело;
- отопление, вентиляция и кондиционирование.

Вторая часть этого курса предусматривает изучение студентами теоретических основ проектирования систем кондиционирования воздуха (СКВ), вентиляции и отопления, и выполнение курсовой работы.

За прошедшие годы существенно обновился состав оборудования, выпускаемого промышленностью, в некоторых случаях изменился подход к решению отдельных вопросов проектирования систем кондиционирования, вентиляции и отопления, появились новые нормативные документы.

Данные указания, не подменяя собой специальную литературу, имеют целью дать студентам необходимые методику и рекомендации по принципиальным решениям СКВ текстильных предприятий и новейшие нормативные материалы для выполнения курсовой работы и соответствующих разделов в дипломных проектах.

В результате изучения теоретической части и выполнения расчётно-графической работы студент обязан знать: типы систем вентиляции, отопления и кондиционирования воздуха, применяемых в основных цехах текстильных предприятий, основные методы их расчета, принципы построения схем процессов обработки воздуха, устройство и принцип действия установок кондиционирования воздуха (УКВ), организацию воздухообмена в основных цехах текстильных предприятий; уметь: выбирать наиболее экономичные варианты схем обработки воздуха и схемы размещения кондиционеров, пользоваться нормативной и справочной литературой.

## 1 ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

*Производственные и офисные помещения* – замкнутые пространства в специально предназначенных сооружениях, в которых постоянно (посменам) или периодически в течение рабочего дня осуществляется трудовая деятельность людей.

*Рабочая зона* – пространство, ограниченное по высоте 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или непостоянного (временного) пребывания работающих – если люди стоят или двигаются, и 1,5 м – если люди сидят.

*Постоянное рабочее место* – место, на котором работающий находится большую часть своего рабочего времени (более 50 % или более 2 ч непрерывно). Если при этом работа осуществляется в различных пунктах рабочей зоны, постоянным рабочим местом считается *вся рабочая зона*.

*Микроклимат производственных помещений* – метеорологические условия внутренней среды этих помещений, которые определяются действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового излучения.

*Оптимальные значения параметров микроклимата* – установленные по критериям оптимального теплового состояния человека значения микроклиматических показателей, которые обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

*Допустимые значения параметров микроклимата* – минимальные или максимальные значения микроклиматических показателей, установленных по критериям теплового состояния человека на период 8-часовой рабочей смены и не вызывающих повреждений или нарушений состояния здоровья, но способных приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности к концу смены.

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

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

*Терморегуляция* – способность человека путем увеличения или уменьшения теплообразования и теплоотдачи приспособливаться к окружающей среде так, чтобы сохранять постоянство температуры своего тела, которая у здорового человека равна  $36 - 37^{\circ}\text{C}$ .

*Многоэтажное здание* – здание с числом этажей 2 и более.

*Рециркуляция* – частичный или полный возврат в обслуживаемые помещения воздуха (при необходимости с предварительной подготовкой), удаляемого из них вытяжными системами вентиляции.

*Дисбаланс* – неравенство расходов воздуха, подаваемого в помещение и удаляемого из него системами вентиляции, кондиционирования воздуха, воздушного отопления.

*Вентиляция*– обмен воздуха в помещениях для удаления избытков теплоты, влаги, вредных и других веществ с целью обеспечения допустимых параметров микроклимата и чистоты воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне.

*Отопление*– обогрев помещений с целью возмещения в них тепловых потерь и поддержания устанавливаемой нормами или другими требованиями температуры воздушной среды.

*Кондиционирование воздуха*–создание в закрытых помещениях и поддержание с помощью средств автоматического управления искусственного микроклимата (по перечню всех или отдельных параметров воздуха, устанавливаемых нормами или соглашениями) с целью обеспечения оптимальных параметров микроклимата, наиболее благоприятных для самочувствия людей, ведения технологического процесса, обеспечения сохранности культурных и других ценностей со средней необеспеченностью для следующих классов систем кондиционирования воздуха:

– первого – в среднем 100 ч/г. при круглосуточной работе или 70 ч/год при односменной работе в дневное время;

– второго – в среднем 250 ч/год при круглосуточной работе или 175 ч/год при односменной работе в дневное время;

– третьего – в среднем 450 ч/год при круглосуточной работе или 315 ч/год при односменной работе в дневное время.

*Средняя необеспеченность*– это допускаемые отклонения за пределами расчетных параметров наружного воздуха в среднем (75, 100, 250 ч/год и т.д.).

*Система кондиционирования воздуха* –совокупность технических средств, предназначенных для кондиционирования воздуха, перемещения и распределения его в обслуживаемых помещениях, автоматического контроля и управления параметрами с заданной точностью и обеспеченностью.

## 2 РАСЧЁТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НАРУЖНОГО И ВНУТРЕННЕГО ВОЗДУХА

*Метеорологические условия* в помещениях производственных и вспомогательных зданий промышленных предприятий при кондиционировании в пределах оптимальных и допустимых норм следует обеспечивать в соответствии с СНБ 4.02.01-2003 или по постановлению Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 33 от 30.04.2013, кроме помещений, для которых метеорологические условия установлены другими нормативными документами.

*Метеорологические условия в цехах и отделах текстильных предприятий* следует принимать по нормам технологического проектирования (НТП), которые разработаны соответствующими отраслевыми проектными и исследовательскими организациями с учетом санитарно-гигиенических требований к воздуху рабочей зоны (ГПИ-1, ГПИ-3, ВСН-1, ВСН-2).

После принятия метеорологических условий определяются: влажностный режим помещения цеха и условия эксплуатации ограждающих конструкций в соответствии с СНБ 4.02.01-2003 (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Влажностный режим помещения цеха и условия эксплуатации ограждающих конструкций

Относительная влажность внутреннего воздуха, %, при температуре		Режим помещений	Условия эксплуатации ограждений
св. 12 до 24 °С	св. 24 °С		
до 50	до 40	сухой нормальный влажный мокрый	А Б Б Б
св. 50 до 60	св. 40 до 50		
60 – 75	50 – 60		
св. 75	св. 60		

*Примечание.* Эти данные необходимы при определении требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций.

Выбор расчетных параметров наружного воздуха.

*Метеорологические условия и чистоту воздуха* в помещениях следует обеспечивать в пределах расчетных параметров наружного воздуха, принимаемых в соответствии с СНБ 4.02.01–2003.

Параметры наружного воздуха для производственных помещений следует принимать:

- *параметры А*– для систем вентиляции, воздушного душирования и кондиционирования *третьего класса* для теплого периода;
- *параметры Б*– для систем отопления, вентиляции, воздушного душирования и кондиционирования для *холодного периода года* и для систем кондиционирования *первого класса* для *теплого периода года*.

Для систем кондиционирования второго класса следует принимать температуру наружного воздуха для *теплого периода года* на 2 °С и удельную энтальпию на 2 кДж/кг ниже установленных для параметров Б.

Метеорологические условия в помещениях производственных и вспомогательных зданий промышленных предприятий при кондиционировании в пределах оптимальных и допустимых норм приведены в приложении 1. Рекомендуемая форма записи выбранных метеорологических условий представлена в таблице 2.2.

Расчетные параметры наружного воздуха представлены в приложении 2. Рекомендуемая форма записи выбранных расчетных параметров наружного воздуха представлена в таблице 2.3.

Таблица 2.2 – Метеорологические условия в рабочей зоне цеха

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

Таблица 2.3 – 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			

### 3 ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ЦЕХА

В основных цехах предприятий легкой промышленности, наряду с пылью, газо- и влаговыведениями, определяющим вредным фактором 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 тепловыводов, 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.

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

$$Q_i = K_i \cdot F_i \cdot (t_g - t_n) \cdot n_i \cdot (1 + \sum \beta_i), \quad (3.1)$$

где  $Q_i$  – теплопотери 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>;  $t_g$  – 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  $n_i = 1$ );  $\sum \beta_i$  – коэффициенты, учитывающие 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, обращённые на север, восток, северо-восток и северо-запад, в размере 0,1; на юго-восток и запад – в размере 0,05. Дополнительные теплотопотери 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.

Теплотопотери 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  $P_{3,I}$ , следующие две полосы – второй и третьей зоной  $P_{3,II}$  и  $P_{3,III}$ , а остальную поверхность пола – четвертой зоной  $P_{3,IV}$ .

Теплотопотери каждой зоны рассчитывают по формуле (3.1), 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 ( $Вт/м^2 \cdot ^\circ C$ )

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

$$K_{II} = 0,23 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ C;$$

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

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

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

Данные расчета заносятся в таблицу расчета теплотопотерь.

Таблица 3.1 – Бланк расчета теплотопотерь

Обозначение ограждающей конструкции	Количество Размер ограждения, м	Суммарная площадь ограждения $F, м^2$	Температурный перепад $\Delta t = t_e - t_{np}, ^\circ C$	Коэффициент теплопередачи $K, Вт/м^2 \cdot ^\circ C$	Надбавки к потерям тепла		Коэффициент, учитывающий надбавки к потерям тепла, $B_i$	Суммарные потери тепла $\sum Q_{tr}^{st}, Вт$
					На страны света	На инфильтрацию		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Всего								

После расчета теплотопотерь определяют составляющие избытков тепла в помещении.

Поступление тепла от машин (оборудования) определяют по формуле

$$Q_M = 1000 N_{уст} \cdot K_{исп} \cdot K_B, \quad (3.2)$$

где  $Q_M$  – теплопоступление от технологического оборудования, Вт;  $N_{уст}$  – установленная (номинальная) мощность электродвигателей, кВт;  $K_{исп}$  – коэффициент использования электродвигателей (приложение 3);  $K_B$  – коэффициент выделения тепла в помещении,  $K_B = 1$ .

Поступление тепла от людей рассчитывается по формуле

$$Q_M = q_L \cdot n, \quad (3.3)$$

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

Поступление тепла от искусственного освещения рассчитывается по формуле

$$Q_{осв} = 1000 \cdot q_{осв} \cdot F \cdot K_{осв}, \quad (3.4)$$

где  $Q_{осв}$  – поступление тепла от искусственного освещения помещения, Вт;  $q_{осв} = 0,05$  – 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 теплый период  $K_{осв}$  принимается в зависимости от высоты этажа и ширины цеха (приложение 4).

Теплопоступления от солнечной радиации определяются по формуле

$$Q_{с.р.} = q_{ост} \cdot F_{ост} \cdot n_{ост}, \quad (3.5)$$

где  $Q_{с.р.}$  – теплопоступления от солнечной радиации, Вт;  $q_{ост}$  – удельная величина теплопоступлений от солнечной радиации через вертикальные световые проемы, Вт/м<sup>2</sup> (приложение 4);  $F_{ост}$  – площадь светового проема, м<sup>2</sup>;  $n_{ост}$  – количество световых проемов, м<sup>2</sup>.

Теплопоступления через покрытия определяются по формуле

$$Q_{покр.} = q_{покр.} \cdot F_{покр.} \cdot b, \quad (3.6)$$

где  $Q_{покр.}$  – теплопоступления от солнечной радиации, Вт;  $q_{покр.}$  – удельная величина теплопоступлений от покрытия, Вт/м<sup>2</sup> (приложение 4);  $F_{покр.}$  – пло-

щадь покрытия,  $m^2$ ;  $b=0,8$  – коэффициент, учитывающий свободную площадь покрытия.

Теплопоступления с технического этажа (чердака) определяются по формуле

$$Q_{ч.р.} = \frac{1}{R} \cdot F_{покр} \cdot b \cdot t_{ч} - t_{в} , \quad (3.7)$$

где  $R$  – сопротивление теплопередаче перекрытия,  $R = 5 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$ ;  $t_{ч} = t_{н} + 5 \text{ } ^\circ C$  – температура чердачного покрытия,  $^\circ C$ ;  $b = 0,8$  – коэффициент, учитывающий свободную площадь покрытия.

Рекомендуемая форма составления теплового баланса представлена в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Тепловой баланс производственного помещения

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	$Q_{л}$		
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 через 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

$$Q_{изб}^T = \sum Q_{т.в.}^T . \quad (3.8)$$

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

$$\sum Q_{T.B.}^T = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n, \quad (3.9)$$

где  $\sum Q_{T.B.}^T$  – сумма тепlopоступлений в цех для теплого периода года, Вт;  $Q_i$  – тепловыделения от конкретных источников, Вт.

Для холодного периода года избыточным теплом будет разность между тепlopоступлениями в цех и тепlopотерями через ограждения помещения

$$Q_{ИЗБ}^X = \sum Q_{T.B.}^X - \sum Q_{T.П.} \quad (3.10)$$

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

После составления теплого 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, то есть количеством избыточного тепла (Вт), выделяющегося в 1 м<sup>3</sup> внутреннего объема цеха

$$q_{T.H.} = \frac{Q_{ИЗБ}^T}{V_{Ц}}, \quad (3.11)$$

где  $q_{T.H.}$  – 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

$$q_{T.X.} = \frac{\sum Q_{T.П.}}{V_{Ц} \cdot t_B - t_H^B}, \quad (3.12)$$

где  $q_{T.X.}$  – удельная тепловая характеристика цеха, Вт/м<sup>3</sup> · °С;  $\sum Q_{T.П.}$  – суммарные тепlopотери через все ограждающие конструкции помещения, Вт;  $V_{Ц}$  – внутренний объем помещения, м<sup>3</sup>;  $t_B$  – принятая температура воздуха внутри цеха в холодный период года, °С;  $t_H^B$  – расчётная температура наружного воздуха для холодного периода года (параметры Б) при расчёте потерь теплоты через наружные ограждения, °С.

#### 4 РАСЧЁТ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ДЛЯ ТЁПЛОГО ПЕРИОДА ГОДА

Технологические процессы предприятий легкой промышленности связаны с выделением в рабочую зону помещений различных вредностей: 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. 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.

Расчет установок кондиционирования воздуха производится для теплового 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.

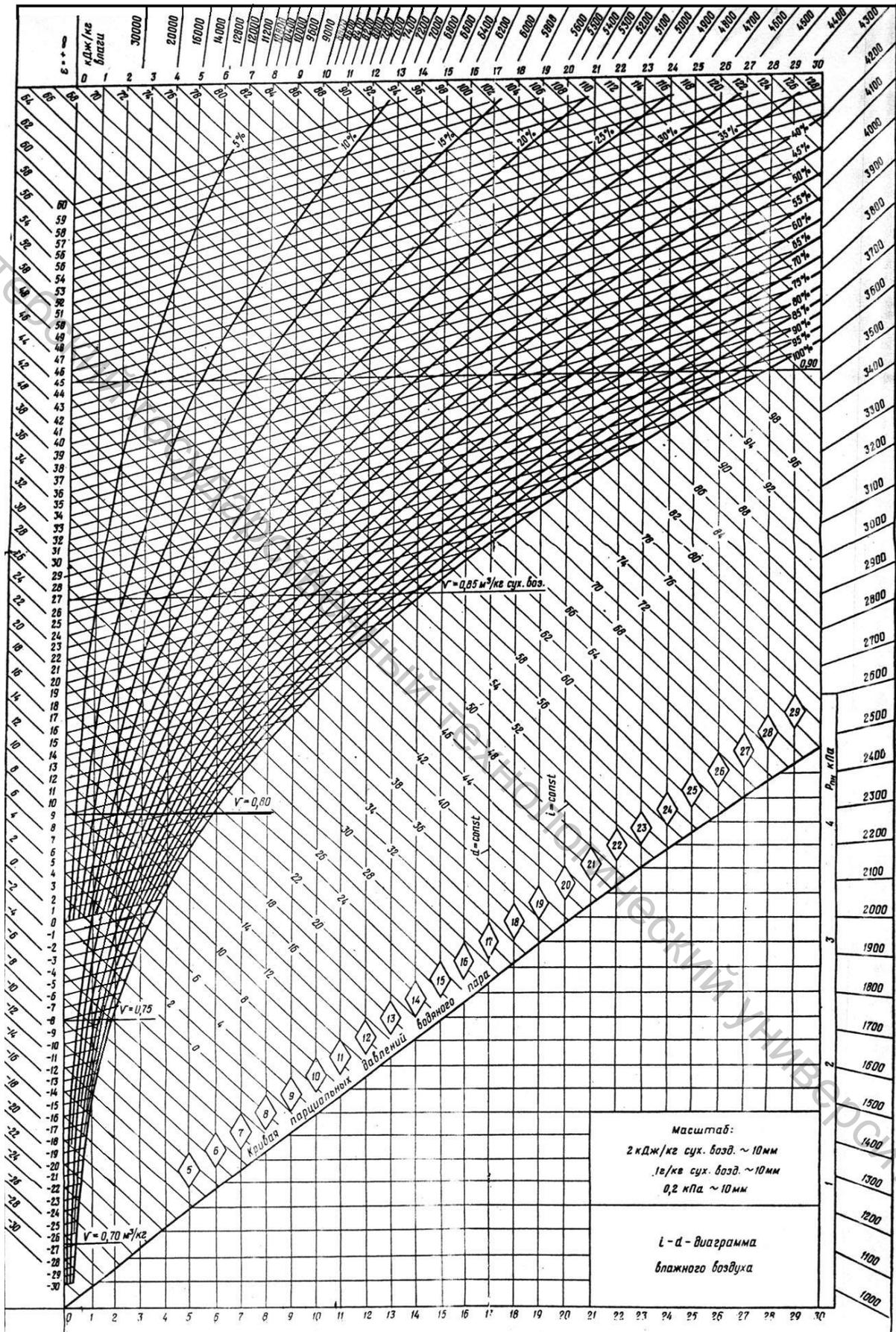


Рисунок 1 – *i-d*-диаграмма

Выбор схемы процесса изменения тепловлажностного состояния воздуха зависит от соотношения значений параметров состояния наружного и внутреннего воздуха.

В отдельных случаях для теплого периода года может быть использовано адиабатное (испарительное) охлаждение воздуха распыляемой в оросительной камере кондиционера рециркуляционной водой.

В практике чаще применяется политропное охлаждение приточного воздуха. Этот процесс 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  $d_o = d_v$  и относительной влажностью  $\varphi = 95 \%$ . Луч процесса *HO* будет соответствовать процессу изменения тепловлажностного состояния воздуха в оросительной камере кондиционера (рисунок 2). 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).

Таблица 4.1 – Параметры воздуха для схемы процесса кондиционирования воздуха с политропным охлаждением воздуха

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

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

$$G^T = \frac{3,6 \cdot Q_{ИЗБ}^T}{\Delta i_p \cdot k_{\varphi}}, \quad (4.1)$$



$$k = \frac{L^T}{V_u}, \quad (4.3)$$

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.

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

Таблица 4.2 – Параметры воздуха для схемы процесса кондиционирования воздуха с политропным охлаждением воздуха и рециркуляцией воздуха

<i>Параметры воздуха</i>	<i>t, °C</i>	<i>i, кДж/кг</i>	<i>d, г/кг</i>	<i>φ, %</i>
<i>Точка (состояние воздуха)</i>				
Наружный воздух (Н)				
Внутренний воздух (В)				
Оросительная камера (О)				
Кондиционированный (К)				
Смесь (С)				

Для производственных помещений при применении кондиционирования воздуха с рециркуляцией объем 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 расчетной кратности воздухообмена 10 и более.

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

Согласно СНБ 4.02.01–2003 «Отопление, вентиляция, кондиционирование» необходимое количество наружного воздуха, приходящегося на одного человека, определяется по формуле:

– при кратности воздухообмена  $k \geq 10$

$$G_{Hч}^T = 1,2 \cdot 60 \cdot n, \quad (4.4)$$

где  $G_{Hч}^T$  – необходимое количество наружного воздуха, кг/ч;  $n$  – количество работающих в цехе.

Минимальное необходимое количество наружного воздуха, определяется по формуле

$$G_{H\min} = 1,2 \cdot V_{ц}, \quad (4.5)$$

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

– при кратности воздухообмена  $k < 10$

$$G_{Hч}^T = 1,2 \cdot 60 \cdot n, \quad (4.6)$$

где  $G_{Hч}^T$  – необходимое количество наружного воздуха, кг/ч;  $n$  – количество работающих в цехе.

Минимальное необходимое количество наружного воздуха определяется по формуле

$$G_{H\min} = 0,2 \cdot G^T, \quad (4.7)$$

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 3). Точка  $C$ , характеризующая состояние смеси наружного и внутреннего воздуха, определяется по формуле

$$i_C = i_B + \frac{G_{H\min}}{G^T} \cdot i_H - i_B, \quad (4.8)$$

где  $G_{H\min}$  – минимальное количество наружного воздуха, кг/ч; (выбирается большее из рассчитанных по формулам 4.4 и 4.5; 4.6 и 4.7);  $G^T$  – массовый расход воздуха в тёплый период, 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.

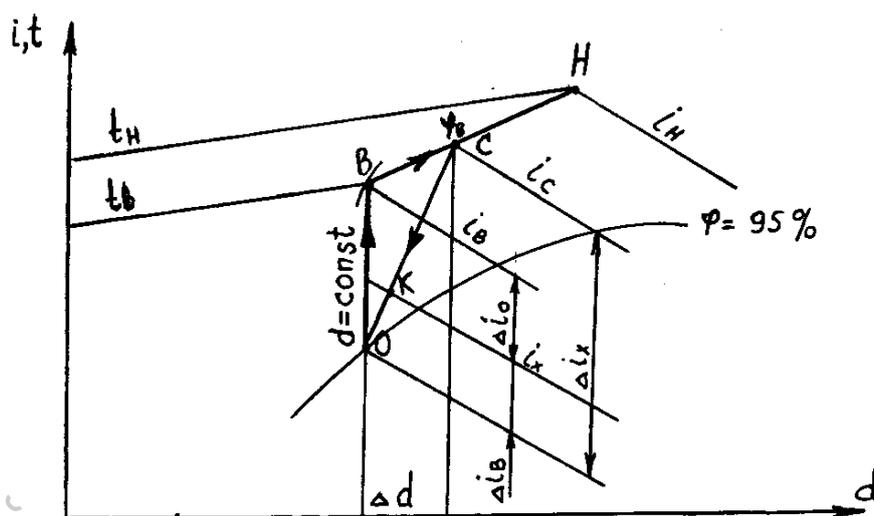


Рисунок 3 – Схема процесса кондиционирования воздуха с рециркуляцией при политропном охлаждении воздуха

В основных цехах текстильных фабрик для нормального протекания технологического процесса часто требуется поддержание повышенной относительной влажности  $\varphi_B > 65\%$ . В этих случаях для обеспечения требуемой относительной влажности воздуха в цехе целесообразно, кроме увлажнения в оросительной камере кондиционера, доувлажнять воздух непосредственно в кондиционируемом помещении. Для распыления воды в помещении применяются системы доувлажнения. Их используют также для увеличения поглотительной способности приточного воздуха по теплу, что позволяет сократить количество кондиционированного воздуха.

Приращение влагосодержания воздуха в цехе за счет доувлажнения желательно в пределах  $\Delta d_D = 0,5 - 2$  г/кг ( $\Delta d_D = d_B - d_O$ ).

Для построения схемы на  $i-d$  – диаграмме наносятся точки  $H$  и  $B$ . Точка  $O$ , характеризующая состояние воздуха после оросительной камеры, определится влагосодержанием  $d_O = d_B - \Delta d_D$  при пересечении с линией  $\varphi = 95\%$ . Точка  $K$ , характеризующая состояние приточного воздуха, определится энтальпией  $i_K = i_O + \Delta i_B$  на линии постоянного влагосодержания, проходящей через точку  $O$  (рис.4).



## 5 РАСЧЁТ СИСТЕМ 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 после 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  $NB$ . 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  $NB$ .

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  $d_K = d_O = d_B$ .

На рисунке 5 показана схема процесса кондиционирования воздуха в цехе с использованием рециркуляции.

Количество воздуха находят следующим образом

$$G^X = \frac{3,6 \cdot Q_{ИЗБ}^X}{\Delta i_p \cdot k_{\mathcal{E}}}, \quad (5.1)$$

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;  $k_9$  – коэффициент эффективности воздухообмена,  $k_9 = 1$ .

Таблица 5.1 – Параметры воздуха для схемы процесса кондиционирования воздуха с использованием рециркуляции

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

Объемная производительность УКВ определяется по выражению

$$L^X = \frac{G^X}{\rho}, \quad (5.2)$$

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

Кратность воздухообмена определяется по формуле

$$k = \frac{L^X}{V_{ц}}, \quad (5.3)$$

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;  $V_{ц}$  – объем цеха по внутреннему обмеру, м<sup>3</sup>.

Количество наружного воздуха в составе смеси определяется по формуле

$$G_H^X = G^X \cdot \frac{i_B - i_C}{i_B - i_H}, \quad (5.4)$$





Таблица 5.1 – Параметры воздуха для схемы процесса кондиционирования воздуха с рециркуляцией и подогревом наружного воздуха

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

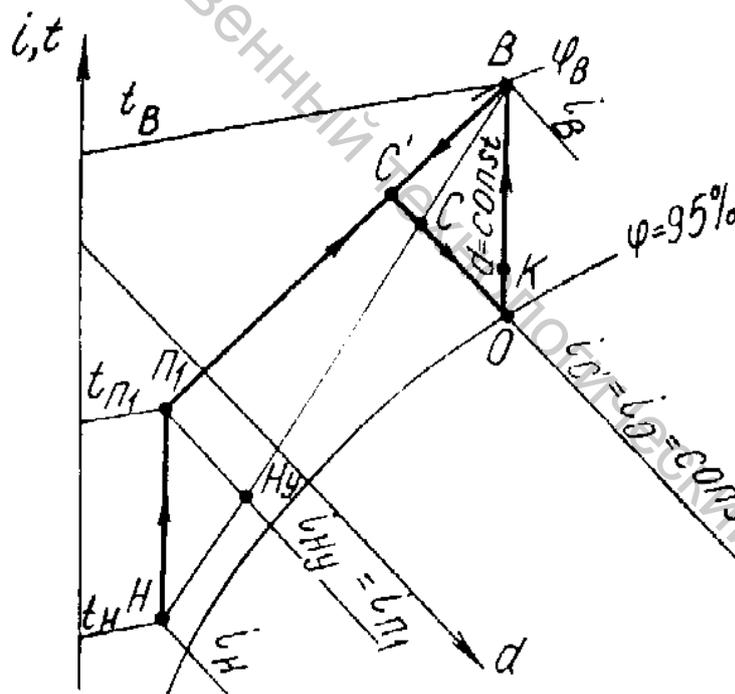


Рисунок 7 – Схема процесса кондиционирования с рециркуляцией и подогревом наружного воздуха.

Процесс нагрева наружного воздуха при осуществлении первого подогрева изобразится на  $i-d$ -диаграмме прямой, проведенной из точки Н по линии  $d = \text{const}$ . Влагосодержание воздуха остается неизменным, так как он нагревается за счет контакта с сухими поверхностями трубок воздухонагревателя.

Для нахождения точки  $\Pi_1$ , характеризующей состояние наружного воздуха после подогрева, необходимо на линии смеси НВ найти точку  $H_{y.c}$ , соответствующую условному состоянию наружного воздуха, при котором в составе смеси будет содержаться требуемое (минимальное) количество наружного воздуха. Из уравнения смеси для этого случая

$$\frac{G_{H_{\min}}}{G^X} = \frac{i_B - i_C}{i_B - i_{H.y.c}}, \quad (5.6)$$

определим условное теплосодержание наружного воздуха

$$i_{H.y.c} = i_B - \frac{G^X}{G_{H_{\min}}} \cdot i_B - i_C. \quad (5.7)$$

Из точки  $H_{H.y.c}$  проводится прямая  $i = const$  до пересечения с лучом процесса нагрева воздуха, проведенным из точки  $H$ . Положение точки  $\Pi_1$  определится параметрами  $d_{\Pi_1} = d_H$  и  $i_{\Pi_1} = i_{H.y.c}$ . Соединив точки  $\Pi_1$  и  $B$ , получим новую линию смеси  $\Pi_1 B$ , которая соответствует процессу смешения подогретого наружного воздуха с рециркуляционным. Продолжив линию  $CO$  до пересечения с прямой  $\Pi_1 B$ , получим точку  $C'$ , которая будет характеризовать состояние смеси подогретого наружного воздуха с рециркуляционным.

Луч  $CO$  характеризует процесс (адиабатный) обработки смеси в оросительной камере кондиционера, луч  $H\Pi_1$  – процесс нагрева наружного воздуха в воздухонагревателе секции первого подогрева.

## 6 ВЫБОР УСТАНОВКИ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Выбор типа и количества кондиционеров зависит от расчетного расхода подаваемого в помещение воздуха, а также от типа и этажности здания, размеров и высоты помещения. Расчетная производительность установок кондиционирования воздуха принимается по теплomu периоду года. При этом следует предусматривать запас по производительности 15–20 %.

Кондиционеры следует размещать в отдельных помещениях, расположенных вблизи наружных стен и смежно с обслуживаемыми цехами. Такие помещения располагают, как правило, в отдельных пролетах, примыкающих к производственным помещениям.

Кондиционеры выпускаются различными производителями. Так, с 2000 года фирма «ВЕЗА» выпускает центральные кондиционеры ВЕЗА-КЦКП с номинальной производительностью от 500 до 120 000 м<sup>3</sup>/час. Проектирование, заказ оборудования, предварительную инженерную работу можно осуществлять с инженерно-техническим персоналом «ВЕЗА», который имеет собственные офисы в России, Республике Беларусь, Украине и других странах СНГ. Для предприятий легкой промышленности можно рекомендовать кондиционеры ВЕЗА-КЦКП, производительность и размеры помещений которых представлены в таблицах 6.1–6.2.

Таблица 6.1 – Производительность и размеры кондиционеров ВЕЗА-КЦКП.

Марка кондиционера	Производительность, тыс. м <sup>3</sup> /ч	Схема расположения и размеры помещения для кондиционеров, в мм.	
		Параллельная	Последовательная
КЦКП-25	25	6000x9000	9000x6000
КЦКП -31,5	31,5	6000x9000	9000x6000
КЦКП -40	40	6000x9000	9000x6000
КЦКП -50	50	9000x9000	12000x6000
КЦКП -63	63	9000x9000	15000x6000
КЦКП -80	80	9000x9000	15000x6000
КЦКП -100	100	9000x12000	15000x6000

Таблица 6.2 – 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

Исходные модули:	
№ 1,6	№ 3,15
№ 5	№ 6,3
№ 8	№ 10
№ 12,5	№ 16
№ 20	№ 25
№ 31,5	№ 45
№ 50	№ 63
№ 80	№ 100

Наряду с фирмой «ВЕЗА», на рынке техники вентиляции и кондиционирования широко представлено оборудование фирм «DAIKIN» Япония, «CIAT» Франция, «YORK» США, «VTSClima» Польша, «DAX» Китай и др.

## 7 ОСНОВЫ РАСЧЁТА ВОЗДУХОВОДОВ И КАНАЛОВ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Воздух в системах кондиционирования и механической вентиляции перемещается по воздуховодам и каналам. 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 и каналы 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.

### 7.1 Расчёт воздуховодов для одноэтажных зданий с техническим чердаком

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, которые прокладываются на техническом чердаке перпендикулярно магистральному каналу.

Поперечное сечение приточного коллектора (магистрального приточного воздуховода)

$$F_{МАГ} = \frac{L_{КОНД}}{3600 \cdot v_{МАГ}}, \quad (7.1)$$

где  $F_{МАГ}$  – площадь поперечного сечения магистрального приточного воздуховода,  $m^2$ ;  $v_{МАГ} = 10$  м/с – скорость воздуха в приточном коллекторе;  $L_{КОНД} = \frac{L^T}{n_K}$

– объемная производительность 1 кондиционера,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $L^T$  – объемная производительность кондиционеров,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $N_K$  – 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

$$F_{\text{РАЗД}}^{\text{НАЧ}} = \frac{L_{\text{РАЗД}}}{3600 \cdot v_{\text{РАЗД}}}, \quad (7.2)$$

где  $F_{\text{РАЗД}}^{\text{НАЧ}}$  – начальное сечение раздающего воздуховода,  $\text{м}^2$ ;  $L_{\text{РАЗД}} = \frac{L^T}{n_P}$  – количество воздуха, проходящего по одному раздающему воздуховоду,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $n_P$  – количество раздающих воздуховодов (принимается 1 раздающий воздуховод на 6–12-ти метровую ячейку площади помещения);  $L^T$  – объемная производительность кондиционеров,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $v_{\text{РАЗД}} = 8 \text{ м/с}$  – скорость воздуха в раздающем воздуховоде.

Конечное сечение раздающего воздуховода принимается

$$F_{\text{РАЗД}}^{\text{КОН}} = 0,5 \cdot F_{\text{РАЗД}}^{\text{НАЧ}}, \quad (7.3)$$

где  $F_{\text{РАЗД}}^{\text{НАЧ}}$  – начальное сечение раздающего воздуховода,  $\text{м}^2$ ;  $F_{\text{РАЗД}}^{\text{КОН}}$  – конечное сечение раздающего воздуховода,  $\text{м}^2$ .

Диаметры круглых раздающих воздуховодов

$$d_{\text{РАЗД}}^{\text{НАЧ}} = 1,13 \cdot \sqrt{F_{\text{РАЗД}}^{\text{НАЧ}}}, \quad (7.4)$$

где  $d_{\text{РАЗД}}^{\text{НАЧ}}$  – начальный диаметр раздающего воздуховода,  $\text{м}$ ;  $F_{\text{РАЗД}}^{\text{НАЧ}}$  – начальное сечение раздающего воздуховода,  $\text{м}^2$ .

$$d_{\text{РАЗД}}^{\text{КОН}} = 1,13 \cdot \sqrt{F_{\text{РАЗД}}^{\text{КОН}}}, \quad (7.5)$$

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 воздухоораспределитель (плафон)

$$L_{Плаф} = \frac{L_{РАЗД}}{n_{плаф}}, \quad (7.6)$$

где  $L_{Плаф}$  – расход воздуха через 1 воздухоораспределитель (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 воздухоораспределителей (плафонов);  $l_{РАЗД}$  – длина раздающего воздуховода, м.

Воздухоораспределители в раздающем воздуховоде располагаются примерно через каждые 6 м.

Площадь поперечного сечения воздухоораспределителя (плафона)

$$F_{ПР} = \frac{L_{Плаф}}{v_{ПР} \cdot 3600}, \quad (7.7)$$

где  $F_{ПР}$  – площадь поперечного сечения приточного патрубка, м<sup>2</sup>;  $L_{Плаф}$  – расход воздуха через 1 воздухоораспределитель (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) воздухоораспределителя.

По найденной площади из таблиц 7.1–7.2 выбирают соответствующий № (номер) воздухоораспределителя и определяют действительную скорость воздуха в приточном патрубке

$$v_{ПР.д} = \frac{L_{Плаф}}{3600 \cdot F_{ПР}}, \quad (7.8)$$

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

Таблица 7.1 – Воздухоораспределитель двухструйный шестидиффузорный ВДШ

Тип воздухораспределителя	Площадь сечения приточного патрубка, м <sup>2</sup>	d <sub>0</sub> , мм	d, мм	H, мм	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 7.2 – Воздухораспределитель двухструйный с перфорированным диском ВПДМ

Тип воздухораспределителя	Площадь сечения приточного патрубка, м <sup>2</sup>	d <sub>0</sub> , мм	d, мм	B, мм	H, мм	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

Вытяжные воздуховоды при схеме организации воздухообмена сверху вниз прокладываются под полом помещения. В одноэтажных зданиях для этого устраиваются подпольные каналы. Удаление воздуха осуществляется через напольные решетки.

Поперечное сечение вытяжного коллектора (магистрального вытяжного канала)

$$F_{\text{ВЫТ}}^{\text{МАГ}} = \frac{L_{\text{МАГ}}}{3600 \cdot v_{\text{ВЫТ}}^{\text{МАГ}}}, \quad (7.9)$$

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

Поперечное сечение вытяжного подпольного канала

$$F_{ВЫТ} = \frac{L_{ВЫТ}}{3600 \cdot v_{ВЫТ}}, \quad (7.10)$$

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

$$b = \frac{F_{ВЫТ}}{2,1 \dots 2,4}, \quad (7.11)$$

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

$$n_{РЕШ} = \frac{L_{ВЫТ}}{3600 \cdot v_{РЕШ} \cdot F_{РЕШ}}, \quad (7.12)$$

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.

## 7.2 Расчёт воздуховодов для многоэтажных зданий

Чаще всего для многоэтажных зданий применяются воздухообмен по схеме сверху вниз, при котором подача воздуха производится в верхней зоне помещения через отверстия в подвесных воздуховодах, прокладываемых под потолком или через отверстия в каналах, встроенных в строительные конструкции междуэтажного перекрытия. Вытяжка воздуха также производится из верхней зоны.

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 7.1.

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 7.2–7.3.

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

$$n_{\text{ЩЕЛ.ВЫП.}} = \frac{l_{\text{РАЗД}}}{1 \dots 3}, \quad (7.13)$$

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

Расход воздуха через один щелевой выпуск находится из выражения

$$L_{\text{Щ}} = \frac{L_{\text{РАЗД}}}{2 \cdot n_{\text{ЩЕЛ.ВЫП.}}}, \quad (7.14)$$

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

Площадь поперечного сечения щелевого выпуска определяется по формуле

$$F_{\text{Щ}} = \frac{L_{\text{Щ}}}{3600 \cdot v_{\text{Щ}}}, \quad (7.15)$$

где  $F_{щ}$  – площадь поперечного сечения щелевого выпуска,  $m^2$ ;  $L_{щ}$  – расход воздуха через один щелевой выпуск,  $m^3/ч$ ;  $v_{щ}$  – скорость воздуха на выходе из щелевого выпуска (принимается по таблице 7.3),  $m/c$ .

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

Поперечное сечение магистрального вытяжного канала определяется по формуле 7.9. В многоэтажных зданиях (начиная с этажа 2 и выше) удаление воздуха производится через щелевые выпуски вытяжных воздуховодов, размеры которых можно найти по формуле 7.10.

Таблица 7.3 – 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

$$n_{\text{ЩЕЛ.ВЫП.}} = \frac{l_{\text{ВЫТ}}}{1...3}, \quad (7.16)$$

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

$$L_{\text{Щ}}^{\text{ВЫТ}} = \frac{L_{\text{ВЫТ}}}{2 \cdot n_{\text{ЩЕЛ.ВЫП.}}}, \quad (7.17)$$

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

$$F_{\text{Щ}} = \frac{L_{\text{Щ}}^{\text{ВЫТ}}}{3600 \cdot v_{\text{Щ}}}, \quad (7.18)$$

где  $F_{\text{Щ}}$  – площадь поперечного сечения щелевого выпуска, м<sup>2</sup>;  $L_{\text{Щ}}^{\text{ВЫТ}}$  – расход воздуха через один щелевой выпуск, м<sup>3</sup>/ч;  $v_{\text{Щ}}$  – скорость воздуха на входе в щелевой выпуск (принимается по таблице 7.3), м/с.

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

## 8 РАСЧЁТ ДЕЖУРНОГО ОТОПЛЕНИЯ

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  $-5^{\circ}\text{C}$ .

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

Если  $t_{\text{вн}} - t_{\text{н}} > \frac{g_{\text{Т.П.}}}{g_{\text{Т.Х.}}}$ , 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  $t_{\text{ДЕЖ}}$  принимается в пределах от 10 до 20  $^{\circ}\text{C}$ , с учетом требований технологических процессов.

Производительность дежурного отопления определяется по расчетным теплопотерям

$$Q_{\text{ДЕЖ}} = q_{\text{Т.Х.}} \cdot V_{\text{ц}} \cdot t_{\text{ДЕЖ}} - t_{\text{н}}, \quad (8.1)$$

где  $Q_{\text{ДЕЖ}}$  – теплопроизводительность дежурного отопления, Вт;  $V_{\text{ц}}$  – объём цеха,  $\text{м}^3$ ;  $q_{\text{Т.Х.}}$  – удельная тепловая характеристика цеха,  $\text{Вт}/\text{м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{\text{ДЕЖ}}$  – принятая температура дежурного отопления,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{\text{н}}$  – расчётная температура наружного воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ .

Определение теплодающей площади поверхности нагревательных приборов производится в зависимости от типа прибора, его расположения в цехе и т.д. Основные характеристики отопительных приборов приведены в приложении 5. Площадь поверхности нагревательных приборов определяется из выражения

$$F_{\text{Н.П}} = \frac{Q_{\text{ДЕЖ}}}{K_{\text{Н.П}} \cdot \left( \frac{t_{\text{ВХ}} + t_{\text{ВЫХ}}}{2} - t_{\text{ДЕЖ}} \right)} \cdot \beta, \quad (8.2)$$

где  $F_{H.П}$  – площадь поверхности нагрева отопительных приборов,  $m^2$ ;  $K_{H.П}$  – коэффициент теплоотдачи отопительного прибора,  $Вт/м^2 \cdot ^\circ C$  (приложение 5);  $t_{ВХ}$  – температура горячей воды,  $^\circ C$ ;  $t_{ВЫХ}$  – температура охлажденной воды,  $^\circ C$ ;  $t_{ДЕЖ}$  – температура дежурного отопления,  $^\circ C$ ;  $\beta$  – 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

$$N = \frac{F_{H.П}}{f}, \quad (8.3)$$

где  $N$  – количество секций, ребристых труб или погонных метров гладких труб;  $F_{H.П}$  – площадь поверхности нагрева отопительных приборов,  $m^2$ ;  $f$  – поверхность нагрева одной секции ребристой трубы или  $1 m^2$  гладкой трубы (приложение 5).

Количество секций в одном отопительном приборе определяется по формуле

$$Z = \frac{N}{n_{от.приб}}, \quad (8.4)$$

где  $Z$  – количество секций, в одном отопительном приборе;  $N$  – количество секций, ребристых труб или погонных метров гладких труб;  $n_{от.приб}$  – количество отопительных приборов, устанавливаемых в цехе.

## 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. Кокорин, О.Я. Установки кондиционирования воздуха. Основы расчета и проектирования/ О.Я.Кокорин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1988г. – 264с: ил.
4. Вентиляция, отопление и кондиционирование воздуха на текстильных предприятиях : Учеб. пособие для вузов / В.Н. Талиев [и др.], под ред. В.Н. Талиева. – М.: Легпромбытиздат, – 1985.– 256 с.
5. Участкин, П.В. Вентиляция, кондиционирование воздуха и отопления на предприятиях лёгкой промышленности : Учеб. пособие для студ. высш. техн. учеб. заведений / П.В. Участкин. – М.: Лёгкая индустрия, 1980. – 243 с., ил.
6. Кондиционеры «Веза» КЦКП : Документация для проектирования : [каталог], вып. 1, ред. 13 / ВЕЗА. – Москва, 2011. – 166 с.
7. Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 33 от 30.04.2013.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

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

Наименование цехов и отделов	Холодный 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 постановлению МЗ РБ № 33 от 30.04.2013					
Помещения отделочного производства	Согласно постановлению МЗ РБ № 33 от 30.04.2013					

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

Наименование цехов и отделов	Холодный 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 постановлению МЗ РБ № 33 от 30.04.2013					
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 постановлению МЗ РБ № 33 от 30.04.2013					
при сухой пряже	20–23	70–65	0,2–0,3	22–26	70–65	0,25–0,7
Приготовительно-ткацкий, початочные, развальные, сновальные машины	20–23	70–65	0,2–0,3	23–25	70–65	0,3–0,6
Шлихтовальные машины	Согласно постановлению МЗ РБ № 33 от 30.04.2013					
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

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

Наименование цехов и отделов	Холодный 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 постановлению МЗ РБ № 33 от 30.04.2013				
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; б) для 78 текс и ниже	22–25	60–55	0,2–0,6	25–28	65–60	0,5–1,0
	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 постановлению МЗ РБ № 33 от 30.04.2013				
прядение тонкой шерсти: а) для пряжи 62,5–31,25 текс; б) 32 текс и ниже	22–24	75–70	0,25–0,4	23–25	75–70	0,3–0,6
	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; б) 32 текс и ниже	22–24	70–65	0,25–0,4	24–26	70–65	0,4–0,7
	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
	22–24	65–60	0,25–0,4	23–26	65–60	0,3–0,7

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

Наименование цехов и отделов	Холодный 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
Суконные фабрики						
приготовительный	18–20	Согласно постановлению МЗ РБ № 33 от 30.04.2013				
аппаратный	22–24	60	0,25–0,4	23–24	60	0,3–0,4
прядильный и крутильный	22–24	65	0,25–0,4	23–24	65	0,3–0,4
пригот.-ткацкий	22–24	70–65	0,25–0,4	23–24	70–65	0,3–0,4
ткацкий	22–24	70–65	0,25–0,4	23–24	70–65	0,3–0,4
Камвольные фабрики						
приготовительный	18–20	Согласно постановлению МЗ РБ № 33 от 30.04.2013				
кардочесальный	22–24	60	0,25–0,4	23–24	60	0,3–0,4
гребнечесальный	22–24	65	0,25–0,4	23–24	65	0,3–0,4
ровничный	22–24	65	0,25–0,4	23–24	65	0,3–0,4
прядильный и крутильный	22–24	65	0,25–0,4	23–24	65	0,3–0,4
склад пряжи	22–23	70–65	0,25–0,4	22–24	70–65	0,3–0,4
пригот.-ткацкий	22–24	70–65	0,25–0,4	23–24	70–65	0,3–0,4
Ткацкий: кареточные станки	22–24	70–65	0,25–0,4	23–24	70–65	0,3–0,4
жаккардовые станки	22–24	60	0,25–0,4	23–24	60	0,3–0,4

Точность поддержания параметров внутреннего воздуха в контрольной точке помещения рекомендуется принимать:

- по температуре  $\pm 1$  °С;
- по относительной влажности  $\pm 3$  %.

Метеорологические условия в рабочей зоне цехов и отделов предприятий по переработке шелка (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
1	2	3	4	5	6	7
1. Шелковые предприятия (натуральный шелк)						
Шелкопрядение						
сортировочный	18–24	50	0,2–0,4	22–26	60	0,25–0,7
чесальный	22–24	65–60	0,25–0,4	22–26	70–60	0,25–0,7
угарный	22–26	65–60	0,25–0,7	22–26	65–60	0,25–0,7
приготовительный	22–26	65–60	0,25–0,7	24–26	65–60	0,4–0,7
прядильный	22–26	65–60	0,25–0,7	24–26	65–60	0,4–0,7
тростильно-крутильный	18–22	60–55	0,2–0,4	24–26	60–55	0,4–0,7
отделка шелковой пряжи	20–22	70–60	0,2–0,25	24–26	70–60	0,4–0,7
шелкокручение						
мотальный, тростильно-крутильный, карасно-крутильный	20–22	65–60	0,2–0,25	24–26	65–60	0,4–0,7
шелкоткачество						
мотальный, сновальный	18–20	65–60	0,2	22–26	65–60	0,25–0,7
ткацкий	18–20	70–65	0,2	22–26	70–65	0,25–0,7

Точность поддержания параметров внутреннего воздуха в контрольной точке помещения рекомендуется принимать:

- по температуре  $\pm 1$  °С;
- по относительной влажности  $\pm 3$  %.

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

Наименование цехов и отделов	Холодный период года			Теплый период года		
	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	Температура, °С	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 постановлению МЗ РБ № 33 от 30.04.2013					
помещение пред-фиксации	Согласно постановлению МЗ РБ № 33 от 30.04.2013					

Оптимальные значения параметров микроклимата на рабочих местах производственных и офисных помещений (в соответствии с Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 30 апреля 2013 № 33 «Гигиенический норматив «Показатели микроклимата производственных и офисных помещений»)

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iа	22–24	21–25	60–40	0,1
	Iб	21–23	20–24	60–40	0,1
	IIа	19–21	18–22	60–40	0,2
	IIб	17–19	16–20	60–40	0,2
	III	16–18	15–19	60–40	0,3
Теплый	Iа	23–25	22–26	60–40	0,1
	Iб	22–24	21–25	60–40	0,1
	IIа	20–22	19–23	60–40	0,2
	IIб	19–21	18–22	60–40	0,2
	III	18–20	17–21	60–40	0,3

Допустимые значения параметров микроклимата на рабочих местах производственных и офисных помещений (в соответствии с Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 30 апреля 2013 № 33 «Гигиенический норматив «Показатели микроклимата производственных и офисных помещений»)

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температуры воздуха выше оптимальных величин, не более	для диапазона температуры воздуха ниже оптимальных величин, не более
Холодный	Iа	20,0–21,9	24,1–25,0	19,0–26,0	15–75	0,1	0,1
	Iб	19,0–20,9	23,1–24,0	18,0–25,0	15–75	0,1	0,2
	IIа	17,0–18,9	21,1–23,0	16,0–24,0	15–75	0,1	0,4
	IIб	15,0–16,9	19,1–22,0	14,0–23,0	15–75	0,2	0,3
	III	13,0–15,9	18,1–21,0	12,0–22,0	15–75	0,2	0,4
Теплый	Iа	21,0–22,9	25,1–28,0	20,0–29,0	15–75	0,1	0,2
	Iб	20,0–21,9	24,1–28,0	19,0–28,0	15–75	0,1	0,3
	IIа	18,0–19,9	22,1–27,0	17,0–28,0	15–75	0,1	0,4
	IIб	16,0–17,9	21,1–27,0	15,0–28,0	15–75	0,2	0,5
	III	15,0–16,9	20,1–26,0	14,0–27,0	15–75	0,2	0,5

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### 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>									
Верхнедвинск	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	—
Марьино 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	—
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	—
Волковыск	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	—

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Коэффициенты использования электродвигателей

Промышленность, производство, отдел	Коэффициент использования, $K_{исп}$
<b><u>Хлопчатобумажная промышленность</u></b>	
Чесальные машины	0,88
Прядильные отделы	0,88
Мотально-тростильные отделы	0,82
Крутильные машины	0,88
Прядильные машины безверетенного прядения	0,69
То же, но с сороудалением	0,73
Мотальные и уточно-перемоточные машины	0,82
Ткацкие отделы	0,82
<b><u>Шерстяная промышленность</u></b>	
Прядильные отделы суконные	0,8
Прядильные камвольные, тростильно-крутильные	0,82
Ткацкие	0,84
<b><u>Шелковая промышленность</u></b>	
Крутильные, прядильные машины	0,79
Ткацкие станки	0,84
<b><u>Трикотажная промышленность</u></b>	
Основовязальные машины	0,67
Круглотрикотажные и кругловязальные автоматы, плоскофанговые полуавтоматы	0,75
<b><u>Швейная промышленность</u></b>	
Швейные машины	0,68
<b><u>Обувная промышленность</u></b>	
Оборудование обувных фабрик	0,68

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

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 теплопоступлений 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

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Техническая характеристика чугунных радиаторов и ребристых труб

Тип радиатора	Поверхность нагрева одной секции	
	F, м <sup>2</sup>	Fэкм, экм
<i>Радиаторы чугунные</i>		
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
<i>Ребристые трубы чугунные. Трубы с круглыми рёбрами длиной, м</i>		
0,5	1	0,69
0,75	1,5	1,03
1	2	1,38
1,5	3	2,07
2	4	2,76