

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ХОЛОДИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

---

Кафедра кондиционирования воздуха,  
сантехники и охраны труда

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ПО ДИПЛОМНОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ  
И ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

Составили А.Г.Сотников  
Т.Н.Бегунова

Ленинград  
1975

Методические указания утверждены на заседании  
методической комиссии холодильного факультета 21 февраля  
1976 года.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие.....	3
Наименование разделов расчёто-пояснительной записки и перечень чертежей .....	4
Методические указания по разработке разделов расчёто-пояснительной записи .....	8
Раздел I. Введение .....	8
Раздел II. Технико-экономическое обоснование проекта .....	9
Раздел III. Основные исходные данные проекта .....	9
Раздел IV. Тепловлажностный баланс помещений и определение воздухообменов .....	10
Раздел V. Выбор системы кондиционирования воздуха (СКВ) .....	18
Раздел VI. Расчёт оборудования СКВ .....	31
Раздел VII. Расчёт и подбор основного оборудования холодильной установки .....	47
Раздел VIII. Экономическая часть проекта .....	50
Список основной литературы .....	54
Приложение I. Определение годовых эксплуатационных расходов .....	55
Приложение 2. Наружный климат городов СССР .....	66
Приложение 3. Наиболее распространенные типы фасон- ных частей воздуховодов .....	88
Приложение 4. Коэффициенты сопротивления нормализованных всасывающих вентиляционных тройников .....	89
Составили Сотников А.Г., Бегунова Т.П. Методические указания по дипломному проектированию систем кондиционирования воздуха для промышленных и гражданских зданий.	

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящих методических указаниях отражены требования, которые кафедра предъявляет к объёму, содержанию и качеству дипломного проекта. В методических указаниях разработаны только те разделы расчётно-пояснительной записки проекта, по которым нет достаточно полных сведений в специальной литературе.

Большое место в методических указаниях отведено технико-экономическому обоснованию выбора схемы и системы кондиционирования воздуха (СКВ) и вопросам вариантового проектирования. Методические указания являются также основой для составления плана-графика, организующего равномерную работу дипломника в течение всего периода проектирования.

Введение, раздел УШ "Экономическая часть проекта", раздел II "Технико-экономическое обоснование проекта" и § 3 раздела У "Технико-экономическое обоснование выбора схемы и аппаратов СКВ на основании сравнения нескольких вариантов технического решения проекта" написаны при участии кафедры экономики промышленности и организации производства.

Раздел УП "Расчёт основного оборудования холодильной установки" написан при участии доцента кафедры холодильных машин Р.Н.Михальской.

§ II раздела УI "Расчёты на прочность элементов СКВ" написан при участии ассистента кафедры деталей машин и подъёмно-транспортных механизмов Л.В.Герман.

В методических указаниях применена техническая система единиц; для перевода единиц в систему СИ следует пользоваться следующими соотношениями:

1. Энергия, теплота (количество тепла):

$$1 \text{ ккал} = 1,163 \text{ Вт}\cdot\text{ч} = 4,187 \text{ кДж.}$$

2. Мощность, тепло или холодоизделительство:

$$1 \text{ ккал}/\text{ч} = 1,163 \text{ Вт.}$$

3. Удельная теплоёмкость: 1 ккал/кГ·град = 4,187 кДж/(кг·К).

4. Энтальпия, теплота парообразования, характеристика процесса  $\mathcal{E}$ :

$$1 \text{ ккал}/\text{кг} = 4,187 \text{ кДж}/\text{кг.}$$

5. Коэффициент теплопроводности: 1 ккал/м·ч·град = 1,163 Вт/м·К.

6. Коэффициент теплопередачи:  $I \text{ ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град} = 1,163 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .
7. Давление:  $I \text{ кг}/\text{см}^2 = 0,97 \text{ физ.атм.} = 735,6 \text{ мм.рт.ст.} = 98070 \text{ Па} = 98,07 \text{ кПа}$ .  $I \text{ мм.рт.ст.} = 13,6 \text{ кг}/\text{м}^2 = 133,3 \text{ Па}$ .
8. Плотность:  $I \text{ г}/\text{см}^3 = 1000 \text{ г}/\text{м}^3$ .  $I \text{ кг} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4 = 9,81 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

Основываясь на опыте кафедры по руководству дипломным проектированием, кафедра рекомендует:

- в дипломном проекте использовать результаты теоретических и экспериментальных исследований, проведённых дипломниками в кружках СНО и во время преддипломной практики;
- глубоко разрабатывать вопросы технико-экономического обоснования выбора СКВ (схем, аппаратов), что значительно расширяет кругозор дипломников и придаёт уверенность при защите проекта;
- не использовать в проекте схем, аппаратов, приборов, которые дипломником изучены недостаточно;
- не подменять дипломный проект работой, выполняемой параллельно проектной организацией, так как к дипломному проекту предъявляются специфические как учебно-методические, так и квалификационные требования;
- не перегружать пояснительную записку повторяющимися однообразными расчётами (теплопотери, тепловыделения, воздухообмены и т.п.). Если СКВ проектируется для большого количества помещений (этажей), то часть помещений допускается рассчитывать по укрупнённым показателям.

Расчётно-пояснительная записка начинается титульным листом (образец прилагается), выполняемым на ватмане черной тушью; затем подшивается задание на дипломный проект и аннотация.

Наименование разделов расчётно-пояснительной записи  
и перечень чертежей

- Раздел I. Введение.  
 Раздел II. Технико-экономическое обоснование проекта.  
 Раздел III. Основные исходные данные проекта.  
 § 1. Характеристика строительной части объекта; описание технологического процесса.  
 § 2. Внутренний и наружный климат. Определение продолжительности летних и зимних нарушений.

Раздел IV. Тепловлажностный баланс помещений и определение воздухообменов.

- § I. Расчёт наружных ограждающих конструкций; определение теплопотерь и теплопритоков через ограждения.  
 § 2. Определение тепловыделений от различных источников.  
 § 3. Определение влаговыделений.  
 § 4. Определение выделений газов, паров, пыли. Определение воздухообмена по наружному воздуху.  
 § 5. Определение тепловлажностного отношения " $\mathcal{E}$ " и построение луча процесса в диаграмме  $T-d$  для различных периодов года.  
 Выбор рабочей разности температур " $\Delta t_p$ " и коэффициента " $m$ ".  
 Определение воздухообмена по периодам года.

Раздел V. Выбор системы кондиционирования воздуха (СКВ).

- § 1. Производительность СКВ и число кондиционеров.  
 § 2. Выбор и описание схемы обработки воздуха в СКВ по режимам (с учётом изменения наружного климата).  
 § 3. Технико-экономическое обоснование выбора схемы и аппаратов СКВ на основании сравнения нескольких вариантов технического решения проекта.  
 § 4. Выбор схемы и приборов автоматического регулирования СКВ. Описание работы схемы в различных режимах.

Раздел VI. Расчёт и выбор оборудования системы кондиционирования воздуха.

- § 1. Расчёт форсуночной камеры.  
 § 2. Расчёт поверхностного воздухоохладителя.  
 § 3. Выбор типа фильтра для очистки воздуха и обоснование места его установки.  
 § 4. Расчёт воздухонагревателей.  
 § 5. Воздухоопределение. Схема воздуховодов. Аэродинамический расчёт воздуховодов. Сопротивление секций кондиционера.  
 § 6. Подбор вентиляционной установки и вопросы шумоглушения.  
 § 7. Выбор и расчёт сечений регулирующих автоматизированных воздушных и водяных клапанов.  
 § 8. Расчёт тепловой изоляции воздуховодов и трубопроводов.  
 § 9. Подбор насосов и электродвигателей к ним.  
 § 10. Определение ёмкости бака-аккумулятора и расчётной холодоизделийности холодильной машины.  
 § II. Расчёты на прочность элементов СКВ.

§ 12. Мероприятия по гражданской обороне объекта.

Раздел УП. Расчёт и подбор основного оборудования холодильной установки.

§ 1. Выбор типа и схемы холодильной машины.

§ 2. Расчёт и подбор холодильной машины и теплообменных аппаратов.

§ 3. Автоматическое регулирование и защита холодильной машины.

Раздел УШ. Экономическая часть проекта.

§ 1. Общие положения.

§ 2. Определение суммы капитальных затрат.

§ 3. Определение суммы годовых эксплуатационных расходов.

§ 4. Выводы.

Раздел IX. Охрана труда и техника безопасности.

По этому разделу имеются специальные методические указания.

Перечень чертежей к проекту

Лист I. Принципиальная схема СКВ (кондиционируемые помещения, кондиционеры, холодильная установка, рециркуляционно-вытяжные установки, воздуховоды, шумоглушители, доводчики).

Лист 2. Технико-экономическое обоснование выбора СКВ (или аппаратов в СКВ). Технико-экономические показатели, на основании сравнения которых выбран данный вариант СКВ. Схемы вариантов СКВ. Лист 2 может совмещаться с листом I.

Лист 3. Диаграмма  $\Sigma - d$  с построением процессов обработки воздуха в различных режимах.

Лист 4 (5). Планы и разрезы кондиционируемых помещений с нанесением основного технологического оборудования, приточных, вытяжных, рециркуляционных воздуховодов и др. элементов СКВ. Экспликация технологического оборудования. Спецификация оборудования СКВ. Масштаб I:100; I:50.

Лист 6,7 (8). Рабочие чертежи. Планы и разрезы помещений для кондиционеров с расположением всего оборудования и привязкой его к строительным конструкциям (кондиционеры, насосы, вентиляторные установки, баки, трубопроводы, арматура). Спецификация оборудования. Масштаб I:50; I-20; I:10.

Лист 9,10. Холодильная установка. Планы и разрезы помещения с установкой оборудования и привязкой его к строительным конструкциям. Схема автоматического регулирования и трубопроводов. Спецификация оборудования.

Лист II. Схема холодоснабжения кондиционеров (воздухоохладители, испарители, баки холодной и отапленной воды, трубопроводы, арматура) без масштаба (может совмещаться с листами 9, 10).

Лист I2. Технологическая схема системы автоматического регулирования, контроля и блокировки СКВ. Без масштаба.

Лист I3. Рабочие чертежи узлов и деталей СКВ (фильтры, глушиители, подогреватели, воздухораспределители и др.). Масштаб I:10, I:5.

Лист I4. Аксонометрическая схема трассировки воздуховодов СКВ и рециркуляционно-вытяжных установок с указанием расходов воздуха, длин и диаметров всех участков, запорно-регулирующей сетевой арматуры и пр. Масштаб I:100.

Минимальное количество листов чертежей в проекте I0. Чертежи оформляются в соответствии с комплексом стандартов "Единая система конструкторской документации" ЕСКД.

Основная литература: [19] - [22].

Дополнительная литература

1. ЕСКД. Основные положения. ГОСТ 2.101-68 и ГОСТ 2.109-68.М., 1969.
2. ЕСКД. ГОСТ 2.301-68. ГОСТ 2.309-68. М., 1969.
3. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. ГОСТ 2.721-68, ГОСТ 2.748-68, ГОСТ 2.750-68, ГОСТ 2.751-68. М., 1969.

Трудоёмкость выполнения дипломного проекта по разделам  
(примерная)

№ разделов	Наименование разделов	%
I	2	3
II	Введение .....	I
III	Технико-экономическое обоснование выбора схемы или аппаратов СКВ .....	2
IV	Основные исходные данные проекта .....	3
	Тепловлажностный баланс помещений и определение воздухообменов .....	8

I	2	3
У	Выбор системы кондиционирования воздуха .....	15-20
УИ	Расчёт и подбор оборудования системы кондиционирования воздуха .....	20
УП	Расчёт и подбор основного оборудования холодильной установки .....	7
УШ	Экономическая часть проекта .....	7
IX	Охрана труда и техника безопасности .....	2
	Графическая часть и оформление .....	30-35
		100

Методические указания по разработке разделов  
расчёто-пояснительной записи

Раздел I. Введение.

Во введении обосновывается необходимость внедрения СКВ. Для этого используются материалы, освещающие вопросы развития отрасли или области техники, к которой относится объект проектирования. Устанавливаются направления в развитии техники кондиционирования воздуха в связи с развитием промышленности и народного хозяйства. Анализируется опыт внедрения СКВ в данную отрасль или область техники; освещается имеющаяся по данному вопросу литература как отечественная, так и зарубежная; характеризуется современное состояние этой отрасли или области техники. Устанавливаются пути (варианты) решения поставленной задачи.

Наряду с экономической и организационной необходимостью проектирования СКВ, во введении анализируется социально-политическая значимость её внедрения.

Во введении также указывается, что выбор данной СКВ сделан на основании сравнения технико-экономических показателей, приведённых в разделе У, § 3, а в разделе УШ "Экономическая часть проекта" выполнены технико-экономические расчёты эффективности внедрения данной СКВ при сопоставлении её с лучшим из аналогов, который выбран на основании полной идентичности целого ряда показателей (раздел УШ, § 1).

Если аналоги отсутствуют, то указывается, что в разделе УШ определена величина капиталовложений, сумма годовых эксплуатационных расходов, себестоимость  $1000\text{м}^3$  кондиционированного воздуха и другие величины.

Раздел II. Технико-экономическое обоснование проекта  
(по результатам расчётов, проведенных в разделе У, § 3)

Обоснование необходимости применения комфорtnого или технологического кондиционирования воздуха объекта (летнего или круглогодичного).

Обзор отечественной и зарубежной техники кондиционирования воздуха объектов аналогичного назначения и близких параметров; преимущества и недостатки существующих систем кондиционирования воздуха (схем кондиционирования воздуха или аппаратов), которые могли бы быть приняты для решения поставленной в данном проекте задачи.

Обоснование выбранной СКВ и краткое её описание.

Раздел III. Основные исходные данные проекта

§ I. Характеристика строительной части объекта;  
описание технологического процесса

Наименование объекта и его географическое расположение (ширина). Конструктивное решение здания (этажность, наличие чердака, подвала, технического этажа, конструкции наружных стен, перегородок, перекрытий, полов, оконных проёмов и другие особенности).

Описание технологического процесса; влияние его на архитектурно-строительное решение здания. Вредности, выделяющиеся в результате технологического процесса (тепло, влага, пыль, газы), их влияние на организм человека. Требования, предъявляемые технологическим процессом к метеорологическим условиям помещения; соответствие этих требований комфорtnым условиям пребывания человека в помещении.

Какое влияние окажет СКВ на производительность труда и повышение качества продукции.

Основная литература: [10] - [18].

## § 2. Внутренний и наружный климат. Определение продолжительности летних и зимних нарушений

Принятые параметры внутреннего воздуха: температура, относительная влажность, подвижность - согласно техническому заданию. Допустимые отклонения от принятых параметров в различные периоды года; чем они вызываются; как объясняется возможность отклонения. Принятые параметры наружного воздуха для тёплого и холодного периодов года: температура, теплосодержание и расчётное барометрическое давление, которые обычно соответствуют параметрам "Б" СНиП, а [3].

Проверить расчётом, что для данного города летние нарушения находятся в пределах 200 часов в течение года.

В случае, если даже кратковременное отклонение параметров внутреннего воздуха ( $t_b$ ,  $\varphi_b$ ) от принятых приводит к нарушению технологии производства и браку дорогостоящей продукции (прецзионные детали, оптические устройства и т.п.), то при проектировании СКВ выбираются параметры "Б" СНиП, а [3].

Основная литература: [3], [5], [6], [8], вып.2, диаграмма  $\mathcal{I}$ - $d$ , [10]-[18].

### Дополнительная литература:

1. Успенская Л.Б. Статистические закономерности изменения состояния наружного воздуха. Сборник трудов ВНИИГС, № 26, ЦБТИ, М., 1968.

## Раздел IV. Тепловлажностный баланс помещений и определение воздухообменов

### § I. Расчёт наружных ограждающих конструкций; определение теплопотерь и теплопритоков через ограждения

Расчёт заключается в определении (или проверке): требуемого термического сопротивления ограждения (стены, перекрытия, покрытия и т.д.); толщины изолирующего слоя; коэффициента теплопередачи ограждения.

Примечание. Расчёт ограждений на паропроницание и воздухопроницание производится по особому указанию руководителя.

Расчёт теплопотерь (теплопритоков), как правило, производится в табличной форме (см.табл. I).

Теплопритоки (теплопотери) используются для составления тепловлажностного баланса помещений и для выбора системы отопления (постоянно действующей, дежурной или воздушной, совмещенной с СКВ), а также для расчёта элементов системы отопления.

Основная литература: [1] - [3], [8], вып.3.

### § 2. Определение тепловыделений от различных источников

Перечислить источники тепловыделений в холодный, тёплый (и переходный) периоды года. В общем случае такими источниками являются: технологическое оборудование (нагретые поверхности); электродвигатели; искусственное освещение; солнечная радиация (учитывается при температурах наружного воздуха выше +5°); люди и пр.

После определения тепловыделений от различных источников произвести суммирование количеств тепла для каждого периода года, одновременно поступающих в помещение (табл.2).

Примечания. 1. Термо солнечной радиации, как правило, не суммируется с теплом от искусственного освещения. 2. При расчёте теплопритоков от солнечной радиации через остеклённые ограждения следует учитывать в дальнейших расчётах большую величину теплопритоков, для чего определяется теплоприток через остеклённые ограждения в одной наружной стене и сравнивается с величиной суммарных теплопритоков через остеклённые ограждения двух смежных стен, умноженной на коэффициент 0,7. 3. Теплопритоки через массивные ограждения (в основном через стены) проникают в помещения с большим запаздыванием (на 7-10 часов) и не учитываются. 4. Итоговые тепловыделения необходимо показывать в виде трёх величин  $Q_{\text{явн}}$ ;  $Q_{\text{скр}}$ ;  $Q_{\text{полн}}$ .  
Основная литература: [3], [5] - [18].

### § 3. Определение влаговыделений

Перечислить источники влаговыделений (или влагопотерь) в холодном, тёплом (и переходном) периодах года.

В общем случае такими источниками являются: открытые поверхности испарения и утечки пара; высыхающие материалы; химические реакции; люди и пр.

В итоге для каждого периода года необходимо получить величину суммарных влаговыделений (влагопотерь)  $\pm W$  кг/ч и определить скрытое тепло  $Q_{\text{скр}} = \dot{L}_n W$  ккал/ч.

Литература та же, что и к § 2.

Таблица I

## Расчёт теплопотерь (теплопротитоков)

Назначение помещения	Ораждения	$t_a$	Коэффициент теплоизоляции	Параметры	Добавки, %												A	
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	

## Примечания.

1. Размеры отражений (табл. 6) принимаются по правилам обмера [2].
2.  $Q_o$  - основные теплопотери, A - общий коэффициент добавочных теплопотерь (коэффициент A = 1,2, если сумма добавочных теплопотерь составляет 20%).
3. Расчёт теплопотерь обычно производится для холодного периода года, при разности температур  $t_b - t_{n,p}$ , где  $t_b$  - температура внутреннего воздуха, а  $t_{n,p}$  - расчетная температура наружного воздуха (параметры "Б"). Для промежуточных температур (например,  $t_n = +10^\circ\text{C}$ ), величина полных теплопотерь через наружные ограждения определяется пересчётом

$$Q = \frac{Q_o}{t_b - t_{n,p}} (t_b - t_n)$$

4. Теплопотери за счёт инфильтрации могут не учитываться, если окна и дверные проёмы уплотнены и помещение находится "под подпором".
5. Теплопротиток через стеклянные поверхности в данной таблице не рассчитывается.

## § 4. Определение выделений газов, паров, пыли. Определение воздухообмена по наружному воздуху

Перечислить источники выделения газов, паров, пыли. В общем случае такими источниками являются: химические реакции; испарение растворов различных кислот, лаков, растворов; сжигание топлива; выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания; механическая обработка изделий и пр.

Описать токсичность выделяющихся вредностей. Описать устройства локализующей вентиляции. Определить количество газов и паров, выделяющихся от различных источников, не оборудованных устройствами локализующей вентиляции (в том числе неплотностей аппаратуры и трубопроводов). Определить воздухообмен по наружному воздуху.

Для общественных зданий и производственных помещений без вредных выделений газов, паров, пыли воздухообмен по наружному воздуху определяется по  $\text{CO}_2$ , выделяемому людьми.

Примечание. Объёмы воздуха, удаляемые местными отсосами от оборудования, принимаются по таблицам [6] и рассчитываются только в случае, если в литературе нет аналогии с данным оборудованием.

Основная литература: [3], [4], [6], [7], [8], вып. 2, [10] - [18].

§ 5. Определение тепловлажностного отношения  $\mathcal{E}$  и построение луча процесса в диаграмме  $\mathcal{J}-d$  для различных периодов года. Выбор рабочей разности температур  $\Delta t_p$  и коэффициента  $m$ . Определение воздухообмена по периодам

По итогам расчётов в параграфах I, 2, 3 определить тепловлажностное отношение " $\mathcal{E}$ " для холодного, тёплого (а при наличии и для переходного) периодов года:

$$\mathcal{E} = \frac{\frac{+Q_{\text{рабн}}}{W} + \frac{+Q_{\text{эксп}}}{W}}{\frac{+Q_{\text{рабн}}}{W} + \frac{+L_n W}{W}} = \frac{\frac{+Q_{\text{рабн}}}{W} + L_n W}{\frac{+Q_{\text{рабн}}}{W} + W} \text{ ккал/кг}$$

Для построения луча процесса в диаграмме  $\mathcal{J}-d$  используется выражение  $\mathcal{E} = \frac{+Q \mathcal{J}}{+W \alpha}$ , в котором  $\frac{+Q \mathcal{J}}{+W}$  принимается произвольно и определяется величина  $\frac{+Q \mathcal{J}}{+W}$  (процесс B-X, рис. I).

Точка II на обращённом процессе B-Z (рис. I) обозначает параметры приточного воздуха, подаваемого в помещение. Разность температур  $t_b - t_n$  называется рабочей разностью температур  $\Delta t_p$ .

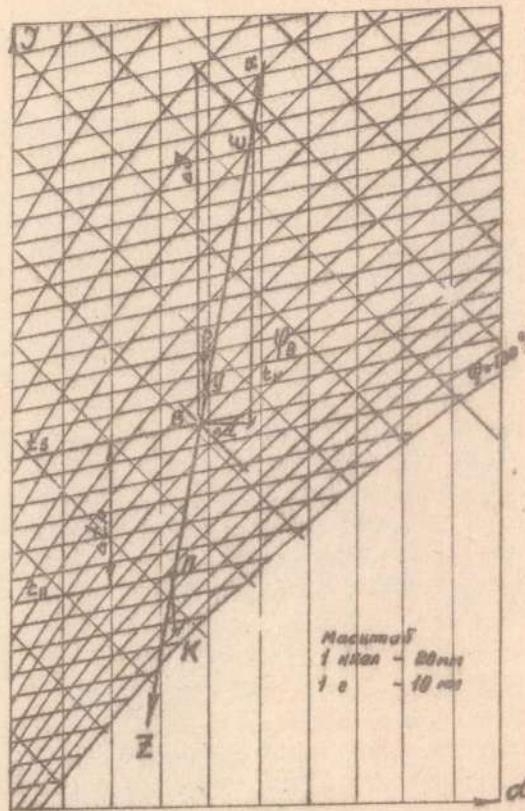


Рис.1. Построение луча процесса  $E$  (ккал/кг) в  $T-d$  диаграмме и выбор  $\Delta t_p$ .

Выбор  $\Delta t_p$  имеет большое значение для дальнейших расчётов. Для случая, когда обращённый процесс  $B-Z$  переекает кривую  $\varphi=100\%$ , рекомендуется принимать наибольшее значение  $\Delta t_p$ , тогда количество приточного воздуха или воздухообмен будет минимальным, а СКВ - наиболее экономичная.

Расчётным режимом работы СКВ называют режим, требующий наибольшего количества приточного воздуха; как правило, такой режим соответствует летнему периоду года, когда избыточные тепловыделения

имеют наибольшую величину. Для других режимов работы СКВ с меньшими тепловыделениями возможны два решения задачи кондиционирования воздуха: а) сохранение воздухообмена, принятого для расчётного режима, и уменьшение  $\Delta t_p$  (качественное регулирование); б) сохранение  $\Delta t_p$ , принятой для расчётного режима, и уменьшение количества приточного и вытяжного воздуха (количественное регулирование).

Обозначения:  $B-X$  - направление самопроизвольного процесса в помещении;  $B-Z$  - направление обращённого процесса;  $B$  - состояние внутреннего воздуха (рабочей зоны);  $U$  - состояние уходящего воздуха;  $P$  - состояние рециркуляционного воздуха;  $H$  - состояние приточного воздуха;  $K$  - состояние воздуха после камеры орошения (или воздухоохладителя).

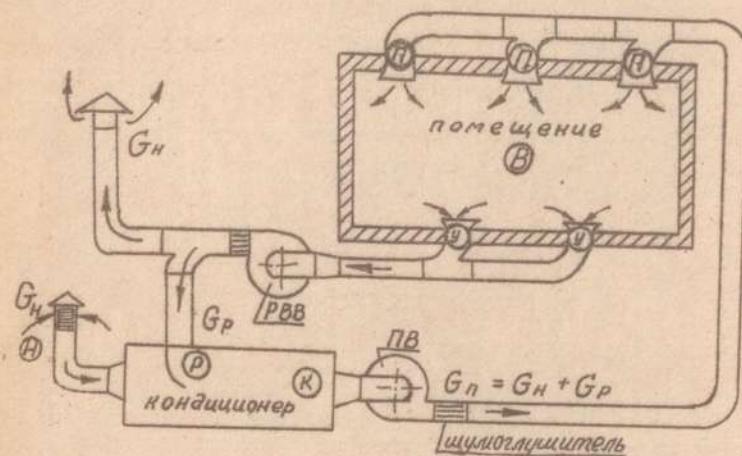


Рис.2. Принципиальная схема двухвентиляторной СКВ, использующей наружный и рециркуляционный воздух.

Обозначения: ПВ - приточный вентилятор; РВВ - рециркуляционно-вытяжной вентилятор;  $G_n$ ,  $G_H$ ,  $G_P$  - весовой часовой расход приточного, наружного и рециркуляционного воздуха, соответственно; остальные обозначения см. рис.1.

Табл.2 отражает динамику изменений тепловлаговыделений и тепловлажностного отношения  $E$  при различных значениях темпе-

Таблица 2<sup>ε</sup>  
Динамика изменения тепло-выделений и теплопотерь помещения

$t_{\text{н}}$ , °C	Тепло-потери (тепло- притоки)	Иное тепло, ккал/ч			$Q_{\text{ян}}$ избыт., ккал/ч	Влагоыделе- ния техно- логиче- ские, кг/ч	$W$ , кг/ ч	$Q_{\text{ср}}$ скрытое тепло, ккал/ч	$Q_{\text{полн}}$ полное тепло, ккал/ч	$\epsilon$		
		лодж.	натре- ные поверх- ности	элек- тро- тичес- кие								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II		
-20	-8000	800	600	3000	860	-	-2740	1,5	3,0	+1800	-940	-313
-10	-6000	800	600	3000	860	-	-740	1,5	3,0	+1800	+1060	+353
0	-4000	800	600	3000	860	-	+1260	1,5	3,0	+1800	+3060	+1020
+5	-3000	800	600	3000	-	2000	+3400	1,5	3,0	+1800	+5200	+1730
+10	-2000	800	600	3000	-	2000	+4400	1,5	3,0	+1800	+6200	+2070
+20	-	800	600	3000	-	2000	+6400	1,5	3,0	+1800	+8200	+2730
+28	+1600	800	600	3000	-	2000	+8000	1,5	3,0	+1800	+9800	+3266

- Примечания. 1. При составлении таблицы принято, что температура воздуха в помещении постоянна круглый год:  $t_A = 20^\circ\text{C}$ .
2. Теплопотери помещения компенсируются работой СКВ; если же в здании существует (или проектируется) самостоятельная система отопления, то теплопотери (графа 2) не засчитываются в баланс СКВ.

ратуры наружного воздуха, что необходимо учитывать при выборе процессов обработки воздуха в  $J - d$  диаграмме и выборе способа регулирования.

На рис.2 показана схема двухвентиляторной СКВ, использующей как наружный, так и рециркуляционный воздух. Схема даёт представление об изменении температуры воздуха, транспортируемого по воздуховодам, соединяющим кондиционер и кондиционируемое помещение. Повышение температуры транспортируемого воздуха обусловлено двумя причинами:

1) в результате теплообмена через стекла воздуховодов, в основном по пути охлаждённого воздуха К-П (рис.2); это повышение температуры  $\Delta t_{\text{т.о}}$  можно принять  $0,5\text{--}2,0^\circ\text{C}$ ;

2) в результате потерь энергии, подаваемой к вентилятору, который тратится на преодоление сопротивлений системы и переходит в тепло, повышая температуру воздуха на

$$\Delta t_2 = \frac{860 - H}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_e \cdot C_o} = 0,008 \frac{H}{\eta_e}, \quad ^\circ\text{C}$$

где  $H$  – давление, развиваемое вентилятором,  $\text{kgr/m}^2$ ; для ориентировочных расчётов можно принимать для приточного вентилятора (ПВ) равным  $100 \text{ kg/m}^2$  и для рециркуляционно-вытяжного вентилятора (РВВ)  $50 \text{ kg/m}^2$ ;

$\eta_e$  – КПД вентилятора; можно принимать  $\eta_e = 0,75\text{--}0,80$  (ориентировочно принятые величины далее уточняются) см. § 8 раздела VI.

Обычно  $\Delta t_{\text{т.о}} + \Delta t_2 = 2\text{--}3^\circ\text{C}$ . Повышение температуры воздуха частично происходит в вентиляторе, а в основном на пути движения воздуха пропорционально величине сопротивления. Следовательно, процесс нагревания К-П и У-Р обусловлен первой и второй причиной (рис.2).

Воздухообмен следует определять по основному уравнению:

$$V = \frac{Q_{\text{збл. изб}}}{C_o(t_b - t_a)} = \frac{Q_{\text{полн. изб}}}{\gamma(d_b - d_a)} = \frac{m \cdot W}{\gamma(d_b - d_a)}, \quad \text{м}^3/\text{ч}$$

где  $t_b, J_b, d_b$  – параметры воздуха в рабочей зоне помещения;

$t_a, J_a, d_a$  – параметры воздуха приточного;

$m$  – коэффициент, зависящий от способа подачи и удаления воздуха и выражający связь между температурами  $t_b, t_a$  и  $t_y$  температурой входящего из помещения воздуха:

$$m = \frac{t_a - t_n}{t_y - t_n}.$$

При удалении воздуха из нижней (рабочей) зоны помещения коэффициент  $m = 1,0$ , так как  $t_y = t_s$ , а в других случаях коэффициент  $m$  принимается по табл. 3 (по данным Айрапетовой Л.А.), для кратностей воздухообмена  $n = 8 - 20 \text{ l/c}$ .

Таблица 3

№ схемы	Подача приточного воздуха	Удаление отработанного воздуха	Коэффициент $m$
1	Сверху через плафон	Сверху через плафон	0,77
2	- " -	Снизу через решётки	1,06
3	- " -	Сбоку под потолком	0,91
4	Снизу через тумочки	Сверху через плафон	$0,45 + 0,0234 \cdot n$
5	- " -	Сбоку под потолком	$0,55 + 0,0225 \cdot n$
6	Настильной компактной струей на потолок	Централизованное сверху	$0,45 + 0,0234 \cdot n$
7	- " -	То же, снизу	1,17-1,40

Основная литература: [3], [10] - [15].

Дополнительная: Айрапетова Л.А. Воздухообмен в горячих отделениях приёмно-усилительных ламп и в механическом цехе завода радиоэлектроники. Автореферат кандидатской диссертации. М., НИИ сантехники, 1964.

#### Раздел V. Выбор системы кондиционирования воздуха (СКВ)

##### § 1. Производительность системы кондиционирования воздуха и число кондиционеров

СКВ промышленных и общественных зданий большого объёма обычно комплектуются из типовых секций центральных горизонтальных секционных кондиционеров номинальной производительностью: 30, 40, 60, 80, 120, 160 и 250 тыс. $\text{м}^3/\text{ч}$  (фактическая производительность кондиционера может отклоняться на 10-20%).

Промышленностью выпускается большое количество автономных и неавтономных кондиционеров сравнительно небольшой производительности, которые имеют ряд преимуществ перед центральными кондиционерами: компактность, дешёвый монтаж, отсутствие воздуховодов, экономия электроэнергии. Применение этих кондиционеров рекомендуется:

1) для небольших по объёму помещений; 2) для СКВ в существующих зданиях в условиях ограниченных площадей и высот помещений.

Для обслуживания нескольких небольших помещений прямоточной СКВ (обрабатывающей только наружный воздух) целесообразно применение многозональных неавтономных кондиционеров.

Воздухообмен, вычисленный в предыдущем разделе § 5, является основанием для выбора кондиционеров определённой производительности. Количество установок СКВ (или число кондиционеров) зависит от целого ряда обстоятельств, в частности, при технологическом кондиционировании число кондиционеров должно быть не менее двух, соединённых между собой воздуховодами (общая сеть). Не объединяются общей системой КВ:

1) помещения одного производственного здания, различающиеся технологическим режимом и токсичностью выделяющихся вредностей;

2) производственные помещения, имеющие различную смесь работы;

3) производственные (и другие) помещения с резко отличающейся динамикой изменения тепло-влаговыделений и тепловлажностного отношения " $\mathcal{E}$ " (см.табл.2).

Помещения с близкой динамикой изменения тепло-влаговыделений и одинаковыми значениями  $\mathcal{E}$  могут быть объединены одной СКВ при условии оборудования их зональными доводчиками для возможности независимой регулировки параметров воздуха в этих помещениях.

Воздухообмен определяется для каждого помещения с учётом их группировки в одну (или несколько) СКВ.

Основная литература: [3], [5] - [8], [10], [11], [13], [15].

##### § 2. Выбор и описание схемы обработки воздуха в СКВ по режимам (с учётом изменения наружного климата)

Для общего представления о том, как решается вопрос выбора схемы обработки воздуха в СКВ по режимам, рассматриваются два примера.

Пример I (рис.3). В производственном помещении тепловыделения значительны и переменны, влаговыделения малы и постоянны; тепло-влажностное отношение меняется в пределах  $\mathcal{E} = 3000-4000 \text{ ккал/кг}$ . Рекиркуляция воздуха в помещении допускается до 90%. В помещении требуется круглогодично поддерживать постоянными температуру и относительную влажность воздуха.

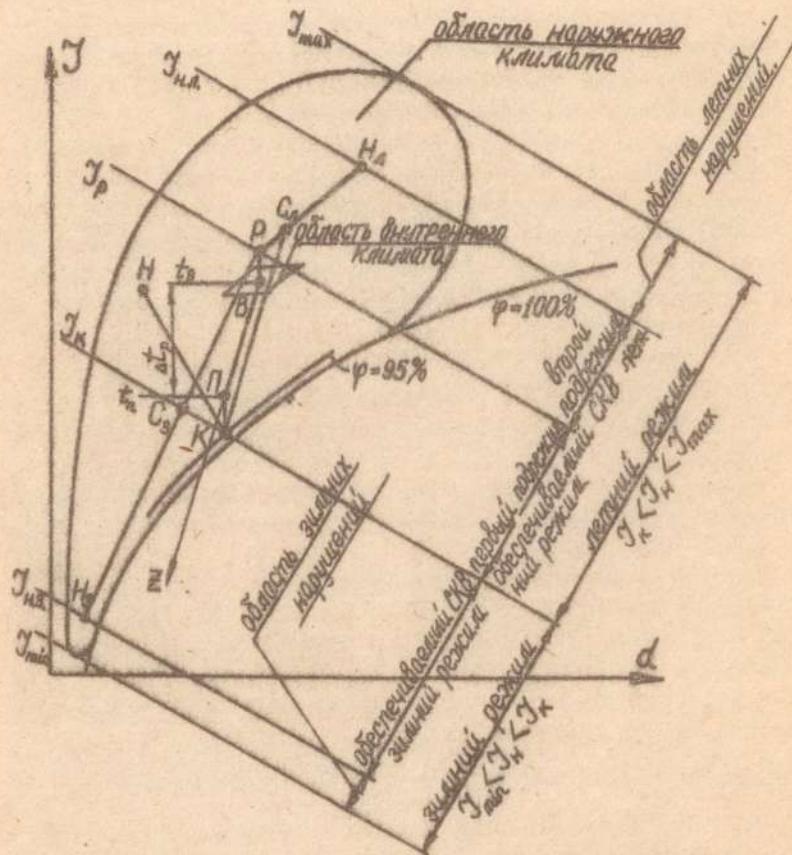


Рис.3. Построение на диаграмме  $J - d$  процессов кондиционирования воздуха в летнем и зимнем режимах. Схема обработки воздуха с переменной первой рециркуляцией.

Обозначения:  $H_s$ ;  $H_d$  – состояние наружного воздуха в расчётных зимних и летних условиях соответственно;  $C_s$ ;  $C_d$  – состояние смеси воздуха в расчётных зимних и летних условиях соответственно. Остальные обозначения – см.рис.1.

Так как влаговыделения малы и постоянны, то поддержание относительной влажности воздуха производится по методу "точки росы" (см.раздел У, § 4). Так как тепловыделения переменны, то для поддержания в помещении заданной температуры изменяется количество приточного и вытяжного воздуха (схема количественного регулирования), см.раздел У, § 4. Для принятой схемы регулирования температуры воздуха в помещении рабочая разность температур  $\Delta t_p$  постоянна в течение года. Выбор  $\Delta t_p$  производится следующим образом. На обращённом процессе В–Z высырается точка II так, чтобы процесс К–П, учитывающий нагрев воздуха в вентиляторе и воздуховодах, составлял  $2-3^{\circ}$  (см.раздел IV, § 5), а относительная влажность воздуха состояния К равна  $\varphi_K = 95-97\%$ .

Схема обработки воздуха по режимам выбирается следующей (рис.3).

Летний режим  $J_H > J_K$ , количество рециркуляционного воздуха составляет 90% от общего воздухообмена (количество наружного воздуха 10%). Применение рециркуляции в этом случае сокращает расход холода при  $J_H > J_p$ . Смесь наружного и рециркуляционного воздуха полигротически охлаждается и осушается в форсуночной камере до состояния К и с параметрами точки П подаётся в помещение. Состояние воздуха К поддерживается датчиком "точки росы", установленным за форсуночной камерой и воздействующим на температуру воды, поступающей к форсункам. На рис.3 показано, что в летнем режиме целесообразна работа СКВ по двум под режимам: первый под режимом – в области наружного климата, расположенной между энталпиями  $J_k + J_p$ , СКВ работает только на наружном воздухе, что приводит к экономии холода (электроэнергии и воды), но и к усложнению системы автоматического регулирования в связи с её переключением. Второй под режим – в области  $J_H > J_p$  – СКВ работает с постоянной рециркуляцией, равной 90%.

Зимний режим  $J_H < J_k$ , соотношение рециркуляционного и наружного воздуха определяется отношением отрезков  $C_{sH}$  и  $C_{sP}$ . Смесь адиабатически увлажняется и охлаждается в форсуночной камере до состояния К и с параметрами точки П подаётся в помещение. По мере повышения температуры наружного воздуха в течение зимнего режима доля рециркуляционного воздуха сокращается, а доля наружного – увеличивается. Этим переменным соотношением управляет датчик "точки росы". При  $J_H = J_k$  количество рециркуляционного воздуха становится равным нулю, а СКВ работает как прямоточная.

Пример 2 (рис.4). Условия аналогичны примеру I. В помещении требуется круглогодично поддерживать постоянную относительную влажность воздуха; температура воздуха принимается в летнем режиме  $t_{a,l} = +23^{\circ}\text{C}$ , в зимнем режиме  $t_{a,z} = +18^{\circ}\text{C}$ .

Все положения, относящиеся к выбору метода поддержания температуры и относительной влажности воздуха и выбору  $\Delta t_p$ , изложенные в примере I, сохраняются. Схема обработки воздуха по режимам выбирается следующей. Летний  $\mathcal{J}_h > \mathcal{J}_k^3$  и зимний  $\mathcal{J}_h < \mathcal{J}_k^3$  режимы аналогичны примеру I. Кроме этих режимов, в области наружного климата  $\mathcal{J}_{k,3} + \mathcal{J}_{k,l}$  предусматривается работа СКВ по переходному режиму, в котором обрабатывается только наружный воздух (например, состояние  $H_n$ ). В процессе адиабатического увлажнения и охлаждения воздух принимает параметры точки K ( $\varphi_k = 95\text{-}97\%$ ).

Перед выбором схемы обработки воздуха полезно ознакомиться с некоторыми схемами и системами кондиционирования воздуха.

Системы однозональные или многозональные (последние обслуживают одно большое помещение или группу помещений с различными значениями тепловлажностного отношения  $\delta$  и разной динамикой его изменения во времени при необходимости точного поддержания температуры и влажности в каждом помещении);

системы одновентиляторные или двухвентиляторные (одновентиляторные СКВ допускается применять лишь в крайних случаях при отсутствии места для установки рециркуляционно-вытяжного вентилятора и сетей воздуховодов, работа их ненадёжна, так как определяется переменными условиями наружной среды: температурой и скоростью наружного воздуха);

системы одно- или двухканальные (обычно применяют одноканальные СКВ, двухканальные следует применять лишь при достаточном технико-экономическом обосновании).

Настоящий § 2 пояснительной записки выполняется параллельно с § 3 этого раздела: технико-экономическим обоснованием выбора схемы или аппаратов СКВ.

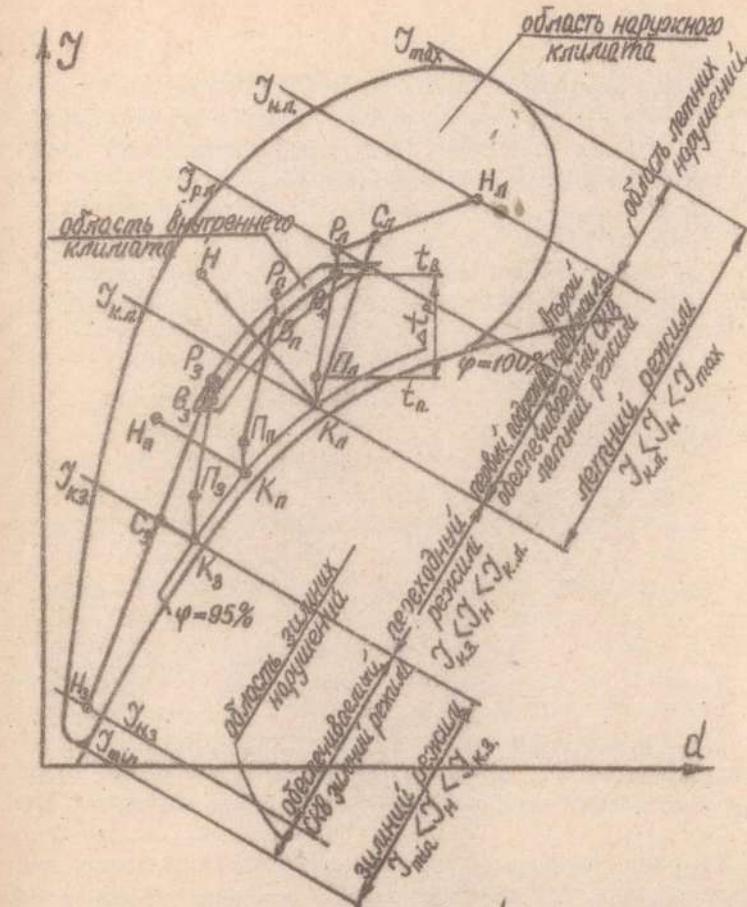


Рис.4. Построение на диаграмме  $J - d$  процессов кондиционирования воздуха в летнем, переходном и зимнем режимах, Схема обработки воздуха с переменной первой рециркуляцией.

Схемы прямоточные и с рециркуляциями (первой и второй).

Схемы с предварительным, первым и вторым подогревом.

Схемы с байпасом форсуночной камеры (или поверхностного воздухоохладителя).

Системы с качественным, количественным или качественно-количественным регулированием параметров воздуха в помещении.

Системы с количественным регулированием применяют при суточных или сезонных колебаниях тепловых нагрузок в помещениях.

/Выбор схемы обработки воздуха производится также после ознакомления с содержанием § 4 настоящего раздела/.

Основная литература: [10], [11], [13] - [17].

### § 3. Технико-экономическое обоснование выбора схемы и аппаратов СКВ на основании сравнения нескольких вариантов технического решения проекта

Перечень вариантов, рекомендуемых для сравнения по технико-экономическим показателям.

1. Схема обработки воздуха с максимальной рециркуляцией в течение всего летнего режима, когда  $T_h > T_k$ , или два подрежима.

2. Прямоточная схема обработки воздуха в СКВ в течение всего зимнего режима или переменная циркуляция.

3. Прямоточная СКВ с подогревом и адиабатическим увлажнением воздуха в зимнем режиме или политропическое увлажнение воздуха подогретой водой.

4. СКВ с регулированием по методу "точки росы" или по методу оптимальных режимов.

5. На основании анализа номограмм эквивалентно-эффективных температур произвести выбор внутренних расчётных параметров воздуха для летнего режима с целью получения наименьших приведённых затрат СКВ.

6. Схема количественного регулирования параметров воздуха в помещении или схема качественного регулирования для однозональных и многозональных СКВ.

7. Выбор оптимального центрального регулятора производительности вентилятора в схеме количественного регулирования параметров воздуха: дроссель-клапан за вентилятором; направляющий аппарат; индукторная муфта скольжения.

8. Сравнение форсуночного воздухоохладителя с поверхностным орошаемым воздухоохладителем.

9. Политропическое охлаждение воздуха в форсуночной камере с использованием холодильной установки, или двухступенчатое прямое и косвенное испарительное охлаждение (испарительное охлаждение в условиях сухого и жаркого климата значительно сокращает холодопроизводительность холодильной установки).

Если выбор схемы обработки воздуха или схемы автоматического регулирования оказывается одновариантным, то предлагаются следующие темы сравнительных технико-экономических расчётов.

10. Сравнение нескольких способов поддержания требуемой температуры воздуха на объекте в нерабочее время: использование СКВ или использование постоянно действующей системы центрального отопления (ц.о.), или использование дежурной системы ц.о.

Примечание. Если выбрана система дежурного ц.о., то произвести сравнение различных систем отопления: однотрубной, двухтрубной, горизонтальной и т.д.

11. Целесообразность проектирования самостоятельной СКВ технического этажа (чердака) или объединение системы КВ чердака с системами КВ всего объекта (или части его).

12. Целесообразность группировки помещений, обслуживаемых СКВ, и сравнение различных кондиционеров (горизонтальных, вертикальных автономных и неавтономных, многозональных и т.п.).

13. Определение расчётного воздухообмена на техническом этаже (чердаке) с целью получения минимальных приведенных затрат, включающих стоимость СКВ и холодильной установки.

Расчётный воздухообмен определяется для нескольких значений относительной влажности " $\varphi$ " на техническом этаже или, иначе говоря, для нескольких значений рабочей разности температур  $\Delta t_p$ ; для этих же значений  $\Delta t_p$  определяется воздухообмен и холодопроизводительность установки и выбирается вариант с наименьшими приведёнными затратами (рис.5).

Очевидно, что воздухообмен при  $\Delta t_{p,3}$  будет максимальным, а при  $\Delta t_{p,1}$  - минимальным. Для процесса охлаждения воздуха  $NK_3$  холодильная установка не требуется, тогда как для процессов  $BK_1$  и  $NK_2$  нужен искусственный холода.

14. Сравнение двух вариантов холоснабжения СКВ: с баком-аккумулятором холодной воды (многочасовой запас) и баком - промежуточной ёмкостью ( $\approx 15$ -минутный запас).

15. Выбор оптимальной толщины тепловой изоляции воздуховодов и трубопроводов с учётом влияния её на  $\Delta t_p$  и расчётную производительность СКВ.

16. Сравнение СКВ с доувлажнением воздуха в помещении и без доувлажнения (для производственных помещений с относительной влажностью воздуха  $\varphi_B \geq 60\%$ ).

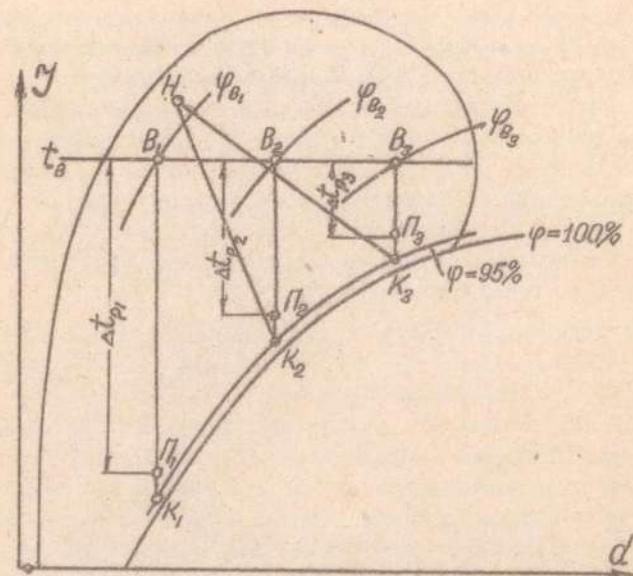


Рис.5. Выбор схемы обработки воздуха,  $\Delta t_p$  и воздухообмена на техническом этаже (чердаке) с помощью  $t$ - $d$  диаграммы.

Обозначения точек:

- $B_1, B_2, B_3$  - параметры воздуха на техническом этаже (чердаке) при  $t = \text{const}$  и  $\varphi_{B_1}, \varphi_{B_2}, \varphi_{B_3}$
- $K_1, K_2, K_3$  - параметры воздуха, выходящего из кондиционера;
- $H$  - состояние наружного воздуха;
- $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3$  - параметры воздуха, поступающего в помещение технического этажа.

I7. Сравнение СКВ с артезианской скважиной и холодильной установкой.

I8. Сравнение схемы СКВ со вторым подогревом и второй рециркуляцией.

I9. Расчет оптимальной толщины изоляции наружных ограждений.

20. Экономическая целесообразность устройства бассейна на плоской кровле или орошаемой кровле.

После выбора вариантов по указанному перечню производится

сравнение их по технико-экономическим показателям; основным показателем является сумма приведенных годовых затрат  $\Pi$ . Вариант, у которого сумма приведенных годовых затрат  $\Pi$  будет наименьшей, является наиболее экономичным

$$\Pi_i = C_i + E_H \cdot K_i ,$$

где  $\Pi_i$  - сумма приведенных годовых затрат, соответственно по каждому  $i$ -ому варианту, тыс. руб/год;

$C_i$  - сумма годовых эксплуатационных затрат, соответственно по каждому  $i$ -ому варианту, тыс. руб/год;

$K_i$  - сумма единовременных капитальных вложений, соответственно по каждому  $i$ -ому варианту, тыс. руб;

$E_H$  - нормативный отраслевой коэффициент эффективности (одинаков для всех  $i$ -ых вариантов), 1/год;

$E_H$  - не ниже 0,12 (для систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха  $E_H = 0,17$ ).

Нормативный отраслевой коэффициент эффективности  $E_H$  является величиной, обратной нормативному сроку окупаемости дополнительных капиталовложений  $T_H$ , следовательно:

$$T_H = \frac{1}{E_H} = \frac{1}{0,17} = 6 \text{ лет.}$$

Произведение  $E_H \cdot K$  представляет собой долю общей величины единовременных капиталовложений, приходящихся на один год нормативного отраслевого срока окупаемости дополнительных капиталовложений.

В выражении  $\Pi_i = C_i + E_H \cdot K_i$  - суммируются годовые эксплуатационные затраты ( $C_i$ ) и капиталовложения, приведенные к годовой величине ( $E_H \cdot K_i$ ).

Значения  $C_i$  определяются по приложению I для каждого  $i$ -ого варианта, значения  $K_i$  - путем составления сметы на оборудование, различающееся по вариантам (см. раздел УШ, § 2).

Если производится сравнение двух вариантов (I и II), то определяется такой показатель, как фактический срок окупаемости дополнительных капитальных затрат  $T_{\text{Факт}}$  при  $K_I < K_{II}$ , а  $C_I > C_{II}$

$$T_{\text{Факт}} = \frac{K_{II} - K_I}{C_I - C_{II}} \text{ (лет).}$$

Если  $T_{\text{Факт}} < T_H = 6$  лет, то вариант с индексом II оказывается экономически более эффективным. В этом случае может определяться годовой экономический эффект  $Z$ :

$$\mathcal{E} = (C_i + E_h K_i) - (C_n + E_h K_n), \text{тыс.руб/год}$$

Результаты расчётов по выбору экономически оптимального варианта технического решения рекомендуется приводить в форме таблиц (см.табл.4) и иллюстрировать отдельным листом.

Таблица 4

Сравнение вариантов по технико-экономическим показателям

№ пп	Наименование показателя	Условн. обозна- чения	Единица измере- ния	Варианты		
				I	II	III
I	2	3	4	5	6	7
I	Производительность СКВ	V	тыс.м <sup>3</sup> ч			
2	Капитальные затраты	K	тыс.руб.			
3	Эксплуатационные затраты	C	тыс.руб.			
a)	амортизац.отчисления	C <sub>A</sub>	год			
b)	стоимость тепла	C <sub>T</sub>	"			
c)	стоимость эл.энергии	C <sub>E</sub>	"			
d)	стоимость воды	C <sub>B</sub>	"			
e)	стоимость холода	C <sub>X</sub>	"			
f)	фонд зарплаты	C <sub>Z</sub>	"			
g)	стоимость текущ.ремонта	C <sub>P</sub>	"			
h)	общеобъектные и прочие расходы	C <sub>O</sub>	"			
4	Приведенные затраты	P	"			
5	Фактический срок окупаемости дополнительных ка- питальных затрат (при сравнении двух вариантов)	T <sub>факт</sub>	лет			
6	Годовой экономический эффект	Э	тыс.руб. год			

#### Дополнительная литература:

- Госплан СССР и Академия наук СССР. Методика определения экономической эффективности внедрения новой техники, механизации и автоматизации производственных процессов в промышленности. М., 1962.
- Госплан СССР, Госстрой СССР и Академия наук СССР. Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений. "Экономическая газета", 1969, № 39.

3. Богуславский Л.Д. Экономика теплогазоснабжения и вентиляции. М., Стройиздат, 1967.

4. Ценник № I, часть Ш. Материалы и изделия для санитарно-технических систем. М., Стройиздат, 1968.

5. Прейскурант № 23-02. Оптовые цены на оборудование холодильное, компрессорное и т.д. М., Прейскурант, 1967.

6. Сборник № 24 ЕРЕР на строительные работы. Вентиляция и кондиционирование воздуха. М., "Медицина", 1968 (стоимость оборудования здесь учтена).

7. Прейскурант № 17-04. Оптовые цены на приборы для контроля и регулирования температуры, давления и т.д. (часть I и II). М., Прейскурантгиз, 1967.

8. Ценник на монтаж оборудования № II. Приборы и средства автоматизации. М., "Машиностроение", 1968.

9. Ценник № 7 на монтаж оборудования. Компрессорные машины, насосы и вентиляторы. М., Гостройиздат, 1968.

10. Прейскурант № 09-01. Тарифы на тепловую и электрическую энергию. М., Прейскурантгиз, 1968.

#### § 4. Выбор схем и приборов автоматического регулирования СКВ. Описание работы схем в различных режимах

Схема автоматического регулирования СКВ решается одновременно с выбором схемы обработки воздуха и с учётом особенностей этой схемы.

Для СКВ, обслуживающей одно помещение, рекомендуется схема регулирования температуры воздуха в этом помещении регулятором, датчик которого установлен в самом помещении. Регулятор изменяет температуру приточного воздуха (качественное регулирование) или расход приточного и вытяжного воздуха (количественное регулирование),

Для СКВ, обслуживающей несколько помещений или зон с различными значениями тепловлажностного отношения  $\Sigma$ , рекомендуется регулирование температуры воздуха или по характерному помещению, или по приточному воздуху (датчик температуры установлен в приточном воздуховоде) с окончательной обработкой воздуха в зональных доводчиках, имеющих свои схемы регулирования от датчиков, установленных в помещениях (или зонах).

Регулирование относительной влажности воздуха в помещении про-

изводится или по методу поддержания постоянной температуры за форсуночной камерой, т.е. температуры точки росы, или за регулятором относительной влажности воздуха в обслуживаемом помещении.

Первая схема рекомендуется для объектов с постоянными влагоизделиями или при отсутствии последних, или для объектов, где не предъявляются достаточно жёсткие требования к точности поддержания относительной влажности воздуха.

Вторая схема рекомендуется для противоположных случаев.

Описание работы системы автоматического регулирования в целом и отдельных узлов регулирования следует приводить с учётом изменения параметров наружного воздуха, т.е. для каждого режима. Особое внимание следует обратить на разработку вопросов, связанных с переходом системы автоматического регулирования СКВ с одного режима на другой (с зимнего на переходный, с переходного на летний).

Выбор основных приборов системы автоматического регулирования (датчики, вторичные приборы, преобразующие и промежуточные устройства, регуляторы и исполнительные механизмы) производится на основании динамических свойств объектов регулирования, требуемого качества регулирования и каталожных данных с учётом:

- а) типа системы регулирования (электрическая, пневматическая, электропневматическая);
- б) выбранного закона регулирования (двухпозиционный, пропорциональный, астатический, изодромный);
- в) требуемого зиг заг регулируемого параметра;
- г) точности поддержания параметра;
- д) исполнения приборов (обычное или тропическое);
- е) условий установки прибора (в помещении или в потоке воздуха), параметров среды в месте установки прибора.

В проекте необходимо описать разработанную схему контроля основных параметров воздуха и блокировки оборудования СКВ. По указанию руководителя приводится подробное описание принципиальной схемы работы одного из приборов.

Примечания.

1. Учитывая температурное расслоение воздуха за форсуночной камерой, для СКВ с рециркуляцией целесообразна установка датчика "точки росы" за вентилятором при соответствующей корректировке заданного значения регулируемой температуры.

2. Датчик в помещении целесообразно устанавливать непосред-

ственно за всасывающими решётками рециркуляционно-вытяжной установки. Это позволяет регулировать усреднённую, а не случайную температуру, исключает случайные воздействия, поломку, снижает инерционность за счёт увеличения коэффициента теплоотдачи в воздушном потоке.

Основная литература: [6], [7], [16], [22].

Дополнительная литература.

1. Архипов Г.В. Автоматическое регулирование кондиционирования воздуха. М., 1962.
2. Левонтин Л.И. Автоматизация систем искусственного климата. М., 1962.
3. Халамайзер М.Б. Автоматические установки искусственного климата. М., 1969.
4. Адамович П.В. Основы автоматизации санитарно-технических устройств. М., 1967.
5. Справочник-каталог приборов автоматизации для санитарно-технических систем и котельных установок. Часть I. Листы I-219. Сантехпроект. М., Стройиздат, 1967.
6. Альбом типовых схем автоматизации кондиционеров. Сантехпроект.

#### Раздел VI. Расчёт оборудования СКВ

Обращается внимание, что выбор оборудования СКВ должен обосновываться либо технико-экономическим расчётом, либо другими показателями (высокий КПД, небольшая стоимость, малое аэродинамическое сопротивление и т.п.).

##### § 1. Расчёт форсуночной камеры

Существует несколько методов расчёта форсуночных камер, причём результаты не всегда совпадают друг с другом (метод расчёта согласовывается с руководителем).

Кафедра рекомендует производить проверку полученной величины коэффициента орошения  $\rho$  кг/кг по методике, принятой НИИсантехники и основанной на результатах испытаний типовых форсуночных камер. Методика заключается в определении  $\rho$  при известных величинах весовой скорости воздуха в камере  $W_f$  кг/м<sup>2</sup>·с и коэффициента эффективности процесса  $E$  ( $E$  определяется при построении процесса в  $T - d$  диаграмме). Ниже приводятся соотношения между

этими величинами при определённых диаметрах тангенциальных форсунок  $d$  и плотности расположения форсунок  $N = 18-24 \text{ шт}/\text{м}^2 \cdot \text{ряд}$ .

1. Для адиабатического процесса увлажнения воздуха:

$$\begin{array}{ll} \text{при } d = 3,5 \text{ мм} & E = 0,77 (W\gamma) 0,1 \quad \rho = 0,3 \\ \text{при } d = 5,0 \text{ мм} & E = 0,66 (W\gamma) 0,15 \quad \rho = 0,29 \end{array}$$

2. Для политропического процесса увлажнения и охлаждения воздуха: при  $d = 5,0 \text{ мм}$   $E = 0,76 (W\gamma)^{0,124} \quad \rho = 0,234$

3. Для политропического процесса с осушением воздуха:

$$\begin{array}{ll} \text{при } d = 5,0 \text{ мм} & E = 0,66 (W\gamma)^{0,07} \quad \rho = 0,205 \end{array}$$

Коэффициент орошения  $\rho$  выбранной камеры должен быть не ниже полученного из приведённых соотношений.

Примечание. В большинстве случаев форсуночная камера в зимнем (и переходном) режиме работает по адиабатическому процессу, в летнем режиме по политропическому процессу охлаждения и осушки воздуха, т.е. как форсуночный воздухоохладитель; коэффициенты эффективности процесса  $E$  получаются разные, выбор  $G$  производится для большего значения  $\rho$ .

Предлагаемый ниже анализ работы форсуночной камеры в зимнем режиме при схеме обработки воздуха с переменной первой рециркуляцией поможет избежать ошибки, обычно допускаемой в расчёте (рис.6).

Коэффициент эффективности процесса обычно определяют по отношению

$$E = \frac{t_c - t_k}{t_c - t_w},$$

и по найденному значению  $E$  определяют  $\rho$  и расход воды (производительность насоса). Очевидно, что такой расчёт не удовлетворяет условиям, когда состояние наружного воздуха будет определяться точкой  $H$ , так как коэффициент эффективности  $E$  получается больше, а следовательно, потребуется большее значение  $\rho$ .

Если параметры воздуха внутри помещения — точка  $B$  — должны поддерживаться строго постоянными, то расчёт форсуночной камеры необходимо производить для условий, когда наружный воздух находится в точке  $H$ .

Основная литература: [6], - [8], вып.6, [9]-[15], [17], [18], [22].

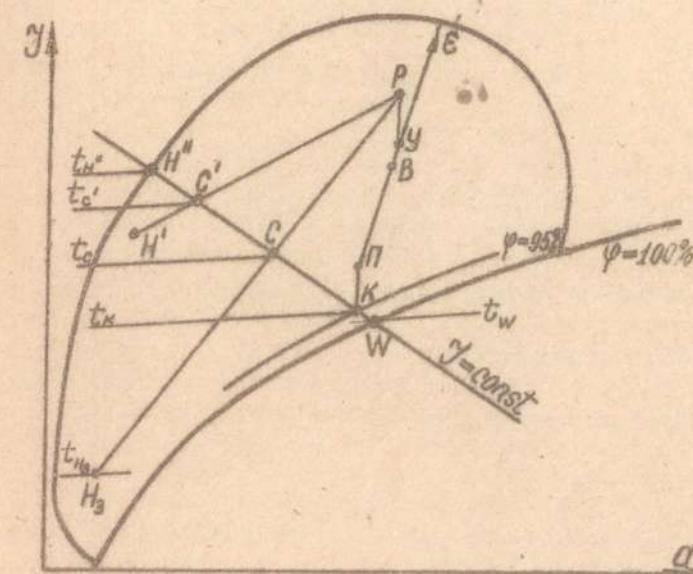


Рис.6. Выбор расчётных параметров воздуха, поступающего в форсуночную камеру, для расчёта адиабатического процесса обработки воздуха водой.

## § 2. Расчёт поверхностного воздухоохладителя (В.О.)

Наибольшее распространение в настоящее время получили орошающие (и неорошающие) В.О. для центральных горизонтальных кондиционеров, выпускаемые в виде трёхрядных и четырёхрядных секций (алюминиевые трубы с канатными ребрами).

Расчёты В.О. основываются на данных испытаний, проведенных в НИИсантехники, при работе В.О. по трём режимам:

- а) "сухое" охлаждение (без влаговыпадения);
- б) охлаждение с осушением без орошения поверхности;
- в) охлаждение и осушение при орошении воздуха и всей поверхности (или части её) водой, распыляемой форсунками. Имеется тенденция к установке орошаемых В.О., работающих в следующих режимах:

а) в летнее время - для политропического процесса охлаждения и осушения;

б) в зимнее время - один ряд форсунок (орошающее устройство) используется для увлажнения воздуха, а сребрениные секции - для нагревания воздуха горячей водой.

Надежные сведения для расчёта В.О., работающих в таких условиях, отсутствуют. По капитальным затратам и по расходу мощности поверхность В.О. уступают форсуночным камерам и их следует применять только после тщательного технико-экономического анализа.

Основная литература: [3], [5], [6], [8], вып. 8, [9] - [15], [18], [22].

Дополнительная литература.

I. Карпин Е.Е. Тепловой и аэродинамический расчёт поверхностных воздухоохладителей, питаемых холодной водой. М., НИИсантехники, 1961.

### § 3. Выбор типа фильтра для очистки воздуха и обоснование места его установки

Основные требования, предъявляемые к фильтрам, устанавливаемым в СКВ, - это высокий коэффициент очистки, малое аэродинамическое сопротивление, небольшие габариты, пожарная безопасность и серийный выпуск отечественной промышленностью.

При выборе типа фильтра необходимо учитывать следующие обстоятельства:

а) требования, предъявляемые к концентрации и фракционному составу пыли в кондиционируемом помещении;

б) запылённость наружного и рециркуляционного воздуха: тип пыли, концентрация, форма частиц, фракционный состав, смачиваемость водой;

в) интервал изменения объёма фильтруемого воздуха (количество наружного и рециркуляционного воздуха может изменяться в широких пределах);

г) место установки фильтра в общей схеме движения воздуха.

Расчёт фильтра заключается в определении необходимого коэффициента очистки и фильтрующей поверхности, числа каскадов при ступенчатой очистке; периодов смены масла или фильтрующего материала; начального и конечного аэродинамического сопротивления.

Если достаточна установка типовой секции самоочищающегося масляного фильтра, то расчёт сводится к определению периодов смены масла и аэродинамического сопротивления.

Основная литература: [3], [5] - [9], [22].

### § 4. Расчёт воздухонагревателей

Методы расчётов воздухонагревателей или проверки поверхности нагрева типовых секций подогрева изложены в рекомендуемой литературе; расчёт заключается в определении: а) поверхности нагрева и подборе ближайшего стандартного аппарата (или типовой секции) с коэффициентом запаса поверхности 10-20%; б) аэродинамического сопротивления,  $\text{кг}/\text{м}^2$ ; в) гидравлического сопротивления в мм.вод.ст. (или теплоносителе-воде).

При нагревании наружного воздуха (или смеси его с рециркуляционным) расчёт производится для состояния наружного воздуха, соответствующего расчётным параметрам холодного периода  $t_{\text{нр}}$  (параметры Б), причём параметры теплоносителя (горячей воды) в этом случае имеют максимальное значение, т.е.  $t_r = 130-150^{\circ}\text{C}$ ;  $t_o = 70^{\circ}\text{C}$ .

Но, кроме этого, рекомендуется производить поверочный расчёт выбранной поверхности нагрева для промежуточных условий зимнего режима, например для  $t_h = -5^{\circ}\text{C}$ , и делать это с учётом графика регулирования температуры горячей и охлаждённой воды в тепловой сети.

При качественном регулировании параметров теплоносителя на ТЭЦ температура теплоносителя в тепловой сети определяется по формулам:

$$t_r = 64,5 \cdot \varphi^{0,75} + 18 + (\mathcal{U} + 0,5) \cdot 25 \cdot \varphi,$$

$$t_o = 64,5 \cdot \varphi^{0,75} + 18 - 12,5 \cdot \varphi,$$

где  $t_r$  - температура горячей воды, поступающей от ТЭЦ (до элеватора системы отопления), град;

$t_o$  - температура охлаждённой воды, возвращаемой на ТЭЦ, град;

$\varphi$  - коэффициент подмешивания элеватора в системе отопления;

$$\mathcal{U} = \frac{t_r - 95}{95 - 70},$$

при  $t_r = 150^{\circ}\text{C}$  и  $t_o = 70^{\circ}\text{C}$   $\mathcal{U} = 2,2$ ;

при  $t_r = 130^{\circ}\text{C}$  и  $t_o = 70^{\circ}\text{C}$   $\mathcal{U} = 1,4$ .

$$\psi - \text{коэффициент расхода тепла: } \psi = \frac{t_b - t_h}{t_b - t_{hp}}$$

$$\psi = \frac{18 - t_h}{18 - t_{hp}}.$$

В зональных подогревателях требуется нагревание воздуха всего на  $2-5^{\circ}\text{C}$  и редко удается использовать стандартные водяные калориферы (спирально-навивные и пластинчатые). Обычно производится расчёт и конструирование гладкотрубного нагревателя и в качестве теплоносителя принимается вода с параметрами  $t_r = 50-60^{\circ}\text{C}$  и  $t_o = 40^{\circ}\text{C}$ , приготавливаемая в бойлере. При конструировании нагревателя необходимо проверить совпадение действительной весовой скорости  $W\psi$   $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$  в живом сечении нагревателя для прохода воздуха с той, которая была принята в предварительном расчёте.

Большое распространение получили и электрические зональные нагреватели. Кроме расчёта поверхности нагрева зональных подогревателей и их габаритов, необходимо определить аэродинамическое сопротивление проходу воздуха.

Основная литература: [22], [3], [5] - [18].

Дополнительная литература.

Бродский Е.Ф. Горячее водоснабжение при теплофикации. М-Л., Госстройиздат, 1961.

#### § 5. Воздухораспределение. Схема воздуховодов. Аэродинамический расчёт воздуховодов. Сопротивление секций кондиционера

Воздухораспределение определяет поля температуры относительной влажности и подвижности воздуха в рабочей зоне помещений, обслуживаемых СКВ.

Схема подачи приточного воздуха и удаления вытяжного намечается уже при выборе рабочей разности температур  $\Delta t_p$  и коэффициента  $\psi$  (см. раздел IV, § 5).

В соответствии с этой схемой разрабатывается вопрос воздухораспределения в помещении:

а) определяется тип, размер и количество воздухораспределителей и режим их эксплуатации (жалюзийные решётки, потолочные плафоны, насадки, перфорированные панели и другие устройства);

б) определяется тип, размер и количество вытяжных и рециркуляционных решёток (или других устройств).

Одновременно с выбором приточно-вытяжных устройств намечается схема прокладки воздуховодов, их материал, конфигурация, места прокладки (открыто, в техническом этаже или другие варианты).

Примечание. В производственных помещениях допускается прокладка круглых воздуховодов, но лучше сочетаются со строительными конструкциями и интерьером помещений прямоугольные воздуховоды. Воздуховоды не должны мешать освещённости помещений, транспорту и обслуживанию технологического оборудования.

Если воздухообмен в помещении различен по режимам работы СКВ (количественное регулирование), то расчёт воздухораспределения производится для двух крайних режимов: а) для расчётного режима работы СКВ при наибольшем воздухообмене и б) для режима с наименьшим воздухообменом.

Обычно в помещениях, обслуживаемых СКВ, допускаемые колебания температуры составляют  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ , относительной влажности  $\pm 7\%$  [3], а подвижность воздуха должна быть не более  $0,25-0,30 \text{ м/с}$ . Это достигается с помощью правильной организации и расчёта воздухораспределения.

Скорость воздуха в сечении вытяжных решёток, устанавливаемых в верхней зоне, принимается  $2-4 \text{ м/с}$ , устанавливаемых в нижней зоне (у мест пребывания людей) -  $1-2 \text{ м/с}$ .

В результате расчётов воздухораспределения необходимо произвести проверку амплитуды колебаний температуры и подвижности воздуха в рабочей зоне помещения, сравнивая её с допускаемыми ( $\Delta t_p = \pm 1^{\circ}\text{C}$ ;  $\Delta \psi = \pm 7\%$ ;  $W \leq 0,25-0,30 \text{ м/с}$ ).

Для аэродинамического расчёта воздуховодов вычерчивается аксонометрическая схема воздуховодов, точно повторяющая трассу приточных, вытяжных и рециркуляционных воздуховодов и фиксирующая места установки вентиляторов. На схеме указываются расходы воздуха по отдельным участкам, длина участков и номера участков; аэродинамический расчёт желательно вести в табличной форме (см.табл.5).

Сечения и диаметры воздуховодов, как правило, принимаются стандартные, указанные в справочной литературе.

Рекомендуется аэродинамический расчёт производить по методу удельных потерь давления, с увязкой потерь давления в ближайшем (к вентилятору), среднем и наиболее удалённом ответвлении сети. Если при увязке имеет место расхождение в потерях давления больше 10-15%, то необходимо рассчитывать положение регулирующих устройств

Таблица 5

## Расчёт сети воздуховодов

# участка	Расход воздуха $m^3/\text{ч}$	Длина участка $\ell, \text{м}$	Сечение участка $h_x, b, d, F_{\text{сеч}}$	$d, \text{мм}$	$W, \frac{\text{м}}{\text{мм}}$	$H_d, \frac{\text{м}}{\text{мм}}$	$P_d, \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$	$\eta$	$R \cdot \eta$	$\sum \zeta = H_d \sum \zeta$	$R \cdot \eta + \sum \zeta = R_h \cdot \eta + \sum \zeta$	$\sum (R_h \cdot \eta)$		
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II	12	I3	I4	I5

Расчёт основного последовательного ряда участков сети:

Потери давления в сети

Расчёт параллельных участков сети

Примечания. 1. Для стальных воздуховодов, имеющих абсолютную шероховатость поверхности 0,1 мм, коэффициент  $\gamma_2 = 1$ .

2. Приложение 3 используется для правильного вычертывания фасонных частей сети воздуховодов и правильной оценки  $\sum \zeta$ .

3. Приложение 4 используется для определения  $\sum \zeta$ .

(шиберов, дроссель-клапанов, диафрагм), устанавливаемых на ответвлениях сети.

Практические рекомендации к расчёту сети воздуховодов:

а) выбирать схему воздуховодов желательно таким образом, чтобы параллельные ответвления имели незначительное расхождение в количествах проходящего воздуха;

б) основной последовательный ряд участков сети, определяющий полную потерю давления в сети, выбирается по признакам наибольшего расхода воздуха, наибольшей суммарной длины и более сложной конфигурации трассы. Фактическое сопротивление секций кондиционера определяется для расчётного расхода воздуха:

$$\Delta H_{\text{расч}} = \Delta H_{\text{ном}} \left( \frac{V_{\text{расч}}}{V_{\text{ном}}} \right)^2, \frac{\text{кг}}{\text{м}^2},$$

где  $\Delta H_{\text{ном}}$  — номинальные аэродинамические сопротивления отдельных секций,  $\text{кг}/\text{м}^2$ .

Сопротивление секций кондиционера (приёмные и проходные клапаны, форсуночная камера, секции подогрева, промежуточные секции и др.), суммированное с потерей давления в сети воздуховодов и шумоглушителей, определяет величину полного давления, развиваемого вентилятором.

Основная литература: [3], [5] - [15], [17] - [18], [22].

Дополнительная литература.

1. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям, М., Госэнергоиздат, 1960.

2. Альбом оборудования. Серия ОВ-02-137, вып. I-5. М., ЦИПП, 1963.

## § 6. Подбор вентиляционной установки и вопросы шумоглушения

Исходными данными для подбора вентиляторов являются:

1) производительность вентилятора  $V$  тыс.  $\text{м}^3/\text{ч}$ , которая определяется по величине воздухообмена для расчётного режима работы СКВ (максимальный воздухообмен) с запасом 10-20%, учитываяшим утечки воздуха на нагнетательной стороне вентилятора и подсосы воздуха на всасывающей стороне;

2) полное давление, развиваемое вентилятором,  $H \text{ кг}/\text{м}^2$ .

По аэrodинамическим характеристикам вентиляторов выбирается серия, номер, число оборотов и КПД приточного и рециркуляционно-вытяжного вентиляторов.

Из нескольких серий и номеров вентиляторов, удовлетворяющих требуемой производительности и полному давлению, следует выбрать вентилятор, работающий в режиме максимального КПД  $\eta_{max}$  (или не ниже 90%  $\eta_{max}$ ).

При подборе вентиляторов также следует учитывать мероприятия по борьбе с шумом и вибрацией, поэтому желательно соблюдение следующих правил:

- 1) выбирать центробежный вентилятор с лопатками, загнутыми назад (вентиляторы серии Ц4-70, Ц4-76);
- 2) выбирать вентилятор большего номера с меньшим числом оборотов;
- 3) проверять значения окружной скорости рабочего класса вентилятора на условие относительной бесшумности.

Для рециркуляционно-вытяжных установок допускается установка осевых вентиляторов при малых значениях полного давления ( $H < 30 \text{ кг}/\text{м}^2$ ) и при условии обеспечения бесшумной работы.

Электродвигатели к вентиляторам подбираются по установочной мощности. Исполнение электродвигателя принимается в соответствии с условиями его работы. При несовпадении чисел оборотов вентилятора и электродвигателя рассчитывается клиновременная передача (см. § II настоящего раздела).

Центральные горизонтальные кондиционеры поставляются с типовыми вентиляционными установками производительностью от  $30 \cdot 10^3$  до  $250 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{ч}$ , но это не исключает необходимости производить проверку работы вентиляционной установки по всем указанным выше параметрам. При подборе вентилятора сопротивление глушителя шума принимается ориентировочно и уточняется в дальнейшем.

После подбора вентиляционной установки производятся расчёты шумоглушения, так как все источники шума известны.

Расчёт заключается в определении поглощения шума помещением, прямолинейными участками воздуховодов, местными сопротивлениями сети воздуховодов и т.д. и в определении требуемого звукопоглощения специальным глушителем. По величине требуемого звукопоглощения подбирается глушитель (трубчатый, пластинчатый или другой конструкции) и описывается его устройство.

Основная литература: [3], [5]-[9], [19]-[22].

Дополнительная литература.

Указания по акустическому расчёту вентиляционных установок. СН 399-69. М., Стройиздат, 1970.

## § 7. Выбор и расчёт сечений регулирующих автоматизированных воздушных и водяных клапанов

Производится расчёт сечений двух-трёх воздушных и одного клапана на теплоносителе или на хладоносителе. Расчёт заключается в выборе оптимального сечения клапана, которое при работе на данном участке сети (воздуховодов или трубопроводов) обеспечит линейную зависимость между изменением положения регулирующего органа (угла поворота створок воздушного клапана, хода штока водяного клапана) и изменением расхода на регулируемом участке. Для воздушных клапанов, с параллельно расположенным створками,

$$F_{opt} = \frac{V_{max} \cdot 10^{-4}}{\sqrt{\Delta H_{reg}}}, \quad M^2$$

где  $V_{max}$  - максимальный расход на регулируемом участке,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  
 $\Delta H_{reg}$  - сопротивление регулируемого участка,  $\text{кг}/\text{м}^2$ .

Для водяных клапанов это достигается тем, что при полностью открытом клапане сопротивление последнего в 2-5 раз превышает собственное сопротивление того участка, на котором он регулирует расход. Сопротивление полностью открытого клапана характеризуется коэффициентом расхода  $G_{10}$  и выражает расход через открытый клапан, при котором его сопротивление составляет 10 м вод.ст.

В табл. 6 приведены коэффициенты автоматизированных проходных клапанов различных диаметров  $G_{10}$ .

Таблица 6

$d_{usq}$ мм	15	20	25	40	50	80	100	150
$G_{10}$ $\text{м}^3/\text{ч}$	4	6,3	10	25	40	100	160	400

Сопротивление клапана данного диаметра при расходе воды, отличном от табличного, определяется по соотношению:

$$\Delta H_{факт} = 10 \left( \frac{G_{факт}}{G_{10}} \right)^2, \quad \text{м.вод.ст.}$$

Для пропорционального регулирования необходимо использовать логарифмические плунжеры.

Основная литература: [3], [6], [7], [8], [15], [22].

§ 8. Расчёт тепловой изоляции воздуховодов и трубопроводов

В разделе IV, § 5, было ориентировочно принято суммарное повышение температуры приточного воздуха, транспортируемого в СКВ,

$$\Delta t_{\text{сум}} = \Delta t_{m.o.} + \Delta t_3 \approx 2 \div 3^{\circ}\text{C}.$$

Необходимо уточнить величину  $\Delta t_3$  по действительному значению давления, развиваемого вентилятором, и принять  $\Delta t_{m.o.}$  таким, чтобы значение  $\Delta t_{\text{сум}}$  осталось без изменения и, следовательно, не было необходимости корректировать построение процессов обработки воздуха в  $T-d$  диаграмме. По уточнённой величине  $\Delta t_{m.o.}$  (повышение температуры воздуха в результате теплообмена с окружающим пространством через стеки воздуховода) определяется количество тепла, сообщаемое воздуху:  $Q_{m.o.} = V \cdot C \cdot \gamma \cdot \Delta t_{m.o.}$

Поверхность всех воздуховодов системы КВ  $\sum P_i l_i$  (приточных), где  $P_i$  - периметр воздуховода на  $i$ -ом участке сети, м;  $l_i$  - длина  $i$ -го участка сети (см. раздел VI, § 5), м;

Коэффициент теплопередачи изолированного воздуховода:

$$K_{iz} = \frac{Q_{m.o.}}{\sum P_i l_i (t_{окр} - t_n)}, \text{ ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{ч.град}$$

где  $t_{окр}$  - температура помещений, в которых размещены приточные воздуховоды.

По значению  $K_{iz}$  выбирается материал изоляции и его толщина. Аналогично производится расчёт теплоизоляции трубопроводов.

Дополнительная литература. Справочник по специальным работам. Теплоизоляционные работы. М., Госстройиздат, 1961.

§ 9. Подбор насосов и электродвигателей к ним

Насосы подбираются по производительности  $G$   $\text{м}^3/\text{ч}$  и полному напору  $H$ , м вод.ст. По графикам характеристик центробежных насосов (обычно консольных К) определяются тип насоса, число оборотов, КПД насоса и мощность на валу насоса.

Примечания.

I. Производительность и напор насосов зависят от решения схемы холодоснабжения, числа кондиционеров и их взаимного расположения, места холодильной станции.

2. Для определения сопротивления сети трубопроводов вычерчи-

вается схема трубопроводов с обозначением расходов воды по отдельным участкам и длины участков и производится её гидравлический расчёт аналогично аэродинамическому расчёту воздуховодов. При этом удельное сопротивление трения принимается 5-10 мм вод.ст./м.

Основная литература: [3], [7].

Дополнительная литература. Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. Отопление, водопровод и канализация (внутренние санитарно-технические устройства). Ч.1. Под ред. И.Г.Староверова. М., Стройиздат, 1967.

§ 10. Определение ёмкости бака-аккумулятора и расчётной холодопроизводительности холодильной машины

При трёхсменной работе СКВ обычно устраивают промежуточные ёмкости (баки), рассчитанные на 15-минутный запас воды. При одно- или двухсменной работе СКВ применяются баки-аккумуляторы, запасающие холодную воду в нерабочие часы и отдающие воду во время работы СКВ. Это позволяет уменьшить расчётную холодопроизводительность холодильной машины, что снижает капитальные затраты. При проектировании систем холодоснабжения с баками-аккумуляторами рекомендуется следующая методика определения ёмкости бака-аккумулятора и расчётной холодопроизводительности. Устанавливается суточный ход теплосодержания наружного воздуха в часы работы СКВ при расчётных параметрах "Б", который описывается уравнением:

$$J_{H,T} = J_{H,ср.} - A_T \cdot \cos \left[ \frac{2\pi}{24} (T-3) \cdot 57,3 \right],$$

где  $T$  - текущий час расчётных суток.  $T = 1, 2, \dots, 24$  часа;  $J_{H,ср.}, A_T$  - среднесуточное значение теплосодержания наружного воздуха для расчётных суток и амплитуда колебания теплосодержания, соответственно, ккал/кг.

Для населённых пунктов, расположенных внутри многоугольника: Архангельск-Иваново-Курск-Чернигов-Рига-Ленинград-Архангельск (средняя полоса Европейской части СССР)

$$J_{H,ср.} = 0,943 \cdot T_H^5 \quad \text{и} \quad A_T = 0,09 \cdot T_H^5.$$

Для пунктов, расположенных внутри треугольника: Краснодар-Камышин-Херсон (южные районы Европейской части СССР)

$$J_{H,ср.} = 0,925 \cdot T_H^5 \quad \text{и} \quad A_T = 0,081 \cdot T_H^5.$$

Для пунктов, расположенных в Средней Азии (Ташкент и Фергана):

$$\mathcal{I}_{h,cr} = 0,90 \cdot \mathcal{I}_h^5 \quad \text{и} \quad A_3 = 0,12 \cdot \mathcal{I}_h^5.$$

$Q_{\tau}$  - расход холода для каждого часа  $\tau$  работы СКВ определяется: для прямоточных систем

$$Q_{\tau} = K_3 \cdot V \cdot f \cdot (\mathcal{I}_{h,\tau} - \mathcal{I}_k) \quad \text{ккал/ч};$$

для СКВ с рециркуляцией в расчётных летних условиях:

$$Q_{\tau} = K_3 \cdot V \cdot f \cdot (\mathcal{I}_{c,\tau} - \mathcal{I}_k), \quad \mathcal{I}_{c,\tau} = (1-p) + \mathcal{I}_p \cdot p,$$

где  $\mathcal{I}_{c,\tau}$  - теплосодержание смеси перед воздухоохладителем, ккал/кг;  
 $\mathcal{I}_p$  - теплосодержание рециркуляционного воздуха, ккал/кг;  
 $p$  - доля рециркуляционного воздуха в смеси;  
 $K_3$  - коэффициент, учитывающий непроизводительные потери холода в системе.

При расчётной холододопроизводительности до  $150 \cdot 10^3$  ккал/ч  $K_3 = 1,20$   
 - " - до  $1500 \cdot 10^3$  -" -  $K_3 = 1,15$   
 - " - свыше  $1500 \cdot 10^3$  -" -  $K_3 = 1,12$ .

После определения расхода холода  $Q_{\tau}$  строится интегральный график потребления холода, как это показано на рис.7. Расчётная часовая холододопроизводительность для расчётных суток

$$Q_{x,расч} = \frac{1}{24} \sum_{\tau=0}^{24} Q_{\tau} \text{ ккал/ч}$$

Примечание. Работу холодильной машины в течение 24 часов следует считать в том случае, когда расчётные параметры "Б" наблюдаются в данном городе не более семи суток подряд. Максимальный запас холода ( $Q_{x,бака}$ ) баком-аккумулятором определяется из графика (рис.7), как максимальная разность между выработкой и потреблением холода. Ёмкость бака-аккумулятора определяется

$$V_{бака} = \frac{Q_{x,бака}}{C \cdot f \cdot \Delta t} M^3,$$

где  $\Delta t$  - разность температур воды до и после испарителя (обычно  $\Delta t = 4-5^\circ C$ ).

По расчётной часовой холододопроизводительности  $Q_{x,расч}$  производится поверочный расчёт основного оборудования холодильной установки (компрессор, испаритель, конденсатор, промежуточный теплообменник и пр.), который приводится в разделе УП.

Основная литература: [2], [7], [8], вин.13.

Дополнительная литература. И.В.Одиноков. Исследование системы холоснабжения с аккумуляторами холода в установках кондиционирования воздуха на текстильных предприятиях. Автореферат кандидатской диссертации. ЛИТ и ЛП им.С.М.Кирова. Л., 1970.

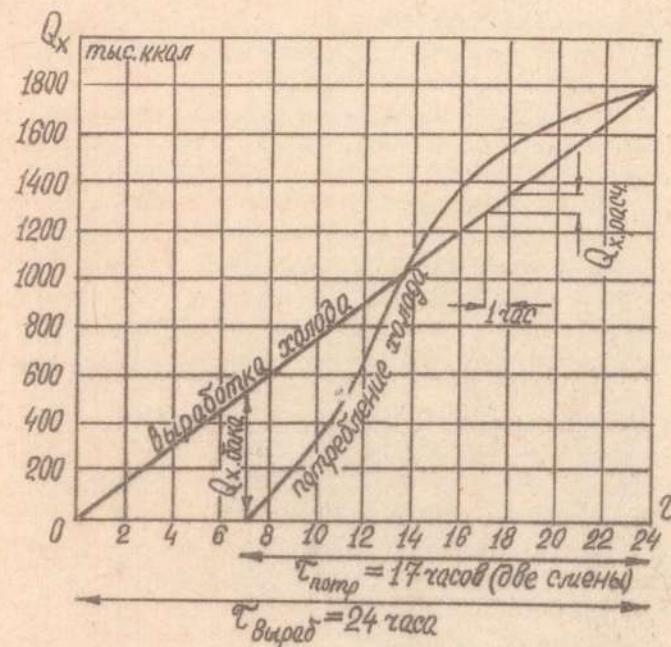


Рис.7. Интегральный график выработки и потребления холода для расчётных суток

## § II. Расчёты на прочность элементов СКВ

При разработке оригинальной конструкции какого-либо элемента СКВ (взамен стандартного) обязателен расчёт его на прочность. Если все проектируемые элементы СКВ стандартные, то по согласованию с руководителем производится один из следующих расчётов.

I. При несогласии требуемых производительности и давления вентилятора с номенклатурными данными стандартной вентиляторной установки обязательным является расчёт клиновременной передачи и под-

бор диаметра шкива электродвигателя. В связи с этим целесообразно произвести следующие прочностные расчёты:

- а) ремня с определением числа часов его работы;
- б) вала вентилятора с подбором подшипников и определением числа часов их работы;
- в) пружин амортизаторов;
- г) лопаток вентилятора (возможен вариант расчёта сварного соединения лопатки с рабочим колесом).

2. Расчёт силовых сварочных соединений (фланцы, подставки, стойки секций кондиционеров, баков, насосов и т.п.), правильный выбор типа сварки, электролов, допускаемых напряжений и т.п. с учётом материалов свариваемых деталей.

3. Определение силы нормального давления на сетку масляных фильтров; определение тягового усилия сетки с учётом коэффициента сопротивления при движении сетки по направляющим; определение предварительного натяжения и огибания сетками натяжных и ведущих валиков; определение потребной мощности двигателя секции масляных фильтров.

4. Проверочный расчёт редуктора, цилиндрической зубчатой передачи, подшипников секции масляных фильтров.

5. Расчёт крепёжных деталей (болты, шпонки, заклёпки).

Примечание. При выборе допускаемых напряжений следует учитывать характер нагрузки: статический, циклический, симметричный, асимметричный, пульсирующий, особо обращая внимание на рациональный подбор материала деталей.

Дополнительная литература.

1. Биргер И.А. Расчёт резьбовых соединений. М., Оборонгиз, 1969.
2. Рысин С.А. Справочник по вентиляторам. М., Госстройиздат, 1954.
3. Васильев В.З. Справочные таблицы по деталям машин. М., 1966.
4. Агерман И.С. Справочник машиностроителя. М., 1963.
5. Сливаковский А.О. Транспортирующие машины. М., 1969.

#### § 12. Мероприятия по гражданской обороне

Обеспечение устойчивой работы промышленных объектов в военное время, а также защита промышленных и гражданских объектов от оружия массового поражения в военное время достигается комплексом мероприятий гражданской обороны. В этом комплексе самое большое значение имеют инженерно-технические мероприятия. При проектировании СКБ на любом объекте следует:

- а) предусматривать установку герметичных автоматизированных клапанов в воздуховодах, сообщающих объект с наружным воздухом;
- б) предусматривать места для установки фильтров тонкой очистки наружного и рециркуляционного воздуха;
- в) предусматривать установку для регенерации рециркуляционного воздуха.

### Раздел УП. Расчёт и подбор основного оборудования холодильной установки

#### § I. Выбор типа и схемы холодильной машины

В СКБ применяются различные типы холодильных машин: а) компрессионные паровые машины с поршневыми, центробежными, ротационными, винтовыми и другими типами компрессоров; б) компрессионные воздушные машины с центробежными и осевыми компрессорами; в) теплоиспользующие холодильные машины: абсорбционные и пароэлекторные; г) термоэлектрические устройства. Выбор того или иного типа холодильных машин должен основываться на технико-экономических расчётах. Очевидна полезность разработки в проектах следующих вопросов:

1. Технико-экономическое обоснование применения абсорбционной или пароэлекторной холодильной машины при наличии дешёвого источника тепла (отработанный пар, горячая вода и т.д.) [2].

2. Технико-экономическое обоснование использования холодильной машины в качестве теплового насоса, обеспечивающего теплом СКБ в холодный и переходный периоды года. [2]

3. Технико-экономическое обоснование применения холодильной машины с поршневым компрессором того или иного типа.

4. Технико-экономическое обоснование применения воздушной холодильной машины в системе комплексного теплохладоснабжения СКБ.

5. Технико-экономическое сравнение применения для СКБ холодильной машины или термоэлектрического устройства.

В СКБ в качестве рабочего вещества холодильных машин, как правило, применяют фреоны. Применение амиачных машин допускается для СКБ, обслуживающих производственные предприятия при условии расположения холодильной установки вне производственного здания, но так как в форсуночную камеру нельзя вводить воду, охлаждённую в испарителе амиачной холодильной машины, то в схему хладоснабжения вводится промежуточный теплоноситель (вода, рассол). При такой схеме

увеличиваются потери, связанные с необратимостью, и это решение допустимо при технико-экономическом обосновании.

Выбор того или иного фреона (Ф-12, Ф-22 и т.д.) должен быть обоснован температурным режимом, условиями работы и типом холодильной машины. При проектировании холодильной машины компрессионного типа необходимо обосновать принятую схему машины (с регенеративными теплообменниками или без них, с обратным водоснабжением или без него и т.д.). При проектировании теплоиспользующих холодильных машин также возможна работа по различным схемам, выбор которой необходимо обосновать.

### § 2. Расчёт и подбор холодильной машины и теплообменных аппаратов

Расчёт холодильной машины начинается с определения температурного уровня цикла и построения цикла в диаграмме состояния рабочего вещества ( $T-S$ ,  $i-\lg P$ ,  $S-i$  и др.).

Температура кипения рабочего вещества в испарителе холодильной машины зависит от схемы обработки воздуха в СКВ и определяется после построения процессов обработки воздуха в  $\mathcal{I}-d$  диаграмме.

Температура кипения в закрытых испарителях, охлаждающих воду, принимается на  $5^{\circ}$  ниже средней температуры хладоносителя, но не ниже  $+1^{\circ}$  [2].

При непосредственном испарении перепад температур между конечной температурой охлаждаемого воздуха и температурой кипения обычно принимается около  $10^{\circ}\text{C}$ .

Температура конденсации зависит от способа охлаждения конденсатора. Охлаждение проточных конденсаторов может осуществляться проточной водой (разомкнутая схема) и обратной водой (замкнутая схема).

Разомкнутая схема водоснабжения принимается при наличии естественных водоёмов, так как забор воды из городской сети водоснабжения значительно удороожает стоимость холода. При отсутствии естественных водоёмов следует принимать обратное водоснабжение с охлаждением воды в градирне или проектировать воздушные конденсаторы. В случае выполнения конденсатора с воздушным охлаждением, перепад температур между конденсирующимся рабочим телом и средней температурой воздуха обычно принимается в пределах  $10-20^{\circ}$ .

В результате расчёта цикла определяются основные параметры проектируемой машины и по каталогам или заводским нормам по величине объёма, описанного поршнем компрессора, и по холодопроизводительности, пересчитанной на условия кондиционирования воздуха, производится выбор марки и количества холодильных машин (см. раздел VI, § 10).

Следует обращать особое внимание на расчёт и подбор теплообменных аппаратов, правильное определение теплопередающей поверхности их с учётом оребрения. Кроме этого, необходимо проверять соотношение теплопередающих поверхностей испарителя и конденсатора (обычно  $F_{исп} > F_{конд}$  в 1,4-1,5 раза).

Примечание. Объём расчётов по данному разделу уточняется с руководителем и консультантом.

### § 3. Автоматическое регулирование и защита холодильной машины

СКВ потребляет холод не равномерно, а со значительными колебаниями в течение суток и в течение всего тёплого периода года; в связи с этим большое значение имеет разработка в проекте схемы автоматического регулирования холодопроизводительности холодильной машины, связанной с режимом работы СКВ.

Выбор системы автоматического регулирования (позиционной или плавной) необходимо производить с учётом заданной точности поддержания параметров воздуха, числа и типа холодильных машин, наличия баков-аккумуляторов.

Задача холодильной машины должна обеспечивать отключение её в аварийных условиях.

#### Литература

1. Холодильная техника. Энциклопедический справочник. Т. I, 2. Госторгиздат, 1960.
2. Кошкин Н.Н. Холодильные машины. Пищепромиздат, 1973.
3. Данилова Г.Н., Богданов С.Н., Иванов О.П. Теплообменные аппараты холодильных установок. "Машиностроение", 1973.
4. Курьлев Е.С., Герасимов Н.А. Холодильные установки. М., Машгиз, 1961.
5. Добровольский А.И. Судовые холодильные машины и установки. М., Судостроение, 1969.

6. Комаров Н.С. Справочник холодильщика. М., Машгиз, 1962.
7. Вайнберг Б.С. Поршневые компрессорные холодильные машины. М., Госторгиздат, 1965.
8. Каталог холодильного оборудования. М., Машгиз, 1963.
9. Чистяков Ф.М. Холодильные турбоагрегаты. М., Машгиз, 1967.
10. Якобсон В.Б. Автоматизация холодильных установок. М., Госторгиздат, 1962.
- II. Ужанский В.С. Автоматизация холодильных установок. М., Шицепромиздат, 1966.

#### Раздел III. Экономическая часть проекта

##### § I. Общие положения (обоснование выбора направления технико-экономических расчётов СКВ)

В результате технико-экономических расчётов должен быть сделан вывод о технико-экономической эффективности внедрения запроектированной СКВ при сопоставлении её с аналогом, запроектированным ранее или уже выполненным в натуре (существующим). Если такой аналог подобран и имеется технико-экономическая информация о нём, то технико-экономические расчёты заключаются в определении:

- а) суммы капитальных затрат  $K$  тыс.руб. по запроектированной СКВ (и по аналогу, если она для него неизвестна);
- б) суммы годовых эксплуатационных расходов  $C$  тыс.руб/год по запроектированной СКВ (и по аналогу, если она для него неизвестна);
- в) годового экономического эффекта  $\mathcal{E}$  тыс.руб/год от внедрения запроектированной СКВ при сопоставлении с аналогом;
- г) фактического срока окупаемости дополнительных капиталовложений (затрат)  $T_{\text{факт}}$  лет. запроектированной СКВ при сопоставлении её с аналогом (определение всех указанных величин см.раздел IV, § 3 и приложение I, 2).

Если аналог не подобран (указать причину) или отсутствует технико-экономическая информация о нём, то технико-экономические расчёты заключаются в определении величин  $C$  и  $K$ , а также в определении себестоимости 1000 ккал холода и  $1000 \text{ м}^3$  кондиционированного воздуха. В этом случае может быть сделан вывод о целесообразности внедрения запроектированной СКВ на объекте.

Примечание. Выбор аналога запроектированной СКВ можно сделать на основании полной идентичности следующих показателей:

- географического положения объекта (расчётных параметров наружного воздуха  $B$  и  $B'$ );
- параметров внутреннего воздуха;
- архитектурно-строительной, технологической и электрической частей проекта, ориентации по странам света, защищённости близлежащими строениями, сменности и режима работы технологического оборудования;
- источника тепла, вида и стоимости его;
- источников и потребителей холода, их мощности и группировкам;
- методов расчёта отдельных статей годовых эксплуатационных расходов (тепловой и электрической энергии, воды, зарплаты обслуживающего персонала);
- незначительного интервала во времени между проектированием данной СКВ и аналога.

Очевидно, что полная идентичность показателей встречается редко и, следовательно, подобрать аналог трудно.

##### § 2. Определение суммы капитальных затрат (капитало-вложений) $K$ , тыс.руб.

В сумму капитальных затрат входят все затраты по устройству систем кондиционирования воздуха, ходоснабжения и автоматическим устройствам этих систем, включая строительные работы, непосредственно связанные с этими устройствами: помещения (или здания) кондиционерных, вытяжных центров, холодильных станций, баки-аккумуляторы, градирни, воздухозаборные шахты, изоляционные работы, окраска и т.п.

Стоимость помещения (или здания) для размещения указанного оборудования определяется по фактической величине строительного объёма и по справочнику укрупнённых строительных норм (СУСН), где указана стоимость  $1 \text{ м}^3$  здания в зависимости от типа и назначения здания.

Стоимость оборудования определяется по сумме балансовой стоимости и состоит из стоимости изготовления оборудования, транспортных и заготовительно-складских расходов и стоимости монтажа.

Стоимость изготовления оборудования и его монтажа определяется по соответствующим ценникам, прейскурантам и сборникам ЕРЕП, указанным в списке литературы к § 3 раздела IV.

Для определения стоимости оборудования заполняются три таблицы: 7а, 7б, 7в для трёх групп оборудования.

Таблица 7а (7б, 7в)

## Определение стоимости оборудования

№ пп	Номенклатура оборудования	Ед. изм.	Коли- чество зарпл.	Стоимость, руб.				Общая
				Бл.изделия	обору- дова- ние	мон- таж	в т.ч. основн. зарпл.	
I	2	3	4	5	6	7	8	9
II	2							II

Определение стоимости оборудования группы I. К стоимости монтажа (итог графы 10) прибавляется 70% от основной зарплаты (итог графы II), этим учитывается накладные расходы; полученную в результате стоимость монтажа и стоимость оборудования (итог графы 9) увеличивают на 6% (плановые накопления) и суммируют.

Определение стоимости оборудования группы 2. Стоимость приборов по прейскурантам (итог графы 9) увеличивают на 6,2% (5% - транспортные расходы и 1,2% - заготовительно-складские расходы); стоимость монтажа по ценникам (итог графы 10) увеличивают на 6% (плановые накопления) и суммируют. Определенная стоимость оборудования группы 3. Суммируют итоги граф 9 и 10, увеличивают на 21,8% (накладные расходы), полученную в результате стоимость увеличивают на 6% (плановые накопления). Примечание. В графы 8 и II вписывается величина основной зарплатой при монтаже оборудования.

Группа I (табл. 7а). Основное оборудование СКВ и холодильной установки (секции центральных горизонтальных кондиционеров, автономные и неавтономные кондиционеры, отопительно-вентиляционное оборудование, насосные установки, компрессорно-конденсаторные агрегаты, испарители и т.д.).

Группа 2 (табл. 7б). Приборы и средства автоматического регулирования (в том числе автоматизированные воздушные заслонки, водяные клапаны и т.д.).

Группа 3 (табл. 7в). Воздуховоды, воздухораспределительные устройства, трубопроводы, баки и т.д.

### § 3. Определение суммы годовых эксплуатационных расходов (С, тыс.руб/год)

Методика определения суммы годовых эксплуатационных расходов приведена в приложении I.

Продолжительность работы СКВ в зимнем, летнем (и, если он есть, переходном) режимах определяется на основании климатологических данных табл.3, приложения I и приложения 2.

Продолжительность работы СКВ определяется для производственно-го здания сменностью работы (одно, двух-трёхсменная работа или непрерывная), для гражданского здания - по внутреннему распорядку (например, кинотеатры - 14 часов).

Продолжительность работы холодильной установки определяется делением годового расхода холода на расчётную холодоизделийность. Методика расчёта годового расхода холода приведена в приложении I.

Сумма годовых эксплуатационных расходов определяется раздельно для зимнего и летнего режима работы СКВ и соответственно этому определяется стоимость 1000 м<sup>3</sup> кондиционированного воздуха (зимой, летом).

Сумма годовых эксплуатационных расходов по холодильной установке, выделенная из общей суммы и отнесённая к 1000 ккал расчётной производительности, определяет стоимость 1000 ккал холода.

### § 4. Выводы

Если технико-экономические расчёты производились при сопоставлении с аналогом запроектированной СКВ, то на основании величины годового экономического эффекта (Э) делается вывод о технико-эконо-

мической эффективности внедрения запроектированной СКВ (см.разд.У, § 3).

Если аналог не подобран, то целесообразность внедрения запроектированной СКВ обосновывается тем, что:

- запроектированная система кондиционирования воздуха приводит к росту производительности труда, улучшению условий труда, улучшению качества продукции, снижению брака, снижению себестоимости продукции или создаёт комфортные условия для человека (гражданские здания - кино, театры и т.д.).

#### Список основной литературы

1. СНиП II А.6-72 Строительная климатология и геофизика.
2. СНиП II А.7-71 Строительная теплотехника.
3. СНиП II Г.7-71 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.
4. СН 245-71 Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.
5. Щёкин Р.В. и др. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. Ч.П. Вентиляция и кондиционирование воздуха. К., "Будивельник", 1968.
6. Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. Вентиляция и кондиционирование воздуха (внутренние санитарно-технические устройства). Часть II. Под ред. Староверова И.Г. М., Стройиздат, 1969.
7. Рысин С.А. Вентиляционные установки машиностроительных заводов. Справочник. М., Машгиз, 1960.
8. Данные по проектированию систем КВ промышленных зданий. Серия НМ-О1З. Выпуски I-I3. Промстройпроект.
9. Альбом оборудования. Кондиционеры. Данные по расчёту. \*)
10. Ладыженский Р.М. Кондиционирование воздуха. Изд.2 или 3. М., Пищепромиздат, 1962.
11. Мухин В.В. Кондиционирование воздуха в пищевой промышленности. М., Пищепромиздат, 1963.
12. Языков В.Н. Теоретические основы проектирования судовых систем кондиционирования воздуха. Судостроение, 1967.
13. Гоголин А.А. Кондиционирование воздуха в мясной промышленности. М., "Пицевая промышленность", 1960.

\*) Сантехпроект, серия ВЧ-1.

14. Нестеренко А.В. Основы термодинамических расчётов вентиляции и кондиционирования воздуха. М., "Высшая школа", 1971.
15. Баркалов Б.В., Карпич Е.Е. Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных и жилых зданиях. (Основы проектирования и расчёта). М., Стройиздат, 1971.
16. Креслинь А.Я. Автоматическое регулирование систем кондиционирования воздуха. М., Стройиздат, 1971.
17. Максимов Г.А. Отопление и вентиляция. Ч.П. Вентиляция. М., "Высшая школа", 1968.
18. Каменев П.Н. Отопление и вентиляция. Ч.П. Вентиляция. М., Стройиздат, 1964.
19. Альбом оборудования. Кондиционеры. Сантехпроект, 1961, 1966, 1967.
20. Каталог-справочник кондиционеров. Домодедовский завод "Кондиционер".
21. Каталог типового оборудования для центральных кондиционеров и вентиляционных систем. Харьковский завод "Кондиционер".
22. Участкин П.В., Тетеревников В.Н., Мателёнок Д.А. Кондиционирование воздуха в промышленных зданиях. М., Профиздат, 1963.
23. Журнал "Водоснабжение и санитарная техника".
24. Журнал "Холодильная техника".

Приложение I. Определение годовых эксплуатационных расходов

Приложение составлено на основании инструкции, разработанной ГПИСантехпроект и утверждённой Главным Управлением по строительно-му проектированию предприятий, зданий и сооружений Госстроя СССР 23 апреля 1964 года.

В сумму годовых эксплуатационных расходов ( $C$ , тыс.руб/год) включаются все затраты по эксплуатации систем кондиционирования воздуха, включая эксплуатационные расходы по автоматическим устройствам этих систем и ходоснабжению. Сумма годовых эксплуатационных расходов определяется по формуле:

$$C = C_A + C_T + C_E + C_B + C_X + C_p + C_o , \quad \text{тыс.руб/год},$$

где  $C_A$  - сумма амортизационных отчислений;

$C_T$  - стоимость тепла;

$C_E$  - стоимость электроэнергии;

$C_B$  - стоимость воды;

$C_X$  - стоимость холода;

$C_p$  - годовой фонд зарплаты обслуживающего персонала с начислениями;

$C_p$  - стоимость текущего ремонта;  
 $C_o$  - общеобъектные и прочие расходы.

I. Сумма амортизационных отчислений  $C_A$  определяется в процентах от капитальных затрат в размере:

- для систем кондиционирования воздуха, включая автоматические устройства, во всех отраслях промышленности ..... 11,5%
- для систем кондиционирования воздуха, включая автоматические устройства, на предприятиях хлорного, серно-кислотного и сульфофатного производства химической промышленности ..... 20%
- для систем механической вентиляции ..... 12%
- для холодильных станций ..... 12,5%
- для систем отопления ..... 6,5%

2. Стоимость тепла  $C_T$  определяется по формуле:

$$C_T = \frac{Q^2_{\text{отп}} + Q^2_{\text{вент}} + Q^2_{\text{конд}}}{1000} C'_T, \text{ тыс. руб/год}$$

где  $C'_T$  годовой расход тепла на отопление, Гкал;

$Q^2_{\text{вент}}$  годовой расход тепла на вентиляцию, Гкал;

$Q^2_{\text{конд}}$  годовой расход тепла на кондиционирование воздуха, Гкал;

$C'_T$  - цена тепловой энергии, руб. за 1 Гкал (1 Гкал равна  $10^6$  ккал), которая определяется:

- при теплоснабжении от теплоэлектростанций - по действующему прейскуранту (см.табл.2 настоящего приложения);
- при теплоснабжении от местной котельной - по себестоимости отпущенного тепла;

- для типовых проектов - по действующему прейскуранту для Московского городского управления энергетического хозяйства (Мосэнерго):

горячая вода .....  $C'_T = 4,62$  руб;

отборный пар (давлением до 2,5 ата) .....  $C'_T = 4,39$  руб;

отборный пар (давлением до 7,0 ата) .....  $C'_T = 4,62$  руб;

A. Годовой расход тепла на отопление определяется по формуле:

$$Q^2_{\text{отп}} = \frac{Q^{\text{рас}}_{\text{отп}}(n-\theta)m(t_b-t_{n,\text{ср}}) + Q^{\text{рас}}_{\text{отп}}(5^\circ - t_{n,\text{ср}})24n - m(t_b - t_{n,\text{ср}})Q_m}{(t_b - t_{n,\text{ср}})10^6} \text{ Гкал/год}$$

где  $Q^{\text{рас}}_{\text{отп}}$  - максимальный часовой расход тепла на отопление, ккал/ч;

$n$  - продолжительность отопительного периода, сут;

$\theta$  - сумма воскресных и праздничных дней, приходящихся на отопительный период (только для промышленных зданий при отсутствии непрерывного режима работы);

$m$  - число часов работы цеха в сутки (для общественных зданий - по режиму эксплуатации);

$t_b$  - температура внутреннего воздуха помещения в рабочее время;

$t_{n,\text{ср}}$  - средняя температура наружного воздуха за отопительный период;

$+5^\circ$  - температура внутреннего воздуха в нерабочее время ( $t_{\text{в.нераб.}}$ );

$24$  - число часов в сутках;

$t_{n,\text{o}}$  - расчётная температура наружного воздуха для проектирования отопления.

B. Годовой расход тепла на вентиляцию вычисляется по формуле:

$$Q^2_{\text{вент}} = \frac{(n-\theta)m(t_n - t_{n,\text{ср}})}{10^6} \left( \frac{Q^{\text{рас}}_{\text{вент}(1)}}{t_n - t_{n,\text{o}}} + \frac{Q^{\text{рас}}_{\text{вент}(2)}}{t_n - t_{n,\text{в}}} \right), \text{ Гкал/год}$$

где  $Q^{\text{рас}}_{\text{вент}}$  - максимальный часовой расход тепла на вентиляцию для систем, работающих по расчётной температуре наружного воздуха для отопления (параметр "Б"), ккал/ч;

$Q^{\text{рас}}_{\text{вент}}$  - максимальный часовой расход тепла на вентиляцию для систем, работающих по расчётной температуре наружного воздуха для вентиляции (параметр "А"), ккал/ч;

$t_n$  - температура приточного воздуха;

$t_{n,\text{в}}$  - температура наружного воздуха для расчёта вентиляции в зимний период;

$n, \theta, t_{n,\text{o}}, t_{n,\text{ср}}$  - то же, что п.А;

$t_{n,\text{ср}}$  - средняя температура наружного воздуха за отопительный период.

B. Годовой расход тепла на кондиционирование воздуха определяется суммированием расходов тепла на первый и второй подогрев:

$$Q^2_{\text{конд}} = Q^2_{\text{конд}(1)} + Q^2_{\text{конд}(2)}, \text{ Гкал/год}$$

Годовой расход тепла на первый подогрев определяется по формулам: при прямоточной схеме обработки воздуха:

$$Q^2_{\text{конд}(1)} = K_1 K_2 0,4 \cdot Q^{\text{рас}}_{\text{конд}(1)} \cdot m \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал/год},$$

где  $K_1$  - коэффициент, учитывающий сменность работы СКВ, вычисленный из расчёта 4I-часовой рабочей недели.

При односменной работе он имеет значение  $K_1 = \frac{4I}{7 \cdot 24} = 0,245$ .

При двухсменной работе  $K_1 = \frac{2 \cdot 4I}{7 \cdot 24} = 0,49$ .

При трёхсменной работе  $K_1 = \frac{3 \cdot 4I}{7 \cdot 24} = 0,735$ .

При непрерывной работе  $K_1 = 1$ .

$K_2$  - коэффициент, учитывающий потери тепла в трубопроводах,  $K_2=1,1$ ;

0,4 - коэффициент, учитывающий колебания часового расхода тепла;

$Q_{\text{конд}(1)}^{\text{рас}}$  - максимальный часовой расход тепла на первый подогрев, ккал/ч;

$m$  - продолжительность работы кондиционера в зимнем режиме, ч/г. Величина  $m$  определяется с помощью табл.3 приложения 2.

При схеме обработки воздуха с постоянным соотношением наружного и рециркуляционного воздуха в размере 50%

$$Q_{\text{конд}(1)}^{\text{рас}} = K_1 K_2 \cdot 0,45 \cdot Q_{\text{конд}(1)}^{\text{рас}} \cdot m \cdot 10^{-6} \text{ Гкал/год}$$

При схеме обработки воздуха с переменным количеством наружного воздуха, первой рециркуляцией и предварительным подогревом наружного воздуха до  $t_{n.p} = +2 - +5^\circ\text{C}$

$$Q_{\text{конд}(1)}^{\text{рас}} = K_1 K_2 \cdot 0,05 \cdot Q_{\text{конд}(1)}^{\text{рас}} \cdot m \cdot 10^{-6} \text{ Гкал/год}$$

Примечания. 1. Определение годового расхода тепла на первый подогрев см. пример I;

2. Для городов Киев, Одесса, Ленинград, Москва, Рига, Новосибирск, Тбилиси, Волгоград, Ашхабад определение годового расхода тепла на первый подогрев рекомендуется производить по формуле:

$$Q_{\text{конд}(1)}^{\text{рас}} = K_1 K_2 V \sum_{i=1}^n \delta_i C m_i (t_{n.p.i} - t_{n.c.p.i}) \cdot 10^{-6} \text{ Гкал/год},$$

где  $K_1, K_2$  - коэффициенты, указанные выше;

$V$  - средняя производительность кондиционера в зимнем режиме,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$\gamma$  - объёмный вес воздуха,  $\text{кг}/\text{м}^3$ , соответствует средней температуре нагреваемого воздуха;

$\sum_{i=1}^n \delta_i C m_i (t_{n.p.i} - t_{n.c.p.i})$  - годовой расход тепла, отнесённый к  $1 \text{ м}^3$  воздуха, подаваемого кондиционером и определяемый по приложению 2.

#### Пример 4.

Годовой расход тепла на второй подогрев определяется по формуле:

$$Q_{\text{конд}(2)}^{\text{рас}} = K_1 \cdot K_2 \cdot Q_{\text{конд}(1)}^{\text{рас}} \cdot m \cdot 10^{-6} \text{ Гкал/год}$$

Обозначения те же, что при определении  $Q_{\text{конд}(1)}$ :

$Q_{\text{конд}(2)}$  - средний часовой расход тепла на второй подогрев, ккал/ч;  
 $m$  - продолжительность работы второго подогрева, ч.

3. Стоимость электроэнергии  $C_3$  определяется по формуле:

$$C_3 = \frac{W \cdot C_2}{1000} \text{ тыс.руб/год}$$

где  $W$  - годовой расход электроэнергии, тыс.кВт·ч;

$C_2$  - цена 1000 кВт·ч электроэнергии для всех перечисленных в табл.2 энергосистем принимается равной 25 руб.

Годовой расход электроэнергии для одного электродвигателя нагнетателя (вентилятора, насоса, компрессора) определяется по формуле:

$$W = \frac{N \cdot m \cdot n}{1000} \text{ тыс.кВт·ч/год}$$

где  $m, n$  - число часов работы в сутки и число суток за год;

$N$  - фактическая мощность, потребляемая двигателем, кВт, и определяемая по формуле:

$$N = \frac{H \cdot V}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_{\text{нр}} \eta_{\text{зб}}}, \text{ кВт}$$

где  $H$  - давление, развиваемое нагнетателем,  $\text{кг}/\text{м}^2$ ;

$V$  - производительность нагнетателя,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$\eta_{\text{нр}}$  - КПД нагнетателя принимается по каталожным данным;

$\eta_{\text{зб}}$  - КПД двигателя; для электродвигателей при  $N = 5-75 \text{ кВт}$

$\eta_{\text{зб}} = 0,86-0,89$ ;

$\eta_{\text{нр}}$  - КПД передачи; для клиновременной передачи  $\eta_{\text{нр}} = 0,95$ .

При наличии электрокалориферов следует учитывать расход и стоимость электроэнергии на нагрев воздуха.

4. Стоимость воды  $C_B$  определяется по формуле:

$$C_B = \frac{B \cdot C_B'}{1000}, \text{ тыс.руб/год,}$$

где  $B$  - годовой расход воды,  $\text{м}^3$ , определяется расходом воды на подпитку форсуночной камеры в процессах обработки воздуха с увлажнением, на периодическую смену воды в поддоне, баках и трубопроводах, на охлаждение конденсаторов, на распыл воды в системах доувлажнения и т.п.;

$C_B'$  - цена 1  $\text{м}^3$  воды, руб. (для типовых проектов принимается в размере 0,05 руб. за 1  $\text{м}^3$  воды).

5. Стоимость холода  $C_X$  рассчитывается по формуле:

$$C_X = \frac{Q_x^2 \cdot C_X'}{1000}, \text{ тыс.руб/год,}$$

где  $Q_x^2$  - годовой (сезонный) расход холода, Гкал/год;

$C_X'$  - цена холода за Гкал принимается по себестоимости.

Примечание. Стоимость холода  $C_X$  учитывается отдельной статьёй только в том случае, когда ходоснабжение осуществляется от общезаводской холодильной станции ( $C_X' = 30-40$  руб/Гкал).

При ходоснабжении от специальных холодильных установок, работающих только на нужды кондиционеров, эксплуатационные расходы на ходоснабжение отдельно не учитываются, а включаются в соответствующие статьи эксплуатационных расходов (амortизационные отчисления, текущий ремонт, стоимость электроэнергии, зарплата обслуживающего персонала и др.).

Годовой расход холода определяется по формуле:

$$Q_x^2 = K_1 K_2 K_3 G \sum_{i=1}^n \Delta I_i m_i \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал/год}$$

где  $G$  - часовой расход приточного воздуха в летнем режиме, кг/ч;

$K_1$  - поправочный коэффициент, учитывающий сменность работы СКВ ( $K_1 = 0,245; 0,49; 0,735; 1,0$  - см. п. 2, В);

$K_2$  - поправочный коэффициент, учитывающий, что в дневные часы теплосодержание наружного воздуха имеет более высокое значение, чем среднесуточное.

Для прямоточных схем следует принимать: при односменной работе  $K_2 = 1,2-1,4$ ; при двухсменной работе  $K_2 = 1,1-1,3$ ; при трёхсменной и непрерывной работе  $K_2 = 1,0$ .

Для схем с рециркуляцией (где  $P$  - доля рециркуляции): при односменной работе и двухсменной работе  $K_2 = (1-P)K_2 + P$ , при трёхсменной и непрерывной работе  $K_2 = 1,0$ .

$K_3$  - значения принимаются по данным раздела VI, § 10;

$\sum_{i=1}^n \Delta I_i m_i$  - годовой расход холода, отнесённый к 1 кг воздуха, подаваемого кондиционером, ккал/год·кг.

Пример определения годового расхода холода, отнесённого к 1 кг воздуха, и  $Q_x^2$  Гкал/год приведён ниже.

6. Годовой фонд заработной платы обслуживающего персонала  $C_3$  определяется по количеству обслуживающего персонала (см.табл. I) и по средней заработной плате, которая с начислениями в размере 6,6% составляет 1,28 тыс.руб. в год на 1 человека.

Таблица I  
Нормы для расчёта количества обслуживающего персонала

№ пп	Наименование обслуживаемого объекта	Количество обслуживающего персонала в 1 смену на 1 установку
1	Центральные приточно-увлажнительные камеры и кондиционеры .....	0,15
2	Местный приточно-увлажнительный агрегат, воздушная завеса или 20 дюймовых форсунок пневматического действия .....	0,05
3	Приточные (сухие), рециркуляционные и вытяжные установки .....	0,04
4	Системы пылеуборки .....	1
5	Компрессорные станции .....	I (на 1 станцию)

Примечание. Количество обслуживающего персонала дано с учётом наличия автоматических устройств и их обслуживания, при отсутствии автоматических устройств следует применять повышенный коэффициент  $K = 1,15$ .

7. Стоимость текущего ремонта  $C_P$  тыс.руб/год, принимается в размере 20% от суммы амортизационных отчислений.

8. Общеобъектные и прочие расходы  $C_0$ , тыс. руб/год, принимаются в размере 30% от суммы годового фонда зарплаты обслуживающего персонала, амортизационных отчислений и годовых затрат на текущий ремонт

$$C_0 = 0,3 (C_A + C_3 + C_P).$$

Определение годового расхода тепла на первый подогрев

$$Q_{\text{конд}(1)}^2, \text{ Гкал/год}$$

Пример 1.

СКВ проектируется в г. Киеве, производительность СКВ  $V = 10000 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Работа СКВ двухсменная. Расчетные параметры наружного воздуха для холодного периода года (параметры "Б") следующие:  $t_H = -21^\circ\text{C}$ ;  $\gamma_H = -4,8 \text{ ккал/кг}$ . СКВ работает по прямоточной схеме. Для осуществления процесса адиабатического насыщения в форсуночной камере (по  $\gamma_K = 7,0 \text{ ккал/кг}$ ) необходим подогрев воздуха до  $t_{HP} = 27,3^\circ\text{C}$  (в зимних расчетных условиях).

$$Q_{\text{конд}(1)}^2 = K_1 K_2 \cdot 0,4 \cdot Q_{\text{конд}(1)}^{\text{час}} \cdot t \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал/год.}$$

Определяется  $Q_{\text{конд}(1)}^{\text{час}}$  — максимальный часовой расход тепла:

$$Q_{\text{конд}(1)}^{\text{час}} = V \cdot C \cdot \gamma (t_{HP} - t_H), \text{ ккал/ч}$$

Объемный вес воздуха  $\gamma = 1,28 \text{ кг}/\text{м}^3$  при

$$t_{CP} = 0,5(t_{HP} + t_H) = 0,5[27,3 - (-21)] = 3^\circ\text{C}.$$

$$Q_{\text{конд}(1)}^{\text{час}} = 10000 \cdot 0,24 \cdot 1,28 \cdot [27,3 - (-21)] = 148500 \text{ ккал/ч.}$$

Для определения  $m$  продолжительности работы кондиционера в зимнем режиме, ч/год, используются данные табл. 3.

Для г. Киева определяется средняя продолжительность стояния параметров наружного воздуха в летнем режиме работы СКВ, между  $\gamma_{H,\text{max}} = 16,9 \text{ ккал/кг}$  и  $\gamma_K = 7,0 \text{ ккал/кг}$

$$\sum m_i = 266 + 287 + 202 + 361 + 383 + 400 + 366 + 313 + 135 + 145 + 91 + 40 + 10 + 3 = 3102 \text{ ч/год.}$$

Это количество часов вычитается из общего числа часов в году и получается продолжительность зимнего режима работы СКВ:

$$m = 8760 - 3102 = 5658 \text{ ч/год}$$

$$Q_{\text{конд}(1)}^2 = 0,49 \cdot 1,1 \cdot 0,4 \cdot 148500 \cdot 5658 \cdot 10^{-6} = 181 \text{ Гкал/год}$$

### Определение годового расхода холода

Годовой расход холода, отнесенный к 1 кг воздуха, подаваемого кондиционером, определяется по формуле:

$$K_1 K_2 K_3 \sum_{i=1}^n \Delta \gamma_i \cdot m_i, \text{ ккал/кг·год,}$$

где  $\Delta \gamma_i$  — перепад теплосодержания в воздухоохладителе для рассматриваемой области наружного климата от  $\gamma_{Hi}$  до  $\gamma_{H(i+1)}$ ; для прямоточных схем принимается

$$\Delta \gamma_i = \gamma_{H,i CP} - \gamma_k = \frac{\gamma_{H,i} + \gamma_{H(i+1)}}{2} - \gamma_k;$$

для схемы обработки воздуха с рециркуляцией в теплое время года ( $P$  — доля рециркуляции) принимается

$$\Delta \gamma_i = \gamma_{i CP} - \gamma_k = \frac{\gamma_{H,i} + \gamma_{H(i+1)}}{2} (1-P) + \gamma_p P - \gamma_k,$$

$m_i$  — продолжительность стояния параметров наружного воздуха в области наружного климата от  $\gamma_{Hi}$  до  $\gamma_{H(i+1)}$  для 45 крупных городов СССР, принимается по табл. 3 приложения (значения  $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_3$  приведены выше).

Для гг. Киев, Одесса, Ленинград, Москва, Рига, Новосибирск, Тбилиси, Волгоград, Алхабад величина  $m_i$  может быть определена также по методике, приведённой в приложении 2.

Пример 2.

СКВ проектируется в г. Ленинграде, производительность СКВ  $V = 60000 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Рециркуляция воздуха в летнем режиме допускается в размере 90% ( $P=0,9$ ). Работа СКВ двухсменная. Параметры характерных точек процессов обработки воздуха в летнем режиме:

параметры воздуха рабочей зоны (В):  $t_B = 20^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_B = 55\%$ ;  $\gamma_B = 9,6 \text{ ккал}/\text{кг}$   
параметры рециркуляционного воздуха (Р):  $t_R = 21,4^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_R = 50\%$ ,  $\gamma_R = 10 \text{ ккал/кг}$ ;

параметры воздуха после форсуночной камеры (или В.О.) (К):  $t_K = 11,5^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_K = 95\%$ ,  $\gamma_K = 7,5 \text{ ккал/кг}$ ;

параметры "Б" наружного воздуха для теплого режима (Н):  $t_H = 26,2^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_H = 44\%$ ,  $\gamma_H = 12,0 \text{ ккал/кг}$ .

Летний режим соответствует параметрам наружного воздуха

$$\gamma_H > \gamma_K = 7,5 \text{ ккал/кг.}$$

Проектируется работа СКВ по двум под режимам:

при  $\bar{Y}_p = 10 > \bar{Y}_H > \bar{Y}_k = 7,5$  ккал/кг СКВ работает по прямоточной схеме;

при  $\bar{Y}_H > \bar{Y}_p = 10$  ккал/кг СКВ работает с максимальной рециркуляцией воздуха, равной 90% ( $P=0,9$ ).

Примечание. Возможна работа СКВ в течение всего тёплого периода года без подрежимов с использованием 90% рециркуляционного воздуха, но экономическая целесообразность такой схемы доказывается расчётом, приведённым ниже.

Расчёт производится в следующем порядке (результаты расчёта одновременно заносятся в табл.4).

По данным табл.3 приложения 2 для г.Ленинграда определяются интервалы теплосодержания наружного воздуха и продолжительности стояния параметров в этих интервалах  $m_i$ , ч/год (см.п.1 и 5 табл.4). Среднее теплосодержание для каждого интервала определяется как среднеарифметическое (см.п.2 табл.4).

Теплосодержание смеси определяется по выражению:

$$\bar{Y}_{cm} = \rho \bar{Y}_p + (1-\rho) \bar{Y}_H = 0,9 \cdot \bar{Y}_p + 0,1 \cdot \bar{Y}_H = 0,9 \cdot 10 + 0,1 \cdot \bar{Y}_H = 90 + 0,1 \cdot \bar{Y}_H, \text{ ккал/кг}$$

(см.п.3 табл.4). Следовательно, теплосодержание смеси для расчётных параметров "Б" ( $\bar{Y}_H = 12,0$  ккал/кг) равно:

$$\bar{Y}_{cm,расч.} = 9,0 + 0,1 \cdot 12,0 = 10,2 \text{ ккал/кг.}$$

Перепад теплосодержания для расчётных параметров "Б"

$$\Delta \bar{Y}_{расч.} = \bar{Y}_{cm,расч.} - \bar{Y}_k = 10,2 - 7,5 = 2,7 \text{ ккал/кг}$$

Такой же перепад  $\Delta \bar{Y} = 2,7$  ккал/кг принимается для зоны летних нарушений, когда  $\bar{Y}_H > 12,0$  ккал/кг (см.п.4 табл.4). Для схемы с рециркуляцией  $\Delta \bar{Y}_i = \bar{Y}_{cm} - \bar{Y}_k$ , для прямоточной схемы  $\Delta \bar{Y}_i = \bar{Y}_{cm} - \bar{Y}_k$  (см.п.4 табл.4). Расход холода для каждого  $i$ -го интервала теплосодержаний определяется как  $\Delta \bar{Y}_i \cdot m_i$  (см.п.6 табл.4).

Годовой расход холода, отнесённый к 1 кг воздуха при работе СКВ по двум подрежимам:

прямоточная схема ( $7,6 < \bar{Y}_H < 10$  ккал/кг)

$$\sum \Delta \bar{Y}_i \cdot m_i = 1702 \text{ ккал} \cdot \text{ч/кг} \cdot \text{год};$$

с учётом коэффициентов  $K_1 = 0,49$  и  $K_2 = 1,2$

$$0,49 \cdot 1,2 \cdot 1702 = 1000 \text{ ккал/кг} \cdot \text{год};$$

схема с 90% рециркуляцией ( $10 < \bar{Y}_H < 16$  ккал/кг)

$$\sum \Delta \bar{Y}_i \cdot m_i = 2194 \text{ ккал} \cdot \text{ч/год}; \quad K_1 = 0,9;$$

$$K_2'' = (I-P) \cdot K_2' + P = (I-0,9) \cdot 1,20 + 0,9 = 1,02$$

$$0,49 \cdot 1,02 \cdot 2194 = 1070 \text{ ккал/кг} \cdot \text{год}$$

Суммарный расход холода ( $7,6 < \bar{Y}_H < 16$  ккал/кг)

$$1000 + 1070 = 2070 \text{ ккал} \cdot \text{ч/кг} \cdot \text{год.}$$

При работе СКВ в течение всего тёплого периода года ( $7,6 < \bar{Y}_H < 16$  ккал/кг) без подрежимов, с использованием 90% рециркуляционного воздуха при  $7,6 < \bar{Y}_H < 16$  ккал/кг расход холода будет равен  $0,49 \cdot 1,02 \cdot 3290 + 1070 = 2670 \text{ ккал} \cdot \text{ч/кг} \cdot \text{год}$

Расчёты показывают, что при проектировании двух подрежимов экономия холода составляет

$$2680 - 2070 = 610 \text{ ккал} \cdot \text{ч/кг} \cdot \text{год}, \text{ или } 22\%.$$

Годовой расход холода  $Q_x^2$  с учётом потерь в системе ( $K_3 = 1,15$ )

$$Q_x^2 = 1,15 \cdot 60000 \cdot 1,2 \cdot 2070 \cdot 10^{-6} = 173 \text{ Гкал/год}$$

Таблица 2

Цена тепловой энергии, получаемой от тепловых электростанций

№ пп	Энергосистемы	Территориальный район	Цена в рублях тепловой энергии за I Гкал	
			горячая вода	отборный пар от 1,2 до 2,5 ата
1	2	3	4	5
1	Горэнерго (Горький)	IУ	3-55	3-57
2	Куйбышевэнерго	IУ	4-54	4-31
3	Мосэнерго (Москва)	I	4-62	4-39
4	Орелэнерго	I	5-74	5-45
5	Саратовэнерго	IУ	3-68	3-49
6	Татэнерго (Казань)	IУ	5-04	4-79
7	Болгоградэнерго	У	3-38	3-21
8	Краснодарэнерго	УI	2-67	2-54
9	Курскэнерго	У	4-50	4-27
10	Ростовэнерго	УI	I-35	I-10
11	Красноярскэнерго	УI	I-79	I-70
12	Новосибирскэнерго	XIX	3-00	2-85
13	Свердловскэнерго	IX	3-17	3-01

I	2	3	4	5
14	Челябинэнерго	IX	3-50	3-33
15	Калининградэнерго	II	6-66	6-33
16	Ленэнерго	I	5-86	5-57
17	Днепроэнерго	III	5-53	5-25
18	Киевэнерго	IV	4-41	4-19
19	Крымэнерго	III	4-98	4-73
20	Львовэнерго	III	4-04	3-84
21	Одессаэнерго	III	4-45	4-23
22	Харьковэнерго	III	4-48	4-25
23	Г.У.Э.Белорусской ССР	III	4-56	4-33
24	Мин.Энергет.Узбек.ССР	XI	3-73	3-54
	Главное управление энергетики при Совете Министров союзных республик			
25	Грузинская ССР	X	6-30	5-99
26	Азербайджанская ССР	X	3-88	3-69
27	Литовская ССР	II	5-33	6-06
28	Молдавская ССР	III	6-23	5-92
29	Латвийская ССР	II	6-65	6-32
30	Киргизская ССР	XI	6-46	6-14
31	Таджикская ССР	XI	5-70	5-42
32	Армянская ССР	X	4-13	3-92
33	Туркменская ССР	XI	5-45	5-18
34	Эстонская ССР	II	5-23	4-97

Примечание к табл.2. Стоимость отборного пара давлением от 2,5 до 7,0 ата совпадает со стоимостью горячей воды.

#### Приложение 2. Наружный климат городов СССР

Технико-экономическое обоснование выбора схемы или аппаратов СКВ на основании сравнения нескольких вариантов невозможно выполнить без учёта климатических особенностей местности.

Приведённые ниже диаграммы  $t - \varphi$  наружного климата для городов Советского Союза опубликованы в работе Успенской Л.Б. (труды ВНИИГС, выпуск 26).

Диаграммы  $t - \varphi$  построены на основании статистических данных 4-х срочных (в 1, 7, 13, 19 часов) и ежечасных измерений температуры воздуха  $t$  и относительной влажности воздуха  $\varphi$  за период 25 лет.

Статистическая обработка сочетаний  $t - \varphi$  производилась по интервалам:  $\Delta t = 5^{\circ}\text{C}$  и  $\Delta \varphi = 10\%$  (см. диаграммы), результаты обработки в виде изометрических характеристик показаны на диаграммах в координатах  $t - \varphi$ . Изолинии  $m_o = \text{const}$  ( $m_o = 30, 50, 100$  и т.д.) представляют собой геометрическое место точек с одинаковой плотностью повторяемости сочетаний  $t$  и  $\varphi$  при условии, что единицей измерения площади является площадь двумерного интервала с  $\Delta t = 5^{\circ}\text{C}$  и  $\Delta \varphi = 10\%$ .

Диаграммы  $t - \varphi$  с изолиниями  $m_o = \text{const}$  позволяют определять продолжительность стояния сочетаний параметров  $t$  и  $\varphi$  (число часов в год) в любых заданных границах графоаналитическим методом или с помощью планиметра.

Изолинии  $m_o = 0$  отделяют в диаграммах  $t - \varphi$  зону с малой вероятностью повторяемости сочетаний  $t$  и  $\varphi$  и является граничной кривой; перенесение точек изолинии  $m_o = 0$  на диаграмму  $\Upsilon - d$  определяет область климата для данной местности (см. пример 3).

Для городов Киев и Одесса представлены диаграммы  $t - \varphi$  с нанесением только изолиний  $m_o = \text{const}$ .

Для других городов на диаграммах  $t - \varphi$  указана продолжительность стояния сочетаний  $t$  и  $\varphi$  (часов в год) в пределах каждого участка диаграммы между линиями  $t = \text{const}$ ,  $\varphi = \text{const}$  и  $m_o = \text{const}$ .

Пользование такими диаграммами много проще и сводится к суммированию указанных величин в любых заданных границах.

Дипломникам рекомендуется использовать диаграммы  $t - \varphi$  для решения следующих задач:

1) для нанесения на  $\Upsilon - d$  диаграмму области наружного климата данного города;

2) для определения продолжительности летних и зимних нарушений работы СКВ (ч/год) и сравнения полученной величины нарушений с нормативной, равной 200 ч/год [3] ;

3) для определения продолжительности работы СКВ в различных режимах (ч/год), что необходимо при сравнении вариантов технического решения СКВ по результатам технико-экономических расчётов (ТЭР);

4) для определения годового расхода тепла в зимнем режиме работы СКВ (Гкал/год) для ТЭР;

5) для определения годового расхода холода в летнем режиме работы СКВ (Гкал/год) для ТЭР.

Пользование диаграммами  $t - \varphi$  поясняется на следующих примерах.

### Пример 3. Задача I.

Нанести на  $\mathcal{Y} - d$  диаграмму область наружного климата города Киева.

На изолинии  $m_o = 0$  диаграммы  $t - \varphi$  города Киева проставляются точки 1, 2, 3, ..., 22, определяющие сочетания параметров  $t$  и  $\varphi$ , эти сочетания записываются в таблицу.

№ точек	I	2	3	и т.д.	21	22
Параметр						
$t$ °C	23	-19	-27,5		28	25,5
$\varphi$ %	100	100	90		80	90

Полученные точки переносятся на  $\mathcal{Y} - d$  диаграмму влажного воздуха и соединяются плавной линией, которая и определяет область наружного климата г. Киева (см. диаграмму  $\mathcal{Y} - d$  к примеру 3).

Задача 2. Определить продолжительность летних нарушений работы СКВ (ч/год), запроектированной в Киеве.

Расчетные параметры наружного воздуха – параметры "Б" – для города Киева следующие:  $t_H = 31,3^{\circ}\text{C}$ ;  $\mathcal{Y}_H = 13,3$  ккал/кг.

На диаграмме  $\mathcal{Y} - d$ , на которой уже нанесена область климата, проводится изоэнтальпа  $\mathcal{Y}_H = 13,3$  ккал/кг. Зона, лежащая выше этой изоэнтальпы, является зоной летних нарушений.

На изоэнтальпе  $\mathcal{Y}_H = 13,3$  ккал/кг проставляется несколько произвольных точек 23, 24, 25, 26, 27, параметры которых записываются в таблицу.

№ точек	23	24	25	26	27
Параметр					
$t$ °C	35	30	25	22	19,5
$\varphi$ %	22	37	60	78	100

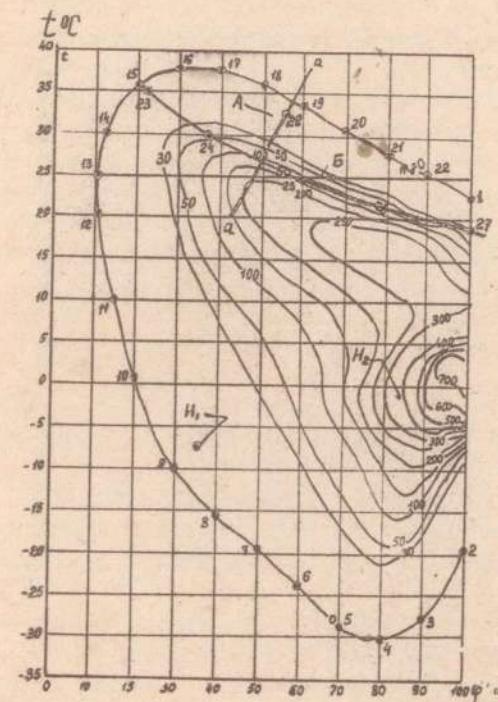


Диаграмма  $t - \varphi$  г. Киева.

Полученные точки переносятся на  $t - \varphi$  диаграмму г. Киева и соединяются плавной линией. Таким образом, в диаграмме  $t - \varphi$  определились границы сочетаний параметров наружного воздуха с  $\mathcal{Y}_H > 13,3$  ккал/кг.

В этих границах проходят изолинии  $m_o = 30,50$  и  $100$ , а вся площадь диаграммы  $t - \varphi$  в этих границах состоит из площадей отдельных участков, ограниченных линиями  $t = \text{const}$ ,  $\varphi = \text{const}$  и  $m_o = \text{const}$ .

Продолжительность стояния сочетаний параметров  $t$  и  $\varphi$  (среднее число часов в году) определяется для участка А и Б (эти участки на диаграмме  $t - \varphi$  заштрихованы).

Используется графоаналитический метод, который заключается в следующем: площадь участка А составляет примерно (на глаз) 90% площади квадрата с  $\Delta t = 5^{\circ}\text{C}$  и  $\Delta \varphi = 10\%$  между изолиниями  $m_o = 0$  и  $m_o = 30$ ; точка 28 является геометрическим центром участка А, через который, очевидно, должна пройти изолиния  $m_o = \text{const}$ , показывающая среднюю плотность повторяемости сочетаний  $t$  и  $\varphi - m_o^{\text{ср}}$  между изолиниями  $m_o = 0$  и  $m_o = 30$ . Через точку 28 проводится секущая  $a-a$  нормально к кривым  $m_o = 0$ ,  $m_o = 30$ ,  $m_o = 50$  и строится профиль полученного сечения в любом удобном для расчёта масштабе (см. построение профиля сечения  $a-a$ ).

Из построения профиля следует, что для точки 28  $m_o = m_o^{\text{ср}} = 6$ , а продолжительность стояния параметров для участка А  $M_i = 0,9 \cdot 6 = 5,4 \text{ ч/год}$ .

Площадь участка Б составляет примерно 20% площади квадрата с  $\Delta t = 5^{\circ}\text{C}$  и  $\Delta \varphi = 10\%$  между изолиниями  $m_o = 30$  и  $m_o = 50$ ; принимаем  $m_o^{\text{ср}} = 40$ , тогда  $M_i = 0,2 \cdot 40 = 8,0 \text{ ч/год}$ . Аналогично определяется  $M_i$  для каждого  $i$ -го участка зоны.

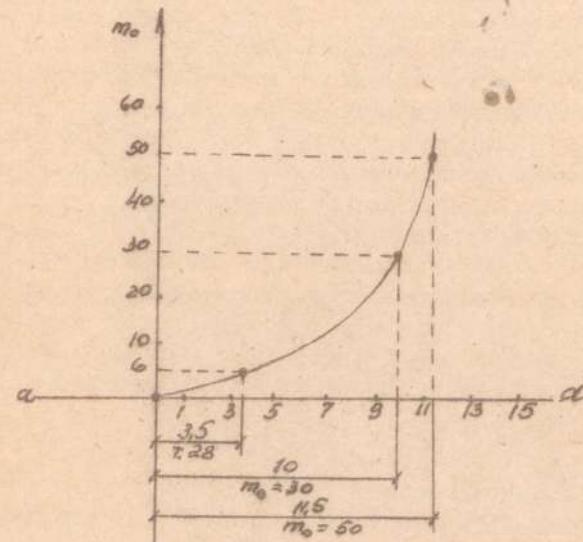
Суммирование значений  $M_i$  определяет продолжительность летних нарушений работы СКВ, равную 148 ч/год, что значительно меньше нормативного.

Решение третьей задачи – определение продолжительности работы СКВ на различных режимах (т.е. в интервалах  $\mathcal{Y}_{H_3} - \mathcal{Y}_K$ ;  $\mathcal{Y}_K - \mathcal{Y}_P$ ;  $\mathcal{Y}_P - \mathcal{Y}_{H_1}$ ) – аналогично решению второй задачи.

#### Пример 4. Задача 4.

Определение годового расхода тепла в зимнем режиме работы СКВ (Гкал/год). СКВ проектируется в Киеве. Производительность СКВ  $V = 10000 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Работа СКВ двухоменная. Параметры "Б" наружного воздуха для холодного периода года  $t_H = -21^{\circ}\text{C}$ ,  $\mathcal{Y}_H = -4,8 \text{ ккал/кг}$ . СКВ работает без рециркуляции внутреннего воздуха (прямоточная схема). Предполагаем, что процесс обработки воздуха в зимнем режиме  $H^B - H^K - H^P$  (см. диаграмму  $\mathcal{Y} - d$ , пример 4). Процесс  $H^P - H^H$  – нагревание воздуха в калорифере 1-го подогрева. Процесс  $H^K - K^B$  – адиабатическое увлажнение. Процесс  $K^B - P^B$  – нагревание воздуха в системе (без затраты тепла). Процесс  $P^B - B^B$  – ассимиляция тепла и влаги в помещениях.

На диаграмме  $\mathcal{Y} - d$ , на которой уже нанесена область наружного климата (по точкам 2, 3, 4..., 13), проводятся изоэнталпии  $\mathcal{Y}_k = 7,0 \text{ ккал/кг}$  и  $\mathcal{Y}_{H, t_H} = -7,6 \text{ ккал/кг}$ . Между ними находится зона зимнего



Построение профиля сечения  $a-a$ .

режима работы СКВ, в пределах которой изменяется расход тепла на калорифер 1-го подогрева.

Для простоты расчётов представим зону зимнего режима состоящей из нескольких неправильных параллелограммов. Ниже линии  $t_H = -10^{\circ}\text{C}$  рассмотрим два параллелограмма А и Б на диаграмме  $\mathcal{Y} - d$ , они заштрихованы (всего ниже линии  $t = -10^{\circ}\text{C}$  четыре параллелограмма). Параллелограмм А ограничен линиями температур  $t_H = -10^{\circ}\text{C}$  и  $t_{H_B} = -15^{\circ}\text{C}$  с геометрическим центром в точке  $H_A$ , для которого  $t_{H_A} = -12,5^{\circ}\text{C}$  и  $\varphi_{H_A} = 65\%$ . Параллелограмм Б ограничен линиями температур  $t_H = -15^{\circ}\text{C}$  и  $t_{H_B} = -20^{\circ}\text{C}$  с геометрическим центром в точке  $H_B$ , для которого  $t_{H_B} = -17,5^{\circ}\text{C}$  и  $\varphi_{H_B} = 70\%$ .

Выше линии  $t_H = -10^{\circ}\text{C}$  рассмотрим каждый  $i$ -ый параллелограмм с интервалами температур  $\Delta t = 5^{\circ}\text{C}$  и с интервалами относительной влажности  $\Delta \varphi = 10\%$ , таковы, в частности, параллелограммы с геометрическими центрами  $H_1$  и  $H_2$  (на диаграмме  $\mathcal{Y} - d$  заштрихованы). Параллелограмм с центром  $H_1$  ограничен интервалом температур

$t_H = 5-10^{\circ}\text{C}$  и интервалом относительной влажности  $\varphi_H = 30-40\%$ , следовательно,  $t_{H_1} = 7,5^{\circ}\text{C}$  и  $\varphi_{H_1} = 35\%$ . Параллелограмм с центром  $H_2$  ограничен интервалом температур  $0-5^{\circ}$  и интервалом относительной влажности  $\varphi_H = 80-90\%$ , следовательно,  $t_{H_2} = 2,5^{\circ}\text{C}$  и  $\varphi_{H_2} = 85\%$ .

На диаграмме  $t - \varphi$  г. Киева заштрихованы участки площади диаграммы с указанными интервалами. Центр участка  $H_1$  находится на изолинии  $m_o^{\varphi} = 4,0$ , следовательно,  $m_o^{\varphi} = m_i = 4,0$  (изолиния  $m_o^{\varphi} = 4,0$  определена графоаналитическим методом путём построения профиля сечения, как это указывалось в примере 3).

Центр участка  $H_2$  находится на изолинии  $m_o^{\varphi} = 400$ , следовательно,  $m_o^{\varphi} = m_i = 400 \text{ ч/год}$ . Аналогично определяется  $m_o^{\varphi}$  для каждого  $i$ -го параллелограмма зоны зимнего режима. Из точек  $H_1$  и  $H_2$  на диаграмме  $T - d$  проводим процессы нагревания воздуха до линии  $\mathcal{X}_k = 7,0 \text{ ккал/кг}$  (см. диаграмму  $T - d$  пример 4) и определяем интервалы температур в процессах нагревания воздуха

$$t_{H_1n} - t_{H_1} = 23,2 - 7,5 = 15,7^{\circ}\text{C};$$

$$t_{H_2n} - t_{H_2} = 19,1 - 2,5 = 16,5^{\circ}\text{C}.$$

Аналогично определяются интервалы температур для каждого  $i$ -го параллелограмма зоны. Расход тепла для каждого  $i$ -го интервала температур, отнесённый к 1 кг нагреваемого воздуха, определяется по формуле:

$$Q_i = C \cdot m_i \cdot (t_{H_1n} - t_{H_1}). \text{ ккал-кг·год}$$

Для рассматриваемых интервалов температур расходы тепла равны:

$$Q_1 = 0,24 \cdot 4,0 (23,2 - 7,5) = 15,0 \text{ ккал/кг·год};$$

$$Q_2 = 0,24 \cdot 400 (19,1 - 2,5) = 1600 \text{ ккал/кг·год}.$$

Для всей зоны зимнего режима

$$\sum Q_i = \sum C \cdot m_i (t_{H_1n} - t_{H_1}) = 25800 \text{ ккал/кг·год}.$$

Годовой расход тепла на первый подогрев воздуха  $Q_{\text{конд}(i)}$  в СКВ определяется по формуле:

$$Q_{\text{конд}(i)}^2 = K_1 K_2 V \cdot \gamma \sum C \cdot m_i (t_{H_1n} - t_{H_1}) \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал/год}$$

$K_1 = 0,49$  — при двухсменной работе СКВ,

$K_2 = 1,1; V = 10000 \text{ м}^3/\text{ч},$

$\gamma = 1,28 \text{ кг/м}^3$  при средней температуре воздуха

$$t_{H,\bar{\varphi}} = \frac{t_H + t_{Hn}}{2} = \frac{-21 + 27,3}{2} = +3^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{конд}(i)}^2 = 0,49 \cdot 1,1 \cdot 10000 \cdot 1,28 \cdot 25800 \cdot 10^{-6} = 185 \text{ Гкал/год}.$$

В приложении I годовой расход тепла для тех же условий работы СКВ был определен по приближённой формуле (см. пример I):

$$Q_{\text{конд}(i)}^2 = K_1 \cdot K_2 \cdot 0,6 \cdot Q_{\text{конд}(i)}^{\text{час}} \cdot m \cdot 10^{-6}$$

и выразился в количестве 272 Гкал/год, что больше действительного расхода тепла на 185-181=4 Гкал/год.

Решение пятой задачи — определение годового расхода холода в летнем режиме работы СКВ (Гкал·год) — аналогично решению четвёртой задачи.

Для городов: Москва, Ленинград, Рига, Тбилиси, Волгоград и Алхабад продолжительность стояния сочетаний  $t$  и  $\varphi$  (ч/год)  $m_i$  приведена на диаграммах  $t - \varphi$ , о чём указывалось ранее.

Образец титульного листа

МВ и ССО РСФСР

Ленинградский технологический институт холодильной  
промышленности

Холодильный факультет  
Кафедра кондиционирования воз-  
духа, сантехники и охраны труда

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема проекта \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
Руководитель \_\_\_\_\_  
Дипломник \_\_\_\_\_

Ленинград  
197 г.

таблица 3

№	Наименование географи- ческого района	Средняя продолжительность стояния пасынков карликового воздуха (в часах в год) по многолетним наблюдениям для экзоконтинентальной зоны	Пасынки карликового воздуха в зоне															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Алма-Ата m:	7 -7,9 364	7,4 -8,0 419	8,0 -8,5 412	8,6 -9,1 433	9,2 -9,7 458	9,8 -10,4 479	10,5 -11,1 503	10,2 -10,8 523	12,0 -12,7 530	12,8 -13,5 530	13,6 -14,5 530	14,6 -15,5 530	15,3 -16,3 530	16,2 -17,1 530	17,1 -18,2 530	18,2 -19,1 530	19,2 -20,1 530
			-7,9 -7,4 235	-8,5 -8,0 257	-9,1 -8,6 249	-9,7 -9,3 245	-10,4 -10,0 245	-11,1 -10,6 245	-11,7 -11,3 245	-12,7 -12,0 245	-12,8 -12,7 245	-12,6 -13,4 245	-13,5 -14,5 245	-14,5 -15,5 245	-15,3 -16,5 245	-16,2 -17,1 245	-17,1 -18,2 245	-18,2 -19,1 245
2	Астрахань m:	6,9 -7,4 235	7,5 -8,0 257	8,7 -8,6 249	9,7 -9,3 245	9,9 -9,3 245	10,1 -10,0 245	10,7 -10,5 245	11,4 -11,2 245	12,1 -12,0 245	12,8 -12,5 245	13,6 -13,4 245	14,5 -14,3 245	15,3 -15,2 245	16,2 -16,0 245	17,1 -17,0 245	18,1 -18,0 245	
			-7,3 -7,4 360	-7,9 -8,0 357	-8,5 -8,6 355	-9,2 -9,3 357	-9,9 -10,0 355	-10,5 -10,2 355	-11,2 -11,0 355	-11,8 -11,5 355	-12,6 -12,4 355	-12,7 -12,5 355	-13,5 -13,3 355	-14,5 -14,3 355	-15,3 -15,2 355	-16,2 -16,0 355	-17,1 -17,0 355	
3	Ашхабад m:	6,8 -7,3 235	7,5 -7,9 340	8,0 -8,5 340	8,6 -8,5 340	9,2 -9,2 340	9,9 -10,0 340	10,5 -10,5 340	11,2 -11,2 340	11,8 -11,8 340	12,6 -12,6 340	12,7 -12,6 340	13,5 -13,4 340	14,5 -14,3 340	15,3 -15,2 340	16,2 -16,0 340	17,1 -17,0 340	
			-7,3 -7,4 324	-7,9 -8,0 369	-8,5 -8,6 386	-9,2 -9,3 416	-9,8 -9,9 412	-10,0 -10,0 371	-10,7 -10,6 371	-11,4 -11,3 371	-12,1 -12,0 371	-12,8 -12,7 371	-13,6 -13,5 371	-14,5 -14,4 371	-15,3 -15,2 371	-16,2 -16,1 371	-17, —	
4	Баку m:	6,9 -7,4 235	7,5 -8,0 264	8,1 -8,6 254	8,7 -9,1 254	9,4 -9,7 254	10,0 -10,0 254	10,7 -10,6 254	11,4 -11,3 254	12,0 -12,0 254	12,7 -12,5 254	13,6 -13,4 254	14,5 -14,3 254	15,3 -15,2 254	16,2 -16,1 254	17,1 -17,0 254		
			-7,4 -7,5 293	-8,0 -8,1 314	-8,6 -8,7 346	-9,2 -9,3 335	-9,8 -10,0 370	-10,5 -10,5 354	-11,2 -11,2 354	-11,8 -11,8 354	-12,6 -12,6 354	-12,7 -12,7 354	-13,5 -13,5 354	-14,5 -14,4 354	-15,3 -15,2 354	-16,2 -16,1 354		
5	Брянск m:	6,9 -7,4 235	7,5 -8,0 293	8,1 -8,6 314	8,7 -9,2 314	9,4 -9,7 314	10,1 -10,0 314	10,7 -10,6 314	11,4 -11,3 314	12,0 -12,0 314	12,7 -12,5 314	13,6 -13,4 314	14,5 -14,3 314	15,3 -15,2 314	16,2 -16,1 314	17,1 -17,0 314		
			-7,4 -7,5 324	-8,0 -8,1 369	-8,6 -8,7 386	-9,2 -9,3 416	-9,8 -9,9 412	-10,0 -10,0 371	-10,7 -10,6 371	-11,4 -11,3 371	-12,0 -12,0 371	-12,7 -12,7 371	-13,5 -13,5 371	-14,5 -14,4 371	-15,3 -15,2 371	-16,2 -16,1 371		
6	Вильнюс m:	6,9 -7,4 235	7,5 -8,0 324	8,1 -8,6 369	8,7 -9,2 386	9,4 -9,7 416	10,1 -10,0 412	10,7 -10,6 412	11,4 -11,3 412	12,0 -12,0 412	12,7 -12,7 412	13,6 -13,5 412	14,5 -14,4 412	15,3 -15,2 412	16,2 -16,1 412	17,1 -17,0 412		
			-7,4 -7,5 324	-8,0 -8,1 369	-8,6 -8,7 386	-9,2 -9,3 416	-9,8 -9,9 412	-10,0 -10,0 371	-10,7 -10,6 371	-11,4 -11,3 371	-12,0 -12,0 371	-12,7 -12,7 371	-13,5 -13,4 371	-14,5 -14,3 371	-15,3 -15,2 371	-16,2 -16,1 371		
7	Владимир m:	6,9 -7,4 245	7,5 -8,0 216	8,1 -8,6 360	8,7 -9,2 370	9,4 -9,7 370	10,1 -10,0 370	10,7 -10,6 370	11,4 -11,3 370	12,0 -12,0 370	12,7 -12,7 370	13,6 -13,5 370	14,5 -14,4 370	15,3 -15,2 370	16,2 -16,1 370	17,1 -17,0 370		
			-7,4 -7,5 293	-8,0 -8,1 292	-8,6 -8,7 314	-9,2 -9,3 319	-9,8 -10,0 349	-10,5 -10,6 349	-11,2 -11,3 349	-11,8 -11,8 349	-12,6 -12,7 349	-12,7 -12,7 349	-13,5 -13,5 349	-14,5 -14,4 349	-15,3 -15,2 349	-16,2 -16,1 349		
8	Волгоград m:	6,8 -7,4 235	7,5 -8,0 279	8,0 -8,5 262	8,6 -9,1 316	9,2 -9,6 319	9,8 -10,3 349	10,5 -10,6 349	11,2 -11,2 349	12,0 -12,0 349	12,7 -12,7 349	13,6 -13,5 349	14,5 -14,4 349	15,3 -15,2 349	16,2 -16,1 349	17,1 -17,0 349		
			-7,4 -7,5 279	-8,0 -8,1 317	-8,6 -8,7 357	-9,2 -9,3 355	-9,8 -10,0 380	-10,5 -10,6 380	-11,2 -11,3 380	-11,8 -11,8 380	-12,6 -12,7 380	-12,7 -12,7 380	-13,5 -13,5 380	-14,5 -14,4 380	-15,3 -15,2 380	-16,2 -16,1 380		
9	Воронеж m:	6,8 -7,4 235	7,5 -8,0 281	8,1 -8,6 217	8,7 -9,2 307	9,4 -9,7 356	10,1 -10,0 363	10,7 -10,6 363	11,4 -11,3 363	12,0 -12,0 363	12,7 -12,7 363	13,6 -13,5 363	14,5 -14,4 363	15,3 -15,2 363	16,2 -16,1 363	17,1 -17,0 363		
			-7,4 -7,5 279	-8,0 -8,1 292	-8,6 -8,7 317	-9,2 -9,3 315	-9,8 -10,0 345	-10,5 -10,6 345	-11,2 -11,3 345	-11,8 -11,8 345	-12,6 -12,7 345	-12,7 -12,7 345	-13,5 -13,5 345	-14,5 -14,4 345	-15,3 -15,2 345	-16,2 -16,1 345		
10	Горячий m:	6,9 -7,4 235	7,5 -8,0 276	8,1 -8,6 316	8,7 -9,2 315	9,4 -9,7 315	10,1 -10,0 315	10,7 -10,6 315	11,4 -11,3 315	12,0 -12,0 315	12,7 -12,7 315	13,6 -13,5 315	14,5 -14,4 315	15,3 -15,2 315	16,2 -16,1 315	17,1 -17,0 315		
			-7,4 -7,5 279	-8,0 -8,1 321	-8,6 -8,7 343	-9,2 -9,3 343	-9,8 -10,0 295	-10,5 -10,6 295	-11,2 -11,3 295	-11,8 -11,8 295	-12,6 -12,7 295	-12,7 -12,7 295	-13,5 -13,5 295	-14,5 -14,4 295	-15,3 -15,2 295	-16,2 -16,1 295		
11	Днепропетровск m:	6,9 -7,4 235	7,5 -8,0 253	8,1 -8,6 312	8,7 -9,2 373	9,4 -9,7 437	10,1 -10,0 437	10,7 -10,6 437	11,4 -11,3 437	12,0 -12,0 437	12,7 -12,7 437	13,6 -13,5 437	14,5 -14,4 437	15,3 -15,2 437	16,2 -16,1 437	17,1 -17,0 437		
			-7,4 -7,5 324	-8,0 -8,1 382	-8,6 -8,7 416	-9,2 -9,3 416	-9,8 -10,0 412	-10,5 -10,6 412	-11,2 -11,3 412	-11,8 -11,8 412	-12,6 -12,7 412	-12,7 -12,7 412	-13,5 -13,5 412	-14,5 -14,4 412	-15,3 -15,2 412	-16,2 -16,1 412		
12	Ереван m:	7,2 -7,8 316	7,9 -8,4 316	8,5 -9,0 342	9,1 -9,6 403	9,7 -10,1 416	10,3 -10,0 416	10,9 -10,5 416	11,5 -11,0 416	12,1 -12,0 416	12,8 -12,7 416	13,6 -13,5 416	14,5 -14,4 416	15,3 -15,2 416	16,2 -16,1 416	17,1 -17,0 416		
			-7,8 -7,9 293	-8,4 -8,5 315	-9,0 -9,1 319	-9,6 -9,7 345	-10,2 -10,3 412	-10,8 -10,9 412	-11,4 -11,5 412	-12,0 -12,1 412	-12,7 -12,8 412	-13,5 -13,6 412	-14,5 -14,4 412	-15,3 -15,2 412	-16,2 -16,1 412			
13	Казань m:	6,9 -7,4 235	7,5 -8,0 277	8,1 -8,6 313	8,7 -9,2 319	9,4 -9,7 328	10,1 -10,0 328	10,7 -10,6 328	11,4 -11,3 328	12,0 -12,0 328	12,7 -12,7 328	13,6 -13,5 328	14,5 -14,4 328	15,3 -15,2 328	16,2 -16,1 328	17,1 -17,0 328		
			-7,4 -7,5 279	-8,0 -8,1 327	-8,6 -8,7 343	-9,2 -9,3 343	-9,8 -10,0 349	-10,5 -10,6 349	-11,2 -11,3 349	-11,8 -11,8 349	-12,6 -12,7 349	-12,7 -12,7 349	-13,5 -13,5 349	-14,5 -14,4 349	-15,3 -15,2 349	-16,2 -16,1 349		
14	Калинин m:	6,9 -7,4 235	7,5 -8,0 279	8,1 -8,6 327	8,7 -9,2 343	9,4 -9,7 343	10,1 -10,0 343	10,7 -10,6 343	11,4 -11,3 343	12,0 -12,0 343	12,7 -12,7 343	13,6 -13,5 343	14,5 -14,4 343	15,3 -15,2 343	16,2 -16,1 343	17,1 -17,0 343		
			-7,4 -7,5 279	-8,0 -8,1 324	-8,6 -8,7 343	-9,2 -9,3 343	-9,8 -10,0 349	-10,5 -10,6 349	-11,2 -11,3 349	-11,8 -11,8 349	-12,6 -12,7 349	-12,7 -12,7 349	-13,5 -13,5 349	-14,5 -14,4 349	-15,3 -15,2 349	-16,2 -16,1 349		
15	Карраганда m:	6,9 -7,4 235	7,5 -8,0 329	8,1 -8,6 329	8,7 -9,2 329	9,4 -9,7 329	10,1 -10,0 329	10,7 -10,6 329	11,4 -11,3 329	12,0 -12,0 329	12,7 -12,7 329	13,6 -13,5 329	14,5 -14,4 329	15,3 -15,2 329	16,2 -16,1 329	17,1 -17,0 329		
			-7,4 -7,5 324	-8,0 -8,1 369	-8,6 -8,7 386	-9,2 -9,3 416	-9,8 -10,0 412	-10,5 -10,6 412	-11,2 -11,3 412	-11,8 -11,8 412	-12,6 -12,7 412	-12,7 -12,7 412	-13,5 -13,5 412	-14,5 -14,4 412	-15,3 -15,2 412	-16,2 -16,1 412		
16	Киев m:	6,9 -7,4 235	7,5 -8,0 287	8,1 -8,6 202	8,7 -9,2 361	9,4 -9,7 400	10,1 -10,0 400	10,7 -10,6 400	11,4 -11,3 400	12,0 -12,0 400	12,7 -12,7 400	13,6 -13,5 400	14,5 -14,4 400	15,3 -15,2 400	16,2 -16,1 400	17,1 -17,0 400		
			-7,4 -7,5 281	-8,0 -8,1 317	-8,6 -8,7 342	-9,2 -9,3 342	-9,8 -10,0 342	-10,5 -10,6 342	-11,2 -11,3 342	-11,8 -11,8 342	-12,6 -12,7 342	-12,7 -12,7 342	-13,5 -13,5 342	-14,5 -14,4 342	-15,3 -15,2 342	-16,2 -16,1 342		
17	Кишинев m:	6,9 -7,4 235	7,5 -8,0 292	8,1 -8,6 315	8,7 -9,2 345	9,4 -9,7 412	10,1 -10,0 412	10,7 -10,6 412	11,4 -11,3 412	12,0 -12,0 412	12,7 -12,7 412	13,6 -13,5 412	14,5 -14,4 412	15,3 -15,2 412	16,2 -16,1 412	17,1 -17,0 412		
			-7,4 -7,5 293	-8,0 -8,1 315	-8,6 -8,7 345	-9,2 -9,3 345	-9,8 -10,0 342	-10,5 -10,6 342	-11,2 -11,3 342	-11,8 -11,8 342	-12,6 -12,7 342	-12,7 -12,7 342	-13,5 -13,5 342	-14,5 -14,4 342</				

таблица 3 (продолжение)

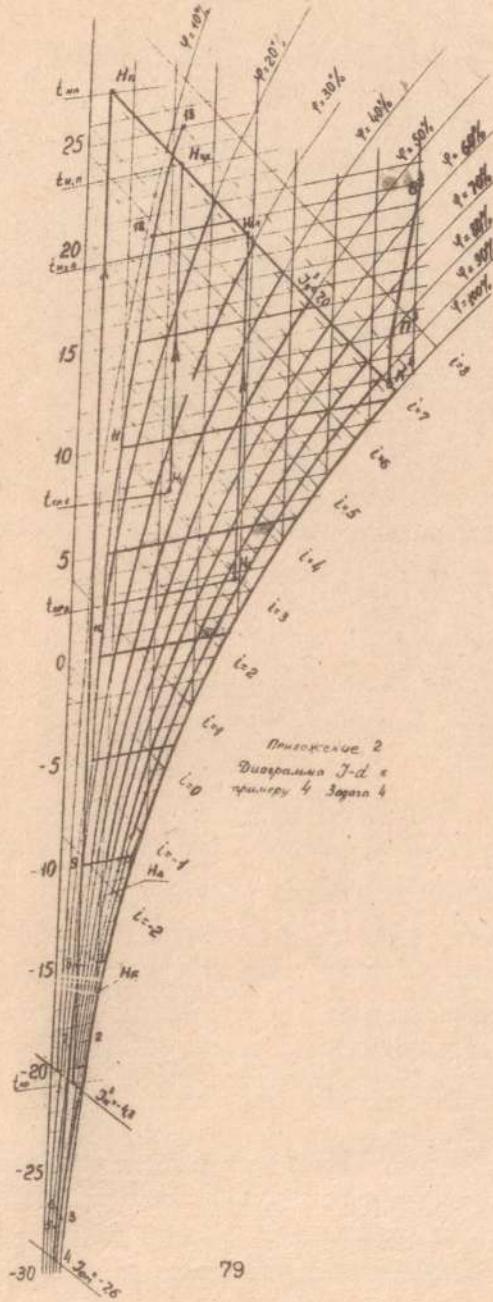
1	2	3	Чемпионат СССР по футболу (продолжение)												
			4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
24	Минск	J	6-9	7-5	8-1	8-7	9-4	-10-1	-10-3	-11-4	-12-1	-12-8	-13-6	-13-5	-13-2
		m:	-7-4	-8-0	-8-6	-9-5	-10-0	-10-3	-11-3	-12-0	-12-7	-13-5	-14-4	-14-3	-14-1
25	Москва	J	6-9	7-5	8-1	8-7	9-4	-10-1	-10-3	-11-4	-12-1	-12-8	-13-6	-13-5	-13-2
		m:	-7-4	-8-0	-8-6	-9-3	-10-0	-10-3	-11-3	-12-0	-12-7	-13-5	-14-4	-14-3	-14-1
26	Новосибирск	J	6-9	7-5	8-1	8-7	9-4	-10-1	-10-3	-11-4	-12-1	-12-8	-13-6	-13-5	-13-2
		m:	-7-4	-8-0	-8-6	-9-3	-10-0	-10-3	-11-3	-12-0	-12-7	-13-5	-14-4	-14-3	-14-1
27	Одесса	J	6-9	7-5	8-1	8-7	9-4	-10-1	-10-3	-11-4	-12-1	-12-8	-13-6	-13-5	-13-2
		m:	-7-4	-8-0	-8-6	-9-3	-10-0	-10-3	-11-3	-12-0	-12-7	-13-5	-14-4	-14-3	-14-1
28	Омск	J	6-9	7-5	8-1	8-7	9-4	-10-1	-10-3	-11-4	-12-1	-12-8	-13-6	-13-5	-13-2
		m:	-7-4	-8-0	-8-6	-9-3	-10-0	-10-3	-11-3	-12-0	-12-7	-13-5	-14-4	-14-3	-14-1
29	Орел	J	6-9	7-5	8-1	8-7	9-4	-10-1	-10-3	-11-4	-12-1	-12-8	-13-6	-13-5	-13-2
		m:	-7-4	-8-0	-8-6	-9-3	-10-0	-10-3	-11-3	-12-0	-12-7	-13-5	-14-4	-14-3	-14-1
30	Тбилиси	J	6-9	7-5	8-1	8-7	9-4	-10-1	-10-3	-11-4	-12-1	-12-8	-13-6	-13-5	-13-2
		m:	-7-4	-8-0	-8-6	-9-3	-10-0	-10-3	-11-3	-12-0	-12-7	-13-5	-14-4	-14-3	-14-1
31	Пермь	J	6-9	7-5	8-1	8-7	9-4	-10-1	-10-3	-11-4	-12-1	-12-8	-13-6	-13-5	-13-2
		m:	-7-4	-8-0	-8-6	-9-3	-10-0	-10-3	-11-3	-12-0	-12-7	-13-5	-14-4	-14-3	-14-1
32	Рига	J	6-9	7-5	8-1	8-7	9-4	-10-1	-10-3	-11-4	-12-1	-12-8	-13-6	-13-5	-13-2
		m:	-7-4	-8-0	-8-6	-9-3	-10-0	-10-3	-11-3	-12-0	-12-7	-13-5	-14-4	-14-3	-14-1
33	Ростов-на-Дону	J	6-9	7-5	8-1	8-7	9-4	-10-1	-10-3	-11-4	-12-1	-12-8	-13-6	-13-5	-13-2
		m:	-7-4	-8-0	-8-6	-9-3	-10-0	-10-3	-11-3	-12-0	-12-7	-13-5	-14-4	-14-3	-14-1
34	Рязань	J	6-9	7-5	8-1	8-7	9-4	-10-1	-10-3	-11-4	-12-1	-12-8	-13-6	-13-5	-13-2
		m:	-7-4	-8-0	-8-6	-9-3	-10-0	-10-3	-11-3	-12-0	-12-7	-13-5	-14-4	-14-3	-14-1
35	Саратов	J	6-9	7-5	8-1	8-7	9-4	-10-1	-10-3	-11-4	-12-1	-12-8	-13-6	-13-5	-13-2
		m:	-7-4	-8-0	-8-6	-9-3	-10-0	-10-3	-11-3	-12-0	-12-7	-13-5	-14-4	-14-3	-14-1
36	Свердловск	J	6-9	7-5	8-1	8-7	9-4	-10-1	-10-3	-11-4	-12-1	-12-8	-13-6	-13-5	-13-2
		m:	-7-4	-8-0	-8-6	-9-3	-10-0	-10-3	-11-3	-12-0	-12-7	-13-5	-14-4	-14-3	-14-1
37	Смоленск	J	6-9	7-5	8-1	8-7	9-4	-10-1	-10-3	-11-4	-12-1	-12-8	-13-6	-13-5	-13-2
		m:	-7-4	-8-0	-8-6	-9-3	-10-0	-10-3	-11-3	-12-0	-12-7	-13-5	-14-4	-14-3	-14-1
38	Таллинн	J	6-9	7-5	8-1	8-7	9-4	-10-1	-10-3	-11-4	-12-1	-12-8	-13-6	-13-5	-13-2
		m:	-7-4	-8-0	-8-6	-9-3	-10-0	-10-3	-11-3	-12-0	-12-7	-13-5	-14-4	-14-3	-14-1
39	Ташкент	J	6-9	7-5	8-1	8-7	9-4	-10-1	-10-3	-11-4	-12-1	-12-8	-13-6	-13-5	-13-2
		m:	-7-4	-8-0	-8-6	-9-3	-10-0	-10-3	-11-3	-12-0	-12-7	-13-5	-14-4	-14-3	-14-1
40	Тбилиси	J	6-9	7-5	8-1	8-7	9-4	-10-1	-10-3	-11-4	-12-1	-12-8	-13-6	-13-5	-13-2
		m:	-7-4	-8-0	-8-6	-9-3	-10-0	-10-3	-11-3	-12-0	-12-7	-13-5	-14-4	-14-3	-14-1
41	Тула	J	6-9	7-5	8-1	8-7	9-4	-10-1	-10-3	-11-4	-12-1	-12-8	-13-6	-13-5	-13-2
		m:	-7-4	-8-0	-8-6	-9-3	-10-0	-10-3	-11-3	-12-0	-12-7	-13-5	-14-4	-14-3	-14-1
42	Фрунзе	J	6-9	7-5	8-1	8-7	9-4	-10-1	-10-3	-11-4	-12-1	-12-8	-13-6	-13-5	-13-2
		m:	-7-4	-8-0	-8-6	-9-3	-10-0	-10-3	-11-3	-12-0	-12-7	-13-5	-14-4	-14-3	-14-1
43	Харьков	J	6-9	7-5	8-1	8-7	9-4	-10-1	-10-3	-11-4	-12-1	-12-8	-13-6	-13-5	-13-2
		m:	-7-4	-8-0	-8-6	-9-3	-10-0	-10-3	-11-3	-12-0	-12-7	-13-5	-14-4	-14-3	-14-1
44	Череповец	J	6-9	7-5	8-1	8-7	9-4	-10-1	-10-3	-11-4	-12-1	-12-8	-13-6	-13-5	-13-2
		m:	-7-4	-8-0	-8-6	-9-3	-10-0	-10-3	-11-3	-12-0	-12-7	-13-5	-14-4	-14-3	-14-1
45	Ярославль	J	6-9	7-5	8-1	8-7	9-4	-10-1	-10-3	-11-4	-12-1	-12-8	-13-6	-13-5	-13-2
		m:	-7-4	-8-0	-8-6	-9-3	-10-0	-10-3	-11-3	-12-0	-12-7	-13-5	-14-4	-14-3	-14-1

Примечание: по другим географическим пунктам данные о продолжительности стояния параметров наружного воздуха см. [Б, табл. 1.5].

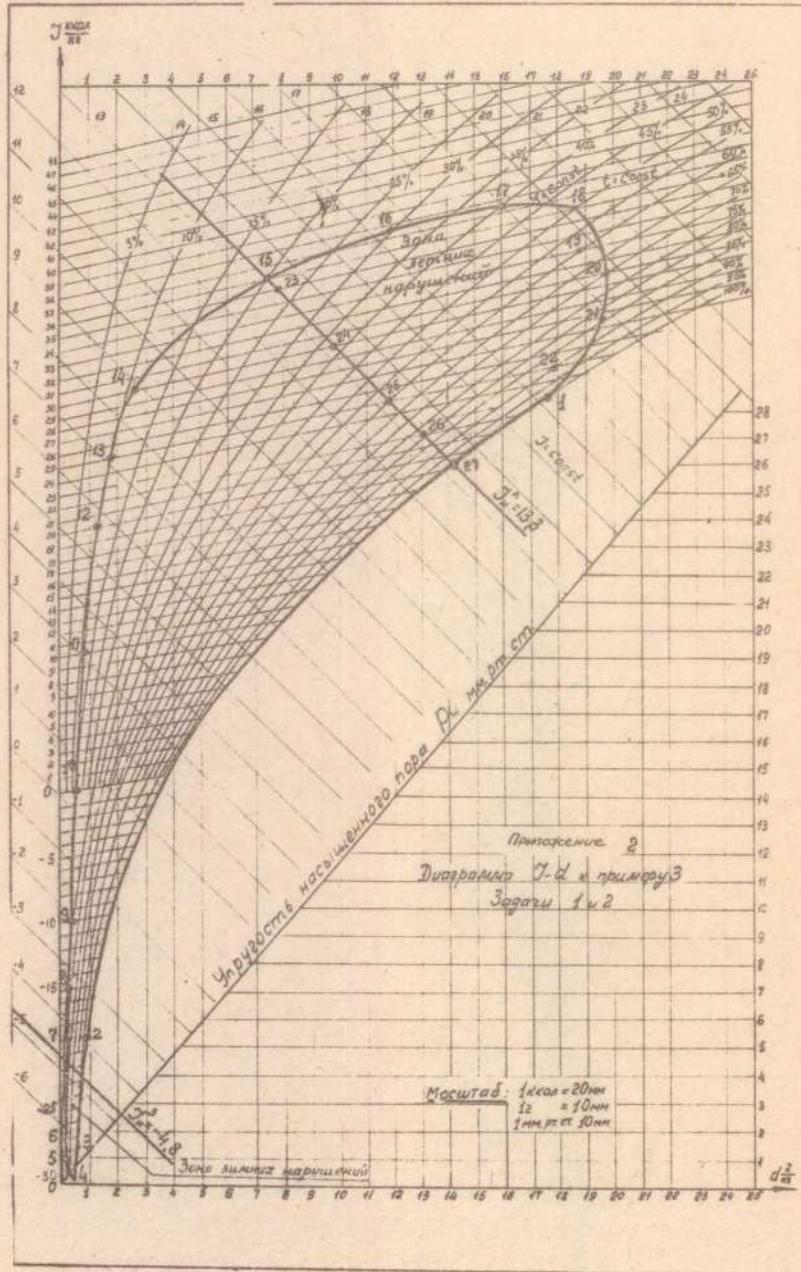
таблица 4

<i>n/n</i>	Наименование	Размер наст. подкотогий	подают с 90% рециркуляцией	
			с 90% рецир.	с 90% рецир.
1	Интервал теплосодержания наружного воздуха	н/код $\frac{K_2}{K_1}$	36-80±47 18-93±91-99	140-107-114-12,2-12,9-13,7-14,5-15,3-16,0
2	Среднее теплосодержение для интервала $J_{n,i}$ , ср	н/код $\frac{K_2}{K_1}$	7,8 8,4 9,05-9,65 10,3	11,0 11,75 12,5 13,25 14,05 14,9 15,65
3	Среднее теплосодержение для смеси $J_{i,m}$	н/код $\frac{K_2}{K_1}$	— 9,84 9,9 9,96	10,03 10,1 10,17 10,25 10,32 10,40 10,49 10,56
4	Перепад температур воздуха в воздухообменнике $\Delta J_i$	н/код $\frac{K_2}{K_1}$	0,3 0,9 1,55 2,15 2,46 2,53 2,6 2,67 2,7	2,7 2,7 2,7 2,7 2,7 2,7 2,7 2,7
5	Продолжительность стационарных параметров наружного воздуха, $m_i$	часов	335 358 364 332 313 211	141 90 47 23 11 4
6	Расход тепла при замене $\Delta J_i$ воздуха теплосодержанием $J_{n,i}$	н/код $\frac{K_2}{K_1}$	100 322 665 715 795 550 376 243 127 62 30 11	
7	Расход холода в поддержание	н/код $\frac{K_2}{K_1}$	$\frac{1702}{3290}$	2194

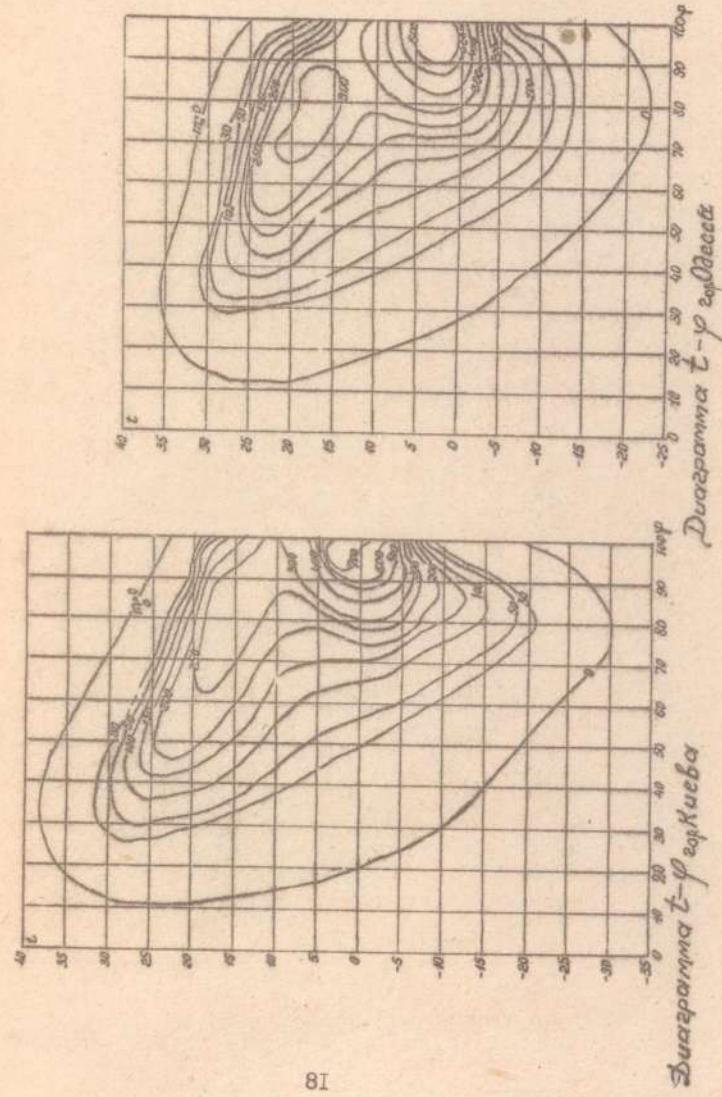
78



79



### Диаграмма I-д близкого воздуха ( $P_0 = 745$ мм рт. ст.)



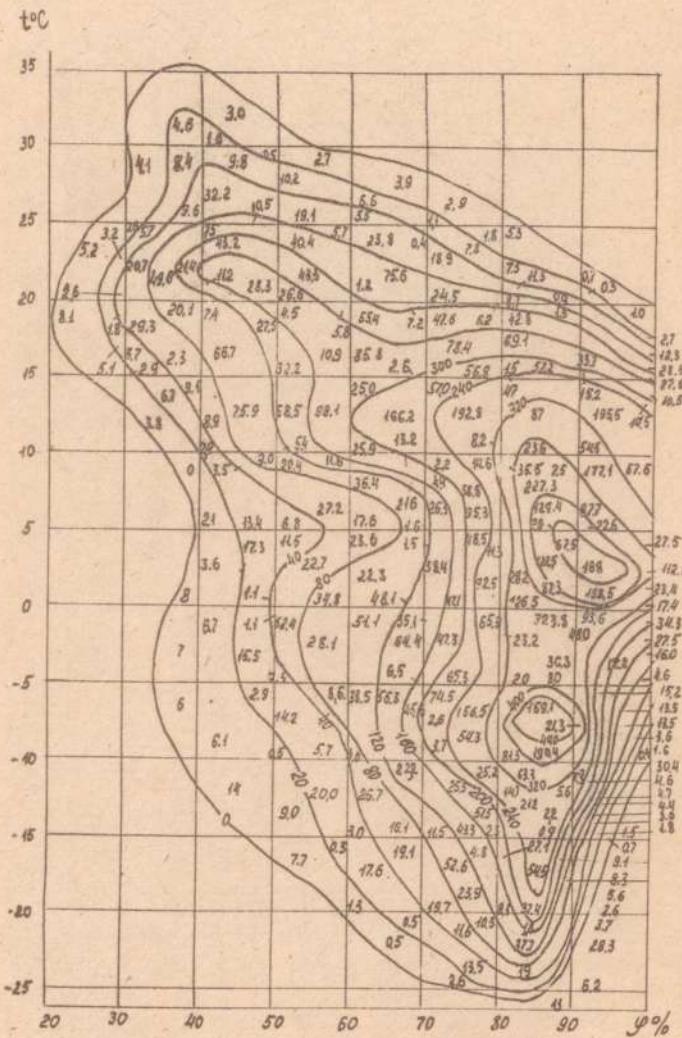
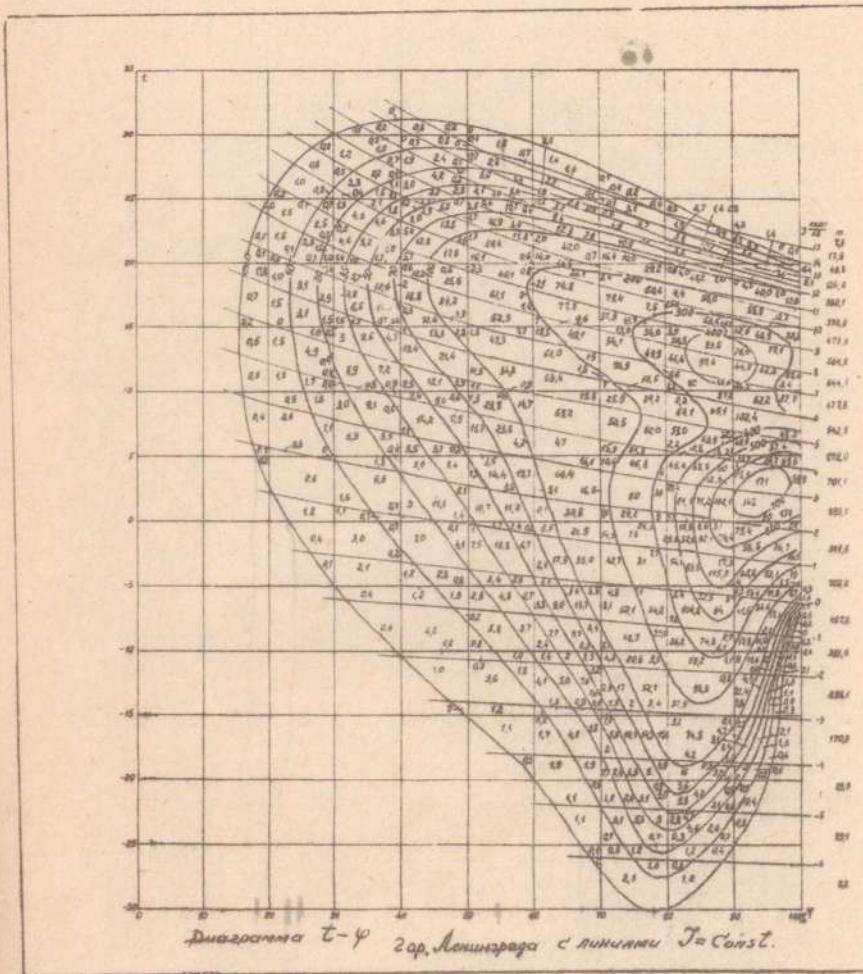
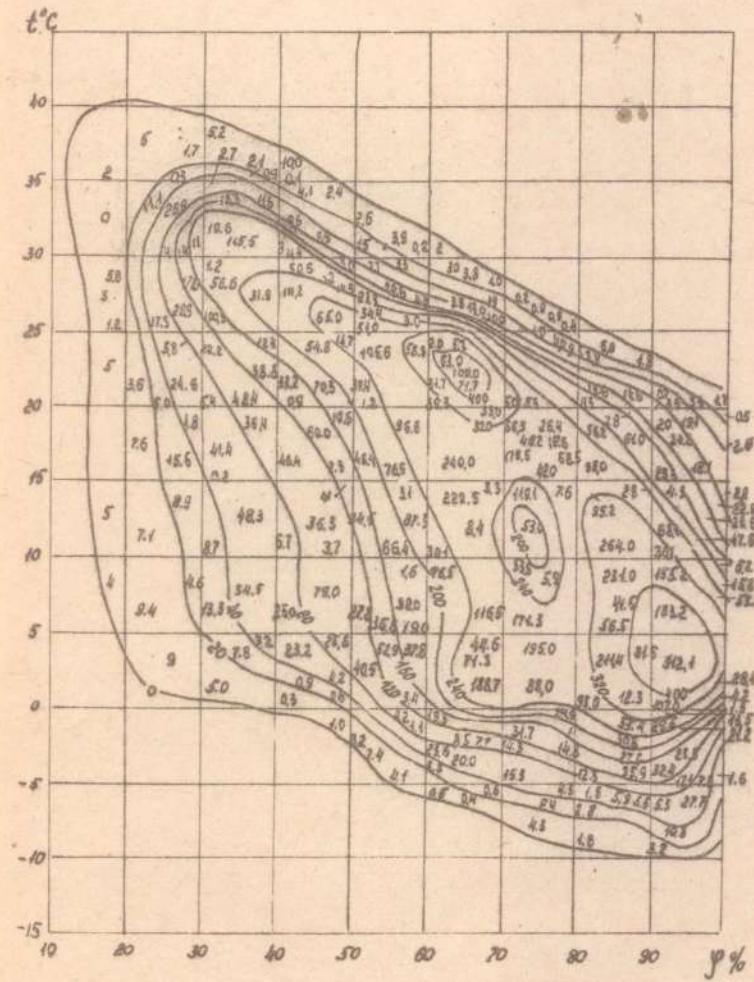
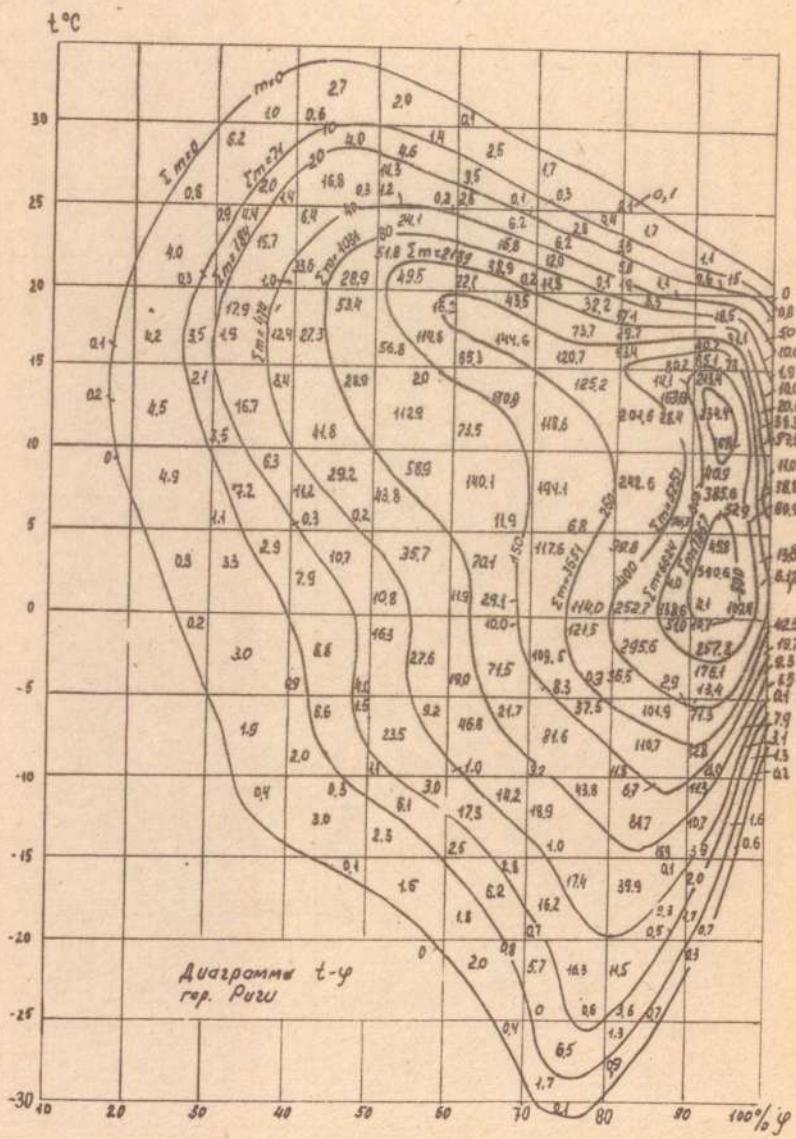


Диаграмма  $t$ - $\psi$  20°. Москвы.

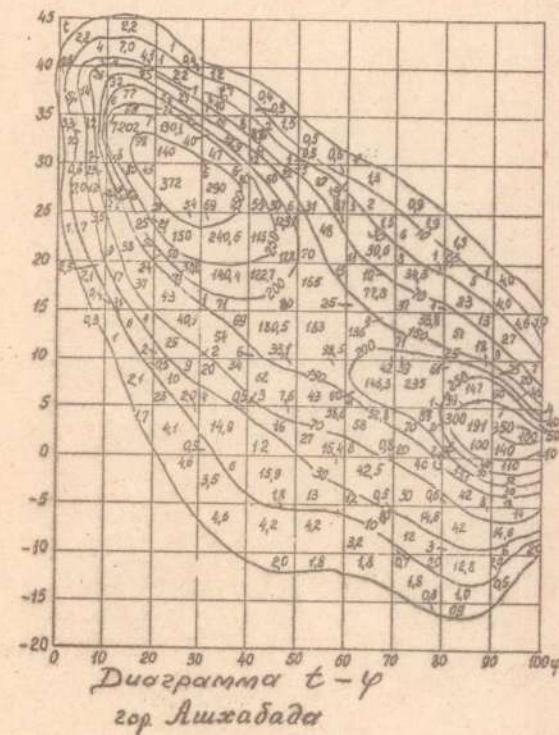
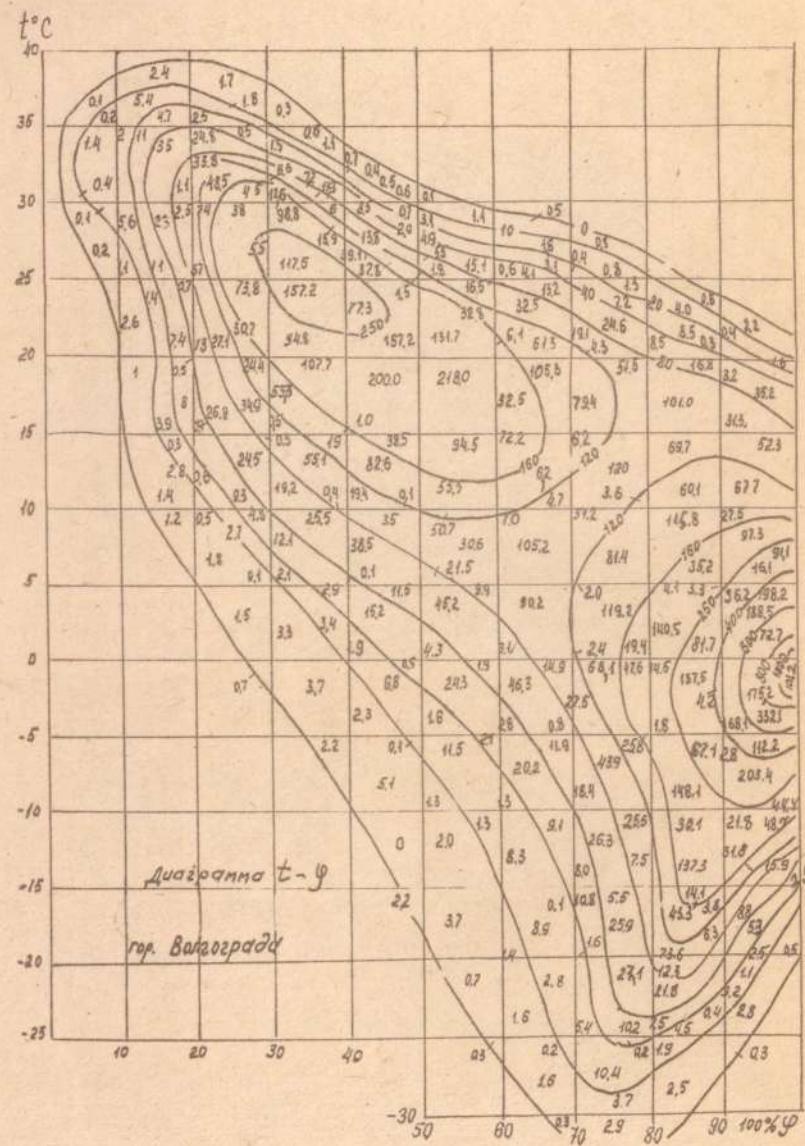
82

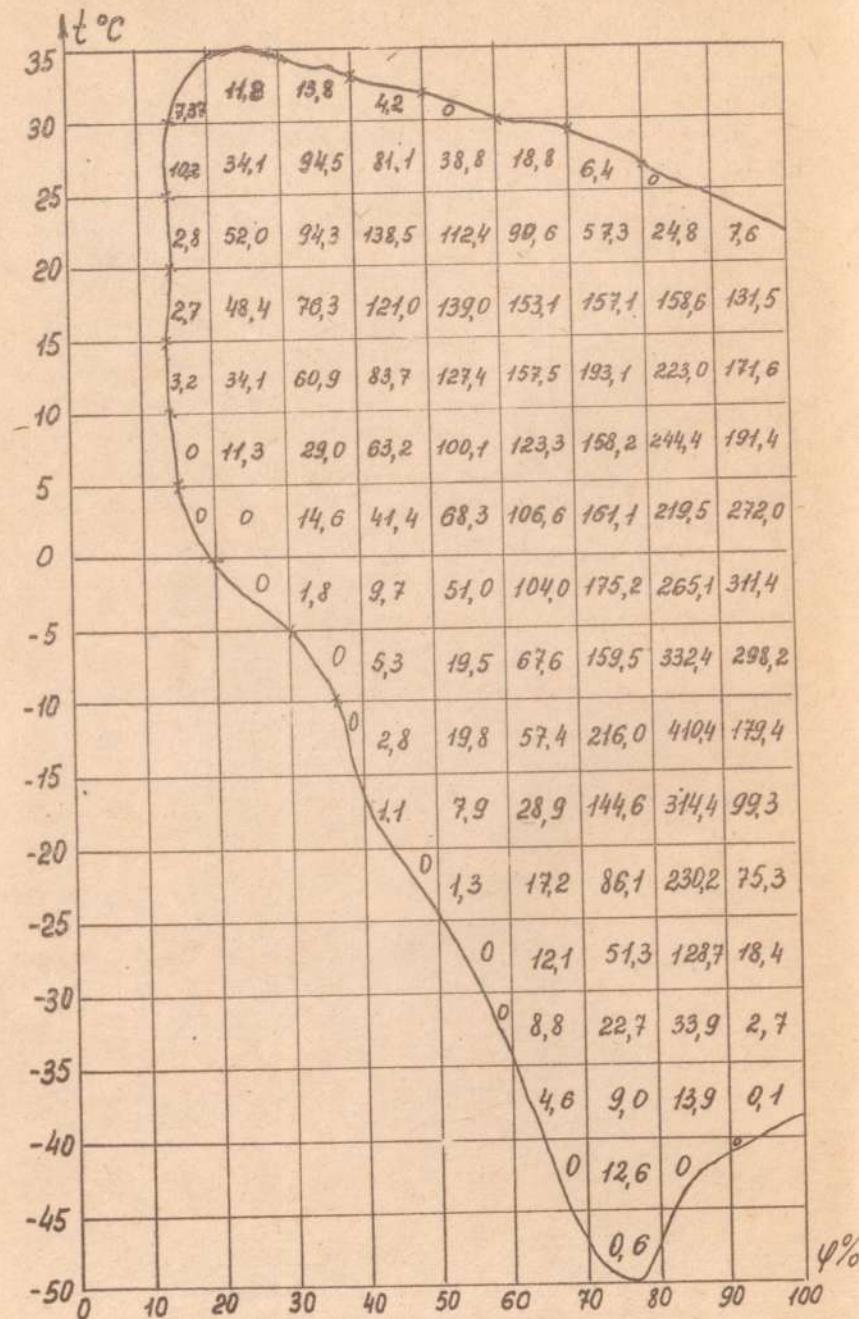


83

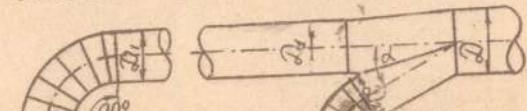
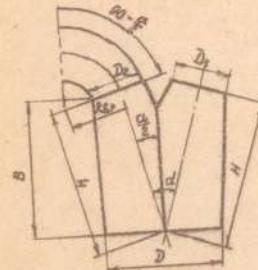


Дисеграмма т-4 год Тбилиси



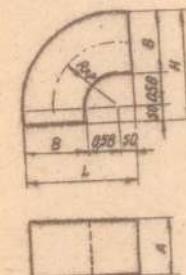


Приложение 3  
Наиболее распространенные типы фасонных частей воздуховодов.

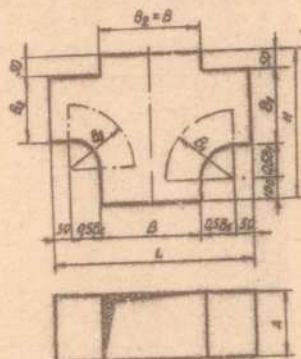


$\angle = 30^\circ$  при  $D < 440$  мм  
 $\angle = 45^\circ$  при  $D > 440$  мм

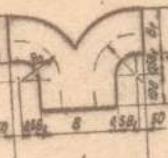
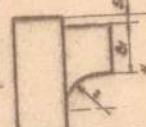
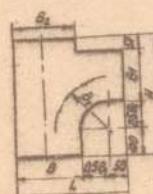
Штангообразный тройник



Прямоугольный отвод.

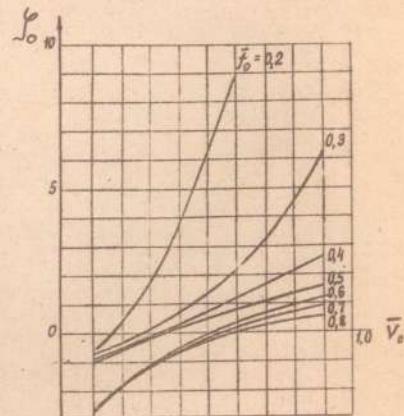
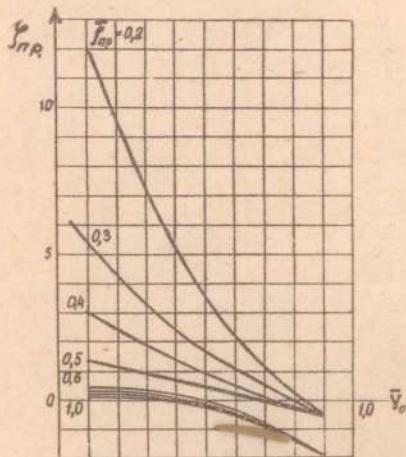


Прямоугольная крестовина.

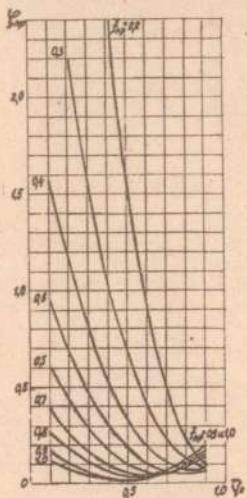


а) и б) - обычные ; в) - штангообразные

Приложение 4



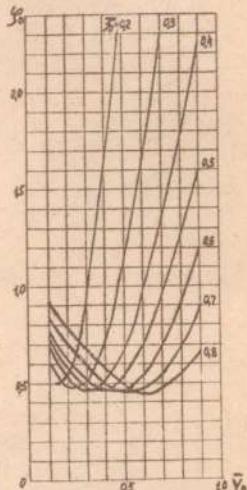
Коэффициенты сопротивления нормализованных всасывающих вентиляционных тройников.



$$\bar{V}_0 = \frac{V_{ом\delta}}{V_{сули}}$$

$$\bar{f}_0 = \frac{f_{ом\delta}}{f_{сули}}$$

$$\bar{f}_{np} = \frac{f_{np}}{f_{сули}}$$



Коэффициенты сопротивление нормализованных нагнетательных вентиляционных тройников.