

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»**

**Институт горного дела и строительства**

**Кафедра «Санитарно-технические системы»**

Утверждено на заседании кафедры  
«Санитарно-технические системы»  
« 20 » января 2022 г., протокол № 5

Заведующий кафедрой



Р.А. Ковалев

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
к курсовой работе по дисциплине**

***«Проектирование современных систем вентиляции и  
кондиционирования воздуха»***

**основной профессиональной образовательной программы  
высшего образования – программы магистратуры**

по направлению подготовки  
***08.04.01 – "Строительство"***

с направленностью (профилем)  
***"Теплогазоснабжение и вентиляция"***

Форма(ы) обучения: *очная, заочная*

Идентификационный номер образовательной программы: 080401-05-22

Тула 2022 год

Методические указания к курсовой работе составлены доцентом В.Ф. Рожковым и обсуждены на заседании кафедры «Санитарно-технические системы» факультета горно-строительного

протокол № 5 от « 20 » 01 2022 г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Р.А. Ковалев

Методические указания к курсовой работе пересмотрены и утверждены на заседании кафедры «Санитарно-технические системы» факультета горно-строительного

протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Р.А. Ковалев

Методические указания к курсовой работе пересмотрены и утверждены на заседании кафедры «Санитарно-технические системы» факультета горно-строительного

протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Р.А. Ковалев

## Оглавление

### Введение

1. Теоретическая часть
    - 1.1. Многозональные системы кондиционирования воздуха
    - 1.2. Чиллеры и фанкойлы
    - 1.3. Сплит – системы
    - 1.4. Типология чиллеров
    - 1.5. Энергосберегающие чиллеры
    - 1.6. Чиллеры для небольших зданий
    - 1.7. Чиллеры со свободным охлаждением
    - 1.8. Температурный режим работы холодильной машины
    - 1.9. Подбор холодильной машины
    - 1.10. Подбор чиллера
    - 1.11. Фанкойлы. Устройство
    - 1.12. Принцип работы фанкойла
    - 1.13. Основы расчета и подбора холодильной машины
  2. Проектное задание
  3. Исходные данные
    - 3.1. Климатические характеристики района застройки
      - 3.1.1. Характеристика наружных ограждений и планировочных решений
    - 3.2. Обоснование выбора расчетных параметров внутреннего и наружного воздуха
      - 3.2.1. Расчетные параметры внутреннего воздуха
      - 3.2.2. Расчетные параметры наружного воздуха
  4. Система кондиционирования воздуха с чиллерами и фанкойлами
    - 4.1. Тепловыделения
    - 4.2. Теплопотери
    - 4.3. Тепловой баланс
    - 4.4. Подбор чиллеров и фанкойлов
    - 4.5. Гидравлический расчет системы чиллер – фанкойл
  5. Автоматизация чиллеров
  6. Автоматизация фанкойлов
- Список используемой литературы

## **Введение**

Установки для создания искусственного микроклимата в помещениях и сооружениях промышленного и бытового назначения получают все более широкое распространение в народном хозяйстве страны.

Физические параметры воздуха – температура, влажность, подвижность и его чистота – влияют на самочувствие человека и его работоспособность. Создание необходимых условий воздушной среды в помещении можно осуществить установкой кондиционирования путем подвода или отвода теплоты, влаги, циркуляцией воздуха и замены внутреннего воздуха свежим. Системы кондиционирования воздуха обеспечивают создание и автоматическое поддержание заданных параметров воздуха в помещении независимо от меняющихся наружных метеорологических условий и переменных по времени избыточных тепло– и влаговыделений в помещениях. Системы кондиционирования воздуха содержат устройства для тепловой и влажностной обработки воздуха, очистки его от пыли, биологических загрязнений, запахов, перемещения и распределения воздуха в помещении, автоматического управления аппаратурой и внутренними процессами.

В данной курсовой работе необходимо спроектировать систему кондиционирования воздуха с использованием чиллеров и фанкойлов для нескольких помещений столовой, выполнить гидравлический расчет данной системы и произвести увязку всех ответвлений. Необходимое требование для обслуживания рассматриваемых помещений – постоянство параметров воздуха независимо от наружных климатических условий и интенсивности избыточных тепло– и влаговыделений внутри помещений.

## 1. Теоретическая часть

Теоретическую часть т.е. пункты 1.1...1.13 **выполнить самостоятельно** используя учебники, справочную литературу и интернет.

## 2. Проектное задание

Запроектировать систему кондиционирования воздуха с использованием чиллеров и фанкойлов для нескольких помещений здания, которое **принять из ранее выполненного курсового проекта по «Кондиционирования воздуха»**, подобрать чиллеры и фанкойлы, выполнить гидравлический расчет данной системы и произвести увязку всех ответвлений и дать описание автоматизации чиллеров и фанкойлов. В записке представить планы и разрезы здания и аксонометрические схемы.

## 3. Исходные данные

### 3.1. Климатические характеристики района застройки

#### 3.1.1. Характеристика наружных ограждений и планировочных решений

### 3.2. Обоснование выбора расчетных параметров внутреннего и наружного воздуха

#### 3.2.1. Расчетные параметры внутреннего воздуха

#### 3.2.2. Расчетные параметры наружного воздуха

## 4. Система кондиционирования воздуха с чиллерами и фанкойлами

### 4.1. Теплопоступления

### 4.2. Теплопотери

### 4.3. Тепловой баланс

**Исходные данные и теплотехнический расчет принять из ранее выполненного курсового проекта по «Кондиционирования воздуха»**

## ПРИМЕР РАСЧЕТА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

### 3.1. Климатические характеристики района застройки

Здание столовой расположено согласно заданию в г....., климатические данные определены согласно [1] и сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Климатические данные для города .....

Геогр. широта, °с.ш.	Баром. давление, гПа	Параметр А		Параметр Б		V <sub>в</sub> , м/с	Продолжительность			
							<8		<10	
		t, °C	Энтальпия, кДж/кг	t, °C	Энтальпия, кДж/кг		t <sub>ср.оп.</sub> , °C	Z <sub>оп.</sub> , сут	t <sub>ср.</sub> , °C	Z, сут
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
56	1000	21,7/ -16	49,8/-14,2	25,9/ -27	53,6/-26,8	4,1/7,3	-3,5	208	-2,6	224

- средняя максимальная температура воздуха наиболее теплого месяца (июля) –  $t = 24,1^{\circ}\text{C}$ ;

- максимальные поступления тепла от солнечной радиации на:

- горизонтальную поверхность  $q_n = 691 \text{ Вт/м}^2$  и  $q_p = 126 \text{ Вт/м}^2$ ;
- вертикальную поверхность  $q_n = 621 \text{ Вт/м}^2$  и  $q_p = 165 \text{ Вт/м}^2$ .

#### 3.1.1. Характеристика наружных ограждений и планировочных решений

Объектом проектирования является столовая, расположенная в г. Рязань, главный фасад ориентирован на восток. Здание находится в осях А – Д, 1 – 11, имеет два этажа подвал, высота помещений 3м. Расчетными помещениями являются: Обеденные залы (102, 202), магазины кулинария (103, 203). Обеденные залы расположены в осях Б – В, 1 – 6. Магазины “Кулинария” расположены в осях Б – В, 7 – 8.

Наружные стены имеют толщину 510мм. Окна с двойными металлическими переплетами – высотой 2,2м, шириной 2,5м. Толщина перекрытий 300мм. По заданию термическое сопротивление наружных ограждений равно нормативному. Согл.[5]: ГСОП = 4888,  $R_{\text{норм}} = 3,555 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C/Вт}$ ;

- для наружных стен:  $R = 2,67$ ;
- для окон:  $R = 0,44$ ;
- для перекрытий:  $R = 3,01$ ;
- характеристика тепловой инерции покрытия  $D = 5$ .

Число людей в расчетных помещениях: обеденный зал (пом. 102, 202) – 50 человек, магазин кулинария (пом. 103, 203) – 15 человек. В качестве освещения используются люминесцентные лампы, расположенные под потолком.

Данные, полученные в результате выполнения КП по курсу “Гражданская вентиляция”:

- площади оконных проемов, ориентированных на восток:  $A_{\text{ок}}(102, 202) = 27,5 \text{ м}^2$ ,  $A_{\text{ок}}(103, 203) = 11 \text{ м}^2$ ;
- час максимальных тепlopоступлений:  $\tau_{\text{max}} = 11 - 12 \text{ ч}$ ;

- тепlopоступления от солнечной радиации  $Q_{п.р.}(102, 202) = 27493$  кДж/ч,  
 $Q_{п.р.}(103, 203) = 10997$  кДж/ч;
- тепlopоступления от искусственного освещения:  $Q_{хпосв.}(102, 202) = 4546$  кДж/ч,  $Q_{хпосв.}(103, 203) = 2430$  кДж/ч,  $Q_{тпосв.}(102, 202) = 2273$  кДж/ч,  $Q_{тпосв.}(103, 203) = 1215$  кДж/ч;
- тепlopоступления от остывающей пищи:  $Q_{пищ.ск.} = 1875$  кДж/ч,  $Q_{пищ.яв.} = 3820$  кДж/ч;
- влаговыделения от остывающей пищи: 750 г/ч;
- выделения  $CO_2$ :  
 $G_{CO_2}(102,202) = 1250$  г/ч.;  $G_{CO_2}(103,203) = 375$  г/ч
- воздухообмен по разбавлению  $CO_2$ :  
 $L_{CO_2}(102,202) = 2500$  м<sup>3</sup>/ч.;  $L_{CO_2}(103,203) = 750$  м<sup>3</sup>/ч.

### 3.2. Обоснование выбора расчетных параметров воздуха

#### 3.2.1. Расчетные параметры внутреннего воздуха

Согласно заданию необходимо разработать круглогодичное кондиционирование воздуха в помещениях 102, 103, 202, 203, которое согласно п.5.3.[3] рассчитывается на оптимальные параметры. За расчетные по [2] приняты параметры для категории помещений 3А(Обеденные зал), 3В(Магазин кулинария).

- Обеденный зал (пом.102, 202)

Тёплый период:

- температура внутреннего воздуха  $t_v = 23...25$  °С, из заданных нормативных значений принимаю  $t_v = 24$  °С;
- относительная влажность  $\phi = 60...30$  %;
- скорость движения воздуха  $v \leq 0,3$  м/с.

Холодный период:

- температура внутреннего воздуха  $t_v = 20...21$  °С, из заданных нормативных значений принимаю  $t_v = 21$  °С;
- относительная влажность  $\phi = 45...30$  %;
- скорость движения воздуха  $v \leq 0,3$  м/с.

-Магазин кулинария (пом.103, 203)

Тёплый период:

- температура внутреннего воздуха  $t_v = 23...25$  °С, из заданных нормативных значений принимаю  $t_v = 24$  °С;
- относительная влажность  $\phi = 60...30$  %;
- скорость движения воздуха  $v \leq 0,3$  м/с.

Холодный период:

- температура внутреннего воздуха  $t_v = 18...20$  °С, из заданных нормативных значений принимаю  $t_v = 19$  °С;
- относительная влажность  $\phi = 45...30$  %;
- скорость движения воздуха  $v \leq 0,3$  м/с.

Из заданных нормативных значений  $t_b$  принимаю среднюю в диапазоне температуру внутреннего воздуха, т.к. в соответствии с прил. Б, В [3] допускается отклонение температуры внутреннего воздуха и его подвижности в разных точках обслуживаемой зоны для жилых, общественных и административно-бытовых помещений при обеспечении оптимальных метеорологических условий не более 1 °С.

Поэтому принимаю:

для ТП:  $\Delta t = t_b - t_{\min} = 1 \text{ °С}$ ;  $v_{\max} = v_b \cdot k = v_b \cdot 1,2$

для ХП:  $\Delta t = t_b - t_{\min} = 1 \text{ °С}$ ;  $v_{\max} = v_b \cdot k = v_b \cdot 1,2$ .

### 3.2.2. Расчетные параметры наружного воздуха

Согласно п. 5.13 СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» параметры наружного воздуха для систем кондиционирования выбираются по параметрам Б СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» (табл.3.1).

Теплый период года:

- температура воздуха 25,9 °С;
- удельная энтальпия  $I_n = 53,6 \text{ кДж/кг}$ ;
- скорость ветра  $v_n = 7,3 \text{ м/с}$ ;

Холодный период года:

- температура воздуха -27 °С;
- удельная энтальпия  $I_n = -26,8 \text{ кДж/кг}$ ;
- скорость ветра  $v_n = 7,3 \text{ м/с}$ .

## 4. Система кондиционирования воздуха с чиллерами и фанкойлами

### 4.1. Тепловыделения

Источниками явных тепловыделений в помещениях 102, 103, 202, 203 являются:

- люди;
- солнечная радиация через световые проемы;
- источники искусственного освещения;
- остывающая пища;

Источниками выделений скрытого тепла являются:

- люди;
- остывающая пища.

В связи с изменившимся температурным режимом внутри расчетных помещений необходимо произвести пересчет явных и скрытых теплопоступлений от людей в ТП и ХП соответственно.

Тепло, отдаваемое телом человека в воздух, окружающий его, может быть в явном  $Q_{\text{яв}}$  и скрытом виде  $Q_{\text{ск}}$ . В справочной литературе [6] в зависимости от категории трудовой деятельности приведены значения тепловыделений от одного человека в явном виде ( $q_{\text{яв}}$ ) и полные выделения тепла ( $q_{\text{яв}} + q_{\text{ск}}$ ). В данном проекте



требуется знать общие выделения тепла от людей в помещении отдельно в явном  $Q_{яв}$  и в скрытом виде  $Q_{ск}$ , рассчитываемых по формулам:

$$Q_{пол} = Q_{яв} + Q_{ск}, \quad Q_{яв} = 3,6 \cdot q_{яв} \cdot n, \quad Q_{пол} = 3,6 \cdot q_{пол} \cdot n.$$

где:  $Q_{пол}$ ,  $Q_{яв}$ ,  $Q_{ск}$  – тепловыделения от людей соответственно полные, явные, скрытые, кДж/ч;

$q_{пол}$ ,  $q_{яв}$  – тепловыделения одним человеком (соответственно полные и явные), принимаемые в зависимости от интенсивности физической нагрузки у людей и температуры в помещении, Вт, принимаем по [6];

$n$  – количество людей в помещении, чел.

В расчетах для обеденного зала (пом. 102, 202) принимаем количество женщин – 50%, мужчин – 50%, для магазина кулинарии (пом. 103, 203) женщин – 67%, мужчин – 33%.

Расчет для помещений обеденного зала (пом. 102, 202):

$n = 50$  чел.

1) Теплый период,  $t_b = 24$  °С, легкая работа:

$$q_{яв} = 72 \text{ Вт}, \quad q_{пол} = 146 \text{ Вт}.$$

$$Q_{яв.муж} = 3,6 \cdot 72 \cdot 50 \cdot 0,5 = 6480 \text{ кДж/ч};$$

$$Q_{пол.муж} = 3,6 \cdot 146 \cdot 50 \cdot 0,5 = 13140 \text{ кДж/ч};$$

$$Q_{яв.жен} = 3,6 \cdot 72 \cdot 0,85 \cdot 50 \cdot 0,5 = 5508 \text{ кДж/ч};$$

$$Q_{пол.жен} = 3,6 \cdot 146 \cdot 0,85 \cdot 50 \cdot 0,5 = 11169 \text{ кДж/ч};$$

$$\Sigma Q_{яв} = 11988 \text{ кДж/ч}, \quad \Sigma Q_{пол} = 24309 \text{ кДж/ч};$$

$$Q_{ск} = Q_{пол} - Q_{яв} = 24309 - 11988 = 12321 \text{ кДж/ч}.$$

2) Холодный период,  $t_b = 21$  °С, легкая работа:

$$q_{яв} = 149 \text{ Вт}, \quad q_{пол} = 93 \text{ Вт}.$$

$$Q_{яв.муж} = 3,6 \cdot 93 \cdot 50 \cdot 0,5 = 8370 \text{ кДж/ч};$$

$$Q_{пол.муж} = 3,6 \cdot 149 \cdot 50 \cdot 0,5 = 13410 \text{ кДж/ч};$$

$$Q_{яв.жен} = 3,6 \cdot 93 \cdot 0,85 \cdot 50 \cdot 0,5 = 7115 \text{ кДж/ч};$$

$$Q_{пол.жен} = 3,6 \cdot 152 \cdot 0,85 \cdot 50 \cdot 0,5 = 11399 \text{ кДж/ч};$$

$$\Sigma Q_{яв} = 15485 \text{ кДж/ч}; \quad \Sigma Q_{пол} = 24809 \text{ кДж/ч},$$

$$Q_{ск} = Q_{пол} - Q_{яв} = 24809 - 15485 = 9324 \text{ кДж/ч}.$$

Расчет для помещений магазина кулинария (пом. 103, 203):

$n = 15$  чел.

1) Теплый период,  $t_b = 24$  °С, легкая работа:

$$q_{яв} = 72 \text{ Вт}, \quad q_{пол} = 146 \text{ Вт}.$$

$$Q_{яв.муж} = 3,6 \cdot 72 \cdot 15 \cdot 0,33 = 1283 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{пол.муж} = 3,6 \cdot 146 \cdot 15 \cdot 0,33 = 2601 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{яв.жен} = 3,6 \cdot 72 \cdot 0,85 \cdot 15 \cdot 0,67 = 2214 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{пол.жен} = 3,6 \cdot 146 \cdot 0,85 \cdot 15 \cdot 0,67 = 4490 \text{ кДж/ч}$$

$$\Sigma Q_{яв} = 3597 \text{ кДж/ч}, \quad \Sigma Q_{пол} = 7091 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{ск} = Q_{пол} - Q_{яв} = 7091 - 3597 = 3494 \text{ кДж/ч}$$

2) Холодный период,  $t_b = 19^\circ\text{C}$ , легкая работа:

$$q_{яв} = 104 \text{ Вт}, q_{пол} = 152 \text{ Вт}.$$

$$Q_{яв.муж} = 3,6 \cdot 104 \cdot 15 \cdot 0,33 = 1853 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{пол.муж} = 3,6 \cdot 152 \cdot 15 \cdot 0,33 = 2709 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{яв.жен} = 3,6 \cdot 104 \cdot 0,85 \cdot 15 \cdot 0,8 = 3198 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{пол.жен} = 3,6 \cdot 152 \cdot 0,85 \cdot 15 \cdot 0,67 = 4675 \text{ кДж/ч}$$

$$\Sigma Q_{яв} = 5051 \text{ кДж/ч}; \text{ с учетом верхней одежды } \Sigma Q_{яв} = 0,75 \cdot 5051 = 3788 \text{ кДж/ч}$$

$$\Sigma Q_{пол} = 7384 \text{ кДж/ч}; \text{ с учетом верхней одежды } \Sigma Q_{пол} = 0,75 \cdot 7384 = 5538 \text{ кДж/ч}.$$

$$Q_{ск} = Q_{пол} - Q_{яв} = 5538 - 3788 = 1750 \text{ кДж/ч}$$

Теплопоступления от солнечной радиации были определены в проекте по вентиляции гражданского здания, и они равны в помещениях:

$$- 102, 202 - Q_{т.п.} = 27493 \text{ кДж/ч};$$

$$- 103, 203 - Q_{т.п.} = 10997 \text{ кДж/ч}.$$

При кондиционировании воздуха следует учесть дополнительное поступление тепла в ТП за счет разницы температур воздуха внутри  $t_b$  и снаружи  $t_n$ , и увеличить  $Q_{п.р. (102, 202)} = 27493 \text{ кДж/ч}$ ,  $Q_{п.р. (103, 203)} = 10997 \text{ кДж/ч}$ , принятые по результатам расчетов первого КП на величину  $Q_{доп}$ .

$Q_{доп}$  определяется по формуле:

$$Q_{доп} = \frac{A_{ок}}{R} \cdot (t_n - t_b),$$

где:  $A_{ок}$  – площадь окон,  $\text{м}^2$ ;

$R$  – термическое сопротивление.

Расчет  $Q_{доп}$  для помещений обеденных залов (102, 202):

$$Q_{доп} = \frac{(5,5 \cdot 5)}{0,44} \cdot (25,9 - 24) = 118,75 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}},$$

Расчет  $Q_{доп}$  для помещений магазинов кулинарии (103, 203):

$$Q_{доп} = \frac{(5,5 \cdot 2)}{0,44} \cdot (25,9 - 24) = 47,5 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}}.$$

Следовательно, с учетом дополнительных теплопоступлений за счет разницы температур воздуха внутри  $t_b$  и снаружи  $t_n$ , теплопоступления от солнечной радиации равны в помещениях:

$$- 102, 202 - Q_{т.п.} = 27493 + 118,75 = 27612 \text{ кДж/ч};$$

$$- 103, 203 - Q_{т.п.} = 10997 + 47,5 = 11045 \text{ кДж/ч}.$$

Величину явных и скрытых теплопоступлений от остальных источников принимаем по результатам расчетов в первом проекте и вместе с пересчитанными теплопоступлениями от людей и солнечной радиации заносим в соответствующие графы таблицы 2.

Таблица 2. Теплопоступления.

№ п/п	Наименование помещения	Расчетный период года	Теплопоступления, кДж/ч										Избыток тепла, кДж/ч	
			Явного тепла					Всего	Скрытого тепла			Всего	Явного тепла	Полного тепла
			от людей	от иск. освещ.	от солн. радиац.	от тех. об.	от проч.		от тех. об.	от людей	от проч.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
102	Обеденный зал	Теплый	11988	2273	27612	-	3820	41873	-	12321	1875	14196	41873	56069
		Холодный	15485	4546	-	-	3820	23851	-	9324	1875	11199	23851	35050
103	Магазин кулинария	Теплый	3597	1215	11045	-	-	15857	-	3494	-	3494	15857	19351
		Холодный	3788	2430	-	-	-	6218	-	1750	-	1750	6218	7968
202	Обеденный зал	Теплый	11988	2273	27612	-	3820	41873	-	12321	1875	14196	41873	56069
		Холодный	15485	4546	-	-	3820	23851	-	9324	1875	11199	23851	35050
203	Магазин кулинария	Теплый	3597	1215	11045	-	-	15857	-	3494	-	3494	15857	19351
		Холодный	3788	2430	-	-	-	6218	-	1750	-	1750	6218	7968

## 4.2. Теплотери

В теплый период года потерь тепла в расчетных помещениях нет. В холодный – тепло теряется через наружные ограждения, которые рассчитываются по методике, освоенной при изучении дисциплины “Отопление”. Расчет теплотерь сведен в таблицу 3. Площади наружных ограждений определяются по плану и разрезу здания, термическое сопротивление – по заданию.

Таблица 3. Определение теплотерь.

№ пом.	Наименование помещения и температура внутреннего воздуха, t <sub>в</sub> , °C	Ограждение				Кoeffи- циент тепло- передачи , 1/R <sub>0</sub> , Вт/м <sup>2</sup>	Расчет- ная раз- ность темпе- ратур (t <sub>в</sub> - t <sub>н.п.</sub> ), °C	Потери теплоты			Множи- тель до- бавок (1+Σβ)	Суммарные потери теплоты, Q <sub>1</sub> =Q'·(1+Σβ), Вт	Q <sub>1</sub> , кДж/ч
		Обозна- чение	Ориен- тация	Размеры, м x м	Площадь А, м <sup>2</sup>			Основ- ные Q', Вт	Добавоч- ные				
									На ориен- тацию	Др.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
102	Обеденный зал t <sub>в</sub> =21°C	НС	В	15,2x3	45,60	0,375	48	820	0,1	-	1,1	902	22019
		НС	Ю	6,2x3	18,60	0,375	48	334	0	-	1	334	
		ДО	В	2,5x2,2	27,50	2,729	48	3602	0,1	-	1,1	3963	
		ПЛ	-	14,69x6,14	90,20	0,332	28,8	863	-	-	1	863	
		ДД	Ю	1,2x2,2	2,64	0,431	48	55	0	-	1	55	
		Σ= 6116											
103	Магазин кулинария, t <sub>в</sub> =19°C	НС	С	5,25x3	15,75	0,375	46	271	0,1	-	1,1	298	9039
		НС	В	6,78x3	20,34	0,375	46	350	0,1	-	1,1	385	
		ДО	В	2,5x2,2	11,00	2,729	46	1381	0,1	-	1,1	1519	
		ПЛ	-	5,7x4,74	27,02	0,332	27,6	248	-	-	1	248	
		ДД	С	1,2x2,2	2,64	0,431	48	55	0,1	-	1,1	60	
		Σ= 2511											
202	Обеденный зал t <sub>в</sub> =21°C	НС	В	15,2x3	45,60	0,375	48	820	0,1	-	1,1	902	21823
		НС	Ю	6,2x3	18,60	0,375	48	334	0	-	1	334	
		ДО	В	2,5x2,2	27,50	2,729	48	3602	0,1	-	1,1	3963	
		ПТ	-	14,69x6,14	90,20	0,332	28,8	863	-	-	1	863	
		Σ= 6062											
203	Магазин кулинария, t <sub>в</sub> =19°C	НС	С	5,25x3	15,75	0,375	46	271	0,1	-	1,1	298	8822
		НС	В	6,78x3	20,34	0,375	46	350	0,1	-	1,1	385	
		ДО	В	2,5x2,2	11,00	2,729	46	1381	0,1	-	1,1	1519	
		ПТ	-	5,7x4,74	27,00	0,332	27,6	248	-	-	1	248	
		Σ= 2451											

Так как в помещениях с кондиционированием воздуха должен быть предусмотрен положительный дисбаланс (т.е. превышение притока над вытяжкой), обеспечивающий подпор в кондиционируемых помещениях, то инфильтрация наружного воздуха не должна иметь место и потери тепла на нагрев инфильтрующегося воздуха в тепловом балансе не учитываются.

### 4.3. Тепловой баланс

Значения выделений явного и скрытого тепла и теплопотерь заносятся в таблицу 4.

Таблица 4. Тепловой баланс помещений.

№ п/п	Наименование поме- щения	Расчет- ный период года	Теплопоступления, кДж/ч										Теплопотери, кДж/ч	Избыток/недостаток тепла, кДж/ч	
			Явного тепла					Всего	Скрытого тепла			Всего			
			от людей	от иск. освещ	от солн. радиац.	от тех. об.	от проч.		от тех. об.	от людей	от проч.				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
102	Обеденный зал	ТП	11988	2273	27612	-	3820	45693	-	12321	1875	14196	-	45693	59889
		ХП	15485	4546	-	-	3820	23851	-	9324	1875	11199	22019	1832	13031
103	Магазин кулинария	ТП	3597	1215	11045	-	-	15857	-	3494	-	3494	-	15857	19351
		ХП	3788	2430	-	-	-	6218	-	1750	-	1750	9039	-2821	-1071
202	Обеденный зал	ТП	11988	2273	27612	-	3820	45693	-	12321	1875	14196	-	45693	59889
		ХП	15485	4546	-	-	3820	23851	-	9324	1875	11199	21823	2028	13227
203	Магазин кулинария	ТП	3597	1215	11045	-	-	15857	-	3494	-	3494	-	15857	19351
		ХП	3788	2430	-	-	-	6218	-	1750	-	1750	8822	-2604	-854

В ТП в расчетных помещениях большие теплоизбытки, в ХП в помещениях 103, 203 – недостатки явного тепла, а в помещениях 102, 202 – теплоизбытки.

### 4.4. Подбор чиллеров и фанкойлов

Объем воздуха, который необходимо подать из расчета по нормам подачи рассчитаю по формуле:

$$L_{\text{пр}} = n \cdot 40, \text{ м}^3/\text{ч};$$

где:  $n$  – количество человек в кондиционируемых помещениях, чел;

40 – объем воздуха, который необходимо подать на одного человека, ( $\text{м}^3/\text{ч}$ )/чел.

Тогда:  $L_{\text{пр}(102, 202)} = 50 \cdot 40 = 2000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $L_{\text{пр}(102, 202)} = 15 \cdot 40 = 600 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Объем воздуха, который необходимо подать для разбавления  $\text{CO}_2$  был принят по расчетам прошлого КП и составляет по помещениям:

$$L_{\text{CO}_2(102,202)} = 2500 \text{ м}^3/\text{ч}, L_{\text{CO}_2(103,203)} = 750 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Объем воздуха, который необходимо подать для разбавления  $\text{CO}_2$  больше, чем по нормам подачи на одного человека, тогда принимаю воздухообмен по разбавлению  $\text{CO}_2$ . Массовый расход приточного воздуха составит:  $G_{\text{пр}(102, 202)} = 2500 \cdot 1,18 = 2953 \text{ кг/ч}$ ,  $G_{\text{пр}(103, 203)} = 750 \cdot 1,18 = 886 \text{ кг/ч}$ .

Объем вытяжки должен быть меньше на величину подпора. Величина подпора была определена ранее. Тогда количество вытяжного воздуха составит:

$$G_{\text{выт}(102, 202)} = 2953 - 322 = 2631 \text{ кг/ч}, G_{\text{выт}(103, 203)} = 886 - 96 = 790 \text{ кг/ч};$$

$$L_{\text{выт}(102, 202)} = 2229 \text{ м}^3/\text{ч}, L_{\text{выт}(103, 203)} = 669 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Расчет холодопроизводительности сплит – системы:

$$Q_x = cG(t_n - t_k) + Q_{\text{п}},$$

где:  $G$  – расход приточного воздуха на разбавление концентрации  $\text{CO}_2$ , кг/ч;

$t_n, t_k$  – соответственно температуры внутреннего и наружного воздуха в ТП, °С;

$Q_{\text{п}}$  – полные теплоизбытки в расчетных помещениях, кДж/ч.

- для обеденного зала (пом. 102):

$$Q_x = 4,19 * 2953 * (25,9 - 24) + 59889 = 83398 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}} = 23,2 \text{ кВт}.$$

- для обеденного зала (пом. 202):

$$Q_x = 4,19 * 2953 * (25,9 - 24) + 59889 = 83398 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}} = 23,2 \text{ кВт}.$$

- для магазина кулинарии (пом. 103):

$$Q_x = 4,19 * 886 * (25,9 - 24) + 19351 = 26405 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}} = 7,3 \text{ кВт}.$$

- для магазина кулинарии (пом. 103):

$$Q_x = 4,19 * 886 * (25,9 - 24) + 19351 = 26405 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}} = 7,3 \text{ кВт}.$$

Общая холодопроизводительность составит:  $\sum Q_x = 61 \text{ кВт}$ .

По определенной холодопроизводительности системы принимаю к установке фанкойлы:

- для помещений обеденных залов – по 3 фанкойла RHOSS YARDY EV – 80 C SX номинальной холодопроизводительностью – 7, 92 кВт.

- для магазинов кулинарии – по 1 фанкойлу RHOSS YARDY EV – 80 C SX номинальной холодопроизводительностью – 7, 92 кВт.

В качестве чиллера принимаю – Carrier 30 RA070 номинальной холодопроизводительностью 67 кВт. К установке принимаю 1 чиллер.

#### 4.5. Гидравлический расчет системы чиллер – фанкойл

Гидравлический расчет системы чиллер – фанкойл выполнен по удельным потерям давлениям на участках.

Целью гидравлического расчета является определение экономически целесообразных диаметров трубопроводов системы отопления, исходя из известных расходов теплоносителя. Строится аксонометрическая схема системы, разбивается на участки, участки нумеруются, определяются расходы теплоносителя на участках. Циркуляция теплоносителя в системе чиллер – фанкойл – насосная, следовательно, для нее верно равенство:

$$\Delta P_n = \Delta P_p,$$

где:  $\Delta P_n$  – перепад давлений создаваемый насосом;

$\Delta P_p$  – потери давления через главное циркуляционное кольцо.

Расход теплоносителя на участке определяю по формуле:

$$G = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{уч}}}{c \cdot (t_r - t_o)}, \text{ кг/ч,}$$

где:  $c$  – удельная теплоемкость воды,  $c = 4,19$  кДж/кг;

$t_r - t_o$  – расчетный перепад температур в системе чиллер – фанкойл, °С;

$Q_{\text{уч}}$  – тепловая нагрузка участка, Вт.

Полные потери давления на участке определяются по формуле:

$$\Delta p_p = Rl + Z,$$

где:  $R$  – удельные потери давления на трение, принимаются экономически целесообразные до 80 Па/м;

$l$  – длина участка, м;

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

Удельные потери давления на участке определяются по формуле:

$$R = 0,0894 \cdot K_z^{0,25} \frac{\left(\frac{G}{3600}\right)^2}{d^{0,25} \cdot \rho},$$

где:  $K_z$  – коэффициент абсолютной эквивалентной шероховатости, мм, для новых стальных труб  $K_z = 0,2$  мм;

$\rho$  – плотность жидкости, кг/м³;

$d$  – диаметр трубопровода, м.

Потери давления на местные сопротивления  $Z$  определяются по формуле:

$$Z = \sum \xi \cdot P_v,$$

где:  $P_v$  – значение динамического давления, Па;

$\sum \xi$  – сумма коэффициентов местных сопротивлений.

После выполнения гидравлического расчета необходимо произвести увязку ответвлений. Цель увязки – обеспечить распределение расходов хладоносителя по ответвлениям в соответствии с заданными значениями за счет различия потерь давления в ответвлениях не более чем на 10%. Если значение невязки превышает допустимые 10%, то необходима установка дроссельной шайбы или балансировочного клапан.

Гидравлический расчет выполнен при помощи программы Excel, результаты сведены в таблицу 5. Коэффициенты местных сопротивлений определены и приведены в таблице 6. На рис. 6 изображена расчетная схема системы чиллер – фанкойл.

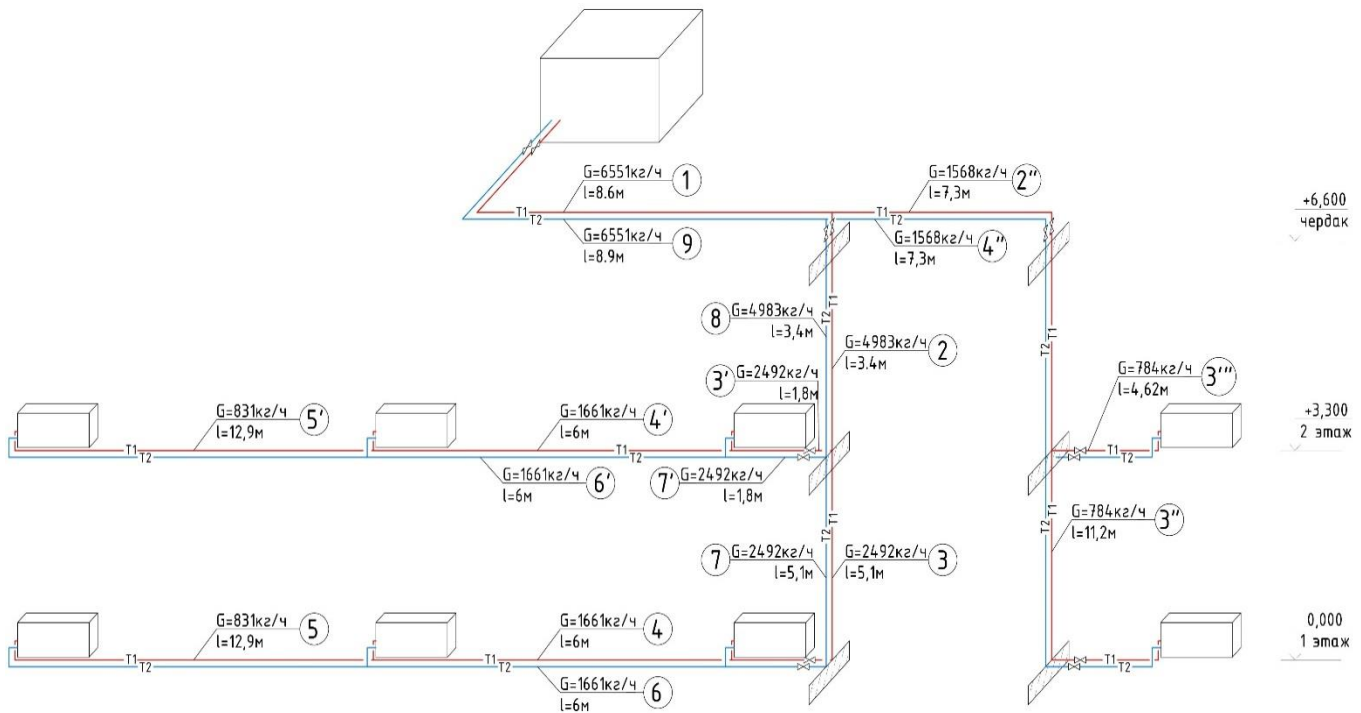


Рис. 6. Расчетная схема системы чиллер – фанкойл.

Таблица 5. Гидравлический расчет системы чиллер – фанкойл

№ уч.	Q, Вт	G, кг/ч	l, м	d, мм	R, Па/м	v, м/с	Rl, Па	Pv, Па	$\Sigma \xi$	Z	(Rl+Z), Па	$\Sigma(Rl+Z)$
1	61000	6551,3	8,6	50	210	0,801	1806,0	320,64	7,5	2404,80	4210,80	4210,80
2	46400	4983,3	3,4	50	100	0,61	340,0	185,96	3,5	650,85	990,85	5201,65
3	23200	2491,6	5,1	40	95	0,503	484,5	126,44	4	505,76	990,26	6191,92
4	15467	1661,1	6	32	85	0,43	510,0	92,40	1	92,40	602,40	6794,32
5	7733	830,5	12,9	32	24	0,22	309,6	24,19	5	120,94	430,54	7224,86
6	15467	1661,1	6	32	85	0,43	510,0	92,40	1	92,40	602,40	7827,26
7	23200	2491,6	5,1	40	95	0,503	484,5	126,44	4	505,76	990,26	8817,53
8	46400	4983,3	3,4	50	100	0,61	340,0	185,96	3	557,87	897,87	9715,40
9	61000	6551,3	8,9	50	210	0,801	1869,0	320,64	9	2885,76	4754,76	14470,16
Ответвление 1												
3'	23200	2491,6	1,8	40	95	0,503	171,00	126,44	4	505,76	676,76	676,76
4'	15467	1661,1	6	32	85	0,43	510,00	92,40	1	92,40	602,40	1279,17
5'	7733	830,5	12,9	32	24	0,22	309,60	24,19	5	120,94	430,54	1709,71
6'	15467	1661,1	6	32	85	0,43	510,00	92,40	1	92,40	602,40	2312,11
7'	23200	2491,6	1,8	40	95	0,503	171,00	126,44	9,5	1201,19	1372,19	3684,30
Ответвление 2												
2''	14600	1568,0	7,3	32	80	0,42	584,00	88,16	11	969,71	1553,71	1553,71
3''	7300	784,0	11,2	25	90	0,371	1008,00	68,79	19	1306,94	2314,94	3868,65
4''	14600	1568,0	7,3	32	80	0,42	584,00	88,16	11	969,71	1553,71	5422,37
Ответвление 3												
3'''	7300	784,0	4,62	25	90	0,371	415,80	68,79	25,5	1754,05	2169,85	2169,85

Таблица 6. Коэффициенты местных сопротивлений

№ участка	Наименование местного сопротивления	$\xi$	$\Sigma \xi$
1	Отвод 90°, d = 50	0,5	7,5
	Вентиль , d = 65	7	
2	Тройник на ответвление, d = 50	1,5	3,5
	Вентиль прямоточный, d = 50	2	
3	Тройник проходной, d = 40	1	4
	Вентиль прямоточный, d = 40	2,5	
	Отвод 90°, d = 40	0,5	
4	Тройник проходной, d = 32	1	1
5	Тройник проходной, d = 25	1	5
	4 отвода 90°, d = 25	4	
6	Тройник проходной, d = 32	1	1
7	Тройник проходной, d = 40	1	4
	Вентиль прямоточный, d = 40	2,5	
	Отвод 90°, d = 40	0,5	
8	Тройник проходной, d = 50	1	3
	Вентиль прямоточный, d = 50	2	
9	Тройник на ответвление, d = 50	1,5	9
	Отвод 90°, d = 50	0,5	
	Вентиль, d=50	7	
Ответвления			
3'	Тройник на ответвление, d = 40	1,5	4
	Вентиль прямоточный, d = 40	2,5	
4'	Тройник проходной, d = 32	1	1
5'	Тройник проходной, d = 25	1	5
	4 отвода 90°, d = 25	4	
6'	Тройник проходной, d = 32	1	1
7'	Тройник на ответвление, d = 40	1,5	9,5
	Вентиль прямоточный, d = 40	8	
2"	Вентиль, d = 32	9	11
	Отвод 90°, d = 25	1	
	Тройник проходной, d = 25	1	
3"	2 вентиля, d = 25	12	19
	Тройник проходной, d = 25	1	
	6 отводов 90°, d = 25	6	
4"	Вентиль, d=32	9	11
	Отвод 90°, d = 32	1	
	Тройник проходной, d = 32	1	
3'''	Тройник поворотный, d = 25	1,5	25,5
	6 отводов 90°, d = 25	6	
	2 вентиля, d=25	18	



Определение невязки:

Невязка участков 3 – 7 и 3' – 7' составит:

$$\frac{(3684-3616)}{3864} \cdot 100 = 1,85\%;$$

Невязка участков 2 – 8 и 2'' – 4'' составит:

$$\frac{(5505-5422)}{5505} \cdot 100 = 1,5\%;$$

Невязка участков 3'' и 3''' составит:

$$\frac{(2315-2170)}{2315} \cdot 100 = 6,3\%.$$

Значение невязки не превышает допустимых 10%, следовательно, не требуется установка дроссельных шайб или балансировочных клапанов.

## 5. Автоматизация чиллеров

Кондиционером можно управлять либо непосредственно с панели управления, расположенной на корпусе внутреннего блока, либо с помощью дистанционного, как правило, инфракрасного пульта управления

С пульта можно установить следующие режимы работы:

- обогрев, охлаждение, вентиляция, осушение воздуха;
- один из нескольких (как правило, трех) скоростных режимов вентилятора;
- автоматическое регулирование положения жалюзи (воздухораспределительной решетки), изменяющего направление воздушного потока;
- автоматическое поддержание заданной с пульта температуры помещения.

Автоматизация системы кондиционирования определяется функциями управления, реализованными в каждом из ее блоков, что позволяет говорить о многовариантности решения задач управления.

Наружный компрессорно-конденсаторный блок управляется микропроцессорным модулем. Подключенные к нему реле защиты по низкому и высокому давлению и тепловое реле для вентилятора охлаждения конденсатора обеспечивают ему надежную защиту при работе системы.

Чиллеры оснащаются комплексной системой автоматики, облегчающей реализацию всех функций этого довольно сложного и функционально насыщенного оборудования в полной мере.

Многие модификации чиллеров имеют четырехходовой клапан, позволяющий инвертировать холодильный цикл и осуществлять его работу не только в режиме охлаждения, но и в режиме функционирования теплового насоса.

Автоматика крышного кондиционера обычно включает в себя стандартные электрические компоненты: автоматические выключатели сети и вспомогательной цепи, а также пусковые устройства компрессоров, нагревателей и вентиляторов.

Крышные кондиционеры, как правило, оборудуются микропроцессорной системой управления, важными элементами которой являются регулятор температуры обработанного воздуха, реле задержки и средства защиты компрессоров, система диагностики, порт подключения дистанционного управления.

При секционной сборке центрального кондиционера автоматика монтируется по специальному проекту из отдельных элементов.

Предусматриваются контуры регулирования температуры и влажности приточного или внутреннего воздуха помещения, включающие в себя датчики,

контроллеры и исполнительные механизмы. Применяются контроллеры как свободно программируемые, так и с жестко заданной программой. В любом случае имеется доступ к изменению установок, например, заданной температуры в помещении. Система управления кондиционером позволяет автоматически или вручную управлять работой отдельных аппаратов в зависимости от температуры наружного воздуха, переходя на зимний или летний режимы.

Одновременно обеспечивается контроль за состоянием загрязненности фильтров и работой вентиляторов - по перепаду давления на дифманометрах, присоединенных к штуцерам до и после указанных устройств.

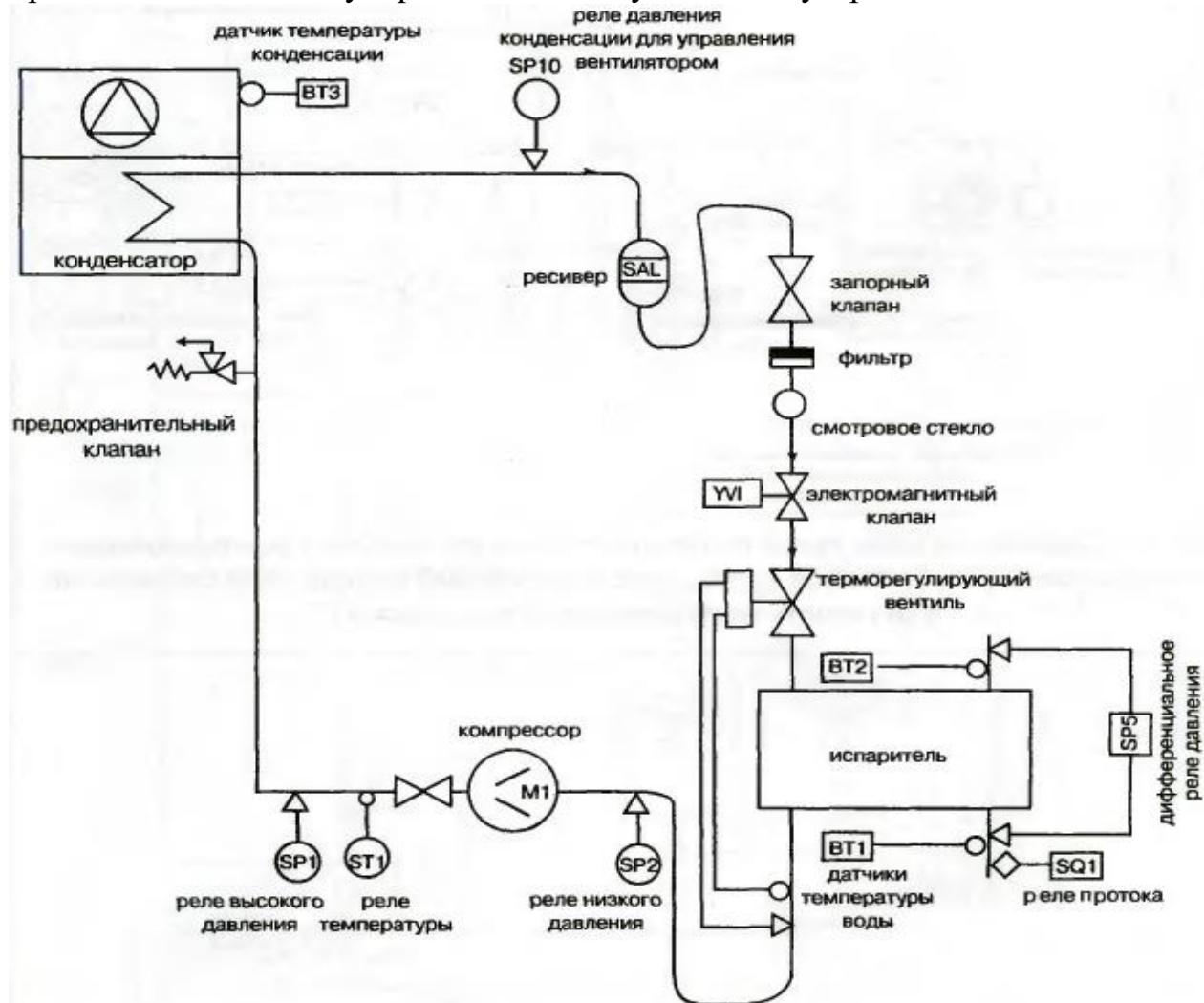


Рис. 7. Схема автоматического регулирования чиллера

## 6. Автоматизация фанкойлов

Для работы с внутренними блоками, установленными в каждой комнате, используются специальные узлы, панели и пульты. Получив сигнал с датчиков (контроллеров) о необходимости внесения изменений, исполнительные устройства дают команду на привод вентилятора либо на 3-х ходовой клапан.

В результате процесс охлаждения/нагрева воздуха:

- приостанавливается при достижении заданной температуры, когда вентилятор выключается или снижает обороты;

- возобновляется, когда температура в помещении опускается или понижается по сравнению с заданным уровнем.

С помощью современных схем автоматической корректировки, фанкойлы могут без участия человека выполнять следующие функции:

- включение/выключение;
- программирование температуры;
- переключение режимов, например, холод/тепло, комфорт/эконом;
- выбор скорости вращения вентилятора;
- регулировка положения жалюзи и дестратификация воздуха;
- открытие/закрытие 2-х ходовых или 3-х ходовых клапанов;
- программирование по таймеру (изменение параметров в определенное время, снижение мощности или отключение фанкойлов в ночные часы, а также в выходные дни);
- включение и отключение ТЭНа (при его наличии);
- контроль за состоянием фильтров и сигнализация о необходимости их очистки или замены.

Различные встроенные и выносные панели могут обеспечивать разные виды управления:

- механическое (кнопки и тумблеры настройки режимов);
- электронное (автоматическое переключение температурных режимов, включение/выключение вентилятора, плавное изменение его скорости или мощности теплообменника и др.);
- микропроцессорное (дополнительные возможности для быстрого перепрограммирования и оперативной реакции на изменение внешних условий).

Такие панели могут входить в конструкцию фанкойла или устанавливаться отдельно от него, чаще всего на стене. Встроенными панелями, в основном, оснащаются напольные модели из-за более простого доступа к самому прибору.

Более удобным в использовании считается пульт дистанционного управления, с помощью которого можно легко регулировать работу, если установка фанкойла осуществлена в труднодоступном месте (кассетные, канальные, потолочные модели). По принципу работы различают цифровые и инфракрасные, проводные или беспроводные устройства ДУ.

В качестве пультов во многих системах используются выносные термостаты, которые направляют сигнал на общую управляющую плату и корректируют работу системы кондиционирования, не требуя лишних затрат. Для двухтрубных и четырехтрубных систем используются разные версии термостатов (механические и электрические). Самые простые только регулируют скорость вращения вентилятора, но большинство способны также открывать и закрывать клапаны.

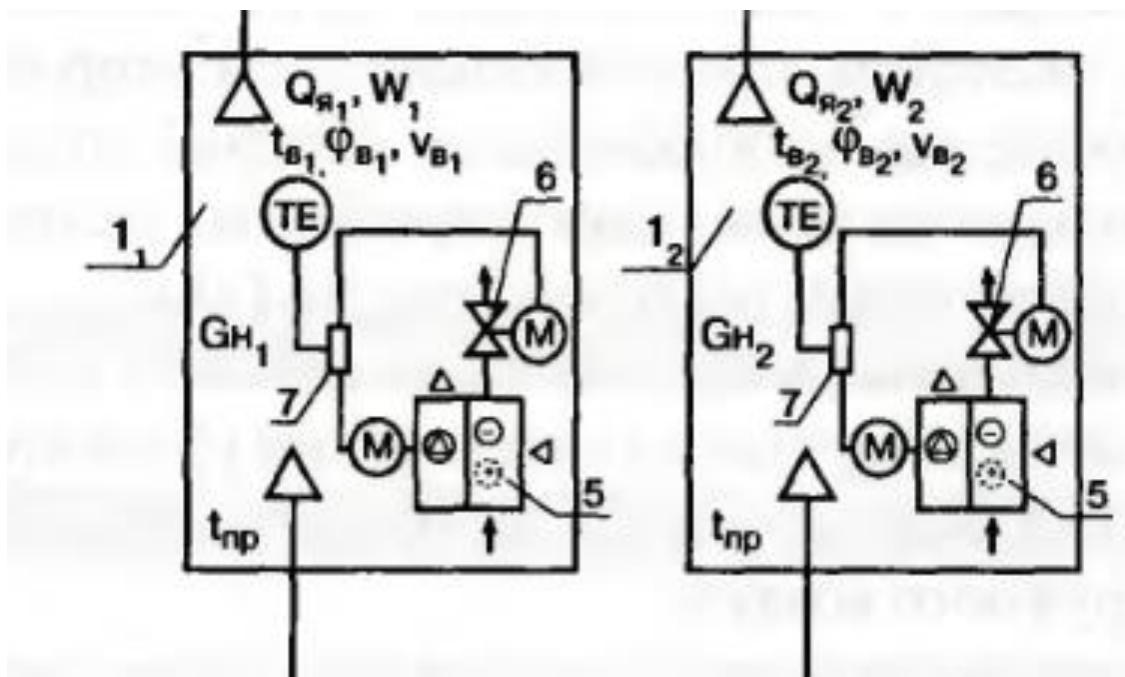


Рис. 8. Схема автоматического регулирования фанкойла

## Приложение А

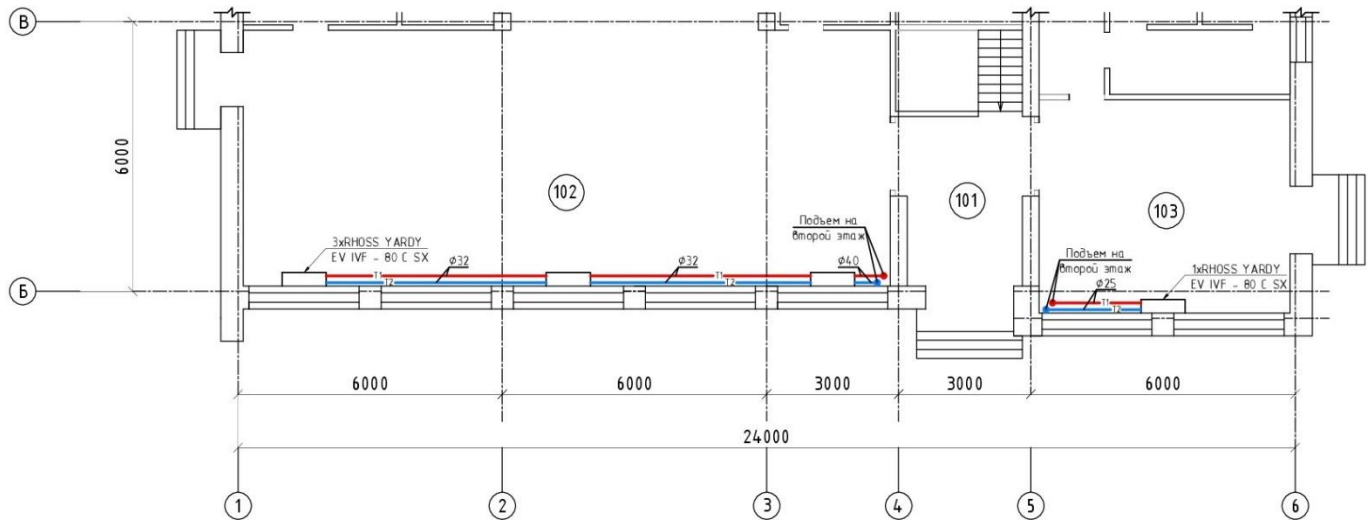


Рис. 9. Фрагмент плана первого этажа

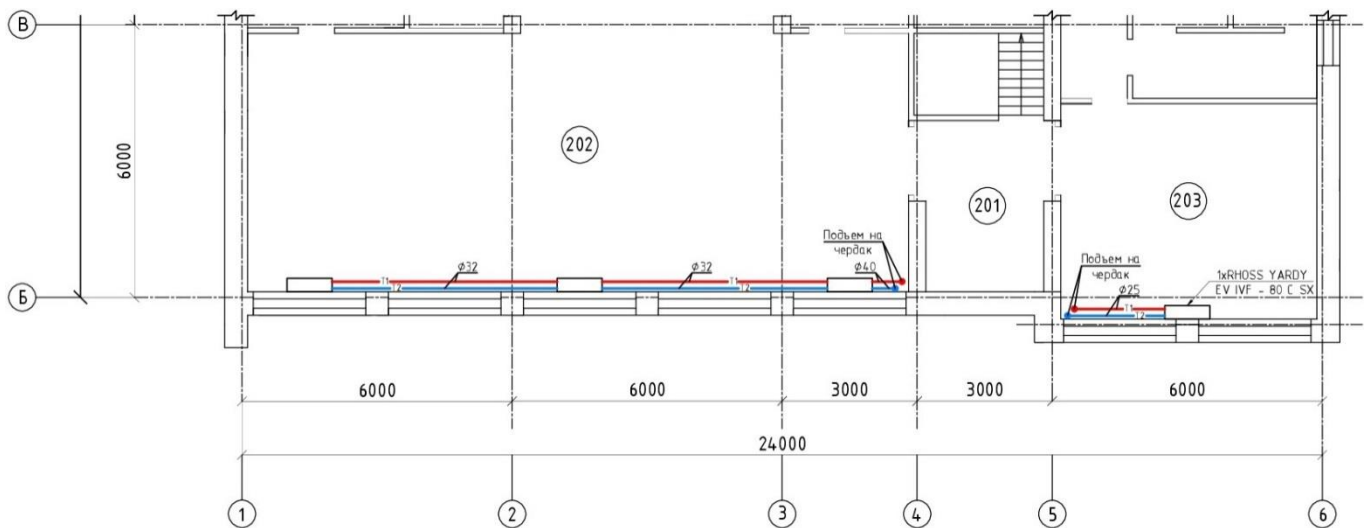


Рис. 10. Фрагмент плана второго этажа

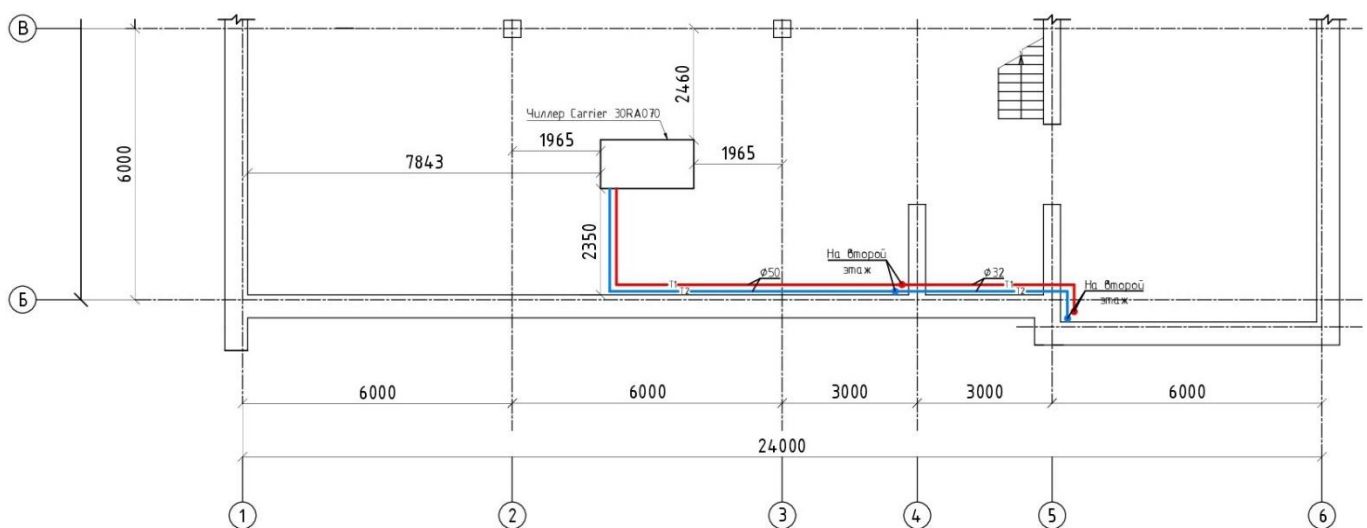


Рис. 11. Фрагмент плана чердака

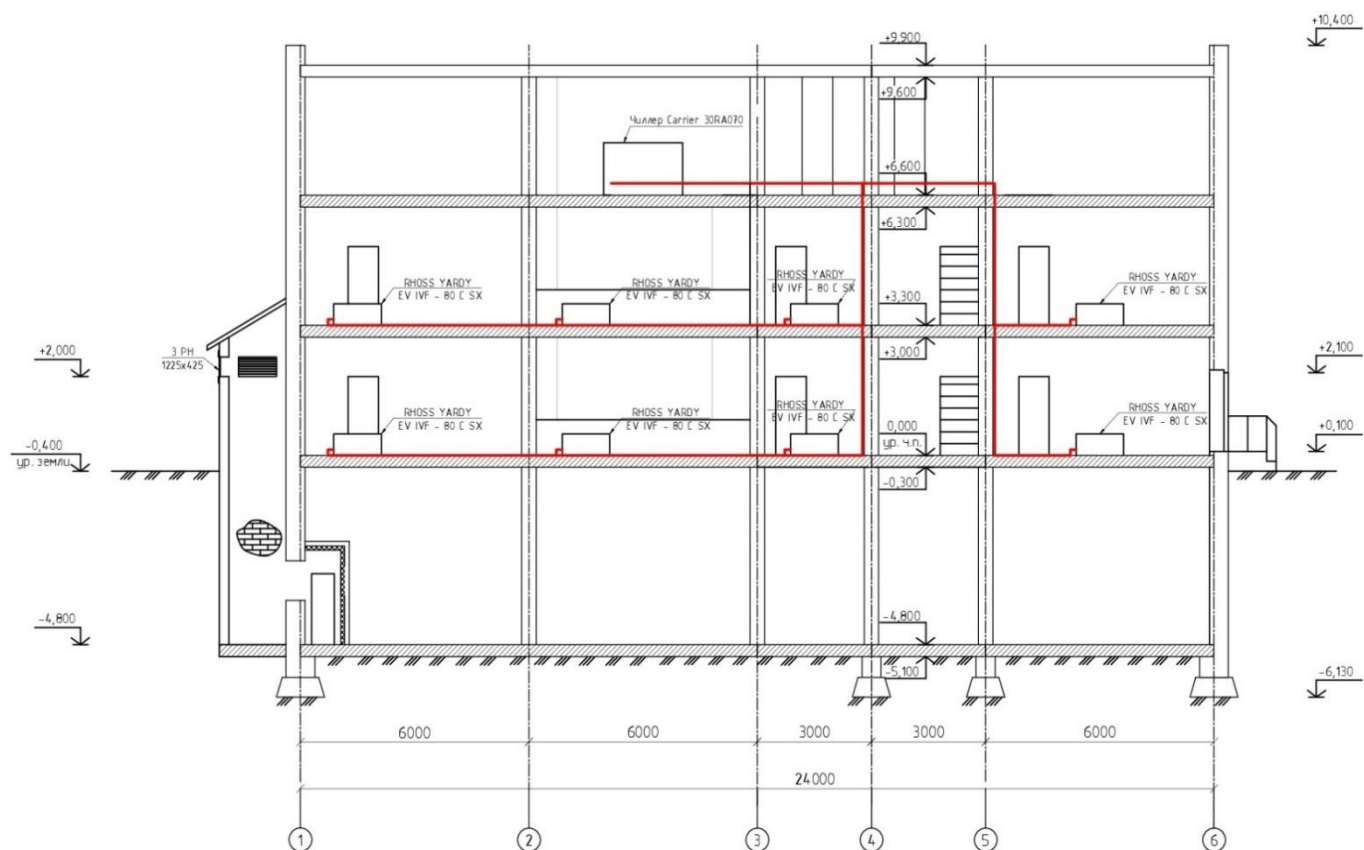


Рис. 12. Разрез А – А в осях 1 – 6

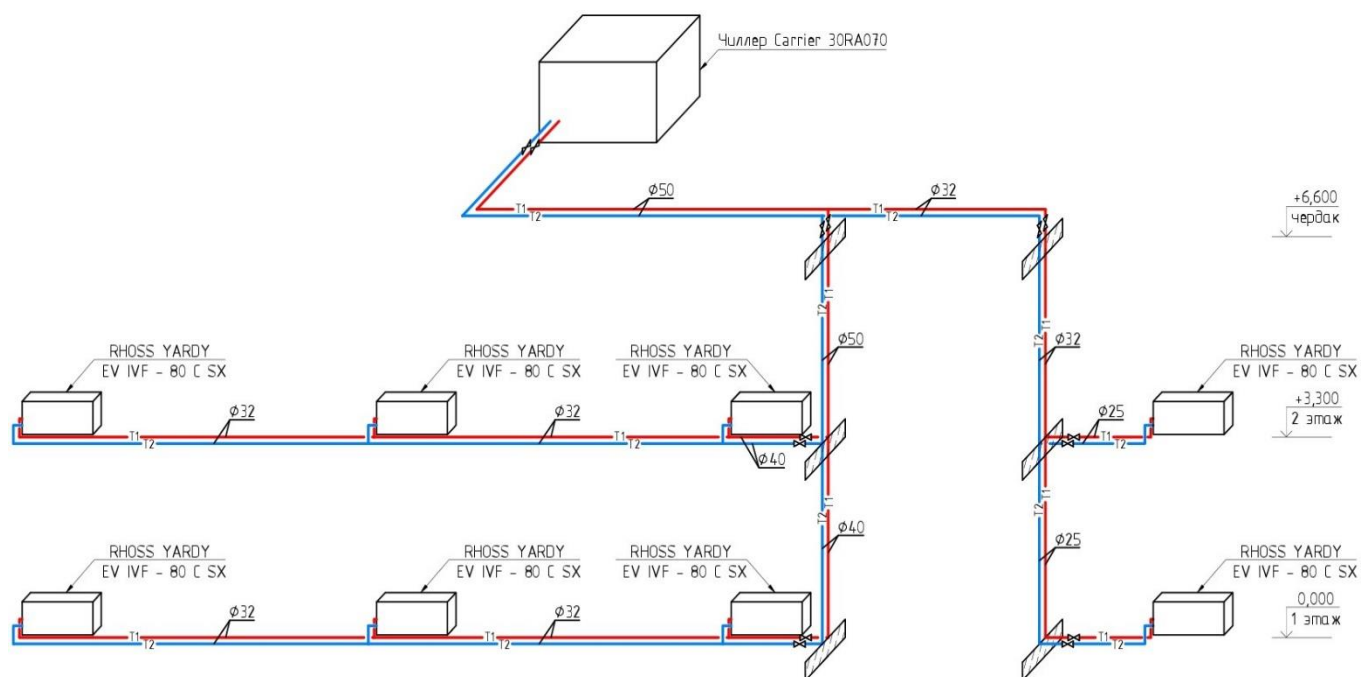


Рис. 13. Монтажная схема системы чиллер – фанкойл

### Список используемой литературы

1. СП 131.13330.2018 «Строительная климатология»
2. ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях»
3. СП 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»
4. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть II. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Под ред. И.Г. Старовойтова. - М.: Стройиздат, 1978, 509 с.
5. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»
6. Щекин Р.В. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. Книга вторая. – Киев.: Будівельник, 1976, 351 с.
7. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Книга 2 / под. ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1992. – 416 с.
8. Каталог «KORF». Водоохлаждающие машины (чиллеры), с. 170-177; Вентиляторные доводчики (фанкойлы), с. 214-215.
9. ГОСТ Р 21.1101 – 2013 СПДС. Основные требования к проектной и рабочей документации. Дата введения 01.01.2013.
10. Подбор и расчет оборудования систем кондиционирования воздуха : учебное пособие / Г. Н. Зеленко ; ТулГУ, Ин-т горного дела и строительства .— Тула : Изд-во ТулГУ, 2019 .— 166 с. : ил. — ISBN 978-5-7679-4312-8