

# Инженерное оборудование ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Объем 320 страниц

В цветном исполнении

Содержит уникальный материал - реализованные проектные решения инженерного оборудования высотных зданий, построенных в Москве в конце 1990-х и начале 2000-х годов: жилых многофункциональных комплексов "Алые паруса", "Воробьевы горы", "Триумф Палас", "Миракс Парк", гостиницы на Краснохолмской стрелке и др.

Авторы - ведущие российские специалисты.



Под общей редакцией канд. техн. наук, проф. МАРХИ М. М. Бродач  
Автор предисловия д-р техн. наук, член-корр. РААСН Ю. А. Табунщиков

Авторы:

А. А. Антонов (гл. 7); канд. техн. наук С. В. Бирюков (гл. 4); В. В. Бойков (гл. 7);  
канд. техн. наук М. М. Бродач (введ., гл. 1, прил. 1); д-р техн. наук В. Г. Гагарин (прил. 2);  
канд. физ.-мат. наук С. В. Гувернюк (прил. 2); канд. техн. наук А. Я. Добромыслов (гл. 6);  
д-р техн. наук В. М. Есин (гл. 5); В. С. Ионов (гл. 3); канд. техн. наук В. Н. Исаев (гл. 5, 6);  
А. Н. Колубков (гл. 2–4, 6, 8, 9); канд. техн. наук В. И. Ливчак (гл. 2); канд. техн. наук  
Е. Г. Малявина (гл. 4); канд. техн. наук М. Г. Мхитарян (гл. 5, 6); канд. техн. наук  
А. Л. Наумов (гл. 2); С. Г. Никитин (гл. 2–4); д-р техн. наук С. А. Никонов (гл. 5, 6);  
В. В. Панкратов (гл. 8); канд. техн. наук Т. И. Садовская (гл. 5, 9); канд. техн. наук  
В. И. Сасин (гл. 3); д-р техн. наук Ю. А. Табунщиков (введ., гл. 1, прил. 1); канд. техн.  
наук М. Г. Тарабанов (гл. 4); П. В. Трофимов (гл. 5); Н. В. Шилкин

# Введение. Высотные здания - новая среда обитания человека

## Первое здание НГУ

Самое высокое здание в Москве построено в 1940—1953-е годы (архитекторы Л. В. Руднев, С. Е. Чернышайв, П. В. Абросимов, А. Ф. Храков, В. Н. Назонов). Высота здания составляет 235 м, этажность центрального объема — 36. Здание является центром огромного комплекса Московского государственного университета, первоначально укомплектованного 27 зданиями, в которых размещены естественно-математический, гуманитарный и географический факультеты, администрация, научная библиотека, музей, заловый зал на 1 500 человек. В боковых флигелях расположена жилая зона (общежитие для студентов, квартиры профессорско-преподавательского состава). Как и другие высотки административно-жилого характера, здание задумано как дом с замкнутой коммунально-бытовой инфраструктурой (кинотеатр, почта, предприятия бытового обслуживания и т. д.).

## Жилой дом на Котельнической набережной

Дом (Котельническая наб., 1/15), замыкающий паропропускную от Кремля к устью Яузы, строится в два этапа: в 1938—1940-е и в 1948—1952-е годы (архитекторы Д. Н. Чечулин, А. К. Ростковская, инженер Л. М. Поляков). Центральный объем насчитывает 26 этажей. В здании находится 700 квартир, магазины, почтовое отделение, кинотеатр «Иллюзион».

## Гостиница «Украина»

Второй по размеру высоте (Музусовский просп., 2/1) построена в 1953—1957-е годы (архитектор А. Г. Морданов, при участии В. Н. Опарина-ского, В. Г. Капица, инженер П. А. Красильников). Центральный объем включает 20 этажей. Здание «отрывает» Музусовский проспект, новую московскую магистраль, созданную в послевоенное время.

## Здание Министерства иностранных дел

Высота (Симленская-Саянская пл., 32/34) построена в 1948—1953-е годы (архитекторы профессор В. Г. Тельферих, М. А. Минер). Центральный объем включает 27 этажей, высота здания — 172 м. Здание завершает панораму с Бородинского моста, образуя площадь.

## Жилой дом на Нудринской площади

Дом на Нудринской площади построен в 1948—1954-е годы (архитекторы М. В. Посожин, А. А. Мадоянц, инженер М. Н. Воложинский). Здание состоит из центрального (22 этажа, высота со шпилем — 156 м) и боковых корпусов (по 18 этажей). Всего в здании 462 квартиры. На первом этаже находятся магазины и кинотеатр «Пламя» (в настоящее время не работает), а подвальном помещении — подземный гараж.

## Административно-жилое здание с вестибюлем станции метро «Красные ворота»

Здание состоит из 24-этажного центрального корпуса, занимаемого Министерством транспортного строительства, и двух жилых корпусов, различной этажности (от 11 до 15). В левом крыле здания находится один из двух вестибюлей станции метро «Красные ворота», выходящий на Каланчевскую улицу.

## Гостиница «Ленинградская»

Здание гостиницы (Каланчевская ул., 21/40) построено в 1949—1952-е годы (архитекторы Л. М. Поляков, А. Е. Борщев, инженер Е. В. Мельник). Оно образует единое целое с площадью Трех Вокзалов. Высота здания составляет 136 м. До реконструкции в гостинице было 330 номеров, общая площадь — 25 000 м<sup>2</sup>.

Рис. 1. Первые высотные здания, построенные в Москве в 1940—1950-е годы



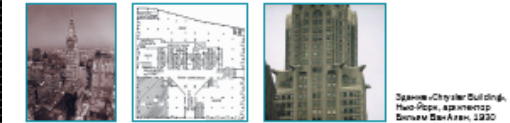
Рис. 15. Верхние этажи здания «Four Times Square» с интегрированными фотоэлектрическими панелями



Рис. 11. Набросок Нормана Фостера, показывающий линии обзора из офисных помещений со стороны струма на зимние сады и на город

## Традиционные элементы высотных зданий:

1. Полностью кондиционируемые помещения.
2. Приспособляемый логичный ступенчатый естественный освещенный.
3. Центральная организация построения здания.
4. Идентичные этажи.



Здание Chrysler Building, Нью-Йорк, архитектор Уильям Ван-Ален, 1930

## Современные черты фасадов высотных зданий:

1. Гармоничные формы здания и окружающей среды.
2. Элементы биоклиматической архитектуры.
3. Механическая и (или) естественная вентиляция (продовольствие или минимизация использования системы кондиционирования воздуха).
4. Комбинированная система кондиционирования.
5. Сопоставление освещенности.
6. Интеллектуализация здания.
7. Использование нетрадиционных источников энергии.



Здание «Solovki», Бранденбург-на-Мале, архитектор Норман Фостер, 1997

Рис. 2 Традиционные и современные принципы проектирования высотных зданий

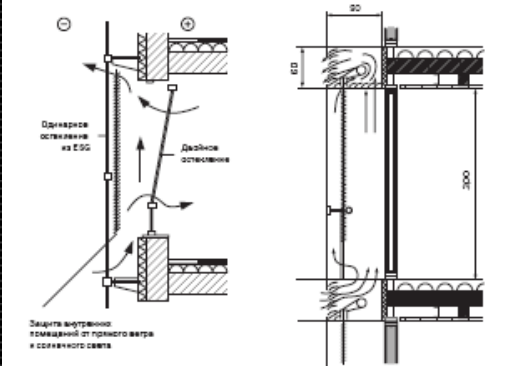


Рис. 6. Принципиальная конструкция двойного остекления

Рис. 7. Разрез фасада с устройством козырька и водосточной системы

# Введение. Высотные здания - новая среда обитания человека

---

- ❑ Использование низкопотенциального тепла земли для отопления или охлаждения
  - ❑ Использование энергии солнца для выработки электрической энергии
  - ❑ Использование топливных элементов
  - ❑ Выбор формы здания с учетом направленного воздействия наружного климата
  - ❑ Естественная вентиляция помещений
  - ❑ Естественное освещение и визуальный комфорт
  - ❑ Элементы биоклиматической архитектуры
  - ❑ Водосбережение
  - ❑ Интеллектуализация здания
-

# Глава 1. Наружный климат для ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

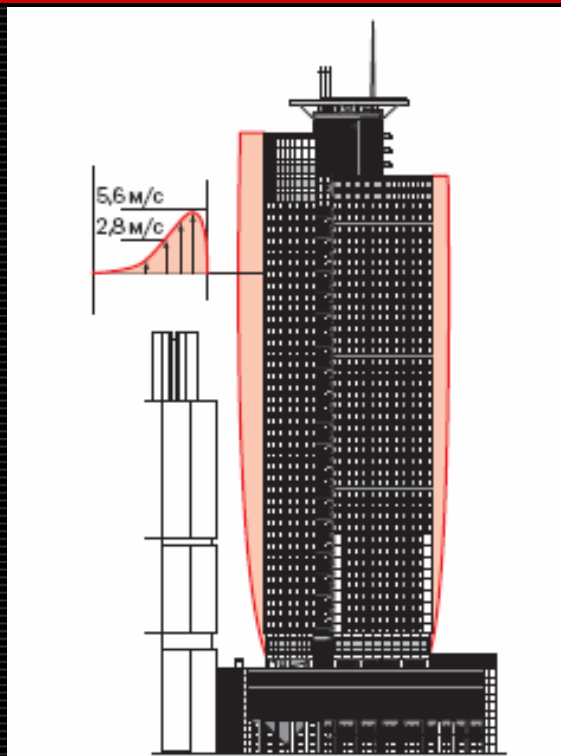


Рис. 1.2. Пример эюра скоростей восходящих воздушных потоков у наружной поверхности высотного здания, возникающих под действием разности температур  $\Delta t = 20^\circ\text{C}$

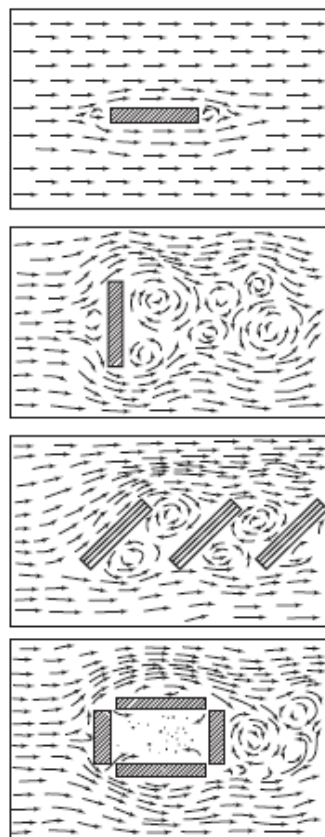


Рис. 1.6. Схема обтекания зданий и застройки

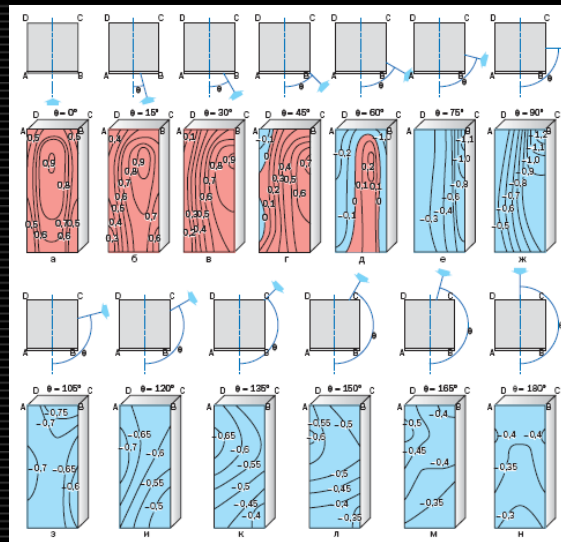


Рис. 1.7. Значения аэродинамических коэффициентов на фасаде квадратного в плане высотного здания при различных направлениях ветра

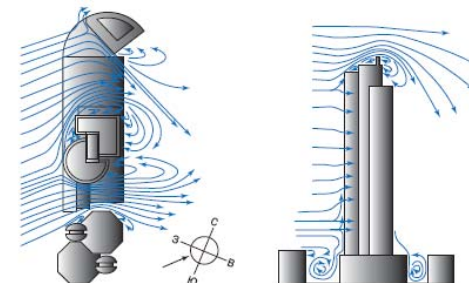


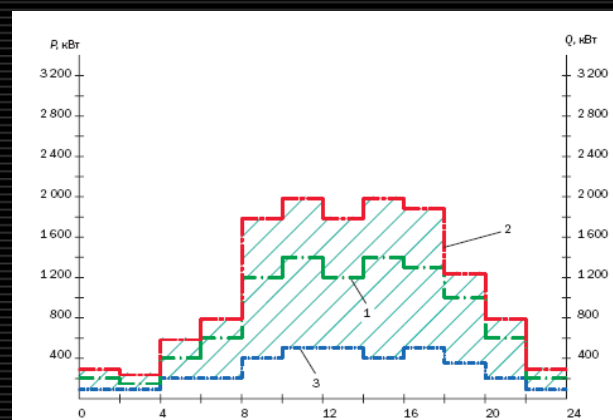
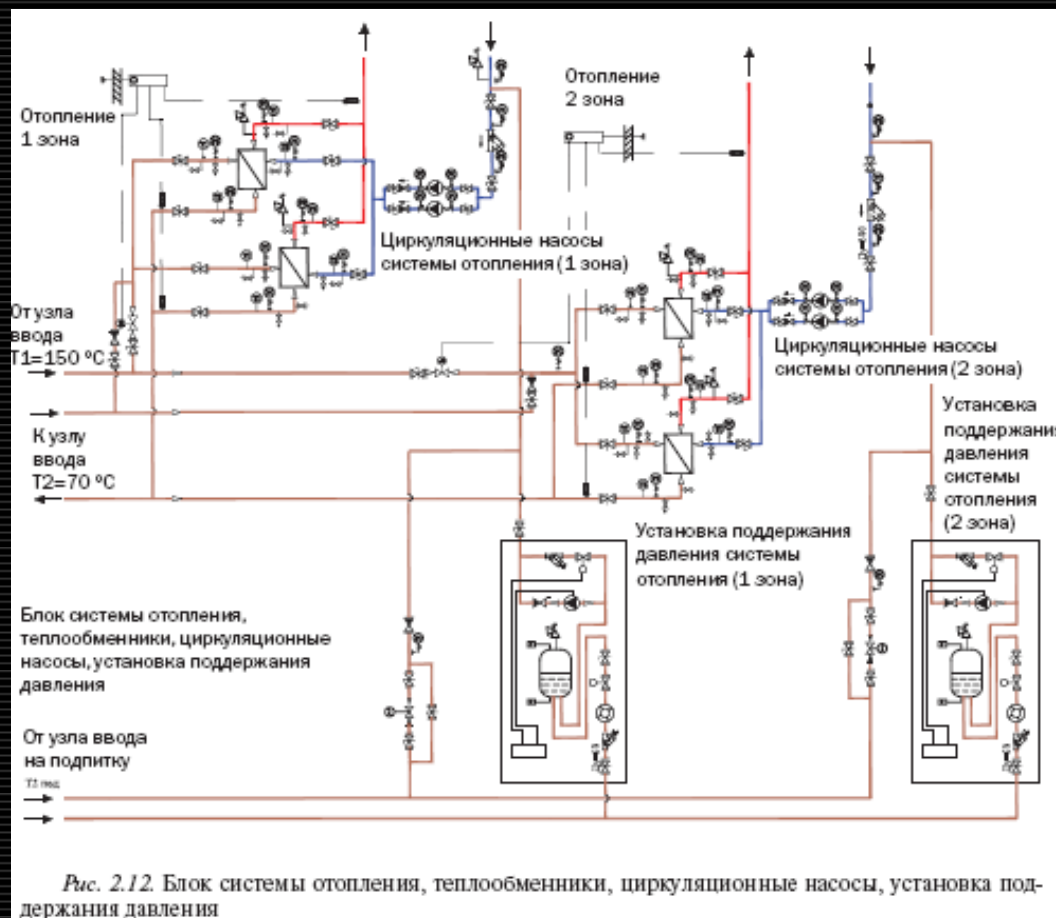
Рис. 1.17. Схема типичного распределения воздушных потоков у здания «Main Tower» и в прилегающей городской застройке при юго-западном ветре: 1 — здание «Eurothem» (110 м); 2 — здание «Main Tower» (200 м); 3 — здание «Garden Towers» (127 м)

# Глава 1. Наружный климат для ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

---

- ❑ 1.1. Общие положения
  - ❑ 1.2. Температура наружного воздуха
  - ❑ 1.3. Солнечная радиация
  - ❑ 1.4. Конвективные потоки у наружной поверхности здания
  - ❑ 1.5. Скорость ветра
  - ❑ 1.6. Аэродинамика зданий и аэродинамические коэффициенты
  - ❑ 1.7. Пример математического моделирования аэродинамики высотного здания
-

# Глава 2. Теплоэнергоснабжение систем отопления, горячего водоснабжения, вентиляция и кондиционирования воздуха. Проектирование тепловых пунктов



## Глава 2. Теплоэнергоснабжение систем отопления, горячего водоснабжения, вентиляция и кондиционирования воздуха. Проектирование тепловых пунктов

---

- ❑ 2.1. Общие положения
  - ❑ 2.2. Автономные источники энергоснабжения
    - ❑ 2.2.1. Общий алгоритм расчета и подбора мини-ТЭЦ
    - ❑ 2.2.2. Энергообеспечение высотного офисного комплекса с подземной автостоянкой
    - ❑ 2.2.3. Технологии мини-ТЭЦ на базе газопоршневого двигателя
  - ❑ 2.3. Проектирование центральных тепловых пунктов
  - ❑ 2.4. Особенности проектирования центрального теплового пункта высотного жилого здания
    - ❑ 2.4.1. Общая характеристика центрального теплового пункта
    - ❑ 2.4.2. Узел ввода
    - ❑ 2.4.3. Станция заполнения
    - ❑ 2.4.4. Система аварийного поддержания давления
    - ❑ 2.4.5. Теплообменники системы отопления и их обвязка
    - ❑ 2.4.6. Насосное оборудование
    - ❑ 2.4.7. Станция поддержания давления
    - ❑ 2.4.8. Система аварийного горячего водоснабжения
    - ❑ 2.4.9. Система горячего водоснабжения с одним теплообменником
    - ❑ 2.4.10. Снеготаялка
    - ❑ 2.4.11. Дренажные системы
-

# Глава 3. Отопление

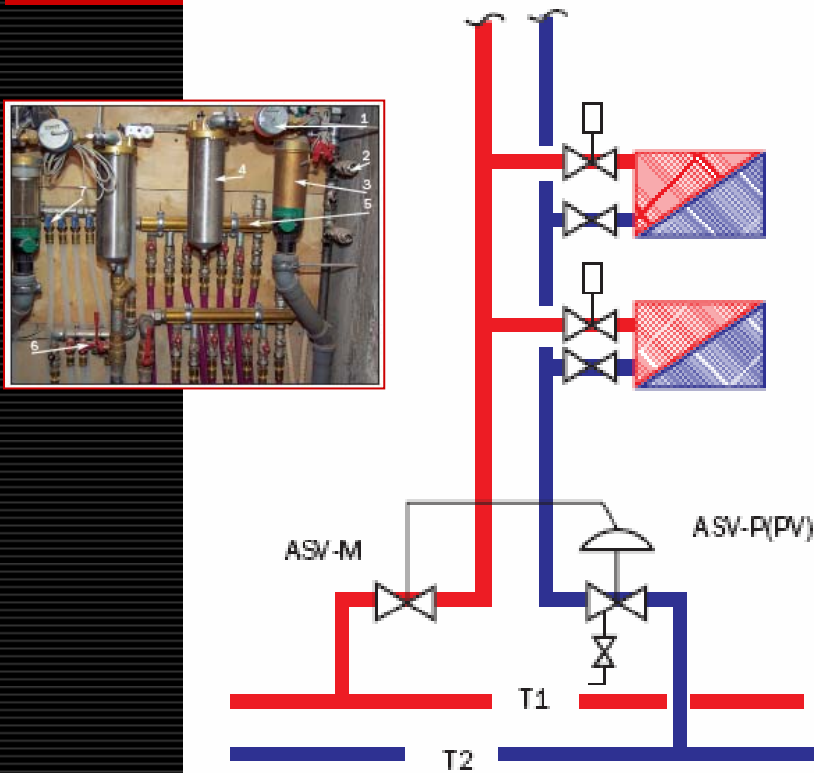


Рис. 3.1. Схема двухтрубной системы водяного отопления с вертикальными стояками с нижней разводкой магистралей по техническому этажу

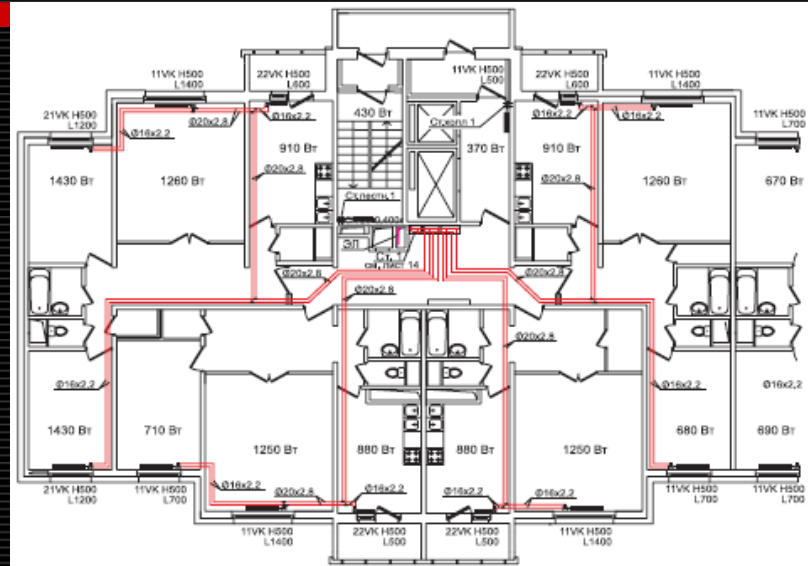


Рис. 3.5. Пример решения поквартирной системы отопления со смешанной разводкой

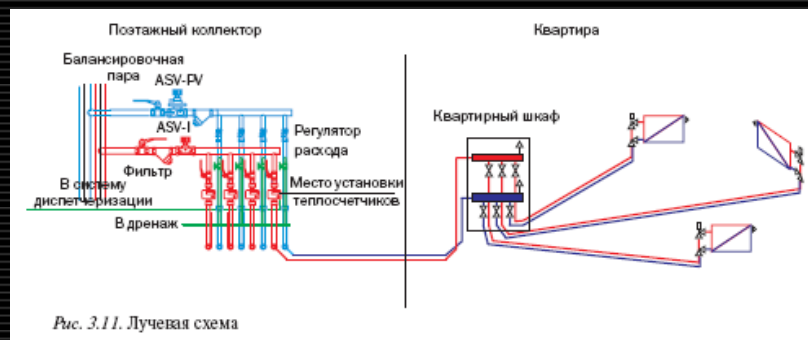


Рис. 3.11. Лучевая схема

# Глава 3. Отопление

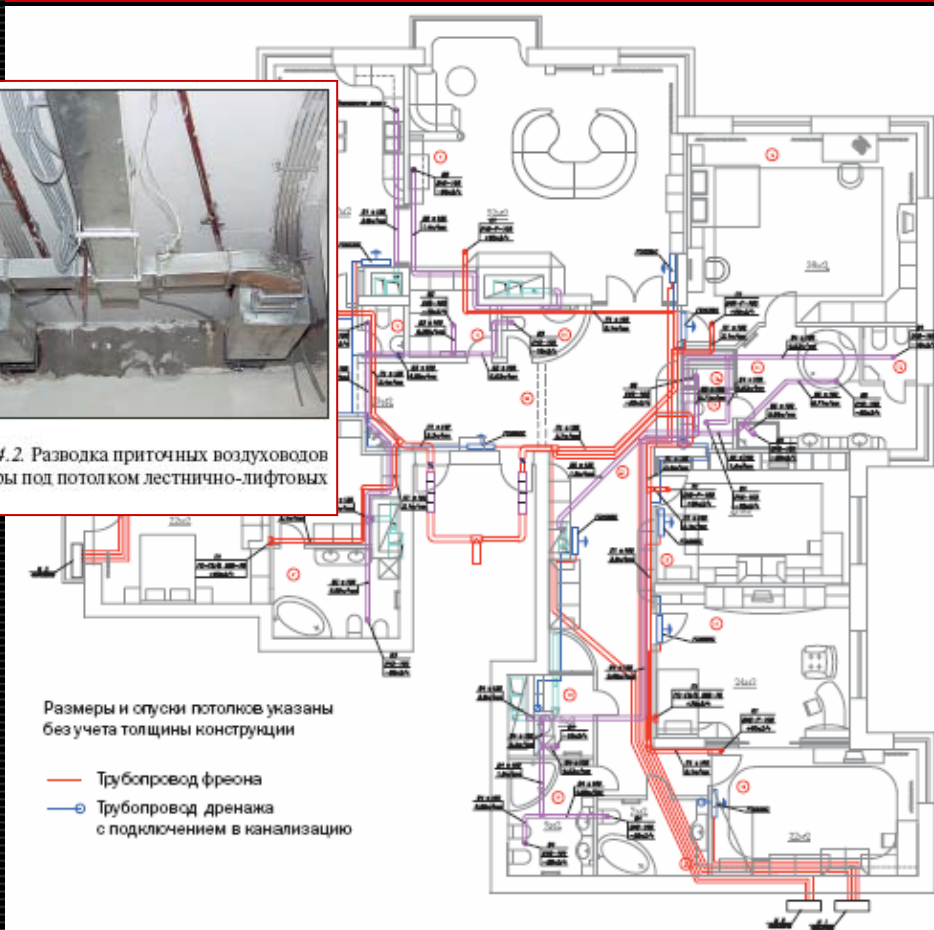
---

- ❑ 3.1. Общие положения
  - ❑ 3.1.1. Основные требования к системам отопления многоэтажных зданий высотой свыше 75 м
  - ❑ 3.1.2. Виды систем отопления для функциональных зон
  - ❑ 3.1.3. Оборудование и материалы
  - ❑ 3.1.4. Энергосбережение
  - ❑ 3.1.5. Монтаж, наладка и эксплуатация
  - ❑ 3.2. Особенности проектирования и эксплуатации систем отопления высотных жилых зданий
  - ❑ 3.3. Преимущества поквартирных систем отопления
  - ❑ 3.4. Особенности применения труб из термостойких полимерных материалов
  - ❑ 3.5. Особенности применения труб из меди
  - ❑ 3.6. Типы систем поквартирного отопления
  - ❑ 3.7. Система горячего водоснабжения с горизонтальной поквартирной разводкой
  - ❑ 3.8. Автоматические балансировочные клапаны в системах отопления
-

# Глава 4. Вентиляция и кондиционирование воздуха



Рис. 4.2. Разводка приточных воздуховодов в квартиры под потолком лестнично-лифтовых холлов



Размеры и опуски потолков указаны без учета толщины конструкции

- Трубопровод фреона
- Трубопровод дренажа с подключением в канализацию

Рис. 4.5. Схема системы кондиционирования воздуха квартиры с настенными кондиционерами



Рис. 4.1. Вытяжные крышные вентиляторы и дефлекторы на кровле здания в Тепличном пер.

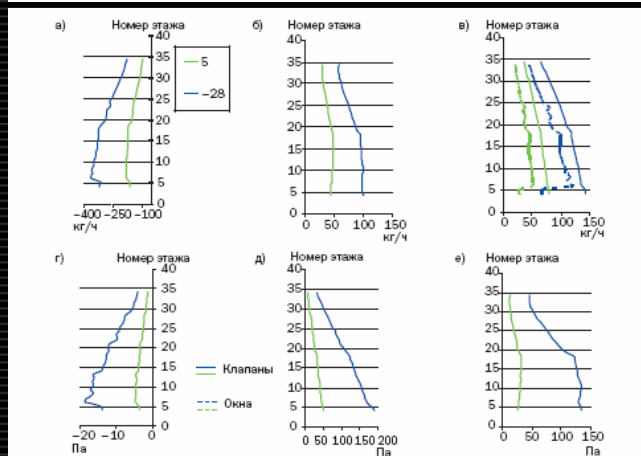


Рис. 4.13. Естественная вытяжная вентиляция с притоком через клапаны. Для окон  $R_w = 1,0 \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$ , для квартирных дверей  $R_d = 0,1 \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$  (при разности давлений  $\Delta P = 10 \text{ Па}$ ): а — расходы воздуха через вентиляционные решетки (сумма по квартире), кг/ч; б — расходы воздуха через квартирные двери, кг/ч; в — расходы воздуха через окна и приточные клапаны (сумма по квартире), кг/ч; г — перепад давлений на вытяжных решетках, Па; д — перепад давлений на квартирных дверях, Па; е — перепад давлений на окнах и приточных клапанах, Па

# Глава 4. Вентиляция и кондиционирование воздуха

---

- ❑ 4.1. Общие положения
  - ❑ 4.2. Особенности проектирования систем вентиляции и кондиционирования воздуха высотных жилых зданий
    - ❑ 4.2.1. Система вентиляции
    - ❑ 4.2.2. Сравнение местных и центральных систем кондиционирования воздуха
    - ❑ 4.2.3. Системы кондиционирования воздуха жилой части
    - ❑ 4.2.4. Системы кондиционирования воздуха общественной части зданий
  - ❑ 4.3. Особенности системы вентиляции подземных автостоянок
    - ❑ 4.3.1. Нормативная база проектирования вентиляции закрытых автостоянок
    - ❑ 4.3.2. Традиционный подход к общеобменной вентиляции и возможность применения струйной вентиляции
    - ❑ 4.3.3. Традиционный современный подход к дымоудалению и возможность применения струйной вентиляции
    - ❑ 4.3.4. Применение струйной вентиляции при дымоудалении
    - ❑ 4.3.5. Ориентировочная оценка экономической целесообразности струйная вентиляция крытых автостоянок
  - ❑ 4.4. Особенности проектирования систем вентиляции и кондиционирования воздуха высотного многофункционального общественного здания
    - ❑ 4.4.1. Расчетные параметры
    - ❑ 4.4.2. Выбор системы кондиционирования воздуха
    - ❑ 4.4.3. Системы вентиляции, кондиционирования воздуха и холодоснабжения
-

# Глава 4. Вентиляция и кондиционирование воздуха

---

- 4.5. Расчет воздушного режима высотного жилого здания в течение года
  - 4.5.1. Исходные данные
  - 4.5.2. Исследуемые режимы работы систем вентиляции
  - 4.5.3. Системы естественной вытяжки и притока через клапаны
  - 4.5.4. Системы естественной вытяжки и механического притока
  - 4.5.5. Механическая вытяжная вентиляция с притоком через клапаны
    - 4.5.5.1. Расчетный вентиляционный режим
    - 4.5.5.2. Эксплуатационный зимний режим
    - 4.5.5.3. Расчетные зимние условия
  - 4.5.6. Механические системы вытяжки и притока
    - 4.5.6.1. Расчетный вентиляционный режим
    - 4.5.6.2. Эксплуатационный зимний режим
    - 4.5.6.3. Расчетные зимние условия
    - 4.5.6.4. Расчетный летний режим
  - 4.5.7. Основные выводы по расчетам воздушного режима высотного жилого здания
-

# Глава 5. Пожаробезопасность

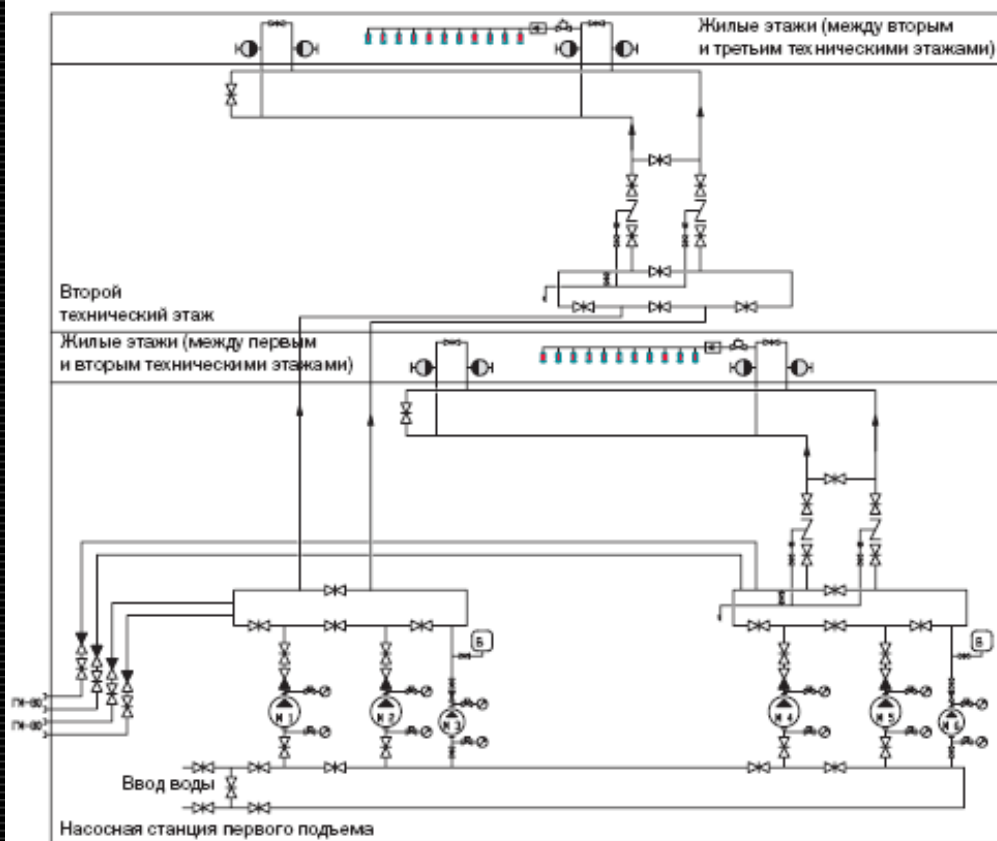


Рис. 5.2. Схема спринклерной системы с нижним расположением группы насосов

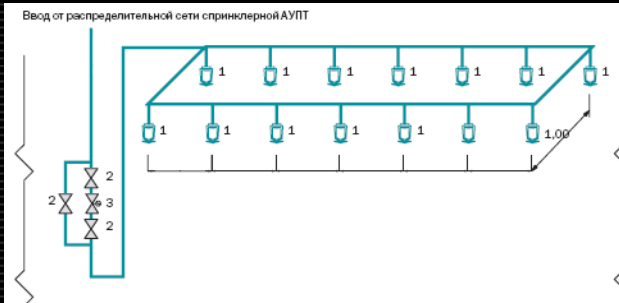


Рис. 5.5. Стандартная схема применения дренажных завес для разделения больших площадей на пожарные отсеки: 1 — дренажный ороситель; 2 — задвижка Ду 80; 3 — соленоидный клапан Ду 80

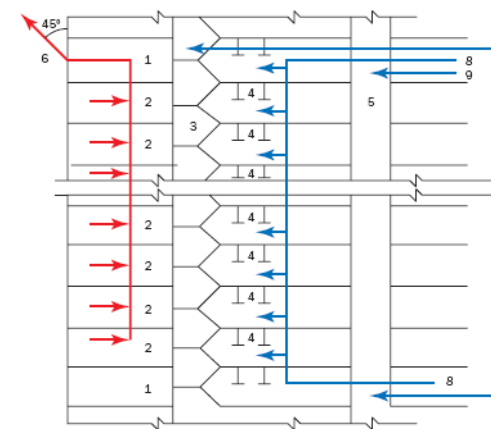


Рис. 5.6. Организация системы противодымной защиты в высотном здании: 1 — технический этаж; 2 — этажи здания; 3 — незадымляемая лестничная клетка типа Н2+Н3; 4 — тамбуры-шлюзы перед лестничной клеткой; 5 — шахта лифта; 6 — система дымоудаления из коридоров или помещений; 7 — система подпора воздуха при пожаре в объеме лестничной клетки; 8 — система подпора воздуха при пожаре в тамбуры-шлюзы перед лестничной клеткой; 9 — система подпора воздуха при пожаре в шахту лифта

# Глава 5. Пожаробезопасность

---

- ❑ 5.1. Общие положения
  - ❑ 5.2. Противопожарный водопровод
  - ❑ 5.3. Противопожарная защита
  - ❑ 5.4. Противодымная защита
    - ❑ 5.4.1. Системы противодымной защиты высотного общественного здания
    - ❑ 5.4.2. Упрощенная методика расчета требуемых параметров вентиляторов, подающих воздух в канал
-

# Глава 6. Водоснабжение, водоотведение

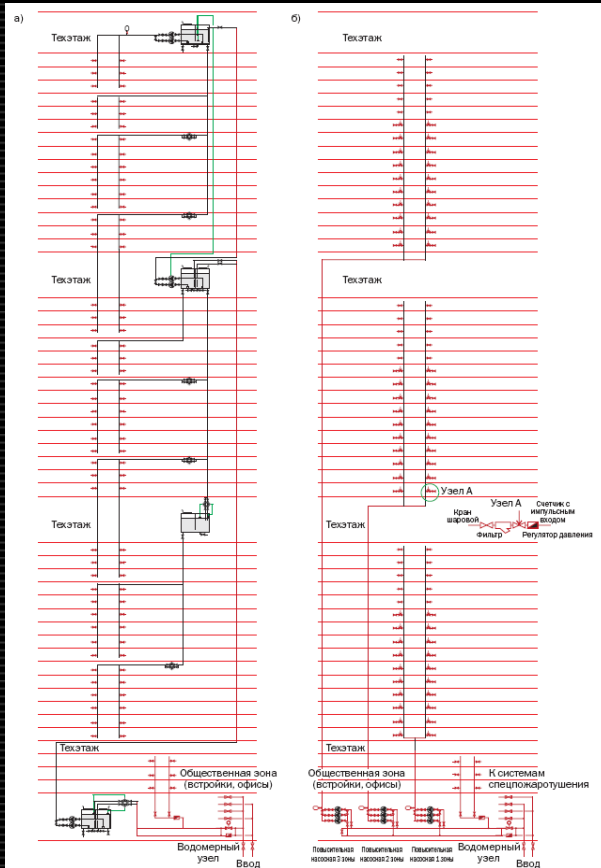


Рис. 6.7. Принципиальная схема системы водоснабжения высотного здания: а — традиционная для Азии; б — используемая авторами на построенных высотных объектах в Москве

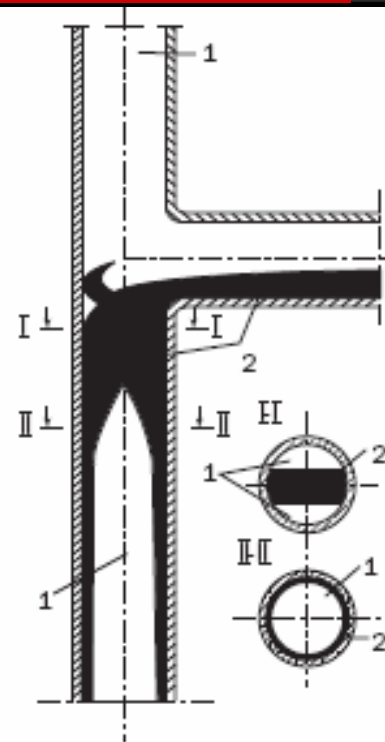


Рис. 6.1. Схема истечения воды из поэтажного отвода в стояк (разрез по оси стояка): 1 — воздух; 2 — вода

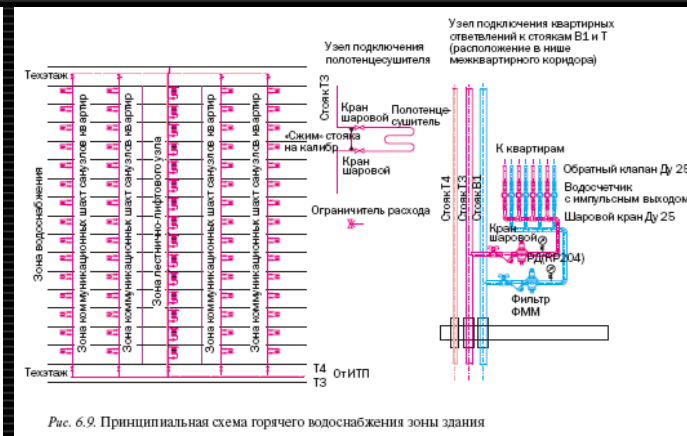


Рис. 6.9. Принципиальная схема горячего водоснабжения зоны здания

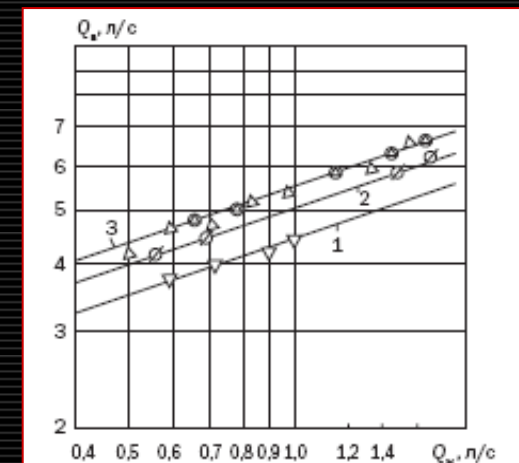


Рис. 6.2. Зависимость расхода воздуха от расхода воды в стояке диаметром 45 мм различной высоты: 1 —  $L = 52,2 D_{ст}$ ; 2 —  $L = 84,4 D_{ст}$ ; 3 —  $L = 90 D_{ст}$ ; 4 —  $L = 117,2 D_{ст}$

# Глава 6. Водоснабжение, водоотведение

---

- ❑ 6.1. Общие положения
  - ❑ 6.2. Водоотведение
  - ❑ 6.3. Особенности проектирования и эксплуатации систем водоснабжения и канализации высотных многофункциональных жилых зданий
    - ❑ 6.3.1. Водоснабжение
    - ❑ 6.3.2. Водоотведение
-

# Глава 7. Мусороудаление, бельепровод

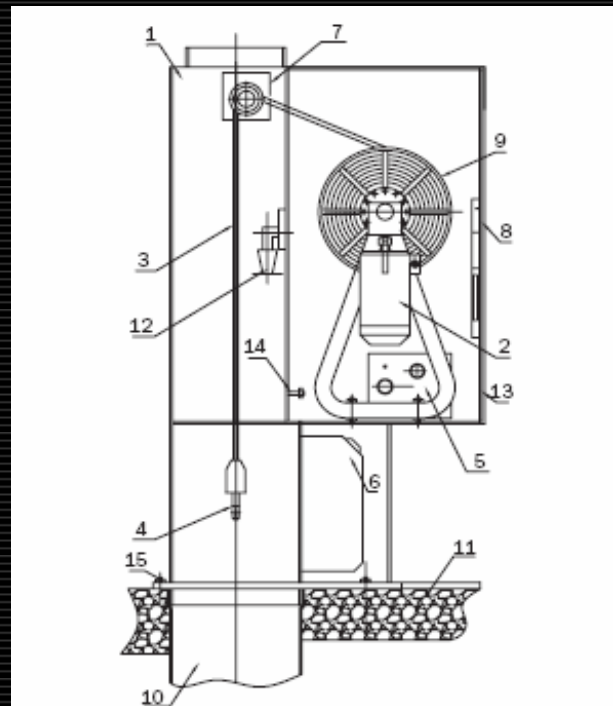


Рис. 7.9. Схема очистного моеще-дезинфицирующего устройства: 1 — корпус; 2 — электропривод; 3 — шланг; 4 — моющая головка; 5 — устройство подачи воды; 6 — емкость для дезраствора; 7 — опорный ролик; 8 — панель управления; 9 — барабан; 10 — ствол мусоропровода; 11 — перекрытие; 12 — спринклер; 13 — дверь очистного устройства; 14 — болт заземления; 15 — анкерный болт



Рис. 7.8. Устройство очистки, промывки и дезинфекции внутренней поверхности ствола мусоропровода



Рис. 7.3. Загрузочный клапан из нержавеющей стали

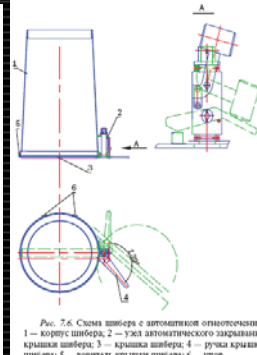
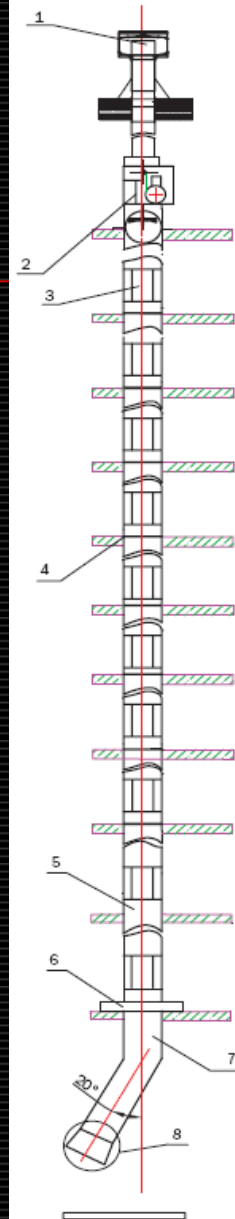


Рис. 7.6. Схема шибера с автоматикой опорожнения: 1 — корпус шибера; 2 — узел автоматического закрывания крышки шибера; 3 — крышка шибера; 4 — ручка крышки шибера; 5 — козырек крышки шибера; 6 — упор



Рис. 7.2. Ствол мусоропровода со сварочным швом и болтовым соединением секций



# Глава 7. Мусороудаление, бельепровод

---

- 7.1. Общие положения
  - 7.2. Система мусороудаления
  - 7.3. Система бельепровода
-

# Глава 8. Автоматизация



Рис. 8.5. Комбинированный щит автоматики и управления (в левой части — пусковая аппаратура, в правой — оборудование автоматики)

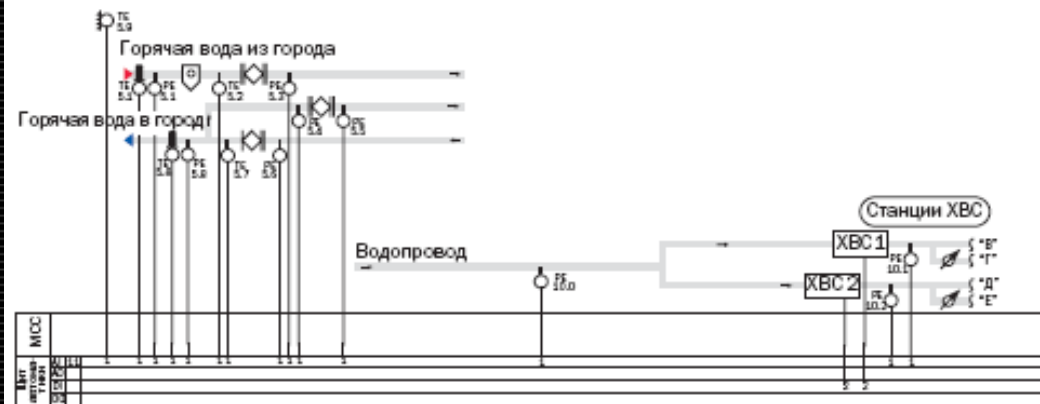


Рис. 8.10. Фрагмент технологической схемы системы автоматизации ЦТП — узел ввода



Рис. 8.14. Инвертор и комбинированные щиты управления

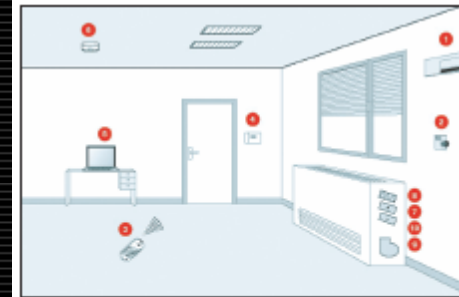


Рис. 8.7. Структурная схема контроллеров, сочетающих функции управления фэнкойлами, освещением и жалюзи, в зданиях со стеклянными фасадами

# Глава 8. Автоматизация

---

- ❑ 8.1. Общие положения
  - ❑ 8.2. Особенности проектирования систем автоматизации и диспетчеризации высотных жилых комплексов
    - ❑ 8.2.1. Работа в автономном режиме и работа в совместном режиме. Выбор протокола
    - ❑ 8.2.2. Интеллектуализация здания
    - ❑ 8.2.3. Особенности автоматизации некоторых видов систем ОВК
      - ❑ 8.2.3.1. Регулирование "по обратному воздуху"
      - ❑ 8.2.3.2. Системы с зональным контролем
      - ❑ 8.2.3.3. Системы с переменным расходом воздуха (VAV)
      - ❑ 8.2.3.4. Системы с "групповым" контролем
    - ❑ 8.2.4. Сопряжение систем автоматизации с системами безопасности
    - ❑ 8.2.5. Сопряжение с системой электроснабжения
    - ❑ 8.2.6. Инжиниринг и эксплуатация
  - ❑ 8.3. Пример использования систем автоматизации и диспетчеризации в высотных жилых комплексах
    - ❑ 8.3.1. Система автоматизации приточно-вытяжной вентиляции и воздушно-тепловых завес
    - ❑ 8.3.2. Системы автоматизации центрального теплового пункта
    - ❑ 8.3.3. Система пожарной сигнализации и автоматики
    - ❑ 8.3.4. Система контроля доступа и охранной сигнализации
    - ❑ 8.3.5. Система телевизионного наблюдения и цифровой записи видеозображения
-

# Глава 9. Описание объектов

- ❑ 9.1. Жилой комплекс "Алые Паруса"
- ❑ 9.2. Жилой комплекс "Воробьевы горы"



# Глава 9. Описание объектов

- ❑ 9.3. Жилой комплекс "Триумф-Палас"
- ❑ 9.4. Жилой комплекс "Миракс Парк"



# Глава 9. Описание объектов

---

- 9.5. Жилой комплекс на улице Пырьева
- 9.6. Гостиница на Краснохолмской стрелке





# Приложение 1. Концепция оценки эффективности инвестиций в теплоэнергоснабжение и энергосбережение зданий

Инженерное оборудование высотных зданий

Таблица П.1.1  
Примерные критерии оценки системы обеспечения микроклимата здания

Характеристики системы микроклимата	Исходные показатели	Минимально необходимое улучшение	Максимально возможное улучшение
Возможность регулирования температуры внутреннего воздуха	Централизованное регулирование в холодный и переходный периоды года	Индивидуальное регулирование в холодный и переходный периоды года	Индивидуальное регулирование в течение всего года
Возможность регулирования воздухообмена в помещении	Естественная приточно-вытяжная вентиляция	Регулируемая естественная приточно-вытяжная вентиляция	Регулируемая естественная приточная вентиляция и механическая вытяжная вентиляция

Таблица П.1.2  
Примерные критерии оценки энергоэффективности здания

Энергетический показатель	Исходные показатели, кВт · ч / м²	Минимально необходимое улучшение, кВт · ч / м²	Максимально возможное улучшение, кВт · ч / м²
Затраты энергии на отопление	50	45	40
Затраты энергии на вентиляцию	45	39	35
Затраты энергии на горячее водоснабжение	110	90	70
Использование традиционных и возобновляемых источников энергии	Отсутствуют	Использование вторичного тепла	Использование традиционных и возобновляемых источников энергии
Общая затраты энергии	205	174	145

### 3. Оценка экономической эффективности инвестиционного проекта теплоснабжения

3.1. Для определения наиболее экономически эффективного варианта системы теплоснабжения необходимо сравнить несколько различных вариантов инвестиционных проектов с точки зрения их экономической целесообразности. Экономическая эффективность системы теплоснабжения характеризуется системой показателей, отражающих соотношение затрат и результатов варианта проекта применительно к интересам его участников [47].

3.2. Инвестиционные проекты следует оценивать с позиции пользы для страны, региона, муниципального образования, конкретного поселения, организаций, отдельных участников проекта и т. д.

Для проведения оценки рассматривают следующие показатели экономической эффективности инвестиций в системы теплоснабжения:

- показатели коммерческой (финансовой) эффективности, учитывающие финансовые последствия реализации инвестиционного проекта для его непосредственных участников;
- показатели экономической эффективности, учитывающие связанные с проектом затраты и результаты, выходящие за пределы прямых финансовых интересов

Приложение 1

его участников и допускающие стоимостное измерение. Для крупномасштабных проектов (существенно затрагивающих интересы города, региона или всей России) следует обязательно оценивать экономическую эффективность.

3.3. Оценка эффективности инвестиционного проекта проводится в два этапа, отображенных на рис. П.1.

3.4. На первом этапе определяют показатели экономической эффективности инвестиционного проекта в целом. Целью работы на этом этапе является агрегированная экономическая оценка проектных решений и создание необходимых условий для поиска инвесторов.

3.5. В первую очередь оценивают общественную эффективность инвестиционного проекта — его адекватность требованиям общества (обязательствам,

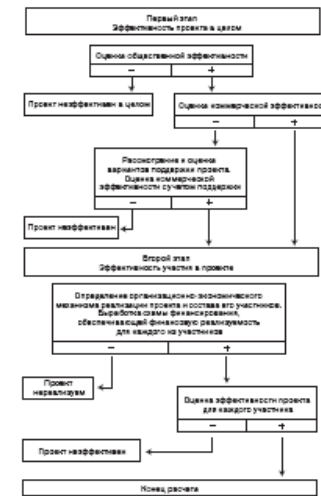


Рис. П.1. Система оценки эффективности инвестиционного проекта

## Приложение 2. Аэродинамика Приближенный метод определения местных аэродинамических воздействий на высотное здание с применением компьютерных технологий моделирования турбулентного обтекания фасадов сложной конфигурации

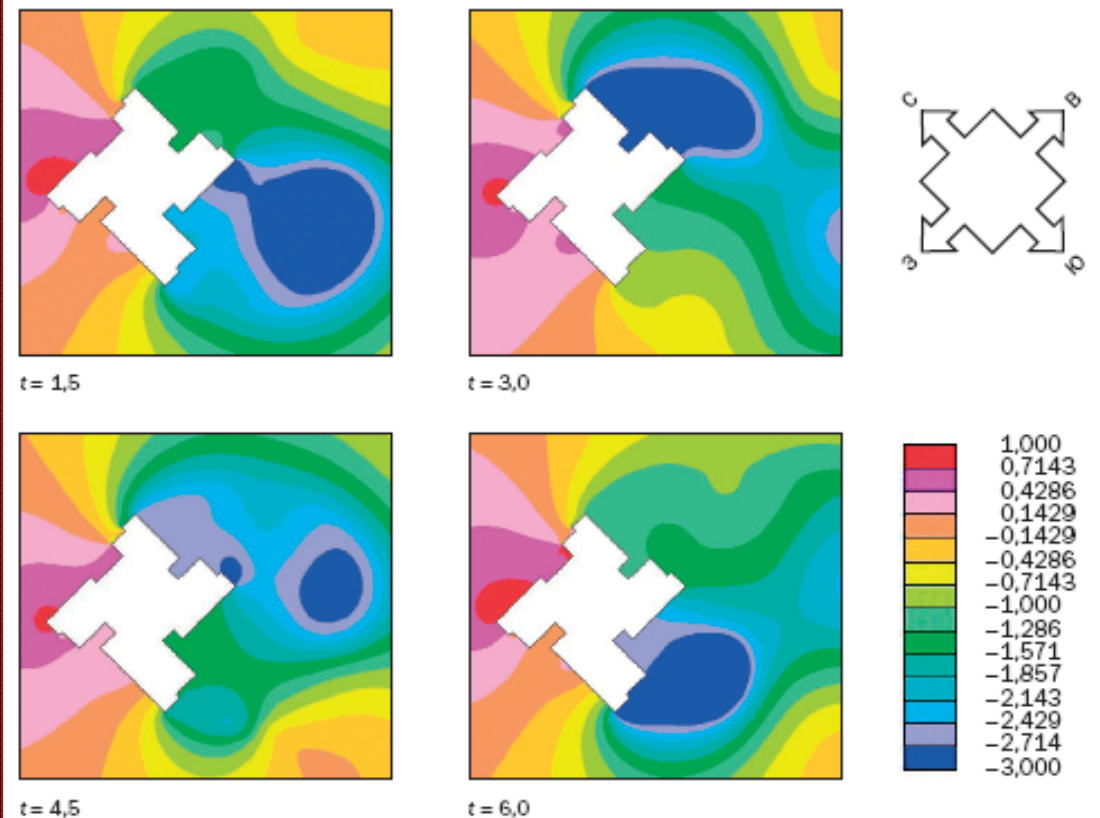


Рис. П.2.9. Мгновенные поля коэффициента давления  $C_p$  при северо-западном направлении ветра

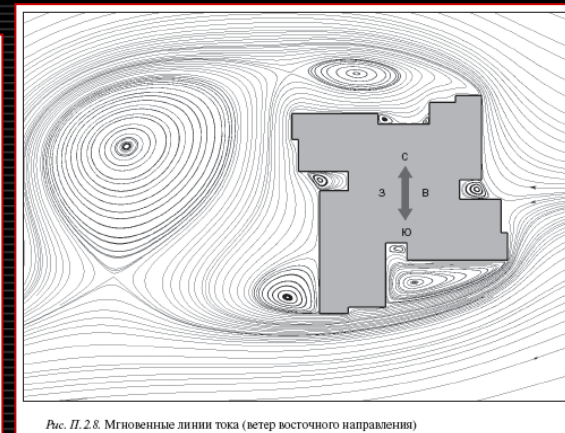


Рис. П.2.8. Мгновенные линии тока (ветер восточного направления)

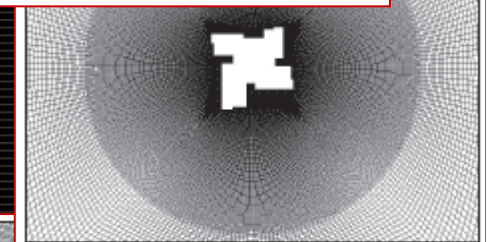


Рис. П.2.5. Фрагмент конечно-разностной сетки вокруг контура типového этажа здания



Рис. П.2.6. Структура расчетной сетки в окрестности обтекаемого профиля

## Приложение 2. Аэродинамика Приближенный метод определения местных аэродинамических воздействий на высотное здание с применением компьютерных технологий моделирования турбулентного обтекания фасадов сложной конфигурации

---

- ❑ Выбор модели приземного пограничного слоя. Приближенные методики расчета ветровых нагрузок
  - ❑ - Средняя составляющая скорости ветра.
  - ❑ - Об учете скорости ветровых порывов.
  - ❑ - Два механизма нестационарного ветрового воздействия на фасады высокого здания.
  - ❑ - Методика разделения факторов поддержания нестационарных ветровых воздействий.
  - ❑ Численное моделирование нестационарного двумерного обтекания профиля здания.
  - ❑ - Математическая модель, расчетная область, технология вычислений.
  - ❑ - Методика обработки результатов.
  - ❑ - Результаты численного моделирования.
  - ❑ Расчет ветровых нагрузок по гибридной методике.
  - ❑ Выводы
-

Спасибо за внимание!

---

[www.abok.ru](http://www.abok.ru)

(495) 621-80-48