

Федеральное агентство по рыболовству Российской Федерации  
Федеральное Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Астраханский государственный технический университет»

Кафедра холодильных машин

# **ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА**

Астрахань  
2010

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ПОНЯТИЕ ВЕНТИЛЯЦИИ.....	10
1.1. Понятие вентиляции, ее назначение и основные задачи .....	10
1.2. Требования, предъявляемые к вентиляции.....	13
1.2.1. Санитарно-гигиенические требования.....	14
1.2.2. Технологические требования .....	14
1.2.3. Энергетические требования .....	15
1.2.4. Экономические требования.....	15
1.2.5. Конструктивно-технологические требования .....	16
1.2.6. Эксплуатационные требования .....	16
1.2.7. Требования пожарной безопасности .....	17
1.2.8. Экологические требования.....	17
1.2.9. Архитектурно-строительные требования.....	17
1.2.10. Строительно-монтажные требования.....	18
1.3. Классификация систем вентиляции.....	19
2. ВЛАЖНЫЙ ВОЗДУХ И ЕГО ПАРАМЕТРЫ .....	22
2.1. Основные параметры влажного воздуха.....	22
2.1.1. Плотность .....	23
2.1.2. Теплємкость .....	23
2.1.3. Температура .....	24
2.1.4. Влагосодержание.....	24
2.1.5. Парциальное давление водяного пара.....	24
2.1.6. Относительная влажность .....	25
2.1.7. Температура точки росы .....	25
2.1.8. Энтальпия (теплосодержание).....	25
2.1.9. Температура по мокрому термометру.....	26
2.2. I-d диаграмма влажного воздуха.....	27
2.3. Определение параметров влажного воздуха на I-d диаграмме.....	28
3. ПРОЦЕССЫ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ВЛАЖНОГО ВОЗДУХА .....	30
3.1. Понятие процесса изменения состояния влажного воздуха .....	30
3.2. Угловой коэффициент луча процесса.....	32
3.3. Процессы нагрева и охлаждения воздуха и их отображение на I-d диаграмме.....	34
3.3.1. Чистый нагрев .....	34
3.3.2. Чистое охлаждение.....	34
3.3.3. Охлаждение с конденсацией водяных паров.....	34
3.4. Процесс адиабатического охлаждения воздуха и его отображение на I-d диаграмме.....	35
3.5. Процесс увлажнения воздуха паром и его отображение на I-d диаграмме .....	35
3.6. Обработка воздуха сорбентами .....	36
3.7. Смешение двух количеств влажного воздуха.....	37
4. РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВОЗДУХА .....	41
4.1. Понятие вентиляционного процесса.....	41
4.2. Расчетные параметры наружного воздуха.....	41

4.3. Расчетные параметры внутреннего воздуха .....	46
4.4. Расчетные параметры приточного воздуха.....	50
4.5. Расчетные параметры удаляемого воздуха.....	51
5. ПОСТУПЛЕНИЕ ВРЕДНОСТЕЙ В ПОМЕЩЕНИЕ .....	55
5.1. Понятие вредности .....	55
5.2. Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в рабочей зоне.....	55
5.3. Классы опасности вредных веществ.....	56
5.4. Основные виды вредностей и их влияние на самочувствие человека .....	56
5.5. Расчет поступления вредностей от людей.....	58
5.6. Расчет тепlopоступлений в помещения общественных зданий .....	59
5.6.1. Тепlopоступления от системы отопления.....	59
5.6.2. Тепlopоступления от источников искусственного освещения .....	60
5.6.3. Тепlopоступления от солнечной радиации через окна .....	60
5.6.4. Тепlopоступления от солнечной радиации через покрытие .....	62
6. ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ПОМЕЩЕНИЯ .....	66
7. ТРЕБУЕМЫЕ ВОЗДУХООБМЕНЫ .....	69
7.1. Понятие требуемого воздухообмена и основные принципы его расчета .....	69
7.2. Построение прямоточных вентиляционных процессов на I-d диаграмме.....	71
7.2.1. Построение схемы прямоточного вентиляционного процесса для холодного и переходного периодов года .....	72
7.2.2. Построение схемы прямоточного вентиляционного .....	73
процесса для теплого периода года.....	73
7.3. Расчет требуемых воздухообменов .....	75
7.4. Расчет воздухообменов по кратности для вспомогательных помещений .....	77
7.5. Выбор расчетного воздухообмена .....	77
8. РЕЦИРКУЛЯЦИЯ ВОЗДУХА В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ.....	79
8.1. Сущность и назначение рециркуляции.....	79
8.2. Схемы рециркуляции.....	81
8.3. Рециркуляция в центральных приточных установках .....	84
8.4. Отображение вентиляционных процессов с рециркуляцией на I-d диаграмме.....	86
9. Особенности вентиляции разных типов помещений .....	90
9. Особенности вентиляции разных типов помещений .....	91
9.1. Выбор схемы вентиляции .....	91
9.2. Основные типы вентилируемых зданий и помещений .....	91
9.3. Вентиляция жилых зданий .....	92
9.3.1. Приток и вытяжка воздуха .....	92
Таблица 9.1 расчетных параметров воздуха.....	93
9.4. Вентиляция зданий административных и проектных организаций.....	94
9.4.1. Приток и вытяжка воздуха .....	94
9.4.2. Вентиляция лабораторных помещений .....	95
Таблица 9.3. расчетных параметров воздуха.....	96
9.5. Вентиляция детских садов и яслей .....	98
9.5.1. Приток и вытяжка воздуха .....	98
Таблица 9.4. расчетных параметров воздуха.....	98

9.6. Вентиляция школ и училищ .....	99
9.6.1. Приток и вытяжка воздуха .....	99
9.6.2. Вентиляция школьных лабораторий .....	100
9.6.3. Применение тепловых завес .....	101
Таблица 9.6. расчетных параметров воздуха.....	101
9.7. Вентиляция лечебных учреждений.....	102
9.7.1. Больницы и поликлиники.....	102
9.7.2. Кондиционирование лечебных помещений .....	102
9.7.3. Объединение систем вентиляции.....	103
9.7.4. Приток и вытяжка воздуха .....	103
Таблица 9.7. расчетных параметров воздуха.....	104
9.8. Вентиляция предприятий бытового обслуживания .....	106
9.8.1. Приток и вытяжка воздуха .....	106
Таблица 9.8. расчетных параметров воздуха.....	107
9.9. Вентиляция помещений магазинов.....	108
9.9.1. Приток и вытяжка воздуха .....	108
9.9.2. Применение тепловых завес .....	109
Таблица 9.9. расчетных параметров воздуха.....	109
9.10. Вентиляция культурно-зрелищных учреждений .....	111
9.10.1. Проектирование раздельных систем вентиляции.....	111
9.10.2. Приток и вытяжка воздуха .....	112
9.10.3. Правила безопасности проектирования вентиляционных систем..	112
Таблица 9.10. расчетных параметров воздуха.....	113
9.11. Вентиляция вспомогательных зданий и помещений промышленных предприятий .....	115
9.11.1. Приточная вентиляция .....	115
9.11.2. Вытяжная вентиляция .....	116
10. Введение «Кондиционеры фирмы DAIKIN» .....	117
10.1. Классификация кондиционеров DAIKIN .....	118
10.2. Комфортное кондиционирование .....	119
10.2.1 Особенности кондиционирования жилых и офисных помещений .....	119
10.2.2 Совмещение систем кондиционирования и вентиляции .....	120
10.2.3 Кондиционирование помещений большого объема.....	120
10.2.4 Кондиционирование помещений с большими тепловыделениями.	121
10.3. Холодильные агенты для систем кондиционирования. ....	121
10.3.1 Свойства холодильных агентов.....	121
10.3.2. Какие холодильные агенты применяются, а какие перспективны? .....	124
10.3.3. Проблемы с маслом для альтернативного холодильного агента. ...	126
10.3.4. Монтаж и эксплуатация систем с альтернативными холодильными агентами .....	127
10.4. Компрессорное оборудование фирмы DAIKIN для кондиционеров ...	127
10.4.1. Компрессоры сплит-систем.....	128
10.4.2. Компрессоры мультисплит-систем и Sky Air серии.....	131

10.5. Как работает сплит.....	132
10.5.1. Принцип действия .....	132
10.5.2. Идеальный теплообменник .....	133
10.5.3. «Байпас-фактор».....	136
10.5.4. Определение параметров воздуха на выходе из внутреннего блока .....	138
10.5.5. Как рассчитать холодопроизводительность кондиционера при параметрах воздуха на входе отличных от приводимых в таблицах .....	140
10.5.6. Чем определяются температурные границы применения сплит- системы? .....	142
10.5.7. Определение характеристик кондиционера при произвольных параметрах воздуха в помещении.....	146
10.6. Основы подбора оборудования.....	147
10.6.1. Выбор системы кондиционирования по требованиям, предъявляемым Заказчиком.....	148
10.6.2. Учет нормативных требований .....	148
10.6.3. Влияние расчетной температуры в кондиционируемом помещении на типоразмер кондиционера.....	148
10.6.4. Влияние расчетной температуры наружного воздуха на типоразмер кондиционера.....	150
10.6.5. Совмещение систем вентиляции и кондиционирования.....	157
10.6.6. Как правильно подобрать кондиционер? .....	157
10.6.7. Методика аналитического подбора кондиционера.....	160
10.6.8. Исходные данные .....	161
10.6.8.1. Температурные условия.....	161
10.6.8.2. Характеристики кондиционера .....	161
10.6.9. Определение параметров влажного воздуха .....	162
10.6.9.1. Система расчетных уравнений .....	162
10.6.10. Примеры расчетных схем процессов обработки воздуха в кондиционере.....	163
10.7. Расчет тепловой нагрузки на систему кондиционирования .....	166
10.7.1. Грубая оценка.....	166
10.7.2. Расчет теплопоступлений в кондиционируемое помещение по отдельным составляющим. ....	167
10.7.3. Поступление тепла через наружные стены и крышу.....	167
Таблица 10.7. записи результатов подсчета теплопоступлений в кондиционируемое помещение.....	169
Таблица 10.8. Расчетные значения коэффициентов теплоотдачи для различных ограждений и условий .....	170
Таблица 10.9. Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне жилых, общественных и административно-бытовых помещений. ....	170
Таблица 10.10. Допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне жилых, общественных и административно-бытовых помещений .....	171

Таблица 10.11. Нормативный температурный перепад $\Delta t^H$ (в °С) между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции .....	171
Таблица 10.12. Избыточная разность температур за счет солнечного излучения для наружных стен. ....	173
10.7.4. Поступление тепла через световые проемы .....	174
Таблица 10.13. Требуемое сопротивление теплопередаче заполнений световых проемов для окон и балконных дверей $R^P$ (в м <sup>2</sup> К /Вт) .....	175
Таблица 10.14. Удельный тепловой поток солнечной радиации через вертикальное однослойное остекление.....	175
Таблица 10.15. Коэффициент, учитывающий затенение светового проема .....	177
10.7.6. Поступление тепла через перегородки и межэтажные перекрытия .....	177
10.7.7. Поступление тепла через полы.....	178
10.7.8. Поступление тепла от искусственного освещения .....	178
10.7.9. Поступление тепла и влаги с наружным воздухом .....	178
10.7.10. Поступление тепла от оборудования.....	179
Таблица 10.16. Расчетные значения тепlopоступлений от бытового и офисного оборудования.....	180
10.7.11. Тепло и влаговыделения от людей .....	181
Таблица 10.17. Количество теплоты и влаги, выделяемых взрослыми людьми (мужчинами).....	182
11. Split-system .....	183
11.1. Область применения. ....	183
11.2. Стандартная комплектация. ....	183
11.3. Система управления.....	185
11.4. Функциональные возможности.....	187
11.5. Основные технические характеристики. ....	191
11.6. Дополнительное оборудование.....	191
11.7. Совместимость использования с оборудованием иного класса.....	191
11.8. Особые достоинства.....	194
11.9. Работа кондиционера при низких температурах наружного воздуха. ..	194
11.10. Проблемы дренажа при отрицательных температурах наружного воздуха. ....	199
11.11. Работа кондиционеров в режиме обогрева при низких температурах наружного воздуха .....	199
12. Multi Split .....	201
12.1. Область применения. ....	201
12.2. Стандартная комплектация. ....	201
13. Sky Air .....	206
13.1. Маркировка.....	206
13.1.1. Внутренний блок .....	206
13.1.2. Наружный блок .....	206
13.2. Номенклатура оборудования .....	206

13.2.1. Предлагаемые модели .....	206
13.2.2. Особенности .....	208
13.2.3. Совместимость блоков .....	209
14. СПРАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ .....	211
14.1. Маркировка блоков .....	211
14.2. Рабочие температуры и допустимые длины трасс .....	214
14.3. Длины трасс и перепады высот в мультисплитовых системах .....	215
14.4. Диаметры труб .....	217
14.5. Выбор кабеля питания и автоматов защиты для подвода питания к наружным блокам .....	218
14.6. Пульты управления к сплитовым блокам .....	219
14.7. Номенклатура низкотемпературных комплектов на 17.02.03 .....	221
15. Введение «Проектирование VRV систем» .....	223
15.1. Область применения. ....	223
15.2. Что такое VRV? .....	223
15.2.1. Что такое VRV для Заказчика? .....	223
15.2.2. Что такое VRV для Проектировщика? .....	224
15.2.3. Что такое VRV для Монтажника? .....	224
15.2.4. Что такое VRV для Работника службы сервиса? .....	224
15.3. Чем отличается VRV от Мульти-сплит системы? .....	225
16. Проектирование VRV системы .....	227
16.1. Характеристика VRV систем .....	227
16.1.1. Серия «М» .....	227
16.2. Состав оборудования VRV системы .....	228
16.3. Рекомендуемая последовательность проектирования .....	228
16.4. Расчет теплоступлений в кондиционируемые помещения .....	229
16.4.1. Вычисление тепловых нагрузок вручную. ....	229
16.4.2. Вычисление по программе «Hi-VRV Selection program». ....	229
16.5. Выбор моделей и размещение внутренних блоков .....	229
16.5.1. Процедура подбора внутренних и наружного блоков .....	230
16.5.2. Расчет уровня шума в помещении от внутреннего блока .....	233
16.5.2.1. Общие положения .....	233
16.5.2.2. Справочные данные по допустимому уровню шума в помещениях различного назначения. ....	235
16.5.2.3. Расчет уровня шума от двух и более внутренних блоков .....	235
16.6. Выбор типа и определение количества систем VRV-II .....	236
16.7. Ограничения, накладываемые на комплектацию системы VRV .....	236
16.7.1. Маркировка наружных и функциональных блоков .....	238
VRV “М” .....	238
16.8. Выбор наружного блока .....	238
16.8.1. Размещение наружных блоков .....	239
16.8.2. Размещение наружных блоков в условиях затрудняющих сброс тепла .....	240
16.8.2.1. Меры для обеспечения отвода тепла при наличии боковых ограждений .....	242



16.8.2.2. Защита от снеговых заносов.....	243
16.8.2.3. Рядная установка наружных блоков .....	243
16.8.2.4. Групповая установка наружных блоков .....	244
16.8.2.5. Установка группы наружных блоков на крыше .....	245
16.8.2.6. Поэтажная установка наружных блоков.....	247
16.9. Проектирование трубопроводной системы .....	247
16.9.1. Ограничения, накладываемые на трубопроводную систему VRV «М» .....	248
16.9.2. Ограничения, накладываемые на трубопроводную систему VRV «М» при включении нескольких наружных блоков в один циркуляционный контур .....	248
16.9.3. Диаметры труб подключаемых к наружному блоку .....	249
16.9.3.1. Труба между наружным блоком и 1-ым рефнетом VRV “М” .....	249
16.9.3.2. Диаметры трубопроводов между тройниками наружных блоков .....	250
16.9.3.3. Диаметры трубопроводов между наружными блоками и тройниками наружных блоков .....	250
16.9.3.4. Диаметры масловывравнивающих трубопроводов между наружными блоками.....	251
16.9.4. Выбор диаметров труб на магистральных участках трассы (диаметры трубопроводов между двумя соседними рефнетами, между рефнетом и BS блоком) .....	251
16.9.5. Диаметры трубопроводов между рефнетом и внутренним блоком, между BS блоком и внутренним блоком.....	251
16.9.6. Выбор рефнетов.....	251
16.9.7. Расчет количества дозаправляемого холодильного агента R410A.	254
16.9.8. Монтаж трубопроводной системы .....	255
16.9.8.1. Требования к монтажу трубопроводной системы .....	255
16.9.8.2. Пайка труб .....	256
16.9.8.3. Защита от попадания грязи и влаги в систему во время монтажа .....	257
16.9.8.4. Ниппельные соединения .....	258
16.9.8.5. Подготовка трубной системы к работе .....	259
16.9.8.6. Продувка системы.....	259
16.9.8.7. Проверка герметичности азотом. ....	260
16.9.8.8. Вакуумная сушка.....	262
16.9.8.9. Дозаправка холодильным агентом .....	264
16.10. Разработка дренажной системы .....	265
17. Проектирование сети электропитания наружных и внутренних блоков.....	267
17.1. Электрические характеристики наружных блоков VRVII .....	267
17.2. Защита систем VRV от перегрузок эл. питания. ....	268
17.3. Размещение силовых и управляющих кабелей .....	269
18. Система управления VRV. ....	270
18.1. Задачи, решаемые системой управления. ....	270



18.2. Проектирование системы управления .....	270
18.3. Местные пульта управления .....	270
18.3.1. Для внутренних блоков .....	270
18.3.2. Для наружного и BS блоков .....	277
18.4. Кабельная сеть управляющей системы.....	277
18.4.1. Ограничения на проводную управляющую систему:.....	279
18.4.2. Выбор режима работы холод/тепло.....	280
18.4.2.1. Индивидуальное управление (одним наружным блоком) .....	280
18.4.2.2. Групповое управление (несколькими наружными блоками).....	281
18.5. Центральные системы управления .....	282
18.5.1. Центральная система управления с пультом дистанционного управления DCS302B61 .....	283
18.5.2. Пульт централизованного включения/отключения DCS301B61 ....	284
18.5.3. Программируемый таймер DST301B61 .....	289

## 1. ПОНЯТИЕ ВЕНТИЛЯЦИИ

### 1.1. Понятие вентиляции, ее назначение и основные задачи

Воздух, находящийся внутри помещений, может изменять свой состав, температуру и влажность под действием самых разнообразных факторов: изменений параметров наружного (атмосферного) воздуха, выделения тепла, влаги, пыли и вредных газов от людей и технологического оборудования. В результате воздействия этих факторов воздух помещений может принимать состояния, неблагоприятные для самочувствия людей или препятствующие нормальному протеканию технологического процесса. Чтобы избежать чрезмерного ухудшения качества внутреннего воздуха, требуется осуществлять воздухообмен, то есть производить смену воздуха в помещении. При этом из помещения удаляется загрязненный внутренний воздух и взамен подается более чистый, как правило, наружный, воздух.

Таким образом, основной задачей вентиляции является обеспечение воздухообмена в помещении для поддержания расчетных параметров внутреннего воздуха.

Вентиляцией называется совокупность мероприятий и устройств, обеспечивающих расчетный воздухообмен в помещениях.

Вентиляция помещений обычно обеспечивается при помощи одной или нескольких специальных инженерных систем – систем вентиляции, которые состоят из различных технических устройств. Эти устройства предназначены для выполнения отдельных задач: нагревание воздуха (воздухонагреватели), очистка (фильтры), транспортирование воздуха (воздуховоды), побуждение движения (вентиляторы), распределение воздуха в помещении (воздухораспределители), открывание и закрывание каналов для движения воздуха (клапана и заслонки), снижение уровня шума (шумоглушители), снижение вибрации (виброизоляторы и гибкие вставки), и многое другое. Кроме применения технических устройств для нормального функционирования вентиляции требуется реализация некоторых технических и организационных мероприятий. Так, для снижения уровня шума требуется соблюдение нормируемых скоростей воздуха в воздуховодах, для снижения утечек воздуха из воздуховодов качественное их изготовление и монтаж, а также использование герметизирующих материалов. Требуется обеспечить правильное управление работой системы вентиляции, что достигается использованием средств автоматики в совокупности с ручным управлением и настройкой.

Особо следует отметить, что вентиляция должна обеспечивать не просто воздухообмен, а расчетный воздухообмен. Таким образом, устройство ВЕ требует обязательного предварительного проектирования, в процессе которого определяется РВО, конструкция системы и режимы работы всех ее устройств. Поэтому ВЕ не следует путать с проветриванием, которое представляет неорганизованный воздухообмен. Когда житель открывает форточку в жилой комнате, это еще не вентиляция, так как неизвестно, сколько воздуха требуется, и