



## Технические данные

### Системы **VRV II**

VRV-WII тепловой насос  
и рекуперация тепла  
Обвязка водяного контура



Большая библиотека технической документации  
<http://splitoff.ru/tehn-doc.html>  
каталоги, инструкции, сервисные мануалы, схемы.

# 2

## Системы VRV II



Система ISO14001 обеспечивает эффективную систему контроля условий окружающей среды, предназначенную для оказания помощи по защите здоровья человека и окружающей среды от потенциального воздействия нашей деятельности, ее продуктов и результатов действия, а также для оказания помощи в поддержании и улучшении условий окружающей среды.



Компания Daikin Europe N.V., в соответствии со стандартом ISO9001, сертифицирована LROA за внедрение Системы управления качеством. ISO9001 касается обеспечения качества при проектировании, разработке, изготовлении, а также обслуживании изделия.



Блоки Daikin соответствуют европейским нормативам в отношении гарантий безопасности изделия.

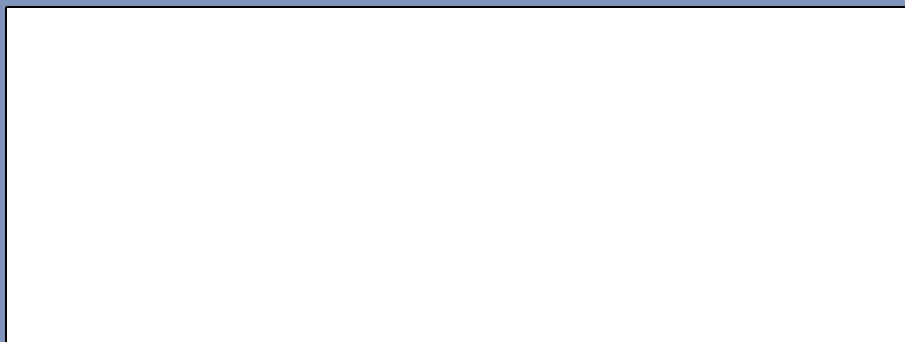
Системы VRV не подпадают под действие Европейской программы сертификации.

Оборудование Daikin предназначено для создания комфортных климатических условий. По вопросам использования в других целях свяжитесь с местным представителем компании Daikin.

Характеристики изделия могут быть изменены без предварительного уведомления

### DAIKIN EUROPE N.V.

Zandvoordestraat 300  
B-8400 Ostend - Belgium  
[www.daikineurope.com](http://www.daikineurope.com)



Все каталоги и инструкции здесь: <http://splitoff.ru/tehn-doc.html>

# СОДЕРЖАНИЕ

## VRV-WII Тепловой насос и рекуперация тепла Обвязка водяного контура

1.	Введение .....	2
2.	Основные конфигурации VRV-WII .....	3
	Основная конфигурация для работы в режиме охлаждения .....	3
	Основная конфигурация для работы в режиме нагрева .....	4
	Альтернативное решение .....	5
3.	Компоненты водяного контура .....	6
	Оборудование для отвода теплоты .....	6
	Оборудование для передачи теплоты .....	11
	Трубопроводы водяного контура .....	12
	Расширительный бак .....	15
	Насосы .....	15
	Точки измерения температуры и давления .....	16
	Качество воды .....	17
4.	Требования безопасности при работе системы .....	18
	Блокировка насоса .....	18
	Реле протока .....	18
	Защита от замерзания .....	19
	Сетчатый фильтр .....	20
	Рекомендации для многоблочных установок в системе .....	20
	Теплопоступления от блока 10 HP составляют 710 Вт .....	21
5.	Управление системой .....	22
	Полное управление системой VRV-WII .....	22
	Блокирование наружных блоков VRV-WII .....	22
6.	Типовые конфигурации системы VRV-WII .....	24
	Пример конфигурации системы .....	24
	Пример конфигурации системы .....	26
	Пример конфигурации системы .....	28
	Пример конфигурации системы .....	30

«Обращаем внимание на то, что данный материал приводится только для справочных целей. В действительности методы установки определяются проектом и местным законодательством. Поэтому по вопросам проектирования и конструкции системы следует обращаться в соответствующую проектную организацию».

# 1 Введение

Система с водяным охлаждением VRV (VRV-WII) фирмы Daikin объединяет в себе все хорошо известные преимущества фреоновых систем VRV с преимуществами водяных систем:

Фреоновая система VRV, включающая в себя конденсаторы в наружных блоках и внутренние блоки, трубопроводы хладагента и систем управления, обеспечивает высокую эффективность в сочетании с исключительной гибкостью управления.

Тепло отводится или подводится соответственно во время работы блоков в режимах охлаждения и нагрева с помощью теплообменников конденсаторов в наружных блоках, связанных двумя трубами с водяным контуром.

В водяном контуре системы теплоноситель (вода) подается на конденсаторы наружных блоков, расположенных в пределах здания. В водяной контур входят вспомогательные агрегаты системы, такие как насосы, клапаны, сетчатый фильтр, расширительный бак, теплообменное оборудование, воздухопроводники и оборудование для подготовки воды и т. д.

Рабочий диапазон VRV-WII определяется температурой воды, циркулирующей в контуре, которая должна поддерживаться в пределах от 15° до 45°С.

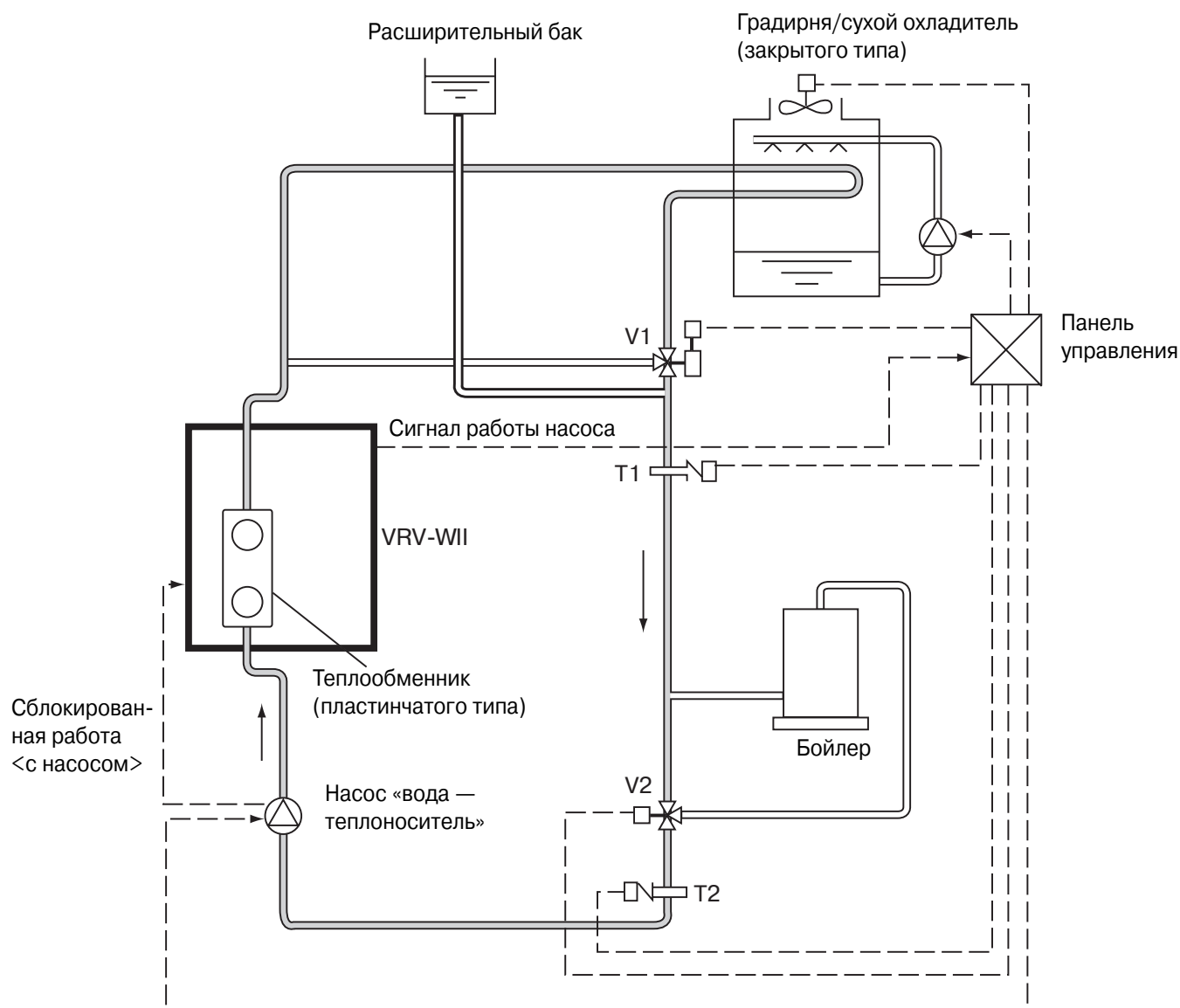
## Области применения системы VRV-WII:

- высотные или занимающие большую площадь многоэтажные здания, в которых нет ограничений на длину водяного контура;
- здания, для которых существуют ограничения на количество хладагента;
- проекты реконструкции, в которых существует возможность соединить VRV-WII с существующим водопроводом и использовать существующий источник тепла. Объекты, где имеются подходящие альтернативные источники теплоты, например, городской водопровод, подземные воды, морская вода, солнечная энергия и т. д.;
- объекты, где критически важным является низкий уровень внешнего шума от работающего оборудования. Важно! Для объектов, где требуется низкий уровень шума, имеются соответствующие модели оборудования для отвода теплоты (градирни, сухие охладители);
- регионы с холодными климатическими условиями, где благодаря использованию водяного контура возможно использование оборудования круглогодично.

## 2. Основные конфигурации VRV-WII

### 2-1 Основная конфигурация для работы в режиме охлаждения

В регионах с умеренным климатом избыточное тепло, содержащееся в водяном контуре, можно отвести в окружающую среду посредством сухого охладителя или градирни. Однако, можно также использовать другие средства отвода теплоты, включая естественные водные ресурсы, такие как реки, озера и скважины. Кроме того, можно использовать уже имеющиеся технологические водяные контуры, оснащенные средствами охлаждения воды.

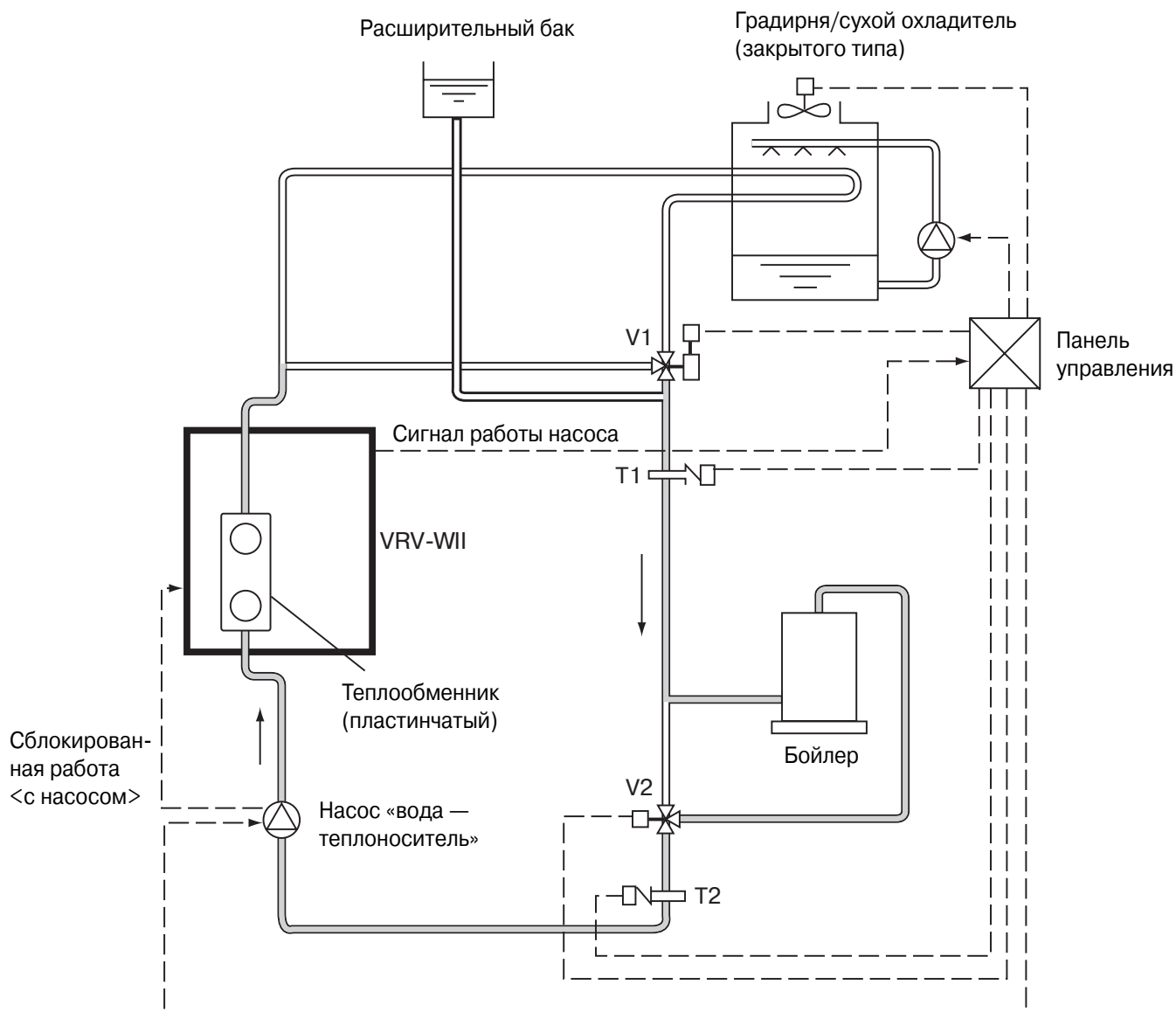


На схеме показано, что при рабочих циклах в летнее время снижение температуры воды в контуре ниже заданного уровня температуры T1 приводит к открытию трехходового перепускного клапана V1. Этот клапан закрывается вновь при увеличении T1, и вследствие увеличения расхода воды через градирню температура снижается. Двухпозиционное управление вкл./выкл. насосом и вентилятором в закрытом контуре градирни также заблокировано с работой трехходового клапана V1.

## 2 Основные конфигурации VRV-WII

### 2-2 Основная конфигурация для работы в режиме нагрева

Горячая вода низкого давления из бойлера обычно используется для поддержания требуемых уровней температуры в водяном контуре. Однако в качестве источников тепла можно использовать также пар, системы городского/технологического/промышленного отопления и даже солнечную энергию.



При работе зимой температура T2 в водяном контуре теплоносителя поддерживается за счет циркуляции воды через бойлер (или аналогичное устройство) с помощью клапана V2, который по достижении заданной температуры сразу же закрывается.

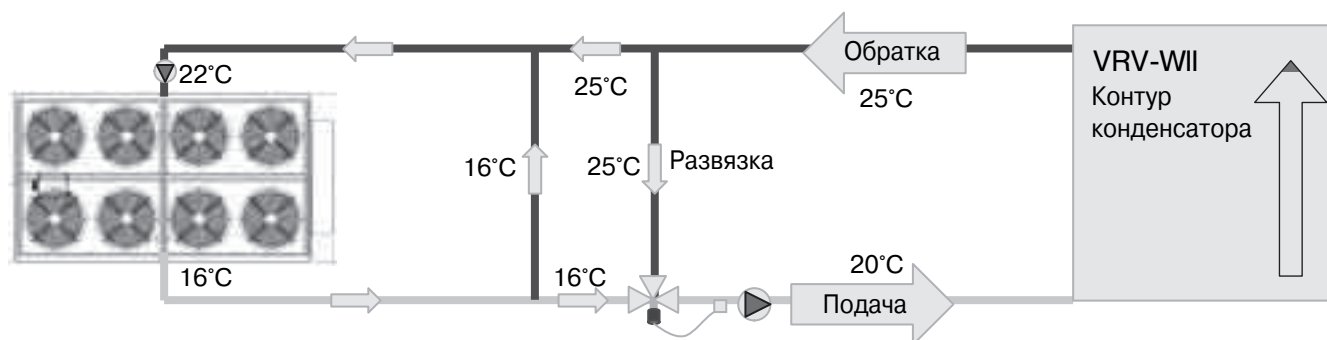
## 2 Основные конфигурации VRV-WII

### 2-3 Альтернативное решение

Градирня и бойлер заменяются тепловым насосом.

В большинстве регионов Южной Европы бойлер и градирню в качестве оборудования для поддержания температуры в контуре конденсатора можно заменить тепловым насосом, что создает хорошие возможности для управления работой системы с использованием одного комплекта оборудования, поставляемого фирмой Daikin.

Температура воды в контуре VRV-WII выходит за пределы стандартного рабочего диапазона для стандартного теплового насоса, поэтому **большое значение** имеет схема обвязки водяного контура. В технической документации на чиллеры, выпускаемые фирмой Daikin, указывается стандартный рабочий диапазон, а также максимальное и минимальное значение  $\Delta T$  на испарителе (обычно 3~8°C).



Для обеспечения максимальной рабочей эффективности теплового насоса при использовании вышеуказанной схемы обвязки оптимальный выбор основан на следующих данных:

Режим охлаждения: Температура охлажденной воды на выходе  
= Максимально возможная температура воды на выходе (16°C).

Режим нагрева: Температура горячей воды на выходе  
= Минимально возможная температура воды на выходе (25°C).

## 3 Компоненты водяного контура

Вода при заданной температуре подается на все конденсаторы наружных блоков VRV-WII по 2-трубному замкнутому водяному контуру.

Температура воды в водяном контуре должна поддерживаться в пределах от 15 до 45°C, а насосы должны иметь производительность, обеспечивающую нормальную работу всех конденсаторов блоков VRV-WII. В системах с замкнутым водяным контуром следует выполнять деаэрацию воздуха и установить сетчатый фильтр, чтобы не допустить попадания загрязнений в поток воды. Важно также установить расширительные баки, поскольку они компенсируют изменения объема воды вследствие изменения температуры в контуре. Пуск системы следует выполнять с помощью блока управления, который также регулирует температуру воды в водяном контуре и обеспечивает защиту системы.

Возможно использование труб из стали, из нержавеющей стали, меди и пластика; оцинкованные трубы использовать не допускается.

### ПРИМЕЧАНИЕ

- При проектировании водяного контура необходимо учесть следующее:
  - вода должна подаваться в требуемые точки в соответствии с потребностями каждой системы VRV-WII;
  - потери напора и на трение следует свести к минимуму;
  - скорость воды необходимо надлежащим образом регулировать, чтобы не допустить шума потока, вибрацию труб или их расширение/сжатие из-за температурных перепадов;
  - следует уделять внимание водоподготовке: качеству воды, защите от коррозии;
  - следует создать необходимые условия для облегчения эксплуатации и обслуживания системы.

3

### 3-1 Оборудование для отвода тепла

При работе в режиме охлаждения целью установки VRV с водяным охлаждением является отвод избытков тепла в окружающую среду.

В системах VRV с воздушным охлаждением наружный воздух продувается через теплообменник конденсатора с помощью осевых вентиляторов. Тепло от хладагента высокого давления передается наружному воздуху в конденсаторе и выводится наружу.

Для сравнения, в системе VRV-WII с водяным охлаждением вода для охлаждения подается насосом через пластинчатый конденсатор блока. Тепло от хладагента высокого давления передается охлаждающей воде и отводится с помощью водяного контура наружу.

#### 3-1-1 Типы градирен

Градирня до сих пор является наиболее распространенным видом оборудования для отвода тепла от воды. Из-за постоянного стремления к экономии энергии в качестве альтернативного средства для отвода тепла используются грунтовые воды, а также озера, реки и моря. Однако, потенциальное использование этих источников теплоотвода может быть ограничено в связи с определенными запретами и соображениями охраны окружающей среды.

Принцип работы градирни основан на процессе испарения, позволяющего охлаждать воду в водяном контуре до температуры ниже температуры окружающей среды (до уровня температуры по влажному термометру).

### ПРИМЕЧАНИЕ

- Эффективность градирни зависит от температуры окружающего воздуха по влажному термометру, тогда как температура по сухому термометру слабо влияет на этот параметр.

Градирни увеличенных размеров обеспечивают более низкие температуры воды в контуре охлаждения при работе при частичных нагрузках, что повышает эффективность работы установки.

Градирни бывают «открытого» или «закрытого» типа.

В градирне открытого типа охлаждаемая вода/теплоноситель водяного контура входит в непосредственный контакт с наружным воздухом.

В градирне закрытого типа охлаждаемая вода/теплоноситель водяного контура циркулирует в трубах теплообменника, тогда как на обрешетку трубного теплообменника пленкой подается вода для испарения.



## 3 Компоненты водяного контура

### 3-1 Оборудование для отвода теплоты

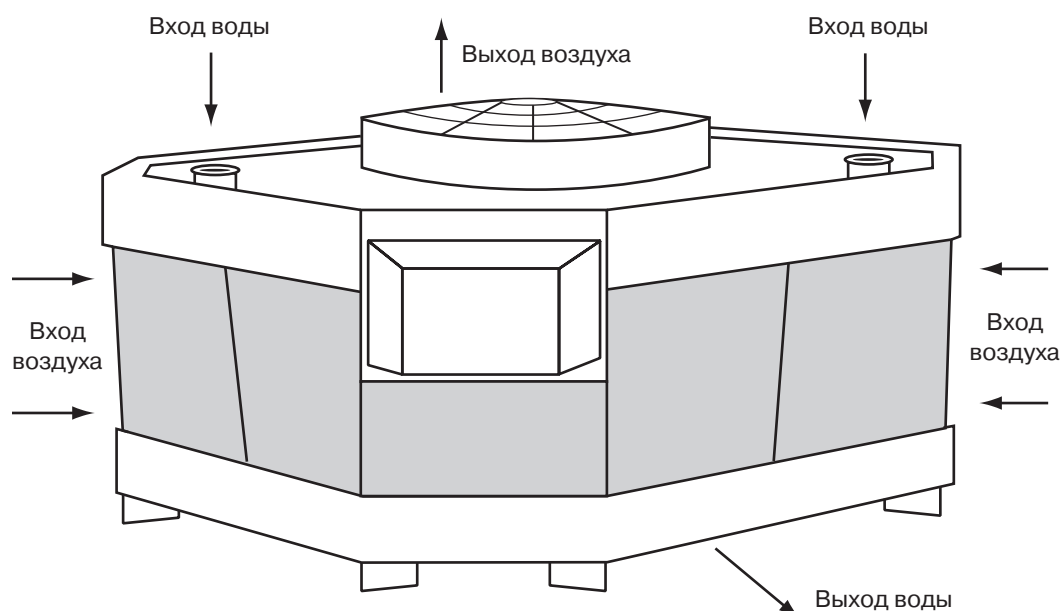
#### 3-1-1 Типы градирен

##### 3-1-1-1 Градирни открытого типа

Градирни открытого типа делятся на классы по конфигурации воздушного потока. Градирни «принудительной тяги» и «искусственной тяги» являются наиболее общепринятыми типами, широко используемыми в системах кондиционирования. В градирне с принудительной тягой воздух через нее продувается вентилятором. В градирне с искусственной тягой воздух нагнетается через нее. В зависимости от того, как подается воздух относительно потока воды (против или поперек), система может разделяться на систему «с противотоком» или «с поперечным током».

##### ① Градирня с искусственной тягой

Для этого типа градирен используются осевые вентиляторы; общепринято, что они являются наиболее эффективными, и поэтому наиболее широко используются в настоящее время.



Большие осевые вентиляторы, расположенные на выпуске воздуха или сверху градирни, **подают воздух противотоком или поперечным током** к охлаждаемой воде. Вследствие высокой скорости на выпуске они менее чувствительны к замыканиям воздушных потоков и рециркуляции. Уровни шума в градирнях этого типа являются более высокими из-за низкочастотных шумов, создаваемых осевыми вентиляторами.

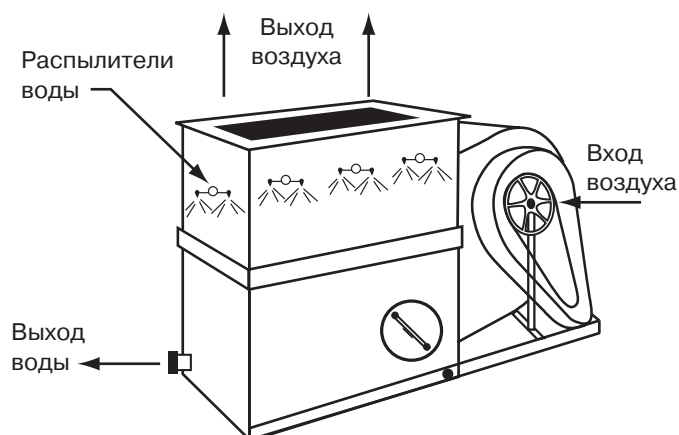
### 3 Элементы водяного контура

#### 3-1 Оборудование для отвода теплоты

##### 3-1-1 Типы градирен

##### 3-1-1-1 Открытые градирни

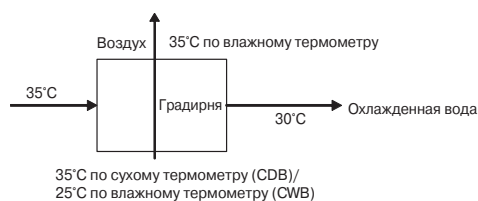
##### ② Градирня с принудительной тягой



3

Центробежные вентиляторы с лопатками рабочего колеса, загнутыми вперед, **нагнетают** воздух по схеме либо противотока, либо поперечного тока. **Центробежные вентиляторы потребляют больше электроэнергии, но создают достаточную величину статического давления, чтобы преодолеть любые проблемы, связанные с расположением градирен внутри зданий или проблемы с необходимостью оснащения градирен шумоглушителями.** Эти градирни являются более тихими по сравнению с градирнями другого класса, они особенно подходят для систем, где требуется низкий уровень шума. Градирни с поперечным током ниже по высоте и удобны для установки в местах, где высота ограничена по эстетическим соображениям или вследствие отсутствия достаточного пространства. С другой стороны, потребляемая мощность таких градирен в два раза выше, чем у градирен с искусственной тягой.

Типовые значения температуры воздуха/воды для открытой градирни, работающей в зоне с умеренным климатом:



## 3 Элементы водяного контура

### 3-1 Оборудование для отвода теплоты

#### 3-1-1 Типы градирен

##### 3-1-1-2 Закрытые градирни

Охлаждаемая вода находится в теплообменнике или змеевике.

Такая установка имеет множество преимуществ, особенно, если вода находится под давлением или смешивается с охлажденной водой из внешнего источника, или если циркуляционный насос водяного контура установлен в месте, удаленном на значительное расстояние от градирни.

Закрытые градирни обычно больше, чем модели открытого типа, и, следовательно, дороже.

С другой стороны, поскольку в закрытом водяном контуре угроза засорения теплоносителя незначительна, то затраты на обслуживание систем закрытого типа ниже.

Существует 2 типа градирен закрытого типа:

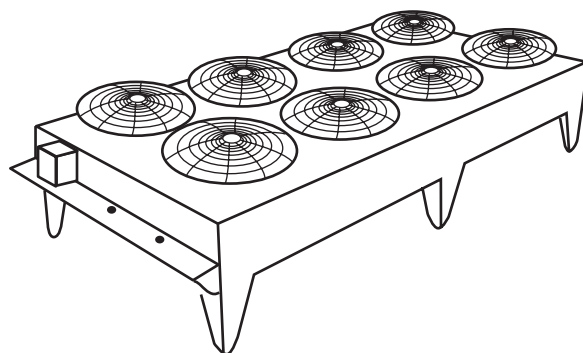
#### ① Испарительная градирня

Чтобы эффективно использовать преимущества испарительного охлаждения, которые появляются благодаря равномерному распределению водяной пленки на оребрении теплообменника, используется вспомогательная водяная система открытого орошения.

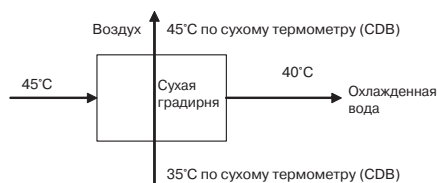
#### ② Сухая градирня (сухой охладитель)

Принцип действия аналогичен тому, который используется в конденсаторе с воздушным охлаждением, в котором вода циркулирует по трубам, и поэтому эти градирни относятся к системам закрытого типа. Вследствие более высоких температур охлаждаемой воды, их

3



Типовые значения температуры воздуха/воды в сухом охладителе, работающем в зоне с умеренным климатом:



#### РЕКОМЕНДАЦИИ

- 1 Во избежание загрязнения охлаждающей воды рекомендуется, по возможности, как можно чаще использовать закрытые градирни.
- 2 При использовании открытых градирен необходимо устанавливать систему водоподготовки.

### 3 Элементы водяного контура

#### 3-1 Оборудование для отвода теплоты

##### 3-1-2 Выбор градирни

Выбор градирни производится по количеству отводимого тепла (действительная холодопроизводительность + мощность компрессора) и оптимальному способу, с помощью которого оно отводится, в зависимости от наиболее важных критериев проектирования, т. е. начальной стоимости, эффективности, площади обслуживания и уровня шума.

##### Пример выбора сухого охладителя:

$Q_g$  = суммарное отводимое тепло = суммарная величина (холодопроизводительность + потребляемая мощность) для блоков VRV-WII (кВт)

$m$  = суммарный расход воды через конденсатор блока VRV-WII (л/сек)

$\Delta T$  = перепад = LWC – EWC (°C)

LWC = температура воды на выходе конденсатора

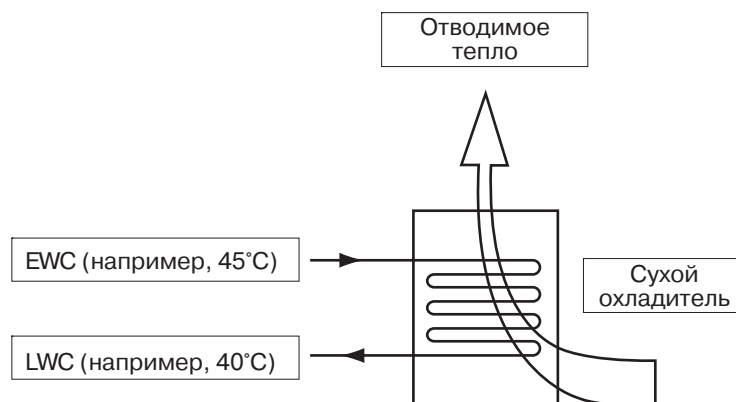
EWC = температура воды на входе в конденсатор

$$\Delta T = Q_g / (4,2 \times m)$$

где 4,2 = удельная теплоемкость, кДж/кг/°C

LWC — величина, заданная заранее в пределах рабочего диапазона VRV-WII (15°-45°C), EWC — расчетная величина.

Сухой охладитель выбирается по этим величинам при помощи технических каталогов изготовителей оборудования или с помощью программных средств.



### 3 Элементы водяного контура

#### 3-2 Оборудование для передачи теплоты

Для работы установки, где невозможно поддержать рабочую температуру воды в водяном контуре из-за недостаточной регенерации тепла в системе, необходим внешний источник тепла, обычно в виде бойлера LPHW (горячего водоснабжения низкого давления). Рабочая температура бойлера должна находиться в диапазоне 90/70°C.

##### Пример выбора бойлера:

Выбор бойлера производится по аналогии с выбором сухого охладителя за исключением того, что значения потребляемой мощности (PI) вычитаются из теплопроизводительности VRV-WII, а не прибавляются к ней.

$Q_i$  = суммарное подводимое тепло = суммарная величина (теплопроизводительность - потребляемая мощность) для блоков VRV-WII (кВт)

$m$  = суммарный расход воды через конденсатор блока VRV-WII (л/сек)

$\Delta T = LWH - EWH$  (°C)

LWH = температура воды на выходе из теплообменника

EWH = температура воды на входе в теплообменник

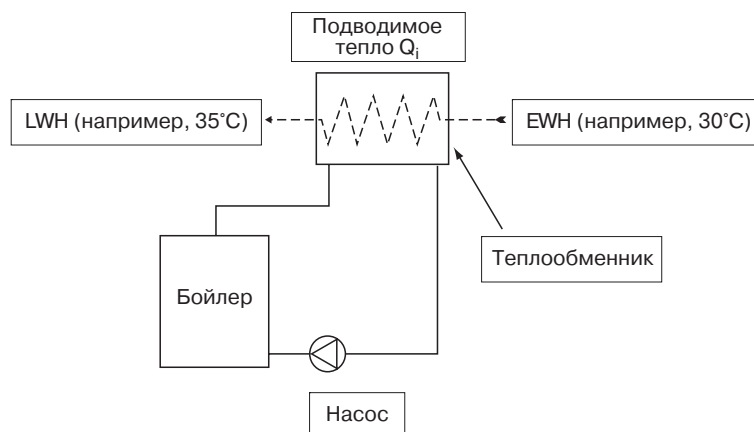
$$\Delta T = Q_i / (4,2 \times m)$$

где 4,2 = удельная теплоемкость, кДж/кг/°C

LWH — величина, заданная заранее в пределах рабочего диапазона VRV-WII (15-45°C), EWH — расчетная величина.

Бойлер можно выбрать по суммарной величине подводимого тепла ( $Q_i$ ).

По этим значениям можно также выбрать промежуточный теплообменник с использованием различных каталогов предприятий-изготовителей или с помощью программных средств.



## 3 Элементы водяного контура

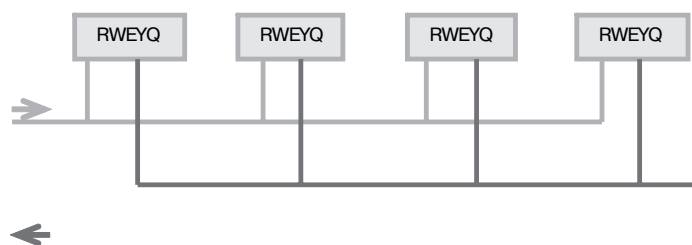
### 3-3 Трубопроводы водяного контура

Обычно используется 2-трубная схема, состоящая из одной трубы подачи, идущей к установке (фанкойлу или VRV-WII) и трубы обратки, идущей от агрегата. На установку может подаваться как охлажденная, так и горячая вода.

#### 3-3-1 Определение размеров труб по методу попутного движения теплоносителя

Согласно этому методу длина труб подачи и обратки почти одинакова для всех конденсаторов блоков VRV-WII в системе. Потери на трение практически одинаковы, что обеспечивает сбалансированный расход воды к конденсатору блока. Отрицательным моментом является то, что длина трубопроводов увеличивается. Поскольку водяные контуры для каждого блока являются одинаковыми, главным преимуществом метода попутного движения теплоносителя является то, что при его применении необходимость в проведении балансировки гидравлики незначительна.

Благодаря тому, что потоки сбалансированы, облегчаются проведение пусконаладочных работ и техническое обслуживание системы. Этот метод является наиболее экономичным, наиболее полезным при разработке новых проектов.



#### 3-3-2 Потери на трение

Чтобы жидкость начала перемещаться по трубе, необходимо приложить давление и преодолеть потери на внутреннее трение жидкости. Потери на трение происходят при движении потока воды по трубе.

##### ПРИМЕЧАНИЕ

1 Формула Дарси является основой для всех расчетов потока жидкости. Она определяет перепад давления в трубе, необходимый для преодоления сил внутреннего трения жидкости.

$$\partial P = (\rho * f * l * v^2) / (2 * d)$$

Где:  $\partial P$  = потери на трение (Па)

$\rho$  = плотность жидкости (кг/м<sup>3</sup>)

$f$  = коэффициент трения, определяемый шероховатостью внутренней поверхности трубы (безразмерный)

$l$  = длина трубы (м)

$v$  = скорость жидкости (м/с)

$d$  = внутренний диаметр трубы (м)

В большинстве систем кондиционирования воздуха используются стальные или медные трубы.

На основании формулы Дарси для различных труб составлены таблицы зависимости трения в трубах от расхода жидкости (например, рис. 1).

#### 3-3-3 Скорость воды

Рекомендуемая скорость течения воды через трубопровод зависит от двух условий:

- диаметра трубы
- эффекта эрозии.

В таблице, приведенной ниже, представлены рекомендуемые диапазоны скоростей для различных диаметров трубопроводов. Чем выше скорость воды, тем выше уровень шума движущейся воды и насыщенного в ней воздуха, что приводит к эрозии трубопроводов.

Рекомендуемая скорость воды	
Диаметр (мм)	Диапазон скоростей (м/с)
> 125	2,1 - 2,7
50 - 100	1,2 - 2,1
около 25	0,6 - 1,2

Поскольку эрозия развивается со временем, такие параметры как скорость воды, качество воды и расчетная скорость воды должны выбираться инженером-проектировщиком.

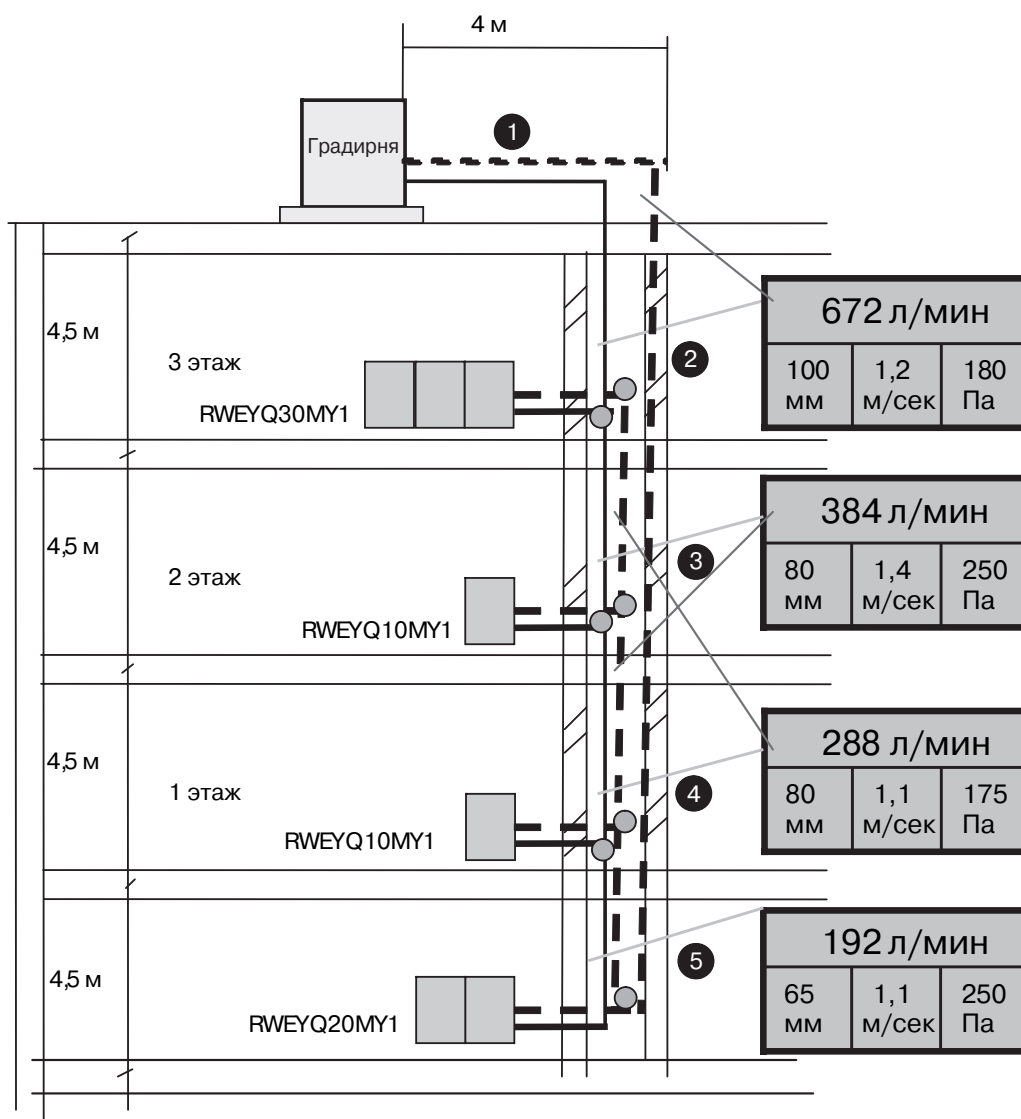
### 3 Элементы водяного контура

#### 3-3 Трубопроводы водяного контура

##### 3-3-4 Пример определения размеров водяных труб

Предварительная информация о системах VRV-WII, приведенная в соответствии с таблицами производительности:

- **система третьего этажа: 30 НР**
  - коэффициент загрузки 130%
  - расход воды:  $96 \times 3 = 288$  л/мин
  - температура воды на входе/выходе: 30°C/34,3°C
- **система второго этажа: 10 НР**
  - коэффициент загрузки 120%
  - 96 л/мин
  - 30°C/34° С
- **система первого этажа: 10 НР**
  - коэффициент загрузки 120%
  - 96 л/мин
  - 30°C/34°C
- **цокольный этаж: 20 НР**
  - коэффициент загрузки 120%
  - $96 \times 2 = 192$  л/мин
  - 30°C/34°C



### 3 Элементы водяного контура

#### 3-3 Трубопроводы водяного контура

##### 3-3-4 Пример определения размеров водяных труб

**РЕКОМЕНДАЦИЯ**

- 1 В таблицах производительности систем VRV-WII в техническом каталоге указаны 4 значения расхода для каждого соотношения: модель/коэффициент загрузки: 50, 60, 96, 120 л/мин.
- 2 **Чтобы выдержать баланс между размером трубы и потерями давления, при расчетах рекомендуется использовать значения расхода воды, равные либо 60, либо 96 л/мин. При увеличении расхода воды необходим переход на большие диаметры трубы, поскольку с ростом расхода увеличиваются потери давления.**

### Черная стальная труба

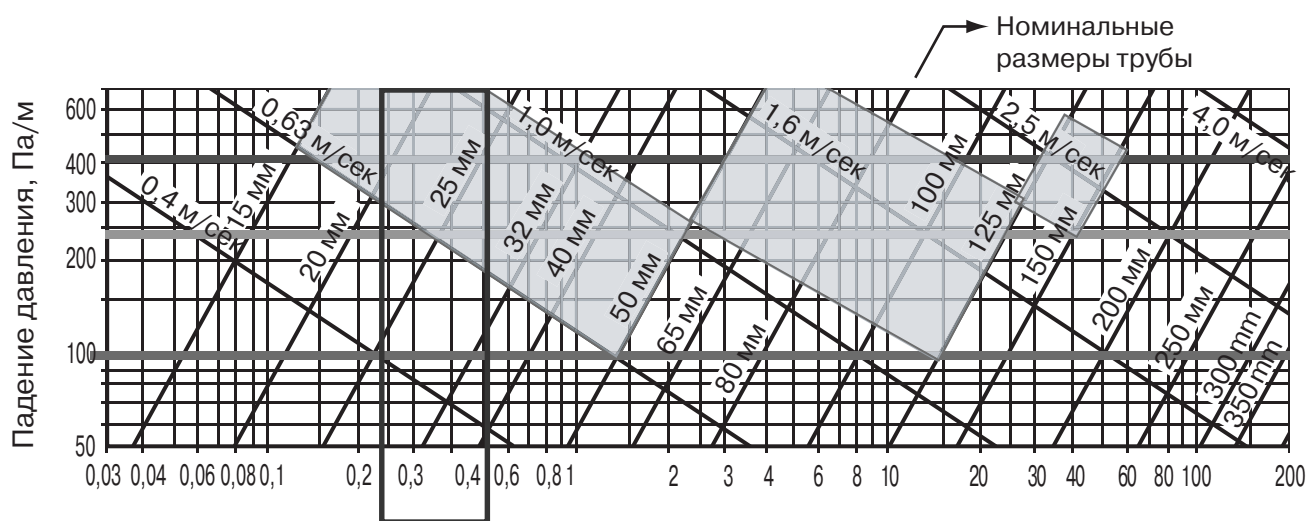


Рис.1 ОБЪЕМНЫЙ РАСХОД, л/сек

Потери на трение воды для стандартной стальной трубы

### Процедура выбора трубы:

- выбирается схема обвязки водяного контура с попутным движением теплоносителя;
- следует определить расход воды на каждом участке водяного контура;
- с помощью диаграммы потерь на трение (рис.1) следует определить диаметр трубы по следующим данным:
  - расход воды
  - рекомендуемый диапазон скорости теплоносителя
  - рекомендуемый диапазон линейных потерь давления (в диапазоне 100-400 Па/м)
- суммарные линейные потери на трение следует определять путем умножения падения давления (Па/м), взятого из диаграммы, на длину участка трубопровода;
- следует определить местные потери давления для отдельных фитингов, таких как колена, тройники, переходники и т. д. Эти значения можно взять в каталогах изготовителей арматуры. Можно также воспользоваться таблицей, приведенной ниже: эквивалентную длину следует умножить на величину падения давления (Па/м), определенную ранее.

**Эквивалентная длина для оценки величины местных потерь на трение арматуры (м)**

Номинальный диаметр трубы	мм	15	20	25	32	40	50	65	80
	дюйм	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3
Колено		0,5	0,6	0,9	1,1	1,3	1,6	2,1	2,6
Тройник прямоточный		0,3	0,4	0,6	0,8	0,9	1,1	1,4	1,7
Тройник прямоточный, отвод		1,0	1,3	1,8	2,3	2,8	3,5	4,2	5,7
Запорный вентиль		0,1	0,15	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6
Переходник (3/4)		0,1	0,15	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6
Шаровой запорный вентиль		4,5	6,5	9,0	11	16	21	26	30

\* Полные потери на трение в трубах рассчитываются путем добавления линейных и местных потерь на трение.

Полная потеря на трение в трубах в дальнейшем используется для выбора циркуляционного насоса.



### 3 Элементы водяного контура

#### 3-4 Расширительный бак

Расширительный бак предназначен для того, чтобы поддерживать постоянство давления в водяном контуре, обеспечивая расширение воды при повышении ее температуры и предотвращение возможности разрыва труб. Он также обеспечивает возможность дозаправки систем водой.

Расширительный бак требуется для закрытой системы. В открытой системе в качестве расширительного бака используется резервуар.

**Расширительный бак бывает открытого или закрытого типа.**

**Открытый расширительный бак** (резервуар) располагается на стороне всасывания насоса, над самой высокой точкой водяной системы. В этом месте обеспечивается атмосферное давление, равное или больше давления всасывания насоса, что предотвращает попадание воздуха в водяной контур.

**Закрытый расширительный бак** используется в небольших системах и работает при атмосферном давлении. Бак располагается на стороне всасывания насоса.

Емкость закрытого расширительного бака больше емкости открытого, работающего тех же рабочих условиях.

Выбор размеров расширительного бака зависит от емкости водяного контура по жидкости и его следует производить по техническим данным, предоставляемыми изготовителями этого оборудования.

#### 3-5 Насосы

Центробежные насосы являются наиболее распространенным типом насосов, используемым в контурах циркуляции охлажденной воды (CW) и горячей воды низкого давления (LPHW).

Крыльчатка (вращающаяся часть, «сердце» насоса, имеющее специальный профиль) обычно приводится в действие от электропривода.

Схема водяной системы требует выбор рабочего и резервного насосов в зависимости от суммарной величины расхода воды в системе VRV-WII.

**Характеристика насоса** может быть указана в величинах подачи и напора, мощности на валу, мощности и КПД насоса.

- **Величина подачи (производительность) насоса** — это требуемый расход воды (м<sup>3</sup>/мин или л/мин). Соотношение между диаметром всасывающего патрубка насоса и величиной расхода воды приведено в таблице.

Соотношение между диаметром всасывающего патрубка и подачей насоса	
Диаметр всасывающего патрубка (мм)	Подача насоса (м <sup>3</sup> /мин)
40	0,10~ 0,20
50	0,16~ 0,32
65	0,25~ 0,50
80	0,40~ 0,80
100	0,63~ 1,25
125	1,00~ 2,00
150	1,60~ 2,15
200	2,50~ 5,00
250	4,00~ 8,00
300	3,30~ 12,50

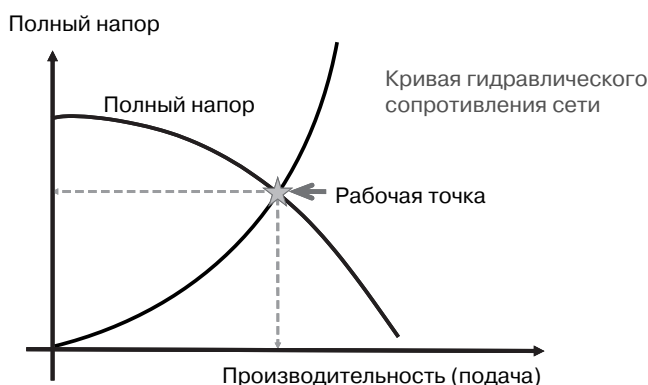
- **Напор** — это давление, развиваемое насосом, которое выражается в метрах водяного столба. Чем выше величина подачи насоса, тем ниже напор (рис. 2).
- **Потребляемая мощность насоса** приблизительно пропорциональна производительности.
- **КПД насоса (%)** определяется как отношение полезной мощности к мощности на валу насоса:  

$$\text{КПД \%} = (\text{полезная мощность} / \text{мощность на валу}) \times 100\%$$
- КПД насоса приводится в технических каталогах изготовителей оборудования.

**Характеристика насоса** — это график, иллюстрирующий напор, КПД и величину подачи.

Насос работает на пересечении кривых напора и гидравлического сопротивления сети.

Пересечение кривых носит название рабочей точки насоса.

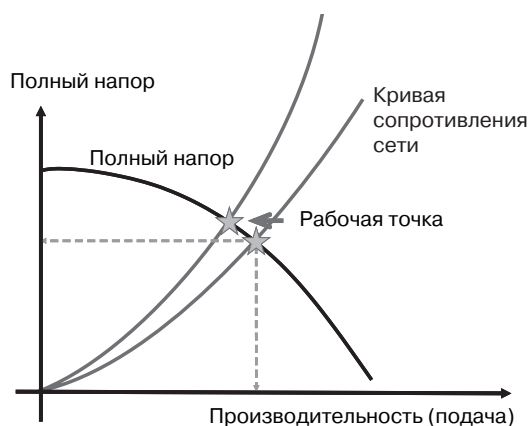


### 3 Компоненты водяного контура

#### 3-5 Насосы

**ПРИМЕЧАНИЕ**

- 1 При дросселировании с помощью запорного клапана сопротивление сети возрастает, а расход воды уменьшается. При этом возможно изменение рабочей точки. Аналогичное явление — снижение расхода воды и увеличение потерь напора насоса — может быть вызвано скоплением ржавчины и/или наслоений на внутренней поверхности трубопровода водяного контура.



**Подбор насоса можно сделать расчетным путем или с помощью графиков характеристик:**

- Входные данные включают:
  - расчетный расход (подача);
  - полные потери на трение (гидравлическое сопротивление системы);
  - КПД насоса.
- В результате получаем тип насоса и требуемую мощность.

**В обоих случаях** при расчете следует учитывать максимальные потери на трение (обычно в расчет берется ответвление трубопровода водяного контура, имеющего наибольшую длину).

$$H = H_a + H_f + H_t + H_k$$

Где: **H** = полные потери на трение;

**H<sub>a</sub>** = действительный напор (м. вод. ст.) = перепад между нагнетанием и всасыванием;

**H<sub>f</sub>** = **линейные** потери на трение в прямых трубопроводах (м. вод. ст.) = данные по диаграмме потерь на трение;

**H<sub>t</sub>** = **местные** потери на трение (м. вод. ст.) арматуры = эквивалентная длина трубопровода \* основные потери на трение;

**H<sub>k</sub>** = потери на трение оборудования водяного контура (м. вод. ст.) в испарителе/конденсаторе (градирне и VRV-WII) можно получить из технических данных производителя, оборудования.

#### 3-6 Точки замера температуры и давления

На каждом конденсаторе блока VRV-WII должны быть предусмотрены точки для замера температуры и давления.

### 3 Компоненты водяного контура

#### 3-7 Качество воды

Качество воды должно соответствовать показателям, указанным в таблице, приведенной ниже:

Стандарты качества на холодную, горячую и подпиточную воду

НАИМЕНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ (5)	Система охлажденной воды (3)		Система горячей воды (2)		Особенности воздействия (1)	
	Циркуляционная система		Циркуляционная вода (20°C ~ 60°C)	Подпиточная вода	Коррозия	Накипь
	Циркуляционная вода	Подпиточная вода				
Стандартные параметры						
рН (25°C)	от 6,8 до 8,2	от 6,0 до 8,0	от 7,0 до 8,0	от 7,0 до 8,0	○	○
Электрическая проводимость (мк см/м <sup>3</sup> )	Менее 80	Менее 30	Менее 30	Менее 30	○	○
Ионы хлора (мг Cl <sup>-</sup> /л)	Менее 200	Менее 50	Менее 50	Менее 50	○	
Ионы сульфата (мг CaSO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /л)	Менее 200	Менее 50	Менее 50	Менее 50	○	
М-щелочность (рН 4.8) (мг CaCO <sub>3</sub> /л)	Менее 100	Менее 50	Менее 50	Менее 50		○
Общая жесткость (мг CaCO <sub>3</sub> /л)	Менее 200	Менее 70	Менее 70	Менее 70		○
Кальциевая жесткость (мг CaCO <sub>3</sub> /л)	Менее 150	Менее 50	Менее 50	Менее 50		○
Ион кремниевой кислоты (мг SiO <sub>2</sub> /л)	Менее 50	Менее 30	Менее 30	Менее 30		○
Дополнительные параметры						
Железо (мг Fe/л)	Менее 1,0	Менее 0,3	Менее 1,0	Менее 0,3	○	○
Медь (мг Cu/л)	Менее 0,3	Менее 0,1	Менее 1,0	Менее 0,1	○	
Ионы сульфида (мг S <sup>2-</sup> /л)	Не должно быть	Не должно быть	Не должно быть	Не должно быть	○	
Ион аммония (мг NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /л)	Менее 1,0	Менее 0,1	Менее 0,3	Менее 0,1	○	
Остаточный хлор (мг CL <sub>2</sub> /л)	Менее 0,3	Менее 0,3	Менее 0,25	Менее 0,3	○	
Свободный углекислый газ (мг CO <sub>2</sub> /л)	Менее 4,0	Менее 4,0	Менее 0,4	Менее 4,0	○	
Индекс устойчивости	от 6,0 до 7,0	—	—	—	○	○

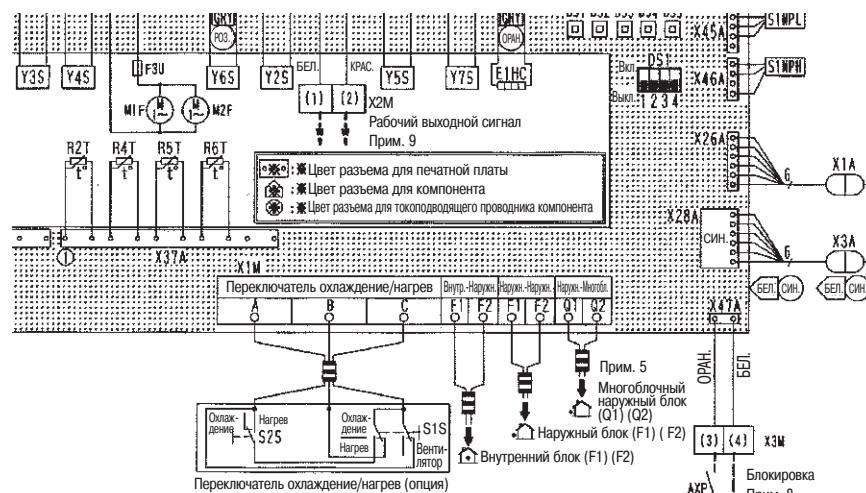
## 4 Требования безопасности при работе системы

### 4-1 Блокировка насоса

В случае эксплуатации конденсаторов наружных блоков VRV-WII без достаточного расхода воды в водяном контуре могут возникнуть проблемы.

Для взаимной связи водяного насоса с системой VRV-WII следует пользоваться клеммами 1 и 2 на клеммной колодке X2M.

Печатная плата (PCB) наружного блока VRV-WII (более подробно см. в Engineering Data)



4

#### ПРИМЕЧАНИЕ

1 В большинстве случаев на крупных объектах (площадью более 20000 м<sup>2</sup>) насосы работают непрерывно. Поэтому функция блокирования не используется.

### 4-2 Реле протока

Чтобы гарантировать требуемый расход каждого блока, рекомендуется установить на каждый блок VRV-WII реле протока. Если одно реле протока размыкается, блок останавливается. При многоблочной конфигурации (блоки 20 и 30 HP) все блоки одной и той же системы отключаются и остаются в выключенном состоянии, пока хотя бы один из блоков VRV-WII имеет разомкнутое реле протока.

Реле протока можно блокировать замыканием клемм 3 и 4 клеммной колодки X3M.

## 4 Требования безопасности при работе системы

### 4-3 Защита от замерзания

На зимний период для градирни и внешнего трубопровода водяного контура необходимо обеспечить защиту от замерзания.

#### Типовые мероприятия:

- при снижении температуры необходимо запустить насос для рециркуляции воды;
- следует использовать ленточный электронагреватель;
- активация программы принудительного пуска бойлера;
- необходимо слить воду из градирни.

#### 4-3-1 Использование гликоля

Использование этиленгликоля определенной концентрации вместо обычной воды влияет на эффективность (COP) и расход воды в системе, а также на гидравлические потери во всей системе.

Использование растворов этиленгликоля следует ограничить, однако при необходимости рекомендуется установка главного и вспомогательного водяных контуров (рис. 3).

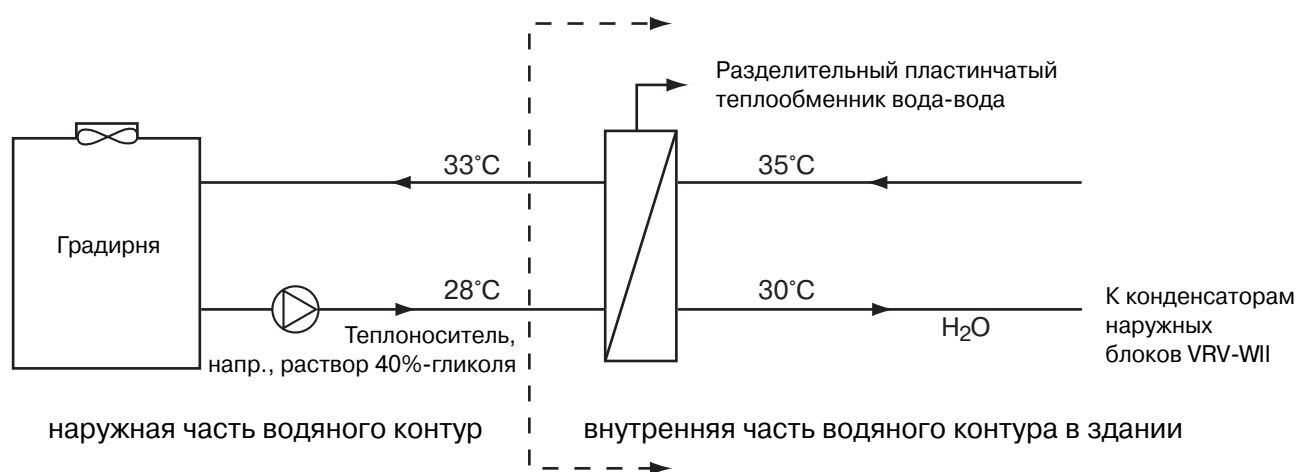


Рис. 3

#### Пример

##### ① Влияние на COP

- При использовании обычной воды  
Режим охлаждения: производительность 26,7 кВт, потребляемая мощность 6,07 кВт.  
Режим нагрева: производительность 31,5 кВт, потребляемая мощность 6,05 кВт.
- При использовании 40% раствора этиленгликоля  
Режим охлаждения: производительность 26,1 кВт, потребляемая мощность 6,35 кВт.  
Режим нагрева: производительность 31,5 кВт, потребляемая мощность 6,30 кВт

##### ② Диапазон расходов воды

- При использовании обычной воды: от 50 до 120 л/мин
- При использовании 40% раствора этиленгликоля: от 80 до 150 л/мин  
Требуются трубопроводы больших диаметров.

##### ③ Диапазон температур теплоносителя: от 15 до 45°C, как и для обычной воды.

##### ④ Коррозионная стойкость

Т. к. теплообменник изготовлен из SUS304, необходимо использовать незамерзающую жидкость, не являющуюся коррозионно-активной к SUS304.

## 4 Требования безопасности при работе системы

### 4-4 Сетчатый фильтр

Для каждого внешнего блока необходимо предусмотреть сетчатый фильтр с размером ячейки сетки 50 для фильтрации воды и защиты теплообменника VRV-WII от загрязнений.

Необходимость наличия сетчатого фильтра обусловлена следующими причинами:

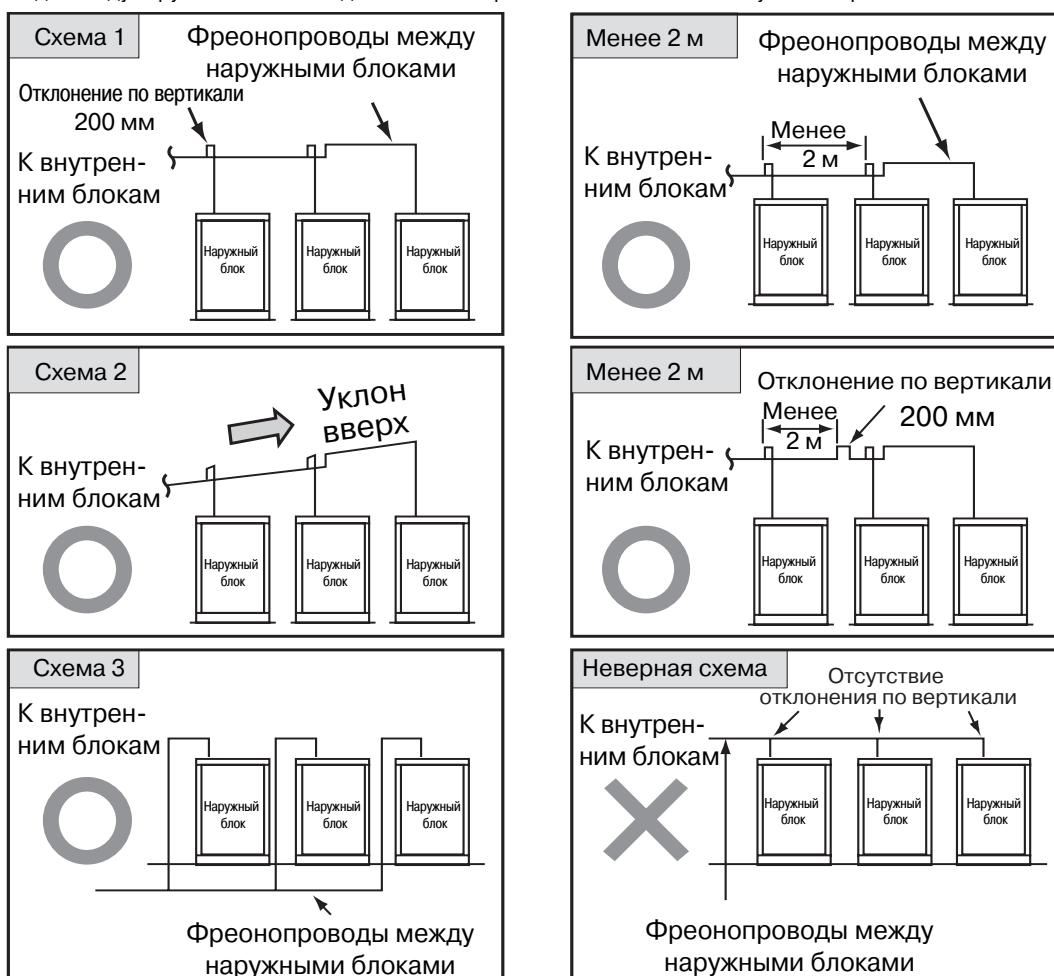
- 1 Пластиначатый теплообменник состоит из нескольких каналов для прохода воды, расположенных параллельно.
- 2 При отсутствии сетчатого фильтра некоторые из этих каналов могут быть заблокированы грязью.
- 3 Температура испарения уменьшается, но температура смешанной воды по всем незаблокированным каналам выше температуры замерзания.
- 4 Вода в заблокированных каналах начинает замерзать, и пластиначатый теплообменник выходит из строя.
- 5 В результате происходит разгерметизация водяного контура и контура хладагента.



### 4-5 Рекомендации для многоблочных установок в системе

Рекомендации для многоблочных наружных установок по предотвращению обратного перетока масла и хладагента в остановленный наружный блок.

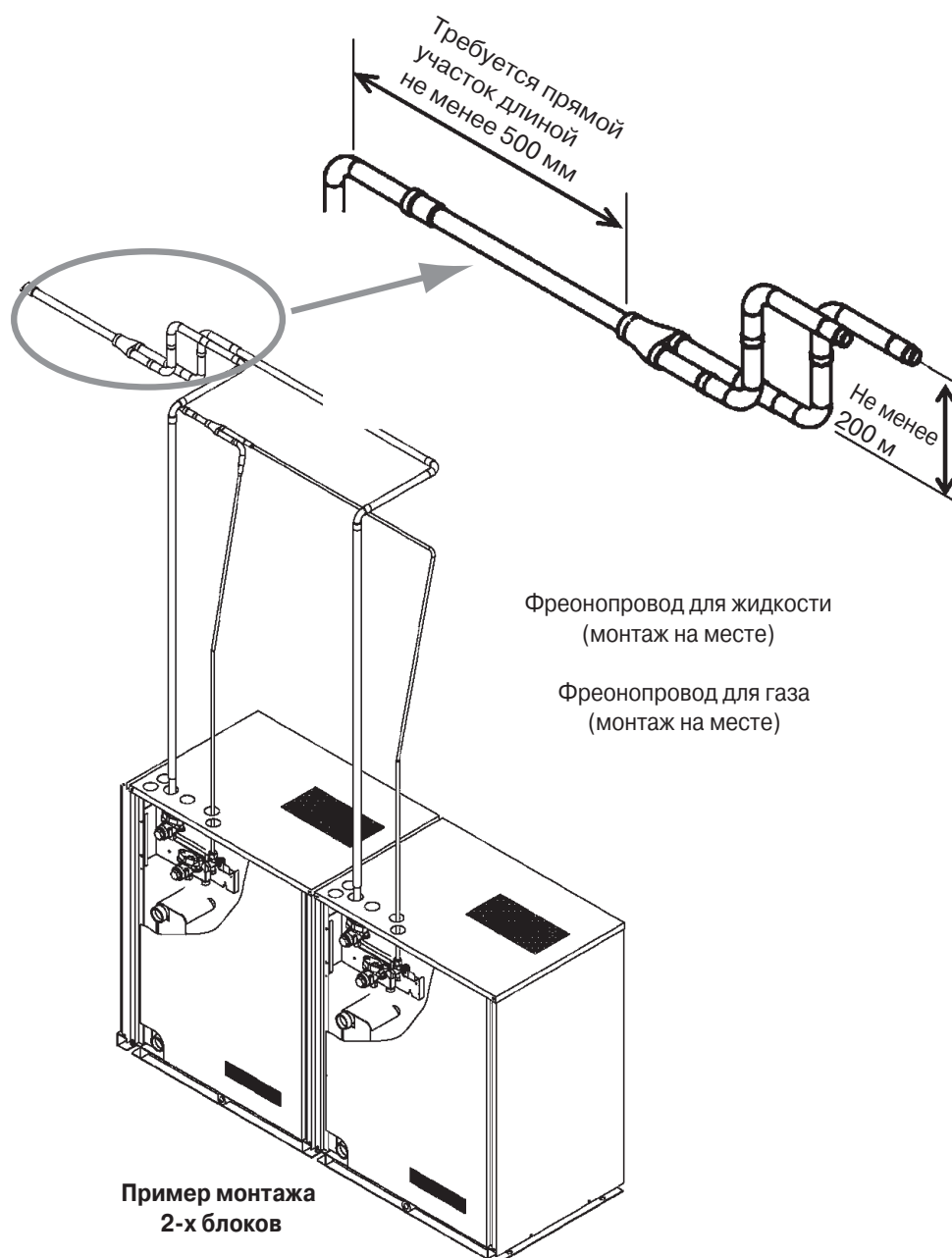
- На фреоновомпроводе для газа нужно установить петлю маслоуловителя размером не менее 200 мм.
- На фреоновомпроводе для газа, через каждые 2 м между наружными блоками, нужно установить петлю маслоуловителя размером 200 мм.
- Фреоновомпроводы между наружными блоками должны быть горизонтальными или иметь уклон вверх.



## 4 Требования безопасности при работе системы

### 4-5 Рекомендации для многоблочных установок в системе

- Перед РЕФНЕТом, соединяющим фреоноводы наружных блоков, необходимо иметь прямой участок длиной не менее 500 мм



4

### 4-6 Теплоступления от блока 10 HP составляют 710 Вт

Большая часть тепла выделяется платой инвертора и компрессором, поэтому машинное отделение с оборудованием должно вентилироваться, особенно если температура окружающей среды превышает 40°C. Для отвода теплоты над блоком необходимо предусмотреть свободное пространство не менее 300 мм.

## 5 Управление системой

### 5-1 Полное управление системой VRV-WII

- Управление для стороны хладагента выполняется аналогично управлению для фреоновой системы VRV с воздушным охлаждением — с помощью линии связи DIII.net.

Полное управление водяной системой VRV-WII (включая насосы и градирню) можно обеспечить с помощью микропроцессорного контроллера и микропроцессорного блока управления.

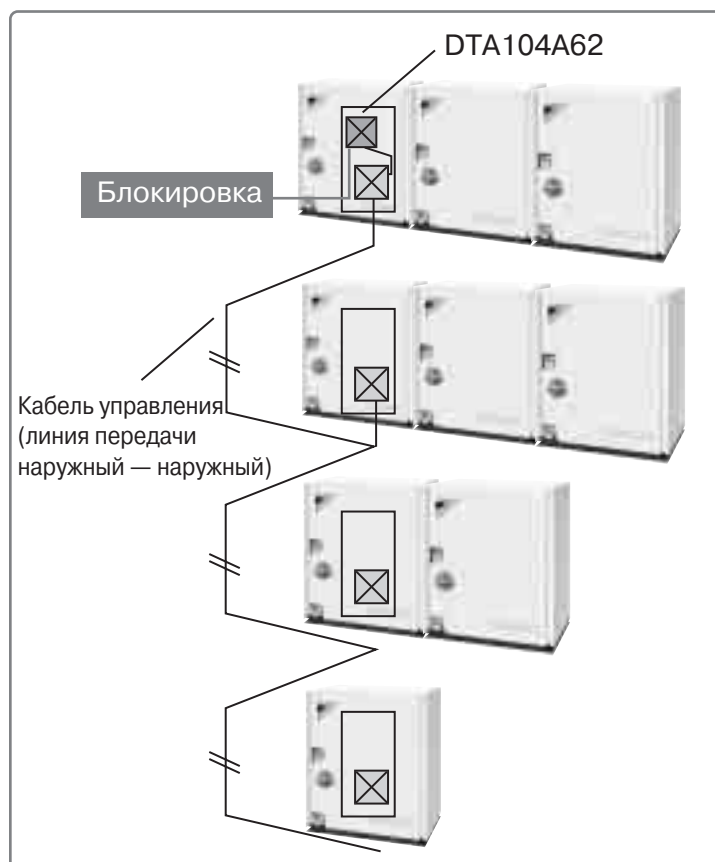
Например:

Двухпозиционное управление (вкл/выкл) водяными насосами, вентилятором и насосами градирни может выполняться через электронные платы DEC101A51 (цифровой ввод) или DEC102A51 (цифровой ввод/вывод).

Более подробную информацию можно найти в главах по различным системам управления в технических данных по системе VRV-VII.

### 5-2 Блокирование наружных блоков VRV-WII

Возможна централизованная блокировка для большого количества блоков через внешний адаптер управления (DTA104162).

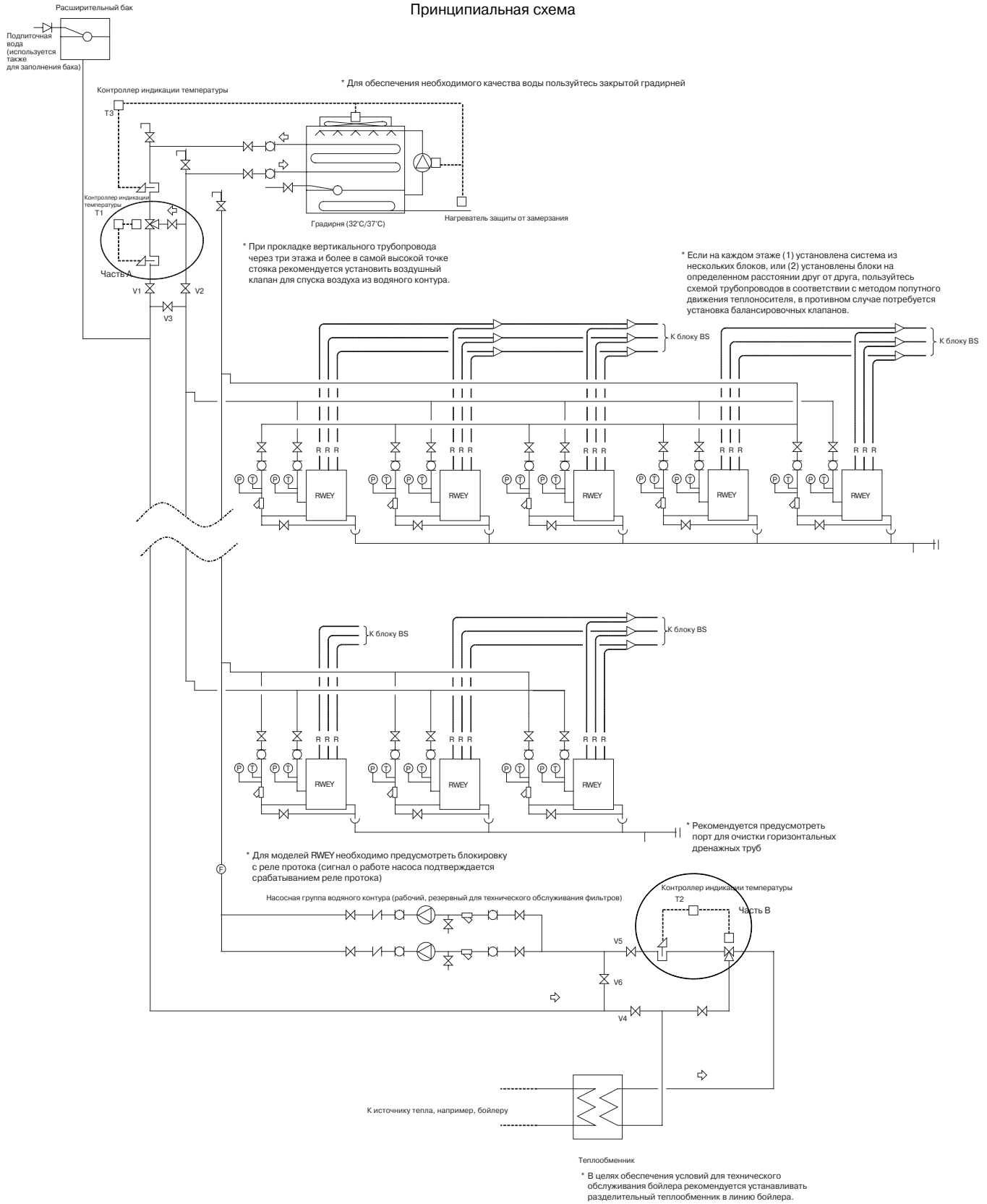






# 6 Типовые конфигурации системы VRV-WII

## 6-1 Пример конфигурации системы



# 6 Типовые конфигурации системы VRV-WII

## 6-1 Пример конфигурации системы

### Принципиальная схема

**Примечание**

Эта принципиальная схема предназначена только для справочных целей. На практике схемы могут изменяться в зависимости от проектов. Поэтому по вопросам проектирования и конструкции системы обращайтесь в Ваш конструкторский отдел.

Ниже приводятся требования к проектированию системы, которые нужно полностью выполнять.

**1. Температура**

Рабочий диапазон водяного контура системы VRV в режимах охлаждения/нагрева (RWEY) должен быть в пределах от 10°C до 45°C. В системе нужно поддерживать температуру в пределах указанного диапазона с помощью двухпозиционного управления двухходовым регулирующим клапаном, трехходовым регулирующим клапаном, градирней или бойлером.

**2. Качество воды**

В водяном контуре системы VRV с водяным охлаждением RWEY требуется применение воды стабильного качества. Применяйте закрытую систему в водяном контуре, в случае открытых систем применяйте разделительные теплообменники.

**3. Замораживание**

В зимнее время для градирни необходимо предусмотреть защиту от замерзания воды.

Выполните ряд указанных ниже мер, чтобы вода на первичной и вторичной стороне водяного контура не замерзала в зимнее время.

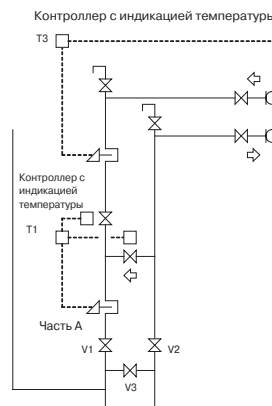
- Типовые мероприятия:
- Если температура воды падает, запустите насос для рециркуляции воды.
  - Необходимо предусмотреть защиту от замерзания с помощью нагревателя.
  - Необходимо предусмотреть защиту от падения температуры путем принудительного пуска бойлера.
  - Слейте воду с градирни.

Это особенно важно, если блок останавливается на длительное время. В противном случае он может быть заморожен. Следовательно, этому нужно уделять внимание.

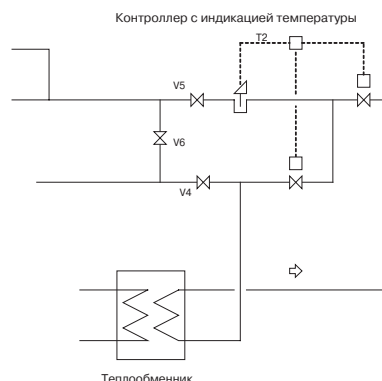
**4. Удаление воздуха**

Необходимо обеспечить деаэрацию системы и подпитку водяного контура для обеспечения постоянства расхода воды.

Принципиальная схема для части А (трехходовой клапан → двухходовой клапан)



Принципиальная схема для части В (трехходовой клапан → двухходовой клапан)



	Насос
	Контроллер температуры
	Трехходовой клапан (смесительный)
	Сетчатый фильтр
	Гибкое соединение
	Манометр
	Термометр
	Реле протока

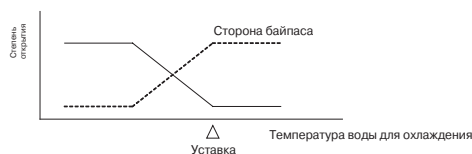
Типовые настройки (справочные значения)

Режим работы	Охлаждение (в основном для охлаждения)	Нагрев (в основном для охлаждения)	Межсезонный период (сочетание охлаждения/нагрев)
Заданное значение T1	15°C		25°C
Заданное значение T2		40°C	20°C
Заданное значение T3	33°C, 31°C		33°C, 31°C
Открытое/закрытое состояние клапана:			
V1	○	×	○
V2	○	×	○
V3	×	○	×
V4	×	○	○
Открыт: ○ Закрыт: ×			
V5	×	○	○
V6	○	×	×

Регулирование T1



Регулирование T2



Регулирование T3



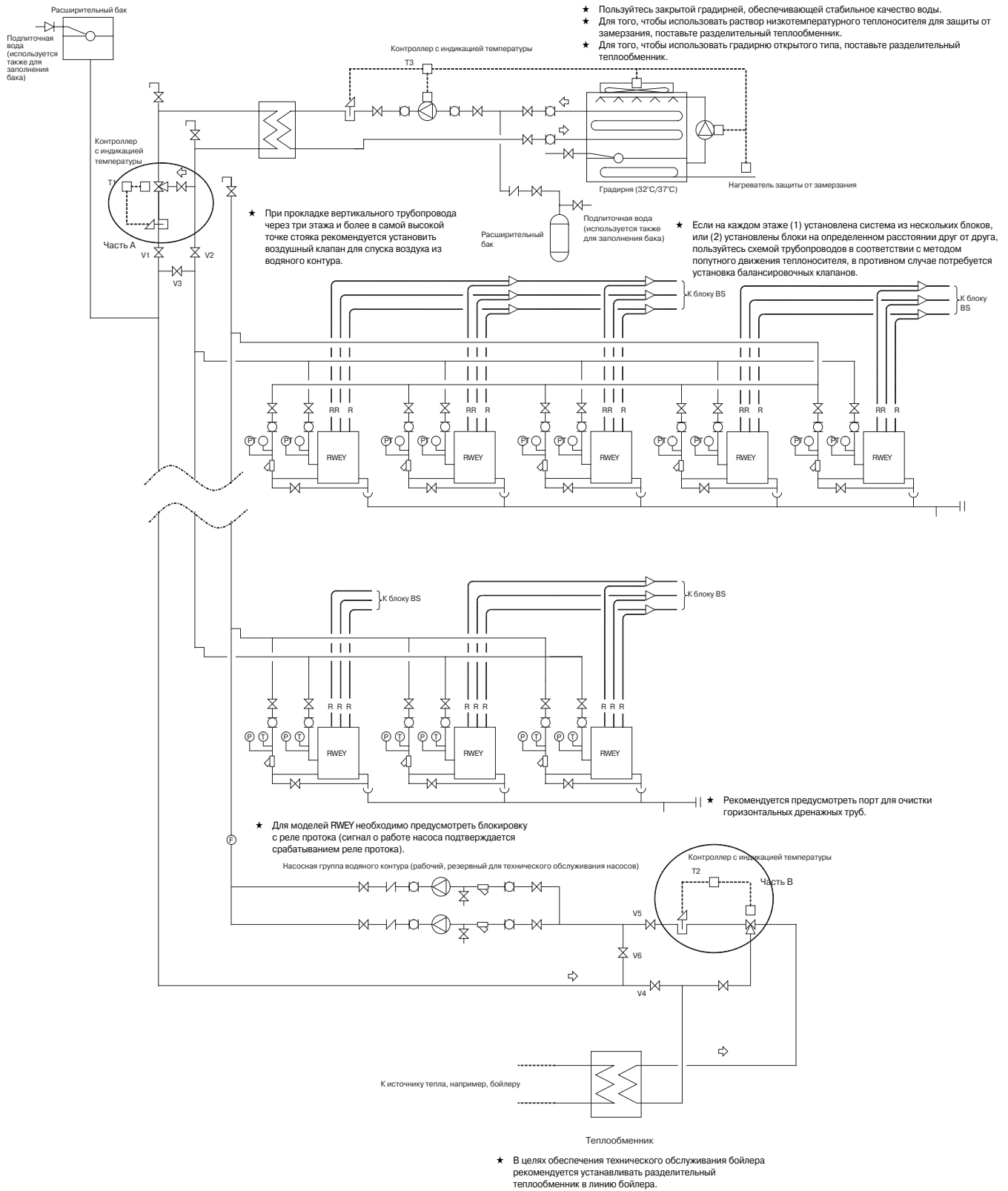
★ Если существует вероятность замерзания, необходимо установить нагреватель или слить воду из системы орошения в градирне. (Если вода из системы орошения слита, работа системы в режиме охлаждения в полном объеме должна быть ограничена.)

# 6 Типовые конфигурации системы VRV-WII

## 6-2 Пример конфигурации системы

Использование градирни открытого типа для регионов с низкими температурами окружающей среды

Принципиальная схема (для регионов с холодным климатом при использовании градирни открытого типа)



# 6 Типовые конфигурации системы VRV-WII

## 6-2 Пример конфигурации системы

Использование градирни открытого типа для регионов с низкими температурами окружающей среды

**Примечание**

Эта принципиальная схема предназначена только для справочных целей. На практике схемы могут изменяться в зависимости от проектов. Поэтому по вопросам проектирования и конструкции системы обращайтесь в Ваш конструкторский отдел.

Ниже приводятся требования к проектированию системы, которые нужно полностью выполнять.

**1 Температура**  
Рабочий диапазон водяного контура системы VRV в режимах охлаждения/нагрева (RWEY) должен быть в пределах от 10°C до 45°C. В системе нужно поддерживать температуру в пределах указанного диапазона с помощью двухпозиционного управления двухходовым регулирующим клапаном, трехходовым регулирующим клапаном, градирней или бойлером.

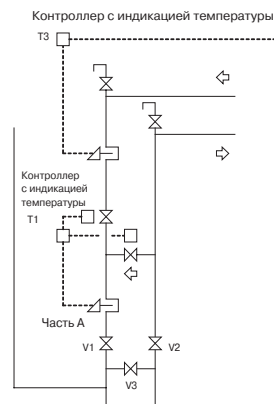
**2 Качество воды**  
В водяном контуре системы VRV с водяным охлаждением RWEY требуется применение воды стабильного качества. Применяйте закрытую систему в водяном контуре, в случае открытых систем применяйте разделительные теплообменники.

**3 Замораживание**  
В зимнее время для градирни необходимо предусмотреть защиту от замерзания воды. Выполните ряд указанных ниже мер, чтобы вода на первичной и вторичной стороне водяного контура не замерзала в зимнее время.  
Типовые мероприятия: Если температура воды падает, запустите насос для рециркуляции воды. Необходимо предусмотреть защиту от замерзания с помощью нагревателя. Необходимо предусмотреть защиту от падения температуры путем принудительного пуска бойлера. Слейте воду с градирни.

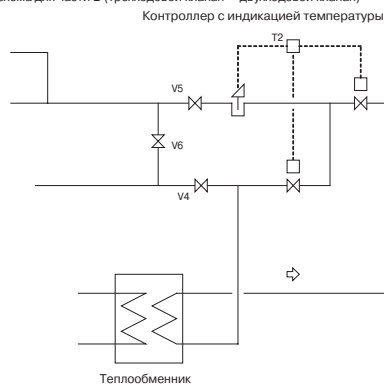
Это особенно важно, если блок останавливается на длительное время. В противном случае он может быть заморожен. Следовательно, этому нужно уделять внимание.

**4 Удаление воздуха**  
Необходимо обеспечить деаэрацию системы и подпитку водяного контура для обеспечения постоянства расхода воды.

Принципиальная схема для части А (трехходовой клапан → двухходовой клапан)



Принципиальная схема для части В (трехходовой клапан → двухходовой клапан)

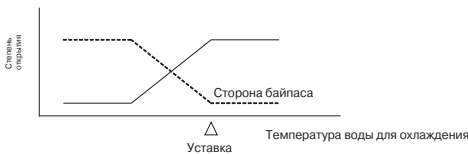


	Насос
	Контроллер температуры
	Трехходовой клапан (смесительный)
	Сетчатый фильтр
	Гибкое соединение
	Манометр
	Термометр
	Реле протока

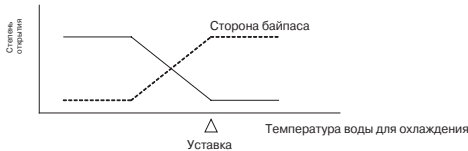
Типовые настройки (справочные значения)

Режим работы	Охлаждение (в основном для охлаждения)	Нагрев (в основном для охлаждения)	Межсезонный период (сочетание охлаждения/нагрев)
Заданное значение T1	15°C		25°C
Заданное значение T2		40°C	20°C
Заданное значение T3	33°C, 31°C		33°C, 31°C
Открытое/закрытое состояние клапана			
Открыт: ○	V1 ○	V2 ○	V3 ○
Закрыт: ×	V4 ×	V5 ×	V6 ×

Регулирование T1



Регулирование T2



Регулирование T3

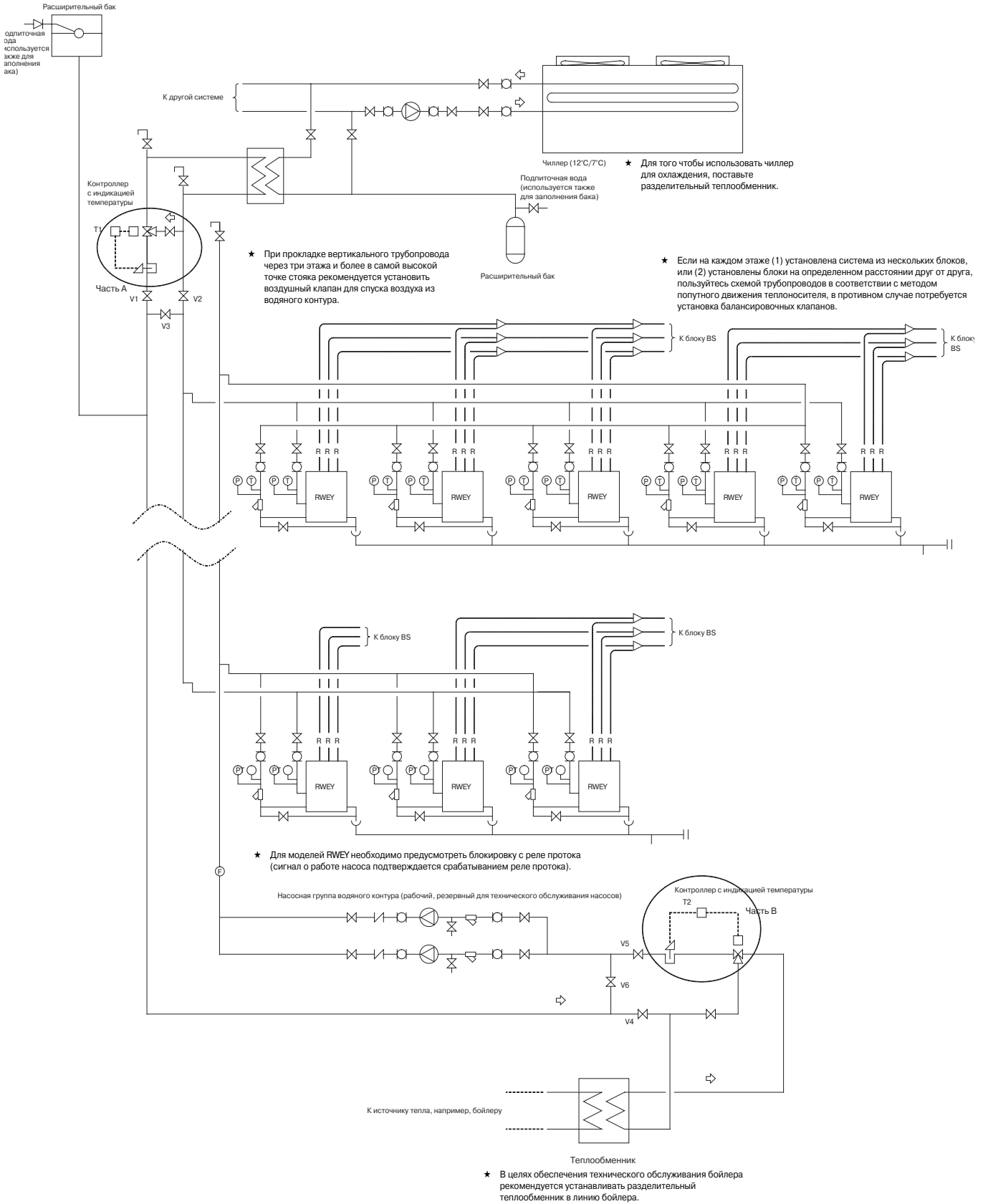


★ Если существует вероятность замерзания, необходимо установить нагреватель или слить воду из системы орошения в градирне. (Если вода из системы орошения слита, работа системы в режиме охлаждения в полном объеме должна быть ограничена.)

# 6 Типовые конфигурации системы VRV-WII

## 6-3 Пример конфигурации системы

Включая часть оборудования центральной системы кондиционирования



6

# 6 Типовые конфигурации системы VRV-WII

## 6-3 Пример конфигурации системы

Включая часть оборудования центральной системы кондиционирования

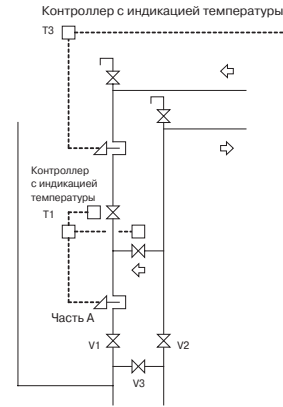
**Примечание**

Эта принципиальная схема предназначена только для справочных целей. На практике схемы могут изменяться в зависимости от проектов. Поэтому по вопросам проектирования и конструкции системы обращайтесь в Ваш конструкторский отдел.

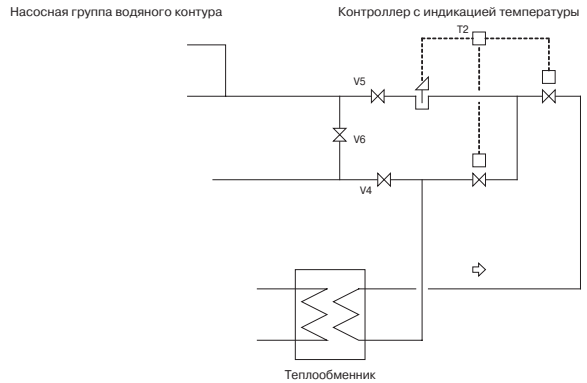
Ниже приводятся требования к проектированию системы, которые нужно полностью выполнять.

- Температура**  
Рабочий диапазон водяного контура системы VRV в режимах охлаждения/нагрева (RWEY) должен быть в пределах от 10°C до 45°C. В системе нужно поддерживать температуру в пределах указанного диапазона с помощью двухпозиционного управления двухходовым регулирующим клапаном, трехходовым регулирующим клапаном, градирней или бойлером.
- Качество воды**  
В водяном контуре системы VRV с водяным охлаждением RWEY требуется применение воды стабильного качества. Применяйте закрытую систему в водяном контуре, в случае открытых систем применяйте разделительные теплообменники.
- Замораживание**  
В зимнее время для градирни необходимо предусмотреть защиту от замерзания воды. Выполните ряд указанных ниже мер, чтобы вода на первичной и вторичной стороне водяного контура не замерзала в зимнее время.  
Типовые мероприятия: Если температура воды падает, запустите насос для рециркуляции воды. Необходимо предусмотреть защиту от замерзания с помощью нагревателя. Необходимо предусмотреть защиту от падения температуры путем принудительного пуска бойлера. Слейте воду с градирни.  
Это особенно важно, если блок останавливается на длительное время. В противном случае он может быть заморожен. Следовательно, этому нужно уделять внимание.
- Удаление воздуха**  
Необходимо обеспечить деаэрацию системы и подпитку водяного контура для обеспечения постоянства расхода воды.

Принципиальная схема для части А (трехходовой клапан → двухходовой клапан)



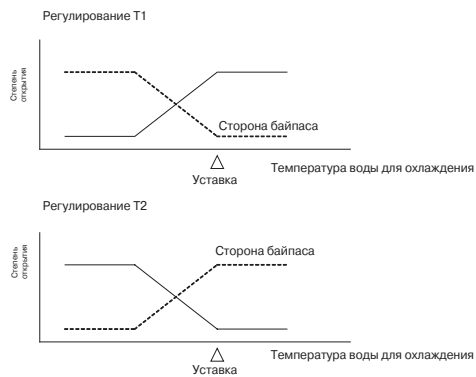
Принципиальная схема для части В (трехходовой клапан → двухходовой клапан)



	Насос
	Контроллер температуры
	Трехходовой клапан (смесительный)
	Сетчатый фильтр
	Гибкое соединение
	Манометр
	Термометр
	Реле протока

Типовые настройки (справочные значения)

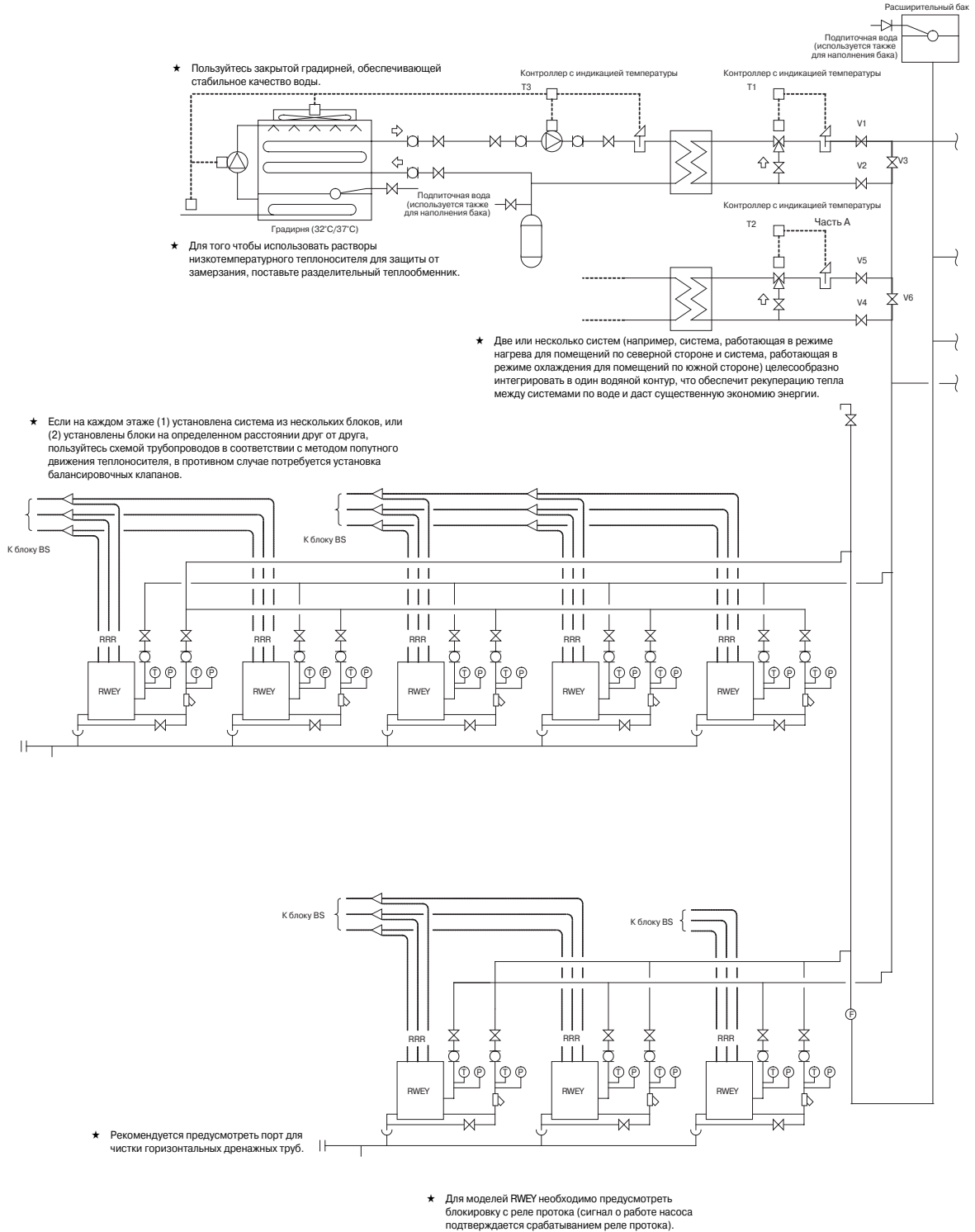
Режим работы	Охлаждение (в основном для охлаждения)	Нагрев (в основном для охлаждения)	Межсезонный период (сочетание охлаждения/нагрев)	
Заданное значение T1	15°C		25°C	
Заданное значение T2		40°C	20°C	
Открытое/закрытое состояние клапана Открыт: ○ Закрыт: ×	V1	○	×	○
	V2	○	×	○
	V3	×	○	×
	V4	×	○	○
	V5	×	○	○
	V6	○	×	×



# 6 Типовые конфигурации системы VRV-WII

## 6-4 Пример конфигурации системы

С рекуперацией тепла от нескольких систем через водяной контур



Режим работы	Охлаждение (в основном для охлаждения)	Нагрев (в основном для охлаждения)	Межсезонный период (сочетание охлаждения/нагрев)
Заданное значение T1	15°C		25°C
Заданное значение T2		40°C	20°C
Заданное значение T3	33°C, 31°C		33°C, 31°C
Открытое/ закрытое состояние клапана			
Открыт: ○	V1 ○	V2 ○	V3 ○
Закрыт: ×	V4 ×	V5 ×	V6 ×

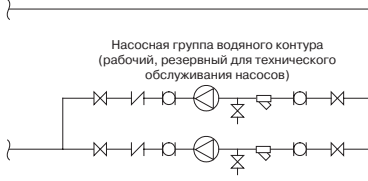
	Насос
	Контроллер температуры
	Трехходовой клапан (смесительный)
	Сетчатый фильтр
	Гибкое соединение
	Манометр
	Термометр
	Реле протока



# 6 Типовые конфигурации системы VRV-WII

## 6-4 Пример конфигурации системы

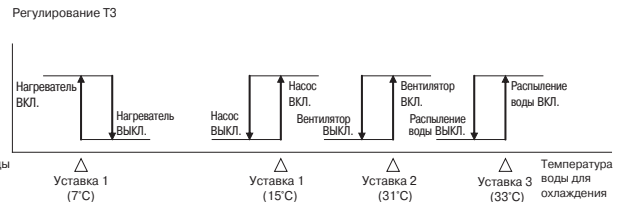
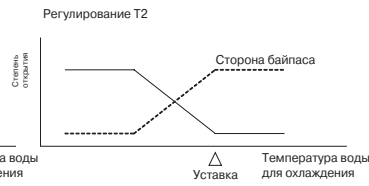
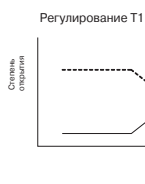
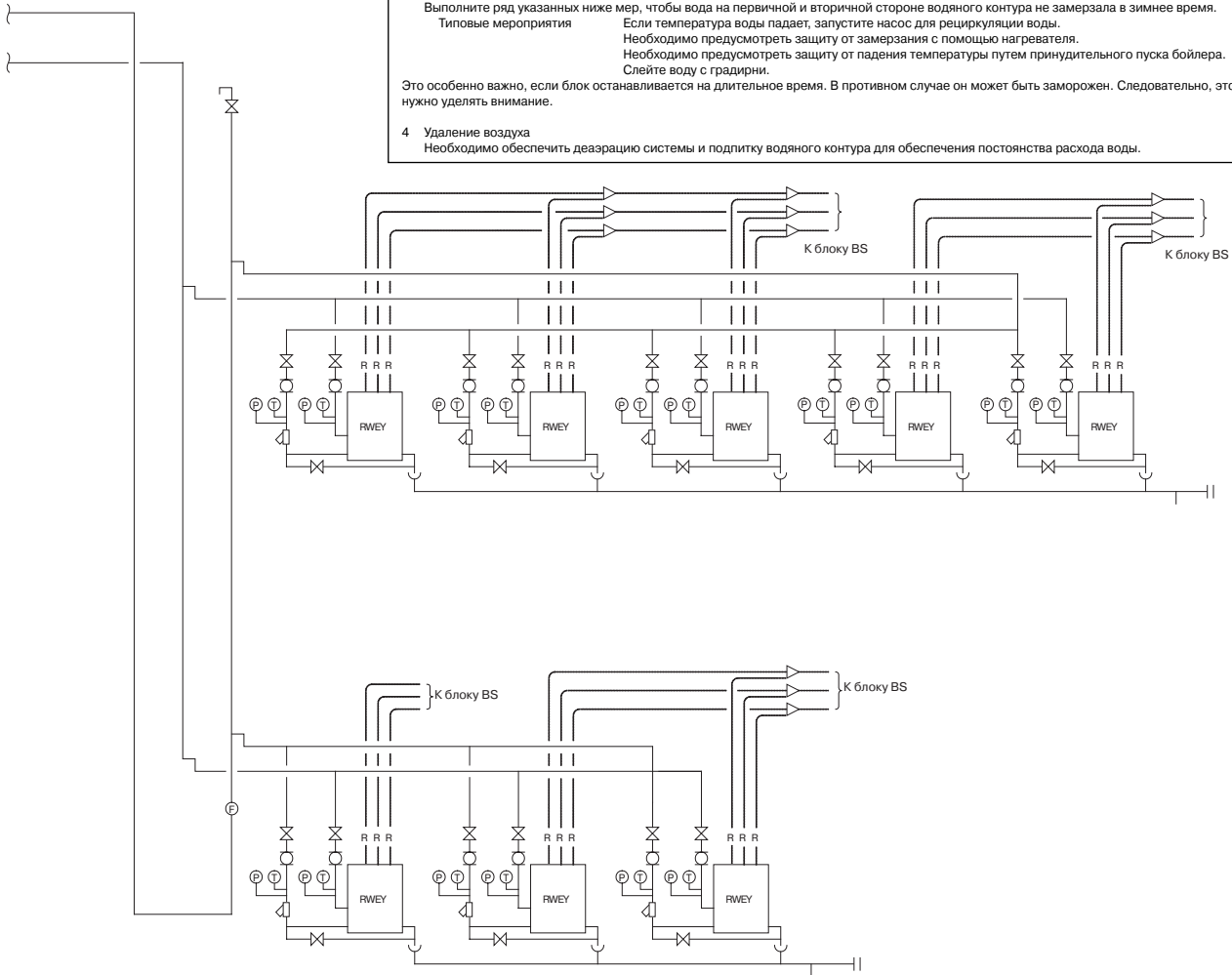
### С рекуперацией тепла от нескольких систем через водяной контур



**Примечание**  
Эта принципиальная схема предназначена только для справочных целей. На практике схемы могут изменяться в зависимости от проектов. Поэтому по вопросам проектирования и конструкции системы обращайтесь в Ваш конструкторский отдел.

Ниже приводятся требования к проектированию системы, которые нужно полностью выполнять.

- 1 Температура**  
Рабочий диапазон водяного контура системы VRV в режимах охлаждения/нагрева (RWEY) должен быть в диапазоне от 10°C до 45°C. В системе нужно поддерживать температуру в пределах указанного диапазона с помощью двухпозиционного управления двухходовым регулирующим клапаном, трехходовым регулирующим клапаном, градирней или бойлером.
- 2 Качество воды**  
В водяном контуре системы VRV с водяным охлаждением RWEY требуется применение воды стабильного качества. Применяйте закрытую систему в водяном контуре, в случае открытых систем применяйте разделительные теплообменники.
- 3 Замораживание**  
В зимнее время для градирни необходимо предусмотреть защиту от замерзания воды.  
Выполните ряд указанных ниже мер, чтобы вода на первичной и вторичной стороне водяного контура не замерзала в зимнее время.  
**Типовые мероприятия**  
Если температура воды падает, запустите насос для рециркуляции воды.  
Необходимо предусмотреть защиту от замерзания с помощью нагревателя.  
Необходимо предусмотреть защиту от падения температуры путем принудительного пуска бойлера.  
Слейте воду с градирни.  
Это особенно важно, если блок останавливается на длительное время. В противном случае он может быть заморожен. Следовательно, этому нужно уделять внимание.
- 4 Удаление воздуха**  
Необходимо обеспечить деаэрацию системы и подпитку водяного контура для обеспечения постоянства расхода воды.



★ Если существует вероятность замерзания, необходимо установить нагреватель защиты от замерзания или слить воду из системы орошения в градирне. (Если вода из системы орошения слита, работа системы в режиме охлаждения в полном объеме должна быть ограничена.)