

Методика подбора компрессорно-конденсаторных блоков для приточных систем

Брух С.В.

Опубликовано в журнале [СОК №3 | 2017](#)

Рубрика:

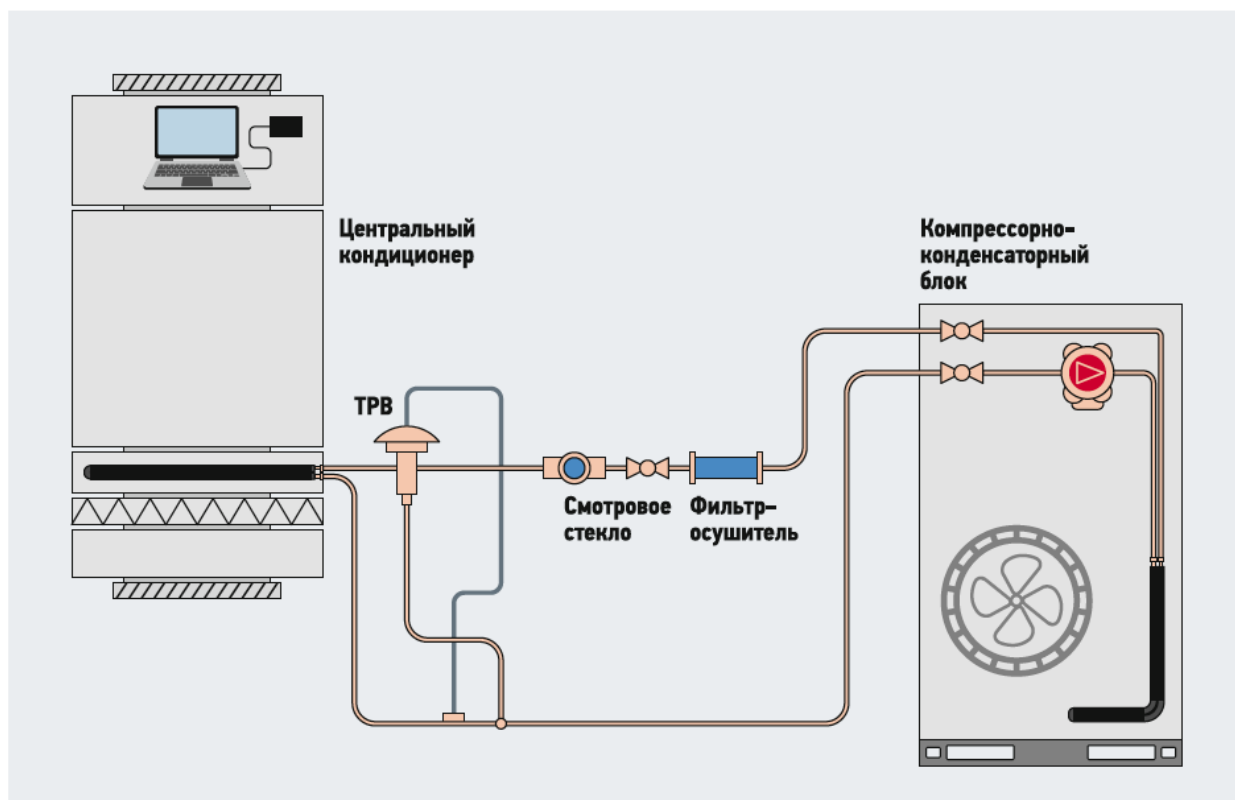
- [Кондиционирование, вентиляция](#)

Тэги:

- [Вентиляционное оборудование и комплектующие](#)

На практике автор часто сталкивается с множеством объектов реализации компрессорно-конденсаторных блоков (ККБ), в которых ККБ либо вообще не работают, либо в процессе эксплуатации очень быстро выходят из строя. Анализ этих фактов показывает, что причина — в неправильном подборе ККБ и испарителя для приточной системы. Поэтому в статье рассмотрена стандартная методика подбора ККБ и показаны ошибки, которые допускаются при расчёте.

Компрессорно-конденсаторные блоки (ККБ) получают всё большее распространение при проектировании систем центрального охлаждения зданий (рис. 1). Преимущества их очевидны.



❖ Рис. 1. Стандартные ККБ с On/Off-компрессором и схема подключения к приточной установке

Во-первых, это цена одного киловатта холода. По сравнению с чиллерными системами охлаждение с помощью ККБ не содержит промежуточного хладоносителя, то есть воды или незамерзающих растворов, поэтому обходится дешевле.

Во-вторых, удобство регулирования. Один ККБ работает на одну приточную установку, поэтому логика управления едина и реализуется с помощью стандартных контроллеров управления приточных установок.

В-третьих, простота монтажа. Не нужно дополнительных воздуховодов, вентиляторов и т.д. Встраивается только теплообменник испарителя и всё. Даже дополнительная изоляция приточных воздуховодов часто не требуется.

На фоне таких замечательных преимуществ автор на практике сталкивается с множеством объектов реализации ККБ, в которых они либо вообще не работают, либо в процессе работы очень быстро выходят из строя. Анализ этих фактов показывает, что причина часто состоит в неправильном подборе ККБ и испарителя для приточки. Поэтому рассмотрим стандартную методику подбора ККБ и постараемся показать ошибки, которые допускаются при этом.

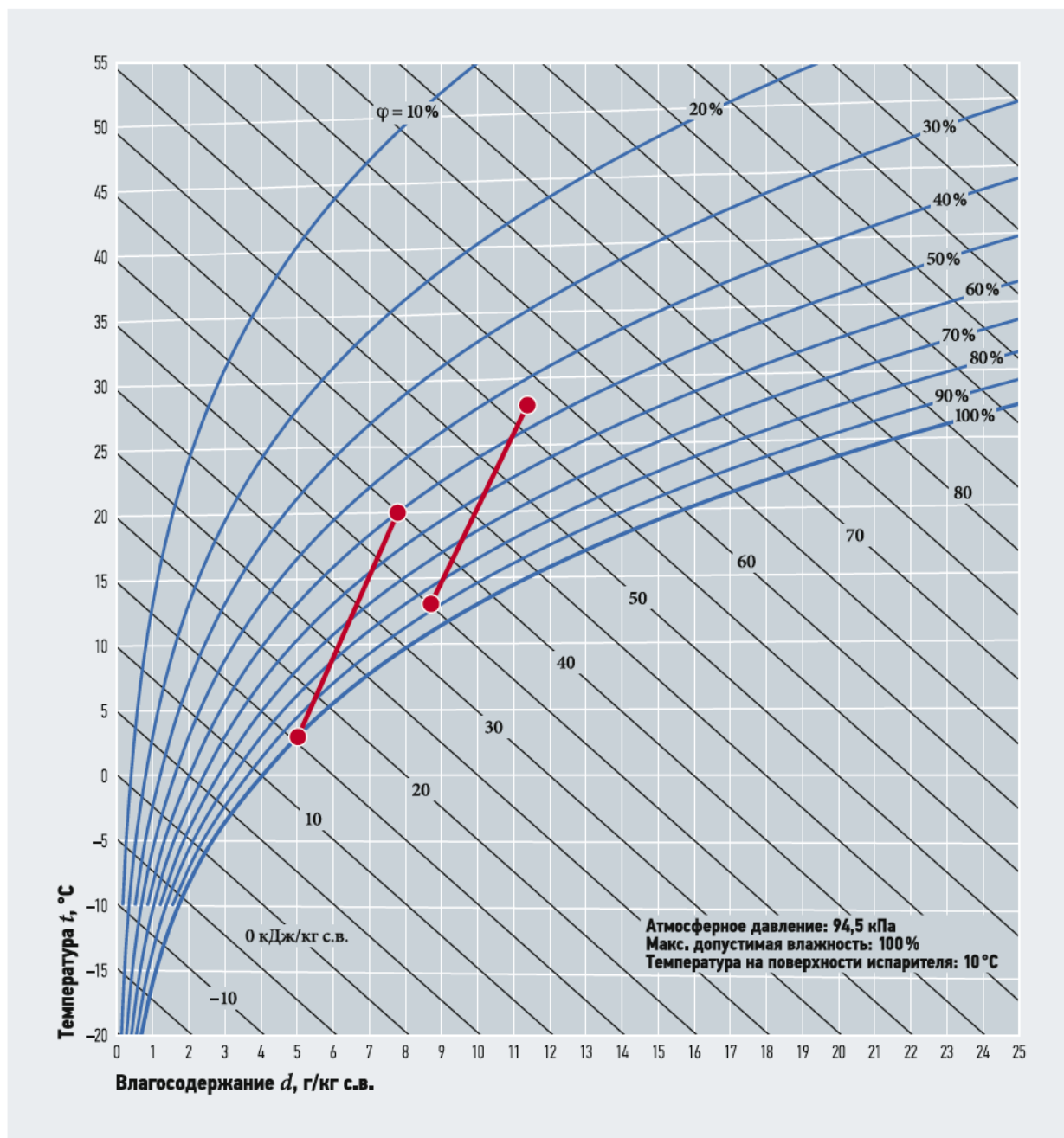
Подбор ККБ с On/Off компрессорами наружных блоков

Для начала опишем неправильную, но наиболее часто встречающуюся методику подбора ККБ и испарителя для прямооточных приточных установок.

Пример 1

1. В качестве исходных данных нам необходимо знать расход воздуха приточной установки. Зададим, например, 4500 м³/ч.
2. Приточная установка прямооточная, то есть без рециркуляции, работает на 100 % наружном воздухе.
3. Определим район строительства, например, город Москва. Расчётные параметры наружного воздуха: температура +28 °С и влажность 45 %. Их принимаем за начальные параметры воздуха на входе в испаритель приточной системы. Иногда параметры воздуха принимают «с запасом» и задают +30 °С или даже +32 °С.
4. Установим необходимые параметры воздуха на выходе из приточной системы, то есть на входе в помещение. Часто их задают на 5–10 °С ниже, чем требуемая температура воздуха в помещении. Например, +15 °С или даже +10 °С. Мы остановимся на среднем значении +13 °С.
5. Далее с помощью *i-d*-диаграммы строим процесс охлаждения воздуха в охладителе приточной установки (рис. 2). Определяем необходимый расход холода в заданных условиях. В нашем варианте требуемый расход холода составит 33,4 кВт.
6. Подбираем ККБ по требуемому расходу холода 33,4 кВт. В линейке компрессорно-конденсаторных блоков имеются ближайšie бóльшая и меньшая модели, например, на 28 и на 35 кВт холода.

7. Принимаем большую модель с запасом на 35 кВт (рис. 2).



❖ Рис. 2. i - d -диаграмма работы испарителя приточки при неправильном подборе ККБ

А теперь расскажем, что будет происходить на объекте при совместной работе приточной установки и ККБ, подобранного нами по вышеописанной методике.

Проблема первая – завышенная производительность ККБ

ККБ подобран на параметры наружного воздуха (температура +28 °C и влажность 45 %). Но заказчик планирует его эксплуатировать не только когда на улице +28 °C — в помещениях зачастую уже жарко за счёт внутренних теплоизбытков начиная с +15 °C на

улице. Поэтому на контроллере устанавливается температура приточного воздуха в лучшем случае +20 °С, а в худшем — ещё ниже. ККБ выдаёт либо 100 % производительности, либо 0 % (за редкими исключениями плавного регулирования при использовании наружных блоков VRF в виде ККБ). ККБ при понижении температуры наружного воздуха свою производительность не уменьшает, а фактически даже немного увеличивает за счёт большего переохлаждения в конденсаторе. Поэтому при понижении температуры воздуха на входе в испаритель ККБ будет стремиться выдавать и меньшую температуру воздуха на выходе из испарителя. При наших данных по расчётам получается температура воздуха на выходе +3 °С. Но этого быть не может, так как температура кипения фреона в испарителе +5 °С. Следовательно, понижение температуры воздуха на входе в испаритель до +22 °С (и ниже) в нашем случае приводит к завышенной производительности ККБ.

Далее происходит «недокипание» фреона в испарителе, возвращение жидкого хладагента на всасывание компрессора и, как следствие, неминуемый выход компрессора из строя из-за механического повреждения.

Но на этом наши проблемы не заканчиваются.

Проблема вторая – заниженный испаритель

Мы не можем отдельно рассматривать подбор ККБ и подбор испарителя, так как эти два элемента холодильной системы будут работать вместе. Давайте внимательно посмотрим на подбор испарителя. При подборе приточной установки задаются конкретные параметры работы испарителя. В нашем случае это температура воздуха на входе +28 °С и влажность 45 %, а на выходе +13 °С. Значит, испаритель подбирается именно на эти параметры. Но что будет происходить, когда температура воздуха на входе в испаритель будет, например, не +28 °С, а +25 °С? Ответ достаточно прост, если посмотреть на формулу теплопередачи любых поверхностей: $Q = kF(t_b - t_\phi)$.

Здесь k и F — коэффициент теплопередачи и площадь теплообмена, соответственно (они не изменятся — это постоянные величины), t_ϕ — температура кипения фреона (также не изменится, так как она в нормальном режиме работы поддерживается постоянной +5 °С), а вот t_b — средняя температура воздуха — станет меньше на 3 °С. Следовательно, и количество переданного тепла будет меньше пропорционально температурному перепаду. Но ККБ об этом «не узнает» и продолжит выдавать положенные 100 % производительности. Жидкий хладагент снова возвратится на всасывание компрессора и приведёт к вышеописанным проблемам. То есть расчётная температура воздуха на входе в испаритель является минимальной рабочей температурой ККБ.

Тут можно возразить: «А как же работа On/Off сплит-систем?» Расчётная температура в «сплитах» +27 °С в помещении, а фактически они могут работать до +18 °С. Дело в том, что в сплит-системах площадь поверхности испарителя подбирается с большим запасом (минимум 30 %) как раз для компенсации снижения теплопередачи при понижении температуры в помещении или снижении скорости вентилятора внутреннего блока.

Ну и, наконец, проблема третья — это подбор ККБ «с запасом».

Проблема третья – подбор ККБ «с запасом»

Запас по производительности при подборе ККБ крайне вреден, так как запас — это жидкий фреон на всасывании компрессора. В итоге имеем заклиненный компрессор. Максимальная производительность испарителя должна быть больше, чем производительность компрессора. Далее ответим на вопрос: «А как же правильно подбирать ККБ для приточных систем?»

Как правильно подобрать ККБ для приточных систем?

Во-первых, необходимо понимание того, что источник холода в виде компрессорно-конденсаторного блока не может быть единственным в здании. ККБ может только снять часть пиковой нагрузки, поступающей в кондиционируемое помещение с вентиляционным воздухом. А поддержание определённой температуры внутри помещения в любом случае ложится на местные доводчики (внутренние блоки VRF или фанкойлы). Поэтому ККБ должен не поддерживать определённую температуру приточного воздуха (это невозможно по причине On/Off-регулирования), а снижать теплоступления в помещении при превышении определённой наружной температуры.

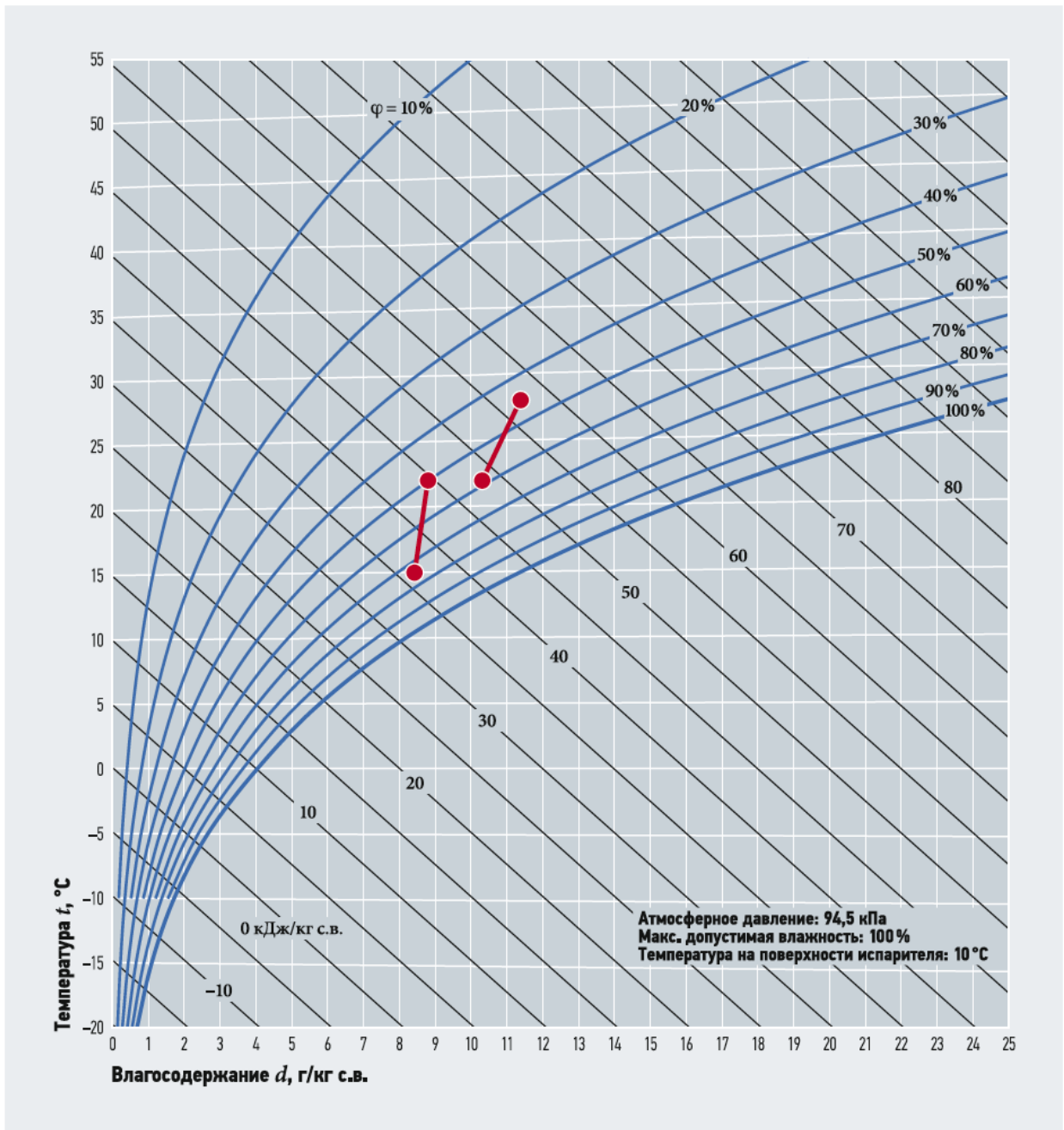
Пример 2

Исходные данные: город Москва с расчётными параметрами для кондиционирования: температура +28 °С и влажность 45 %. Расход приточного воздуха 4500 м³/ч. Теплоизбытки помещения от компьютеров, людей, солнечной радиации и т.д. составляют 50 кВт. Расчётная температура в помещениях +22 °С.

Производительность систем кондиционирования должна подбираться таким образом, чтобы её хватало при наихудших условиях (максимальных температурах наружного и внутреннего воздуха). Но системы также должны без проблем работать и при неких промежуточных вариантах. Причём большую часть времени системы кондиционирования работают как раз при нагрузке 60–80 %.

1. Задаём расчётные температуры наружного и внутреннего воздуха. То есть главная задача компрессорно-конденсаторного блока — охлаждение приточного воздуха до температуры в помещении. Когда температура наружного воздуха меньше требуемой температуры воздуха в помещении — ККБ не включается. Для Москвы от +28 °С до требуемой температуры в помещении +22 °С получаем разность температур 6 °С. В принципе, перепад температур на испарителе не должен быть больше 10 °С, так как температура приточного воздуха не может быть менее температуры кипения фреона.

2. Определяем требуемую производительность ККБ исходя из условий охлаждения приточного воздуха от расчётной температуры +28 °С до +22 °С. Получилось 13,3 кВт холода (рис. 3).



❖ **Рис. 3. i - d -диаграмма работы испарителя приточки при правильном подборе ККБ**

3. Подбираем ККБ по требуемой производительности 13,3 кВт. Подбираем ближайший меньший компрессорно-конденсаторный блок производительностью 10,5 кВт холода.

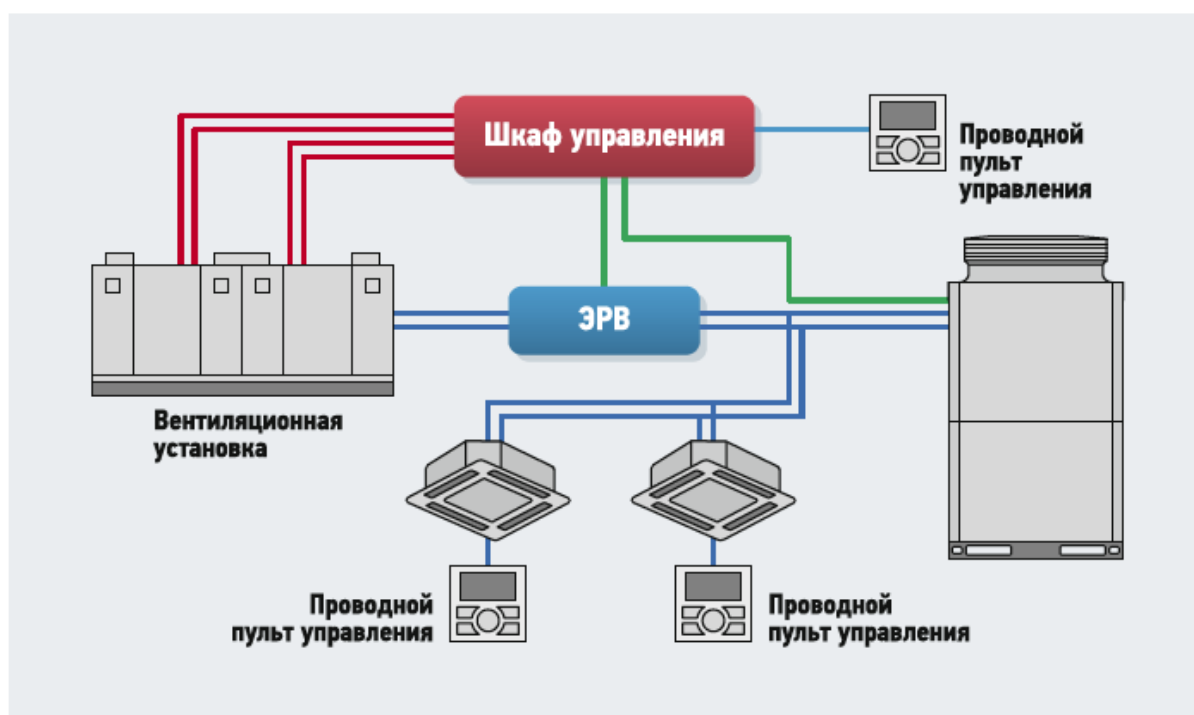
4. Подбираем испаритель приточки из наилучших для него параметров. Это температура наружного воздуха, равная требуемой температуре в помещении (в нашем случае +22 °С). Производительность испарителя по холоду равна производительности ККБ, то есть составит 10,5 кВт. Плюс запас по производительности 10–20 % на случай загрязнения испарителя и т.д.

5. Определяем температуру приточного воздуха при температуре наружного воздуха +22 °С — получаем 15 °С. Выше температуры кипения фреона +5 °С и выше температуры точки росы +10 °С, значит, изоляцию приточных воздуховодов можно не делать (теоретически).

6. Определяем оставшиеся теплоизбытки помещений. Получается 50 кВт внутренних теплоизбытков плюс небольшая часть от приточного воздуха, вычисляемая как $13,3 - 10,5 = 2,8$ кВт. Итого 52,8 кВт — это расчётная производительность для систем местного регулирования.

Вывод для On/Off ККБ: основная идея, на которую хотелось бы обратить внимание — это необходимость расчёта компрессорно-конденсаторного блока не на максимальную температуру наружного воздуха, а на минимальную в диапазоне эксплуатации ККБ.

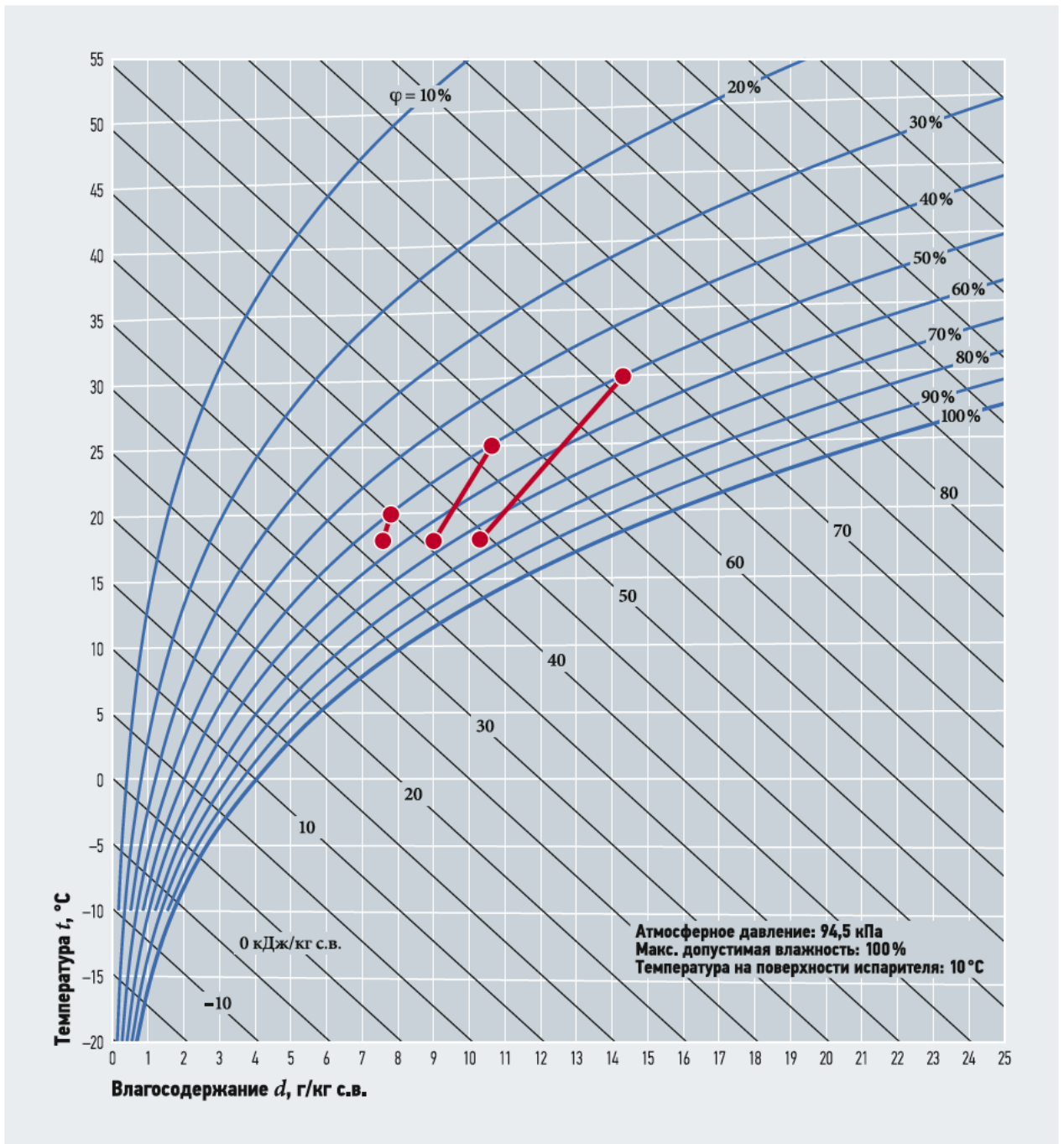
Расчёт ККБ и испарителя, проведённый на максимальную температуру приточного воздуха, приводит к тому, что нормальная работа будет только при диапазоне наружных температур от расчётной температуры и выше. А если температура на входе испарителя ниже расчётной — будет неполное кипение хладагента в испарителе и возврат жидкого хладагента на всасывание компрессора, что приведёт к выходу из строя компрессорно-конденсаторного блока.



❖❖ **Рис. 4. Подключение приточной установки к наружному блоку VRF**

Подбор ККБ с инверторными компрессорами наружных блоков (VRF) Идея использовать наружные блоки VRF-систем в качестве компрессорно-конденсаторного блока интересна и обладает множеством преимуществ по сравнению с традиционным вариантом On/Off ККБ (рис. 4):

1. Больше возможная длина трубопроводов (до 165 м у VRF и 30 м у On/Off).
2. Больше возможный перепад высот (до 90 м у VRF и 15 м у On/Off).
3. Выше энергоэффективность за счёт инверторного привода.
4. Возможно подключение нескольких потребителей к одному наружному блоку VRF.
5. Возможно поддержание требуемой температуры приточного воздуха (рис. 5).



❖ Рис. 5. Охлаждение приточного воздуха в расчётный и переходные периоды с помощью VRF

За счёт плавного регулирования производительности возможен подбор на большой перепад температур приточного воздуха в испарителе. Температура кипения фреона всегда поддерживается одинаковой +5 °C. Диапазон регулирования загрузки наружного блока может быть в диапазоне от 10 до 100 %.

Пример 3: подбор наружного блока VRF-системы в качестве ККБ

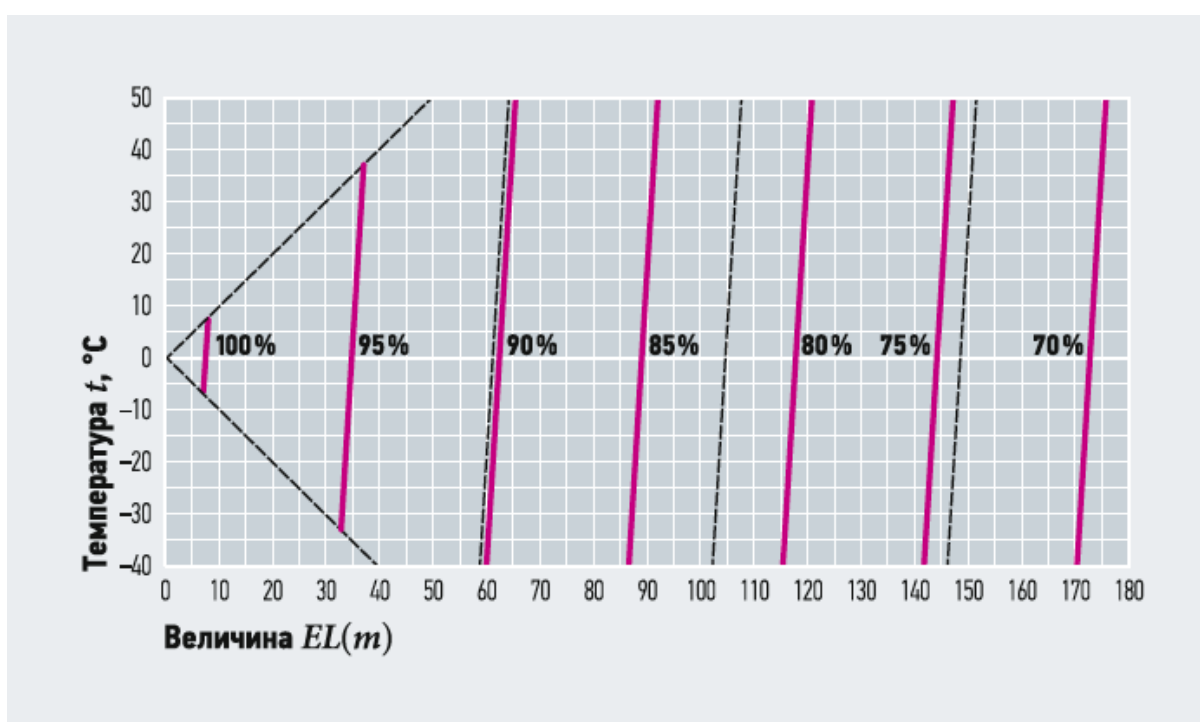
Исходные данные: город Москва с расчётными параметрами для кондиционирования — температура +28 °C и влажность 45 %. Расход приточного воздуха — 4500 м³/ч. Необходимо охладить приточный воздух до температуры +18 °C и поддерживать температуру притока постоянной.

1. Определяем по i - d -диаграмме требуемый расход холода. Получилось 24,4 кВт.

2. Подбираем ближайший бóльший наружный блок (поскольку инверторные технологии позволяют с лёгкостью уменьшить производительность) производительностью 28 кВт холода. Наружный блок может быть гораздо больше, если испаритель приточной установки является лишь частью большой системы охлаждения здания.

3. Поскольку наружный блок находится на расстоянии 50 м от испарителя, его производительность станет меньше на коэффициент потерь по длине. Согласно рис. 6 этот коэффициент равен 0,92. Значит, фактическая производительность наружного блока будет составлять величину $28 \times 0,92 = 25,7$ кВт. Это больше требуемых 24,4 кВт, значит, этот наружный блок подходит.

4. Подбираем стандартный контроллер по диапазону производительности: подходит модель с диапазоном производительности 16–56 кВт. В состав контроллера входит клапан регулирования производительности ЭРВ, плата управления производительностью и проводной пульт управления.



❖ Рис. 6. Уменьшение производительности наружных блоков VRF

Выводы

Использование VRF-систем в качестве ККБ обладает многими преимуществами: большая длина трубопроводов, большой перепад высот, высокая энергоэффективность. Но главное — способность поддерживать требуемую температуру приточного воздуха в широком диапазоне. Недостаток наружных блоков VRF в качестве ККБ всего один — цена. Стоимость комплекта «наружный блок, блок регулирования и пульт» примерно в два раза выше, чем у стандартных ККБ с On/ Off-компрессором.

Источник: <https://www.c-o-k.ru/articles/metodika-podbora-kompressornokondensatornyh-blokov-dlya-pritochnyh-sistem>