



# Универсальный ЦОД с прямым охлаждением уличным воздухом

**Сергей БЕЛ,**  
независимый  
эксперт  
[bsv17@list.ru]

Российские дата-центры с прямым охлаждением ЦОДа уличным воздухом (fresh air cooling) можно посчитать по пальцам. Хотя и климат у нас подходящий, и преимущества таких систем более чем весомы: как минимум налицо существенная экономия бюджета на создание ЦОДа и кратное сокращение затрат на охлаждение. Но не только это. В статье рассмотрены некоторые аргументы противников систем прямого охлаждения и приведены доводы, которые, возможно, позволят развеять сомнения и сподвигнут к использованию этой прогрессивной концепции в ЦОДе.

**М**ассовому использованию в России систем прямого охлаждения уличным воздухом мешают некоторые стереотипы и отсутствие успешного публичного опыта эксплуатации fresh air cooling систем в нашей стране. Однако распространение в последние пару лет специализированного вычислительного оборудования для майнинга криптовалют позволило довольно быстро сформировать компетенции в данном направлении.

Как показывает практика, десятки специализированных ЦОДов и многие десятки тысяч специальных blockchain-вычислителей устойчиво работают при прямом охлаждении наружным воздухом. Не все майнинговые дата-центры пригодны для использования традиционного серверного оборудования, но приведенная ниже компоновка изначально создавалась именно под задачи распространенных ИТ-систем. Однако испытать решения и отработать все их детали удалось только при экстремально высоких нагрузках, создаваемых специальными вычислителями майнинговых пулов. Стоит отметить, что надежность таких устройств значительно ниже, чем у любых даже самых дешевых серверов, предназначенных для традиционных задач. Но если даже вычислители низкой надежности прекрасно работают в ЦОДе, где

используется охлаждение наружным воздухом, то и обычное ИТ-оборудование будет чувствовать себя как минимум не хуже. С учетом того, что для внедрения элементов цифровой экономики потребуется множество новых современных ЦОДов, использование fresh air cooling целесообразно и экономически оправдано, в том числе на уровне государственных проектов.

Тем не менее и сегодня еще можно услышать аргументы против использования fresh air cooling в ЦОДах. Озвучиваются они сторонниками традиционных систем охлаждения (в т.ч. адиабатических или использующих принцип непрямого фрикулинга). Все возражения можно свести к четырем основным тезисам:

1. При прямом охлаждении уличным воздухом ИТ-оборудование будет перегреваться и быстро выйдет из строя.
2. В таких ЦОДах невозможно обеспечить условия микроклимата для надежной работы требовательного к условиям эксплуатации ИТ-оборудования, такого как серверы масштаба предприятия, дисковые системы хранения данных и ленточные библиотеки.
3. При прямом охлаждении уличным воздухом невозможно управлять относительной влажностью воздуха внутри ЦОДа.
4. Уличный воздух принесет в машинный зал загрязнения, которые быстро выведут из строя ИТ-оборудование.

Однако все эти утверждения имеют обоснованные контраргументы. Рассмотрим каждый из них в отдельности. Итак...

## Fresh air cooling и высокая температура воздуха внутри ЦОДа

Большинство современных производителей серверов гарантируют работоспособность новых моделей при температуре воздуха на входе в устройство до +40 °С. Компании, выпускающие сетевое оборудование, заявляют о возможности эксплуатации своих систем в еще более широком диапазоне температур. Рамки допустимых значений относительной влажности воздуха для большей части современного ИТ-оборудования составляют от 15 до 80 %.

Измерения уличной температуры в Москве, которые сохраняются в архивах метеостанций каждые три часа, показывают, что в районе ВДНХ за 10 лет наблюдений температура выше +35 °С в среднем наблюдалась не более восьми часов в год. Температура в интервале от +30 до +35 °С — суммарно в течение 55 часов, а от +25 до +30 °С — не более 273 часов в год. Все остальное время (в среднем 8424 часа, или 96,16 % года) температура уличного воздуха была ниже +25 °С.

При том что температура +25 °С отвечает самым жестким рекоменда-

циям ASHRAE Standard 90.4–2016 для оборудования группы A1, касающимся микроклимата в ЦОДах. Итак, температура выше +25 °С бывает в Московском регионе менее 4% дней в году, причем не постоянно, а эпизодически, по несколько часов в сутки. То есть длительной работы серверов в условиях повышенных температур не будет. Даже при самой высокой уличной температуре микроклимат внутри дата-центра не выйдет за рамки рекомендаций стандарта ASHRAE для большей части ИТ-оборудования. Соответственно, не будет и отказа, например, производителя серверов или СХД от гарантийных обязательств.

Следует учитывать еще один фактор. В последнее время жизненный цикл серверов постоянно сокращается. Сейчас большая часть вычислительного оборудования работает менее пяти лет: за это время оно устарева морально и его эксплуатация становится невыгодной. Вендоры, производящие надежное оборудование, без особых проблем расширяют гарантию до пяти лет, причем стоимость такого расширения будет меньше, чем экономия на энергопотреблении системы охлаждения. А если производитель наотрез отказывается от продления гарантии, это повод за-

думаться о том, стоит ли использовать такие серверы.

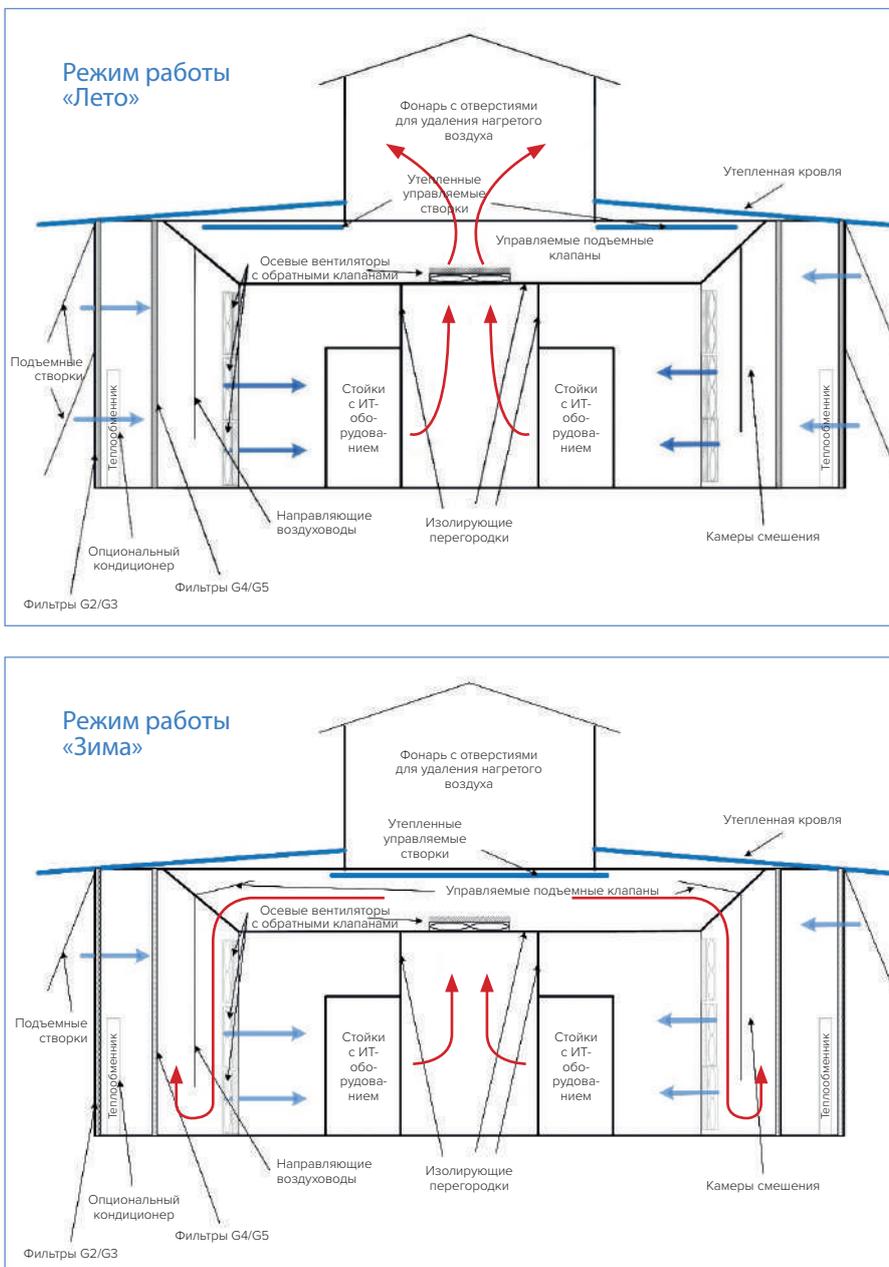
## Для особо требовательного к параметрам микроклимата ИТ-оборудования — выделенная зона

Для гарантированного обеспечения идеальных условий эксплуатации оборудования целесообразно разделить машинный зал ЦОДа на изолированные зоны с разными условиями поддержания внутреннего микроклимата. Относительно небольшой участок общего пространства можно выделить для размещения оборудования группы A1 (самого чувствительного к микроклимату), на которое придется, скажем, 10–20% всех стоек. Этот участок можно снабдить дополнительными холодильными машинами, резервными ультразвуковыми парогенераторами и осушителями. Кондиционеры-«доохладители», если речь идет о ЦОДе в Московском регионе, будут использоваться только 336 часов в году — в самое жаркое время.

К тому же использовать кондиционеры, которым не придется работать зимой, гораздо проще и дешевле, чем всепогодные системы. Нет необходимости в зимних комплектах, не нужны мощные вентиляторы и средства прецизионного поддержания выходной температуры в воздушном потоке. Подготовка воздуха на входе в серверы будет выполняться за счет специальной архитектурной компоновки ЦОДа. Вполне подойдут полупромышленные кондиционеры. Холодопроизводительность таких машин нужна всего на 20% от общей мощности ЦОД. Проблем, связанных со снижением относительной влажности воздуха до критически низких параметров, при использовании полупромышленных кондиционеров в замкнутом пространстве не будет, поскольку в машинный зал постоянно подается большой объем свежего воздуха естественной влажности.

## Управление влажностью в ЦОД при использовании fresh air cooling

Прямое осушение или увлажнение в незамкнутой воздушной системе невозможно. Но в любом случае ЦОД с прямым охлаждением должен иметь специфичную внутреннюю ком-



▲ Рис. 1. Схема охлаждения ИТ-оборудования в дата-центре с помощью системы fresh air cooling в летний и зимний периоды



▲ Рис. 2. Высоконагруженные стойки с ИТ-оборудованием, охлаждаемые с помощью прямой подачи наружного воздуха

поновку с разделением воздушных потоков «входного» и нагретого воздуха и камерой смешения холодного и нагретого воздуха. В зимнее время года в ЦОДе необходимо обеспечивать подогрев уличного воздуха, этот же исполнительный механизм управления используется для регулирования относительной влажности. На практике такой способ отлично работает. Путем частичного смешивания «входного» потока влажного уличного воздуха с нагретым «выходным» потоком уменьшается относительная влажность входящего в сервера воздуха до приемлемых значений. Чтобы избежать сомнений со стороны особо осторожных пользователей, в выделенной зоне ЦОДа с оборудованием группы А1 в качестве дополнительной системы управления влажностью можно использовать резервные ультразвуковые парогенераторы и осушители, но практика показывает, что в этом нет необходимости.

### Фильтрация уличного воздуха при прямом охлаждении

Уличный воздух загрязнен всегда, но в разной степени. Не стоит располагать ЦОД с прямым охлаждением рядом с промышленным предприятием с большим объемом выбросов загрязняющих веществ в атмосферу или рядом с нагруженной автомагистралью. Но если воздух имеет средний уровень загрязнений, обеспечить

его очистку до приемлемого уровня не является технической проблемой. Использование системы двухуровневой фильтрации на основе мембран из ретикулированного пенополиуретана позволит экономично очищать воздух при очень большом объеме воздухообмена. Общая компоновка оригинальной системы fresh air cooling в быстровозводимом здании приведена на **рис. 1**. Данная концепция апробирована на практике в помещении промышленного цеха, в форм-факторе контейнера и в бывшем складском помещении. Однако лучшим вариантом является реализация во вновь возводимом сооружении. Быстровозводимое здание или специальный блок-контейнер выходит дешевле как на этапе создания, так и с точки зрения эксплуатационных издержек, в том числе за счет более удобного обслуживания.

Более полутора лет практической эксплуатации ЦОДов, которые выполнены согласно концепции, приведенной на рисунке 1, показали, что все системы работают без сбоев, в том числе при нагрузках на одну стойку до 52 кВт (**рис. 2**).

Специальные серверы работают устойчиво даже при полном отключении встроенных в их корпус вентиляторов. Уровень относительной влажности поддерживается в заранее заданном интервале (например, 15–25 или 25–35%), точка конденсации также контролируется. Эти данные по-

лучены на основе наблюдения за работой нескольких реальных ЦОДов, расположенных в Поволжье, где климатические условия более жесткие, чем в Москве: лето в этом регионе очень сухое и жаркое. Использование на втором уровне фильтрации уличного воздуха материалов очистки класса G4/G5, конечно, не обеспечит «чистого помещения». Но не стоит идеализировать и традиционные ЦОДы: на практике классический «закрытый» дата-центр практически никогда не бывает действительно чистым, особенно если при отделке использованы «пылящие» финишные покрытия или обеспыливание черного пола было выполнено с нарушениями технологии (в этом случае высокоскоростные воздушные потоки постоянно выдувают цементную пыль).

### Варианты реализации fresh air cooling в ЦОДе

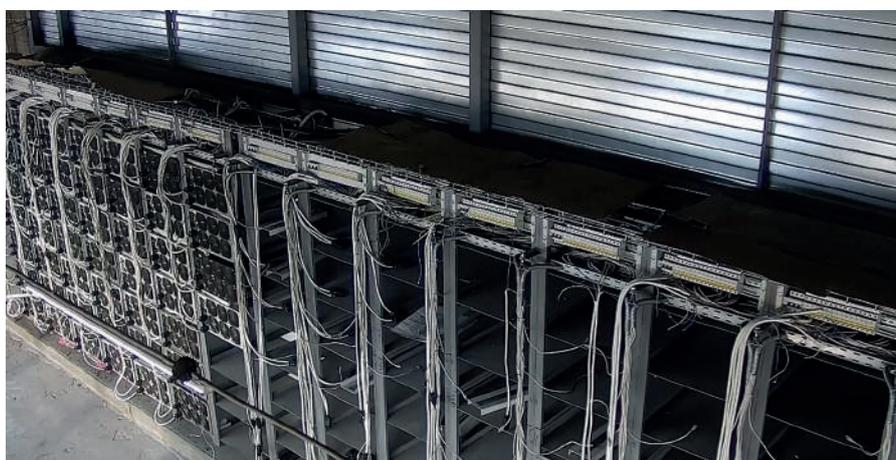
ЦОД с системой прямого охлаждения наружным уличным воздухом можно разместить в имеющемся подходящем сооружении, например, в промышленном цеху с высокими потолками или в складском помещении (**рис. 3**).

Сам зал должен соответствовать нескольким требованиям: иметь не слишком большую ширину — 12–15 метров; высоту перекрытий более 5 метров; несущий каркас. С внешней стороны двух противоположных стен необходимо предусмотреть расстояние для свободной циркуляции воздушных

потоков, оно должно быть не менее 8–10 метров до ближайшего препятствия. Кровля помещения должна быть такой, чтобы ее можно было частично демонтировать.

Расположено такое сооружение должно быть не ближе, чем в 500 метрах от источников загрязнения воздуха. Необходимо учитывать, что особенности компоновки предполагают серьезную строительную подготовку: демонтаж большей части ограждающих конструкций и части кровли; обеспыливание всех имеющихся поверхностей; изготовление новых конструктивных элементов,

- классических стоечных 1–4U серверов для кластеров Hadoop;
- блейд-серверов;
- специальных систем для высокопроизводительных вычислений (High Performance Computing, HPC);
- стоек с серверами, выполненных по стандарту Open Computer Project (OCP) v.1 и v.2;
- специальных вычислителей для криптоматематики на основе ASIC и GPU;
- специальных вычислителей на основе графических ускорителей для нейросетей и задач машинного обучения (machine learning).



▲ Рис. 3. Вариант исполнения системы fresh air cooling (вид внутри машинного зала)

которые предназначены для крепления исполнительных механизмов системы охлаждения — мощных вентиляторов, специальных управляемых створок, изолирующих перегородок. По сути, внутри старого помещения потребуется собрать новый металлический каркас, а 70–80 % старых ограждающих конструкций придется демонтировать. Именно поэтому размещать систему прямого воздушного охлаждения ЦОДа проще и дешевле во вновь создаваемом быстровозводимом здании либо использовать для этого специально сконструированный блок-контейнер, в котором все будет подготовлено уже на заводе.

Подведем итог всего вышесказанного. ЦОД, оснащенный системой охлаждения fresh air cooling оригинальной конструкции (рис. 1), подходит для размещения любых типов ИТ-оборудования, а именно:

- унаследованных серверов масштаба предприятия, дисковых систем хранения данных, ленточных библиотек;

Основные преимущества систем fresh air cooling:

- Сокращение капитальных затрат на создание ЦОДа на 40 % и более.
- Экономия потребления электроэнергии системами охлаждения в шесть раз по сравнению с классическими кондиционерами. PUE с учетом энергопотребления встроенных в серверы вентиляторов составляет менее 1,07.
- Соответствие рекомендациям ANSI/ASHRAE Standard 90.4–2016 при надежности до TIER IV.
- Возможность постепенного наполнения ЦОДа ИТ-оборудованием с мощностью на стойку до 52 кВт.
- Гарантированная работа в широком диапазоне температур уличного воздуха от -45 до +40 °С.
- Сжатые сроки введения в эксплуатацию. В случае с быстровозводимым зданием реализация проекта занимает от двух месяцев. Форм-фактор контейнера позволяет сократить это время до нескольких дней.

## Когда использование fresh air cooling ЦОД дает неоспоримые преимущества

**ПРИМЕР 1.** При использовании серверов, выполненных по спецификации Open Computer Project (OCP), требуется обеспечить огромный поток охлаждающего воздуха на каждый шкаф. Это форм-фактор специальных шкафов с единой объединительной панелью (back plain), к которой подключаются серверы. Эта концепция предназначена для снижения совокупной стоимости создания и владения дата-центрами и подразумевает использование системы прямого охлаждения уличным воздухом. Учитывая, что подобные шкафы могут вмещать в себя оборудование мощностью до 48 кВт, использование холодильных машин обойдется очень дорого, а необходимость специальных мер по организации воздушных потоков приведет к еще большему увеличению и бюджета проекта, и эксплуатационных затрат. Стоимость создания мощной системы охлаждения на основе чиллеров и оплата электроэнергии, потребляемой этими холодильными машинами, может свести на нет все преимущества OCP-серверов.

**ПРИМЕР 2.** Достаточно распространенная ситуация, когда на момент начала строительства ЦОДа нет точной информации, какой именно тип ИТ-оборудования будет установлен через год или два после ввода объекта в эксплуатацию. В традиционном ЦОДе, рассчитанном на теплоотвод 10 кВт на стойку, разместить через некоторое время шкафы с тепловыделением 30–40 кВт практически невозможно. В предложенном варианте дата-центра с fresh air cooling без каких бы то ни было переделок можно установить любое оборудование с потреблением от нескольких киловатт на стойку до 52 кВт (это проверено на практике) и самыми разными требованиями к объему охлаждающего воздуха. Любой «зоопарк» самого разнообразного ИТ-оборудования будет находиться в нормальных условиях эксплуатации. ■

Если вы хотите оставить комментарии к статье, воспользуйтесь данным QR-кодом.

