

Теоретические основы
Технические решения
Конкурентные
преимущества
и рыночные
перспективы
Информационной
бюллетень № 01/2018

Аэроионная Технология охлаждения для ЦОД, аппаратных связи и АСУ ТП

Практика всегда должна быть основана
на хорошем знании теории.

Леонардо да Винчи

Информационный бюллетень подготовлен специалистами **ОБК МАК** по результатам НИОКР, выполненными научными сотрудниками и инженерами организации в период с 2012 по 2017 годы. Данный документ содержит: исчерпывающую информацию по обоснованию актуальности внедрения альтернативной технологии охлаждения IT-оборудования; теоретические и технические основы построения нового поколения систем кондиционирования дата-центров, аппаратных связи, АСУ ТП и т.п.; оценку общих конкурентных преимуществ Аэроионных систем охлаждения радиоэлектронного оборудования, общие и частные отраслевые рекомендации по наиболее эффективному внедрению предлагаемого ноу-хау.

Техническая информация, включенная в Бюллетень, предназначена для свободного использования, копирования и распространения.

ОКБМАК

<http://okbmak.net>

info@okbmak.net

Оглавление

Введение.....	3
1. Потребность отрасли в новой технологии охлаждения ИТ-оборудования.....	4
1.1 Преимущества и недостатки классической технологии воздушного охлаждения	4
1.2 Альтернативные методы охлаждения ИТ-оборудования.....	5
2. Расширенная термодинамическая модель теплопереноса в электронных устройствах	5
3. Аэроионная Технология охлаждения ИТ-оборудования	6
3.1 Теоретические основы Аэроионной Технологии охлаждения	7
3.2 Сравнительный анализ преимуществ Аэроионной Технологии.....	7
3.2.1 Производительность.....	7
3.2.2 Энергоэффективность	8
3.2.3 Надежность	9
3.2.4 Мобильность	10
3.3 Базовые компоновочные решения для систем охлаждения дата-центров	10
3.4 Специфические аспекты внедрения Аэроионной Технологии.....	12
3.4.1 Производители ИТ-оборудования	12
3.4.2 Производители систем охлаждения для дата-центров	13
3.4.3 Владельцы и операторы дата-центров.....	13
3.5 Конкурентные преимущества и рыночные перспективы Аэроионной Технологии.....	14
3.5.1 Надежность серверного и сетевого оборудования ЦОД.....	14
3.5.2 Энергоэффективность системы охлаждения ЦОД	14
3.5.3 Мобильность/Автономность	14
3.6 Правовое обеспечение и независимая экспертиза разработки	15
Заключение	15

Введение

Импульсом для начала работ по предлагаемой тематике послужил коммерческий проект, в рамках которого требовалось создать дата-центр с максимальным уровнем мобильности и автономности. Предварительный анализ доступных технических решений показал, что если в части обеспечения механической прочности радиоэлектронных комплексов разработаны методики проектирования и на рынке присутствуют широкий спектр решений для построения структур с необходимыми прочностными характеристиками, то в части обеспечения температурных режимов работы IT-оборудования в отрасли последние годы наблюдается застой.

Современный рынок систем кондиционирования для дата-центров представляет собой очень сложный и противоречивый объект. С одной стороны это «большой бизнес» с ежегодным объемом продаж более 2 млрд. долларов и темпами роста в 11%. Мировое потребление электроэнергии уже эксплуатируемыми установками такого типа превышает 100 млрд. долларов в год. Но с другой стороны, холодильное оборудование, выпускаемое многочисленными как международными, так локальными вендорами уже много лет практически не отличается по своим потребительским свойствам, так как проектируется по единым «классическим» нормам. В тех же жестких «термодинамических» рамках вынуждены существовать и разработчики IT-оборудования.

Для поиска выхода из описанного «кризиса» в **ОКБ МАК** была инициирована специальная инвестиционная НИОКР. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования показали, что эффективность систем воздушного охлаждения IT-оборудования может быть многократно повышена как в части производительности, так и экономичности.

1. Потребность отрасли в новой технологии охлаждения IT-оборудования

1.1 Преимущества и недостатки классической технологии воздушного охлаждения

В современных дата-центрах воздушные системы охлаждения занимают доминирующее положение. Такая ситуация объясняется тем, что это техническое решение обладает уникальным комплексом конструктивных и эксплуатационных преимуществ: универсальность, масштабируемость, простота технической реализации и эксплуатации и т.п.

Однако нынешнему поколению систем воздушного охлаждения присущи и существенные недостатки, причем «неустранимого» характера, так как все производители систем технологического кондиционирования для дата-центров разрабатывают свои установки базируясь на единой термодинамической модели теплопереноса, в рамках которой эффективность удаления теплоизбытков ограничена допустимой частотой возникновения электростатических разрядов, а единственным механизмом борьбы с образованием статических зарядов трибоэлектрической природы является строго нормированное увлажнение потока охлаждающего воздуха. Такую ситуацию постулируют как международные стандарты (например TIA-942), так и отечественные нормативные документы (СН512-78). И хотя это техническое решение имеет многолетнюю историю применения и формально внесено во все отраслевые регламенты, такой подход имеет существенные недостатки - ограниченная эффективность как в части собственно защиты оборудования (даже при увлажнении охлаждающего воздуха около четверти отказов электронных устройств связаны с электростатическими разрядами, т.к. главный защитный компонент этой технологии, электропроводящая водяная пленка, на горячих и гидрофобных поверхностях не образуется), так и в части энергоэффективности. Каждый 4-й киловатт в энергобалансе дата-центра потребляется холодильным оборудованием для собственных нужд, другими словами - «греет небо». Кроме того, для некоторых потребителей IT-оборудования ощутимые потери могут нанести и другие «спутники» увлажненного воздуха, например электрохимическая атмосферная и биологическая коррозия.

Такое положение дел, разумеется, не устраивало специалистов отрасли. Последняя попытка решения проблемы была предпринята в 2011 году, когда американский Технический комитет ASHRAE 9.9 опубликовал «Директиву по микроклимату для ЦОД». В этом документе была введена классификация IT-оборудования и назначены расширенные (по сравнению с нормами стандарта TIA-942) допустимые диапазоны для температуры и влажности охлаждающего воздуха. Однако считать эту директиву решением проблемы можно лишь в минимальной степени, так как собственно термодинамическая модель отвода избыточного тепла от электронных компонентов осталась в этом документе прежняя, а за расширение рабочих диапазонов функционирования IT-оборудования и, как следствие, снижение издержек на создание и эксплуатацию систем кондиционирования дата-центров пользователи вынуждены будут расплачиваться ростом частоты отказов серверного и телекоммуникационного оборудования из-за электростатических разрядов трибоэлектрической природы.

1.2 Альтернативные методы охлаждения оборудования

IT-

Наряду с системами воздушного охлаждения производители IT-оборудования используют и альтернативные технические решения. Среди них наибольшее распространение получила технология жидкостного охлаждения. Оставив в стороне рассмотрение вариантов реализации этой технологии можно сформулировать общие преимущества и недостатки таких систем: высокая (по сравнению с воздушным охлаждением) производительность и энергоэффективность; но (!) низкая технологичность, высокая совокупная стоимость владения, пределы роста производительности и энергоэффективности ограничены фундаментальными гидродинамическими факторами (высокая вязкость, плотность, несжимаемость и т.п. жидкого теплоносителя).

Тем не менее, на настоящий момент жидкостным системам охлаждения отдают безусловный приоритет при построении высокопроизводительных вычислительных комплексов, суперкомпьютеров или специфических («имиджевых») дата-центров.

2. Расширенная термодинамическая модель теплопереноса в электронных устройствах

Предваряя описание новой расширенной термодинамической модели теплопереноса имеет смысл рассмотреть классическую стандартизованную технологию воздушного охлаждения.

Как было сказано выше, частота электростатических разрядов трибоэлектрической природы принята к качеству целевой функцией при решении задач оптимизации в математической модели теплопереноса при воздушном охлаждении компонентов IT-устройства. Состав переменных этой функции можно разделить на две группы - характеристики охлаждающего воздушного потока: скорость, температура, относительная влажность и характеристики охлаждаемого устройства: температура и гидрофильность активных поверхностей охлаждаемых элементов.

Характеристики охлаждаемых поверхностей едиными международными и национальными стандартами не нормируются, а определяются отраслевыми или корпоративными техническими регламентами. До конечного пользователя эта специфическая информация обычно не доводится и в качестве инструмента управления параметрами системы охлаждения не рассматривается.

Что касается термодинамических параметров охлаждающего потока, то они строго регламентированы и подлежат контролю и прецизионному управлению. Во всех нормативных документах приводятся примерно одинаковые значения оптимальной температуры и влажности на входе в охлаждаемое IT-устройство: относительная влажность $RH = 50\%$; температура $T = 20^\circ\text{C}$. На выходе из устройства такое соотношение температуры и влажности трансформируется следующим образом: $RH = 20\%$; $T = 37^\circ\text{C}$. Определяющим в этом цикле является значение относительной влажности в «отработанном» воздухе. Уровень 20% принят в качестве порога, после которого частота электростатических разрядов трибоэлектрической природы становится неприемлемо высокой. Скорость воздушного потока при этом сочетании температуры и влажности не должна превышать $300 \text{ м}^3/\text{час}$ на 1 кВт отводимого тепла. Такая функциональная

взаимозависимость между относительной влажностью, температурой и скоростью и определяет термодинамический предел для повышения удельной производительности и энергоэффективности систем кондиционирования дата-центров.

Для выхода из этого технологического и термодинамического тупика было принято решение отказаться от косвенного и ограниченно эффективного метода контроля за образованием электростатических зарядов трибоэлектрической природы (путем увлажнения воздуха до уровня выше 20%) и перейти к механизму прямой управляемой деионизации.

В рамках новой парадигмы поток охлаждающего воздуха в инновационной термодинамической модели описывается четырьмя НЕЗАВИСИМЫМИ параметрами: скорость, температура, относительная влажность и уровень первичной ионизации. Под уровнем первичной ионизацией понимается концентрация положительных аэроионов (катионов) в воздушном потоке на входе в охлаждаемое устройство. Формируется первичная ионизация за счет естественной ионизации воздуха и искусственной управляемой эмиссии катионов в охлаждающий поток. При прохождении ионизированного газа в зоне образования электростатического заряда на поверхности охлаждаемого элемента происходит электромагнитное взаимодействие, аэроион притягивается к отрицательно заряженной поверхности, происходит рекомбинация ионов и опасный электростатический заряд нейтрализуется. В рамках предлагаемой Аэроионной Технологии охлаждения дата-центров такая контролируемая эмиссия синтезированных катионов названа механизмом прямой управляемой деионизации.

Очевидно, что эффективность механизма прямой управляемой деионизации может достигать 100%, так как и генерация электростатических зарядов трибоэлектрической природы, и перенос катионов в зону рекомбинации происходит синхронно единым воздушным потоком. Из-за многообразия конструктивных решений, используемых при создании IT-оборудования, создание универсальной математической модели процесса деионизации практически невозможно. Потребная производительность эмиттера синтезированных аэроионов для гарантированной компенсации электростатических зарядов может быть адекватно определена только опытным путем. На специальных экспериментальных моделях установлено, что даже в предельных режимах на 1 кВт отводимого тепла генератор аэроионов потребляет не более 0,5 Вт электрической мощности.

Далее в тексте для идентификации таких специальных генераторов аэроионов будет использоваться термин **ИОНОТРОН (IONOTRON)**.

3. Аэроионная Технология охлаждения IT-оборудования

3.1 Теоретические основы Аэроионной Технологии охлаждения

Как было показано ранее, термодинамическая модель, лежащая в основе Аэроионной Технологии, оперирует с четырьмя независимыми параметрами: температура охлаждающего воздушного потока, скорость потока, относительная влажность воздуха и концентрация аэроионов. Такая независимость послужила основанием для кардинального пересмотра порядка назначения допустимых рабочих режимов охлаждения IT-оборудования, а именно:

- Скорость охлаждающего потока более не лимитируется трибоэлектрическими эффектами, а ограничивается только механической прочностью элементов электронного устройства (а в некоторых частных случаях еще и акустическими ограничениями эргономического свойства).
- Уровень относительной влажности охлаждающего воздуха ограничивается только по верхней границе (защита от короткого замыкания через водяную пленку), нижняя граница "снимается".
- Рабочий диапазон для температуры охлаждающего воздуха может быть существенно расширен, т.к. единственным объективным основанием для его назначения остается только "термопрочность" элементной базы электронной аппаратуры, все прочие ограничивающие факторы могут быть проигнорированы.

3.2 Сравнительный анализ преимуществ Аэроионной Технологии

3.2.1 Производительность

Количественное влияние факторов, перечисленных выше, на эффективность охлаждения IT-оборудования можно оценить, используя известное соотношение для расчета количества отводимого тепла:

$$Q = V t \rho c \Delta T,$$

где V – расход охлаждающего воздуха; t – время работы холодильного агрегата; ρ – плотность воздуха; c – теплоемкость воздуха; $\Delta T = (T_2 - T_1)$ – перепад температуры воздуха на выходе и входе в устройство.

Ранее было показано, что при стандартной технологии воздушного охлаждения один киловатт избыточного тепла отводится от устройства потоком воздуха с расходом 300 м³/час с перепадом температуры 17°C. В этом случае количество отводимого тепла определится таким образом:

$$Q_{ASHRAE} = 300 [\text{м}^3/\text{час}] \rho c (37 - 20) [^\circ\text{C}]$$

Аэроионная Технологии позволяет втроекратно повысить расход воздуха и существенно расширить перепад температур на входе и выходе из охлаждаемого устройства:

$$Q_{\text{ИОНОТРОН}} = 3 \cdot 300 \text{ t} \cdot c(45-5)^1$$

Сопоставляя уравнения теплопереноса для классической и Аэроионной Технологии охлаждения можно сделать однозначный вывод о том феноменальном потенциале, который заложен в предлагаемой инновационной разработке:

$$Q_{\text{ИОНОТРОН}} / Q_{\text{ASHRAE}} = 7,$$

т.е. внедрение Аэроионной Технологии охлаждения позволяет достигнуть 7-кратного прироста производительности системы охлаждения дата-центра.

Разумеется, с изменением температуры и влажности воздуха изменяются его плотность и теплоемкость. Однако, в рамках настоящего документа эти процессы рассматриваться не будут, т.к. абсолютные изменения этих параметров (плотность и теплоемкость) незначительны, а вклад этих флуктуаций в обобщенный механизм теплопереноса минимален.

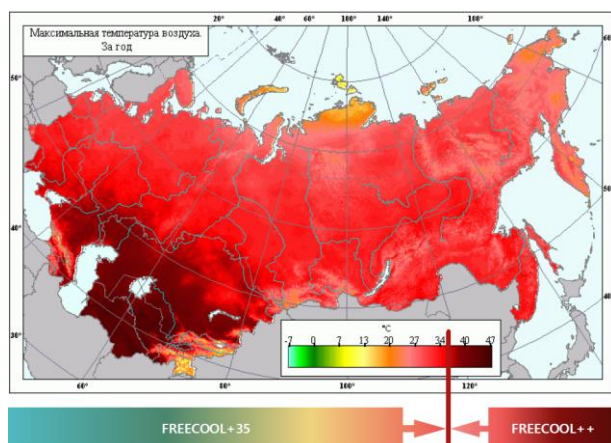
3.2.2 Энергоэффективность

Новые температурно-влажностные режимы охлаждения IT-оборудования, ставшие доступными с появлением Аэроионной Технологии, позволяют создавать системы технологического кондиционирования с таким уровнем энергоэффективности, который не могут достичь существующие решения для охлаждения дата-центров. В качестве иллюстрации этого факта предлагается сравнить инженерную инфраструктуру ЦОД на базе Аэроионной Технологии с сегодняшними технологическими лидерами этого сегмента рынка: **facebook** и **Microsoft**.

1. Дата-центр **facebook** в Лулео, Швеция. Применен круглогодичный прямой фрикулинг с дополнительным адиабатическим охлаждением и увлажнением дистиллированной водой. Энергоэффективность инженерной инфраструктуры PUE = 1,04 (без учета затрат на водоподготовку).
2. Дата-центр **Microsoft** в Дублине, Ирландия. Круглогодичный прямой фрикулинг без дополнительного адиабатического охлаждения и увлажнения. PUE = 1,17.
3. **IONOTRON-DC** – дата-центр с инженерной инфраструктурой на базе Аэроионной Технологии охлаждения. Для наиболее полной реализации преимуществ нового подхода к охлаждению IT-оборудования разработано два варианта исполнения системы кондиционирования:

¹ Указанные значения являются экспериментально подтвержденными, но не предельно допустимыми.

FREECOOL+35 - исполнение системы кондиционирования ЦОД **IONOTRON-DC** для умеренного климата. Температура воздуха $T \leq +35^{\circ}\text{C}$. Расход воздуха $300 \text{ м}^3/\text{час}$ на 1 кВт отводимого тепла (стандартный, без дополнительного подпора).



FREECOOL++ - исполнение системы **IONOTRON-DC** для жаркого климата. Температура воздуха $T > +35^{\circ}\text{C}$. Расход воздуха до $600 \text{ м}^3/\text{час}$ на 1 кВт отводимого тепла (увеличенный, с дополнительным подпором). Для оценки энергоэффективности инженерной инфраструктуры **IONOTRON-DC** в предельных режимах климатическая зона для площадки размещения ЦОД была максимально расширена – вся территория Российской Федерации (см. рис. 1):

Рис. 1. Максимальная температура воздуха на территории РФ с указанием зон применимости вариантов исполнения системы охлаждения **IONOTRON-DC**

Результат: расчетная оценка параметра «Энергоэффективность Инженерной Инфраструктуры» (Power Usage Effectiveness, PUE): $\text{PUE}_{\text{FREECOOL+35}} = 1.03$; $\text{PUE}_{\text{FREECOOL++}} \leq 1.05$.

Следовательно, среднегодовое значение PUE для дата-центра типа **IONOTRON-DC** в любом регионе России будет менее 1,04.

Суммируя приведенные данные, можно сделать однозначный вывод, что внедрение Аэроионной Технологии в системах кондиционирования дата-центров с режимом круглогодичного прямого охлаждения (Year-Round Direct Freecooling) обеспечивает наивысший в отрасли уровень энергоэффективности и минимизирует ограничения по географической (климатической) привязке подобных дата-центров.

3.2.3 Надежность

Универсальный межотраслевой алгоритм расчета экономического эффекта от внедрения новой технологии разработать практически невозможно, так как это требует одновременного учета очень большого массива разнородных факторов. Однако, для каждого отдельного потребителя (или типа потребителей) данная задача может быть формализована и корректно решена. Ниже приведена оценка экономического эффекта для предприятий топливно-энергетического комплекса (ТЭК) за счет снижения ущерба от аварий на производственных объектах.

По данным Ростехнадзора и МЧС РФ на предприятиях ТЭК ежегодно происходит (ориентировочно) 175 крупных аварий со средним ущербом на инцидент 37 млн. долларов. Одной из причин таких аварий является отказ системы АСУТП.

Системы такого типа в общем случае состоят из трех элементов: [компьютер/контроллер] + [источник (бесперебойного) питания] + [устройство передачи данных]. И теоретический расчет, и статистические данные (по предприятиям ПАО «ГАЗПРОМ») дают примерно одинаковое значение вероятности безотказной работы за год такого аппаратного комплекса: 0,37.

Используя экспертные оценки и обобщенные статистические данные по группе «ГАЗПРОМ», можно сделать следующий расчет:

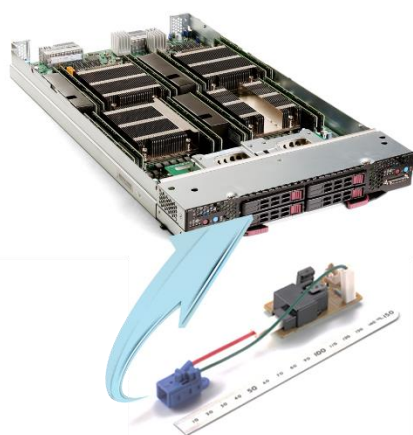
Общая частота аварий на управляющих комплексах РЭА	0,633
Общая частота аварий на управляющих комплексах РЭА, приведших к остановке технологического оборудования	0,317
Частота аварий на управляющих комплексах РЭА из-за электростатических разрядов	0,158
Частота «катастрофических» аварий из-за электростатических разрядов	0,00158
Потери за год на одну условную технологическую установку в ТЭК из-за электростатических разрядов на управляющей РЭА	\$ 58 500

Таким образом можно ожидать, что из-за снижения частоты отказов в управляющих радиоэлектронных аппаратных комплексах годовой экономический эффект от внедрения Аэроионной Технологии на каждую условную технологическую установку ТЭК составит **\$ 50 000**.

3.2.4 Мобильность

По уровню мобильности и автономности дата-центры типа **IONOTRON-DC** безусловные и единственные лидеры в отрасли. Внедрение Аэроионной Технологии позволяет не только снизить до минимума ту мощность, которую потребляет инженерная инфраструктура, но и полностью отказаться от обременительного и затратного принудительного доувлажнения воздуха (с сопутствующим подключением системы кондиционирования дата-центра к системам водоснабжения и канализации).

3.3 Базовые компоновочные решения для систем охлаждения дата-центров



На завершающем этапе НИОКР специалисты **ОКБ МАК** проанализировали все основные варианты использования аэроионного оборудования при охлаждении радиоэлектронных аппаратных комплексов и подготовили следующие рекомендации по оптимальным компоновочным решениям. Для тех приложений, где используются автономной единичное ИТ-оборудование (промышленное применение, связь и рынок SOHO) предлагается интегрировать **ИОНОТРОНЫ** непосредственно в корпус электронного устройства (см. рис. 2).

Рис. 2. Установка генератора аэроионов IONISSIMO (MURATA, Япония) в канал для забора воздуха сервера

Для объектов с «групповым» использованием ИТ-оборудования разработан модульный **ИОНОТРОН** для монтажа в серверный шкаф (см. рис. 3).



- ← Навесной биполярный эмиттер 0U
- ← Встраиваемый биполярный эмиттер 2U
- ← Блок питания
- ← Контроллер

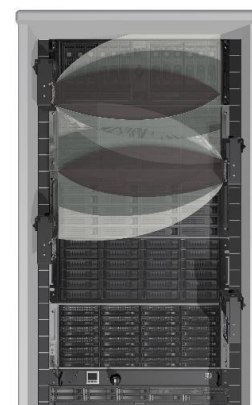


Рис. 3. Аппаратная реализация **ИОНОТРОНа** для монтажа в серверный шкаф

Эмиттеры аэроионов размещаются в зоне забора воздуха таким образом, чтобы обеспечить гарантированную эмиссию катионов в охлаждающий поток воздуха для всех потребителей с стойке. Предварительно положение исполнительных устройств можно определить на основании их диаграмм ионизации (см. рис. 4). Наличие в составе комплекта **ИОНОТРОНа** для монтажа в шкаф двух типов эмиттеров объясняется следующим образом: для серверных стоек на промышленных объектах важно обеспечивать механическую прочность инженерных систем. В этом случае предлагается использовать встроенной 19-дюймовое изделие высотой 2U.

Для прочих, например исследовательских, целей может быть полезен навесной эмиттер аэроионов типа 0U. Он может быть легко установлен/демонтирован на 19-дюймовую направляющую серверного шкафа вне зоны монтажа IT-оборудования.

Рис. 4. Диаграммы ионизации навесных биполярных ионизаторов 0U



После окончания монтажа стойки на работающем оборудовании проводится инструментальный контроль эффективности работы **ИОНОТРОНа**. Для этого в зону выхода отработанного воздуха каждого устройства на тыльной стороне серверного шкафа последовательно вводится датчик контроля эффективности деионизации (см. рис. 5).

Аналогичным образом этот прибор используется для контроля деионизации в серверных стойках ЦОД и в компоновочных решениях для крупных дата-центров, которые показаны ниже на рис. 6, 7 и 8.



Рис. 5. Датчик контроля эффективности деионизации в зоне забора контролируемого отработанного воздуха

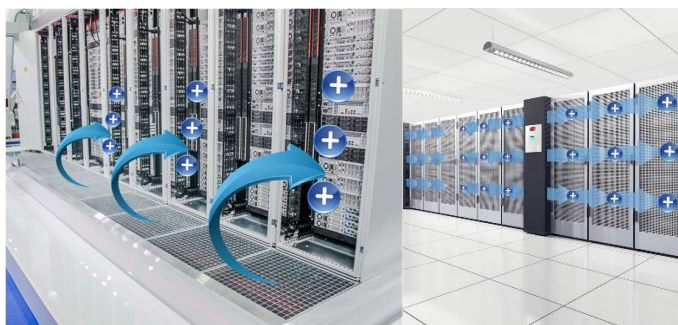


Рис. 6.
ИОНОТРОН интегрирован с вентиляционной решеткой фальшпола (зональная эмиссия катионов)



Рис. 7.
ИОНОТРОН интегрирован во внутрирядный кондиционер

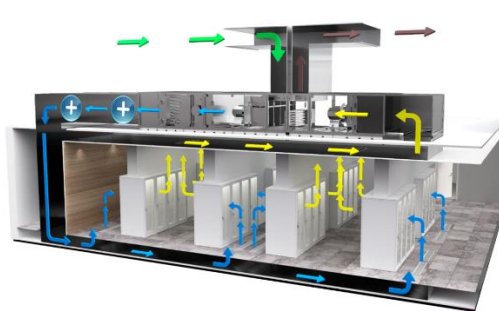


Рис. 8.
Аппаратная реализация **ИОНОТРОНа** с интеграцией эмиттера аэроионов в приточновытяжную вентиляционную установку

На рис. 8 изображена установка технологического кондиционирования, которая функционирует в режиме прямого охлаждения (Direct Freecooling). Такая схема является самой энергоэффективной в отрасли для систем охлаждения дата-центров.

Представленные технические решения можно рассматривать как типовые и универсальные. Для нестандартных инженерных задач могут быть разработаны специализированные **ИОНОТРОНЫ** с необходимыми габаритами, производительностью и реализуемому ионному балансу.

3.4 Специфические аспекты внедрения Аэроионной Технологии

3.4.1 Производители IT-оборудования

Максимальный эффект от внедрения Аэроионной Технологии производители IT-оборудования могут получить за счет вывода на рынок нового поколения «горячих» серверов. Как было показано ранее, при использовании в системе охлаждения IT-оборудования **ИОНОТРОНОВ** скорость охлаждающего потока может бытькратно увеличена. По той же причине может быть увеличен верхний предел температуры охлаждающего воздуха на входе из охлаждаемых устройств. Согласованное, но функционально независимое управление температурой и скоростью охлаждающего потока позволяет реализовать требуемую эффективность теплопереноса внутри серверов. В ходе экспериментов подтверждена возможность охлаждения энергонагруженных компонентов IT-оборудования воздушным потоком с температурой до +45°C без роста частоты отказов из-за перегрева электронных компонентов.

Температура потока на входе в устройство, в зависимости от решаемой задачи, может быть как повышена (для реализации режима круглогодичного фрикулинга), так и снижена (для стимулирования теплопереноса в энергонагруженных серверах и других подобных устройствах). Предварительные расчеты показали, что на основе Аэроионной Технологии можно построить систему воздушного охлаждения превосходящую по производительности решения с жидким теплоносителем.

Помимо решения фундаментальных задач по обеспечению роста производительности и энергоэффективности систем охлаждения IT-оборудования внедрение Аэроионной Технологии позволяет найти ответы и на ряд частных вопросов. Например, при проектировании своих изделий производители электронного оборудования вынуждены искать баланс между гидрофобностью и гидрофильностью используемых материалов и покрытий, так как классическая технология охлаждения увлажненным воздухом работает только на гидрофильных поверхностях, а для защиты от атмосферной и биологической коррозии наоборот требуется высокая гидрофобность. Для систем с охлаждением ионизированным воздухом эта проблема полностью снимается, т.к. гидрофильность охлаждаемых поверхностей не требуется. Более того, за счет организации специальной биполярной ионизации и озонирования воздушного потока можно радикально снизить вероятность появления очагов коррозии биологической природы.

3.4.2 Производители систем охлаждения для дата-центров

Производителям систем охлаждения для дата-центров Аэроионная Технология позволит вывести на рынок продукты и решения с недоступными ранее показателями энергоэффективности. Разумеется, максимальный эффект в этом направлении может быть получен только после появления на рынке нового поколения «горячих» серверов.

3.4.3 Владельцы и операторы дата-центров

Для владельцев и операторов дата-центров комплексное внедрение Аэроионной Технологии позволит ощутимо снизить совокупную стоимость владения как за счет минимизации затрат на строительство и эксплуатацию своих объектов, так и за счет сокращения на четверть частоты отказов серверов, систем хранения и телекоммуникационного оборудования.

Одним из позитивных моментов, стимулирующих проникновение Аэроионной Технологии в государственные, корпоративные и коммерческие дата-центры, можно считать широкое и глубокое внедрение в нашу жизнь облачных IT-технологий. При построении серверных фабрик для функционирования подобных сервисов возникает ситуация, когда наилучшим с технической и экономической точки зрения становится комплексное «монобрендовое» аппаратное решение. То есть, вместо поддержания работоспособности унаследованных и неэффективных платформ оператор дата-центра может и должен развернуть новую, производительную и эффективную IT-инфраструктуру.

Побочный положительный эффект от внедрения Аэроионной Технологии был обнаружен при проведении испытаний **ИОНОТРОНОВ** на реальных действующих промышленных объектах. Путем проведения объективного инструментального контроля удалось зафиксировать следующий факт: поддержание концентрации аэроионов на уровне верхней границы санитарной нормы по этому параметру обеспечивает существенное снижение статических зарядов не только на оборудовании и элементах интерьера, но и на теле человека. Т.е., применительно к человеку-оператору, **ИОНОТРОН** выполняет роль эффективного виртуального антистатического заземляющего браслета.

3.5 Конкурентные преимущества и рыночные перспективы Аэроионной Технологии

3.5.1 Надежность серверного и сетевого оборудования ЦОД

Переход от косвенных методов (увлажнение воздуха и т.п.) к физическим процессам прямого контроля за образованием и накоплением электростатических зарядов позволяет добиться практически 100% защиты РЭА от разрядов трибоэлектрической природы.

Рекомендуется к внедрению на объектах:

- Государственные и корпоративные ЦОД с высокими требованиями к доступности;
- Аппаратные АСУТП АЭС, ТЭК и т.п.;
- Аппаратные АС военного назначения.

3.5.2 Энергоэффективность системы охлаждения ЦОД

Отказ от увлажнения воздуха в пользу его контролируемой принудительной ионизации позволяет изменить режимы воздушного охлаждения РЭА и обеспечить широкое внедрение круглогодичного прямого фрикулинга.

Рекомендуется к внедрению на объектах:

- Энергоэффективные ЦОД с установками прямого охлаждения РЭА;
- Перспективные энергонагруженные суперсерверы, системы хранения, суперкомпьютеры начального уровня;
- ЦОД, аппаратные АСУТП и узлы связи с автономными или ограниченными источниками питания.

3.5.3 Мобильность/Автономность

Отказ от увлажнения воздуха снимает требования о подключении кондиционеров в аппаратных к системам водоснабжения и канализации, что обеспечивает наивысший уровень мобильности и автономности для комплексов электронной аппаратуры.

Рекомендуется к внедрению на объектах:

- Мобильные автономные ЦОД, аппаратные АСУ, узлы связи специального назначения;
- Резервные и катастрофоустойчивые ЦОД, аппаратные АСУ, узлы связи.

3.6 Правовое обеспечение независимая экспертиза разработки

и



Описанная в настоящем документе Аэроионная Технология охлаждения дата-центров является объектом защиты интеллектуальной собственности. Все основные технические и технологические решения защищены Патентом на изобретение №2498427 (приоритет 16.05.2012) «Способ охлаждения электронного оборудования и система для его осуществления».

Кроме того, изготовленное в рамках НИОКР оборудование было протестировано в независимой испытательной лаборатории и получило официальное заключение о соответствии нормативам Таможенного союза ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования» и ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств».

Заключение

Представленные материалы содержат описание основ Аэроионной Технологии охлаждения дата-центров, базовые технические решения и рекомендации по эффективному внедрения этой разработки. Коллектив **ОКБ МАК** приглашает заинтересованные организации к сотрудничеству как в части внедрения в IT-отрасли уже готовых разработок, так и в решении новых научных и инженерных задач по развитию этого инновационного направления прикладной термодинамики.

ОКБМАК

<http://okbmak.net>
info@okbmak.net