



С внедрением механизма
прямой деионизации
для установок воздушного
охлаждения стала доступна
и высокая энергоэффективность
и рекордная производительность

White Paper 2018

Технология **multiCooling™**

Системная инновация
для охлаждения
IT-оборудования

Практика всегда должна быть основана
на хорошем знании теории.

Леонардо да Винчи

Информационный бюллетень подготовлен специалистами **Лаборатории «Мультикулинг» (mutliCooling Lab)** по результатам НИОКР, выполненными в период с 2012 по 2017 годы. Данный документ содержит: исчерпывающую информацию по обоснованию актуальности внедрения альтернативной технологии охлаждения IT-оборудования; теоретические и прикладные 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.

mutliCooling Lab

<http://multi.cool>

info@multi.cool

Оглавление

Введение	3
1. Потребность отрасли в новой технологии охлаждения IT-оборудования	4
1.1 Преимущества и недостатки классической технологии воздушного охлаждения	4
1.2 Альтернативные методы охлаждения IT-оборудования	6
2. Расширенная термодинамическая модель теплопереноса в электронных устройствах	7
3. Технология multiCooling для охлаждения IT-оборудования	10
3.1 Теоретические основы	10
3.2 Структура и сравнительный анализ преимуществ технологии multiCooling	11
3.2.1 Энергоэффективность	12
3.2.2 Надежность	13
3.2.3 Производительность	14
3.2.4 Мобильность, автономность	15
3.3 Базовые компоновочные решения для систем охлаждения	16
3.4 Потребители технологии multiCooling	21
3.4.1 Производители IT-оборудования	21
3.4.2 Производители систем охлаждения для дата-центров	22
3.4.3 Владельцы и операторы дата-центров	22
3.5 Конкурентные преимущества	23
3.5.1 Надежность серверного и сетевого оборудования ЦОД	23
3.5.2 Энергоэффективность системы охлаждения ЦОД	23
3.5.3 Производительность	24
3.5.4 Мобильность/Автономность	24
3.6 Правовое обеспечение и независимая экспертиза разработки	25
Заключение	26

Введение

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%. 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 унаследованным стандартизованным нормам. В тех же жестких термодинамических рамках вынуждены «существовать» и разработчики IT-оборудования.

Для поиска выхода из описанного «кризиса» в нашей **Лаборатории** 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.

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 базирясь 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 (CH512-78). 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

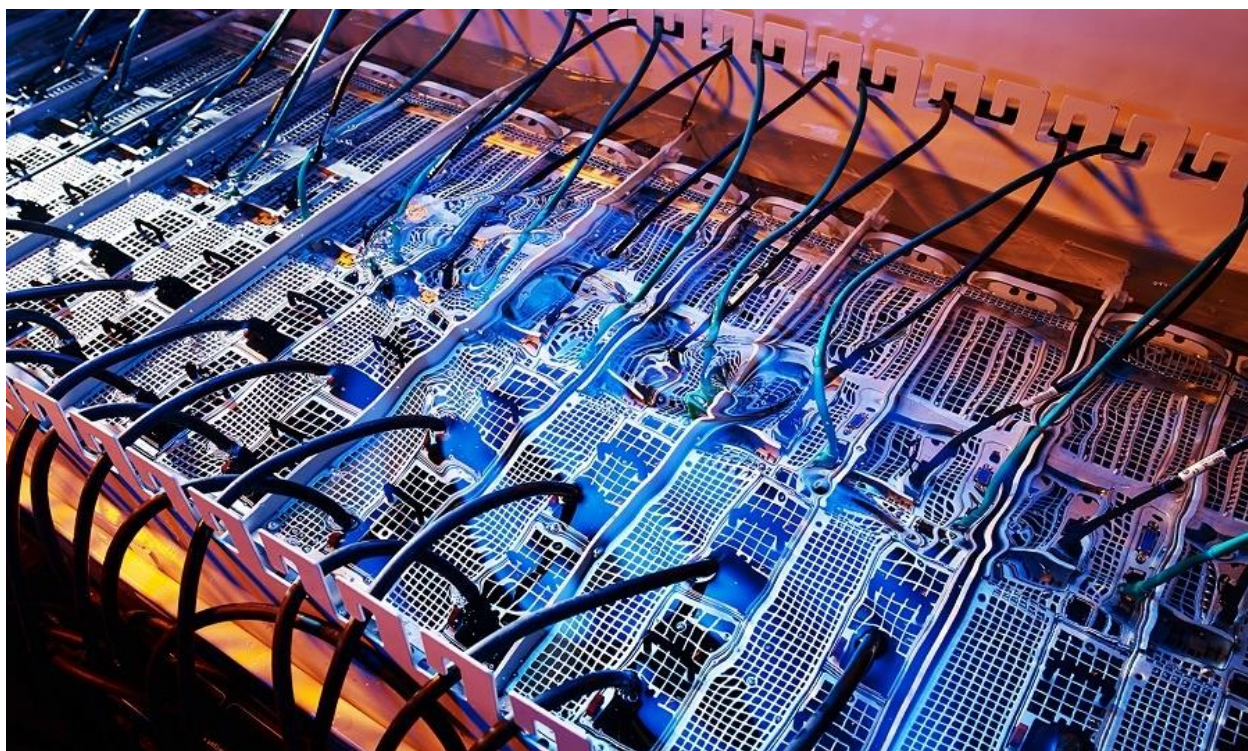
собственных нужд, другими словами - «греет небо»). Кроме того, для некоторых потребителей IT-оборудования ощутимые потери могут нанести и другие «спутники» увлажненного воздуха, например электрохимическая атмосферная и биологическая коррозии.

Такое положение дел, разумеется, не устраивает специалистов отрасли. Последняя попытка решения проблемы была предпринята в 2011 году, когда американский Технический комитет ASHRAE 9.9 опубликовал «Директиву по микроклимату для дата-центров». 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 IT-оборудования

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 динамическая вязкость и несжимаемость 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 в качестве 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 м³/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 следующими НЕЗАВИСИМЫМИ параметрами: температура охлаждающего воздушного потока, скорость потока, относительная влажность, плотность и теплоемкость воздуха и удельная первичная ионизация. Под уровнем первичной ионизации 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 технологии **multiCooling** такая контролируемая эмиссия синтезированных катионов названа механизмом прямой управляемой деионизации.

Очевидно, что механизм прямой управляемой деионизации обладает 100%-й эффективностью, так как и генерация опасных электростатических зарядов трибоэлектрической природы, и перенос нейтрализующих аэрокатионов 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 оценена 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. Технология multiCooling для охлаждения IT-оборудования

3.1 Теоретические основы

Как было сказано ранее, термодинамическая модель, лежащая в основе технологии **multiCooling**, оперирует с увеличенным количеством независимых термо, электро и газодинамических параметров: температура охлаждающего воздушного потока, скорость потока, относительная влажность, плотность и теплоемкость воздуха и удельная концентрация в нем 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 при его определении остается только "термопрочность" элементной базы электронной аппаратуры, все прочие ограничивающие факторы могут быть проигнорированы.
- Плотность и теплоемкость охлаждающего воздуха/газа становятся полноценными управляемыми технологическими параметрами.

3.2 Структура и сравнительный анализ преимуществ технологии multiCooling

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

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

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

Исходя из структуры этого уравнения очевидным решением представляется сегментация технологии **multiCooling** на три независимых инструмента:

eeCooling (*extended temperature range*, работа в расширенном температурном диапазоне) – функциональный модуль управления температурой охлаждающего воздуха/газа

hiCooling (*high flow rate mode*, режим повышенного расхода теплоносителя) – функциональный модуль управления расходом охлаждающего воздуха/газа

hdCooling (*high-density cooling gas*, режим работы с теплоносителем высокой плотности) – функциональный модуль управления термодинамическим комплексом (плотность \times теплоемкость) охлаждающего воздуха/газа

Далее рассмотрим особенности индивидуального и совместного (**МУЛЬТИПЛИКАТИВНОГО**) функционирования модулей технологии **multiCooling**.

3.2.1 Энергоэффективность

Новые режимы охлаждения IT-оборудования, ставшие доступными с появлением технологии **multiCooling**, позволяют создавать системы технологического кондиционирования с таким уровнем энергоэффективности, который не могут достичь существующие решения для охлаждения дата-центров. Для подтверждения этого напомним, что экспериментально установлено – собственное потребление **ИОНОТРОНА** при удалении системой охлаждения 1KW теплоизбытков не превышает 0,5W. То есть, прирост коэффициента эффективности использования энергии (*Power Usage Effectiveness, PUE*) составляет мизерную величину порядка 0,0005. Если сравнивать это значение с аналогичным показателем в дата-центре **facebook** в Лулео, Швеция (технологический лидер этого сегмента рынка), то победа будет однозначно за технологией **multiCooling**, т.к. шведский ЦОД вынужден тратить существенно больше энергии на поддержание режима круглогодичного прямого охлаждения (*Year-Round Direct Free Cooling*) за счет адиабатического охлаждения и увлажнения воздуха дистиллированной водой.

Важно также отметить, что решения, конкурирующие с технологией **multiCooling**, имеют ограничения по доступным климатическим зонам. Альтернативные системы фрикулига работоспособны только в умеренном и сухом климате, а дата-центры в других регионах должны использовать очень энергоемкие системы кондиционирования на базе механических холодильных машин, а, соответственно, их коэффициент эффективности использования энергии PUE в таких дата-центрах существенно ухудшается и возрастает до величины порядка 1,3. Для технологии **multiCooling** проблема расширения зоны применимости режима круглогодичного прямого охлаждения решается просто – активизация модуля **hiCooling** (режим повышенного расхода теплоносителя) обеспечивает рекомендуемые температурные режимы работы электронных компонентов практически в любом регионе мира.

3.2.2 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 при внедрении технологии **multiCooling** из-за снижения частоты отказов в управляющих радиоэлектронных аппаратных комплексах **годовой экономический эффект на одну условную технологическую установку ТЭК составит около 50 000 долл. США.** Эффект по всей отрасли – десятки миллионов долларов!

3.2.3 Производительность

Производительность технологии **multiCooling** наиболее ярко демонстрирует комплексность и мультипликативность этого инновационной разработки. Если сравнить по параметру холодопроизводительность системы охлаждения для 42U шкафа два стандартных и презентуемое решение, то результат будет очень убедительный.

Воздушная система охлаждения, выполненная по рекомендациям Директивы ASHRAE-2011, обеспечивает отвод порядка **40 KW** теплоизбытков от IT-оборудования.

Система Жидкостного Охлаждения в аналогичных габаритах способна отвести до **250 KW** тепла.

Воздушная система охлаждения **multiCooling** гарантирует отвод рекордных **960 KW**! Этот феноменальный результат достигается мультипликацией работы следующих инструментов:

Модуль **eeCooling** позволяет в 2 раза расширить температурный диапазон (см. уравнение теплопереноса) для охлаждающего воздуха. Результат:

$$Q_{\text{multiCooling}} = Q_{\text{ee}} = 2 \times Q_{\text{ASHRAE}} = 80 \text{ KW}$$

Модуль **hiCooling** позволяет в 3 раза¹ повысить эффективный расход теплоносителя:

$$Q_{\text{multiCooling}} = Q_{\text{hi}} \times Q_{\text{ee}} = 3 \times Q_{\text{ee}} = 240 \text{ KW}$$

И наконец, модуль **hdCooling** за счет повышения плотности (давления) охлаждающего газа дает итоговый рекордный результат:

$$Q_{\text{multiCooling}} = Q_{\text{hd}} \times Q_{\text{hi}} \times Q_{\text{ee}} = 4 \times Q_{\text{hi}} \times Q_{\text{ee}} = 960 \text{ KW}$$

¹ Экспериментально подтвержденные данные.

Разумеется, что показанный результат в **960 KW** холодопроизводительности для 42U серверной стойки сегодня для отрасли еще «слишком хорош» и под такую производительность пока нет адекватного IT-оборудования. Но как инженерная платформа для перспективных суперкомпьютеров технология **multiCooling** абсолютный лидер.

3.2.4 Мобильность, автономность

По уровню мобильности и автономности дата-центры на базе технологии **multiCooling** безусловные лидеры в отрасли. Внедрение режимов **eeCooling** и **hiCooling** 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

На завершающем этапе НИОКР специалисты **Лаборатории** 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. 1).

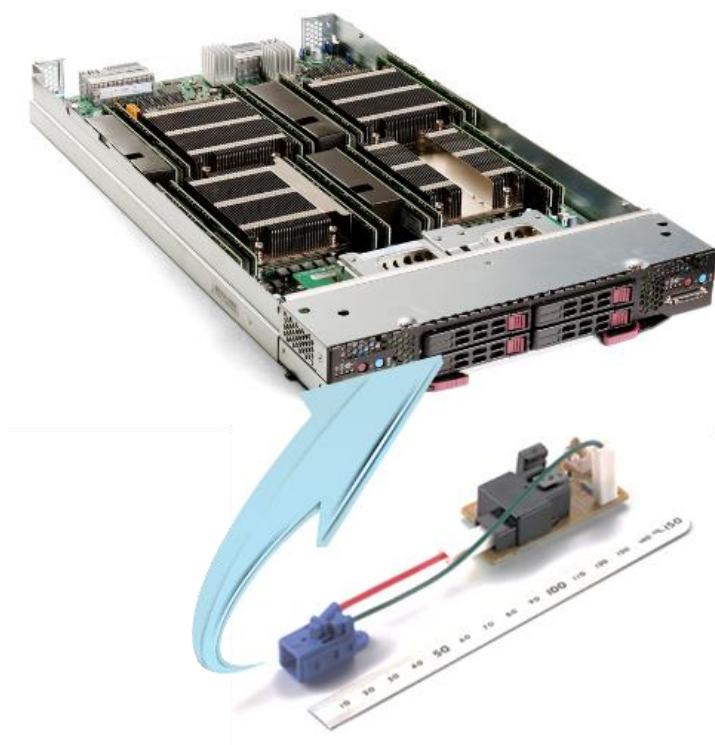


Рис. 1. Генератор аэроионов
IONISSIMO (MURATA, Япония) установлен
в канал для забора воздуха сервера

Для объектов с «групповым» использованием IT-оборудования разработан модульный **ИОНОТРОН** для монтажа в серверный шкаф (см. рис. 2).

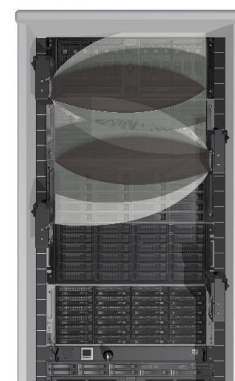


Рис. 2. Аппаратная реализация **ИОНОТРОНА** для монтажа в серверный шкаф

Эмиттеры аэроионов размещаются в зоне забора воздуха таким образом, чтобы обеспечить гарантированную эмиссию катионов в охлаждающий поток воздуха для всех потребителей в стойке. Предварительно положение исполнительных устройств можно определить на основании их диаграмм ионизации (см. рис. 3). 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. 3. Диаграммы ионизации навесных биполярных ионизаторов 0U



После окончания монтажа стойки на работающем оборудовании проводится инструментальный контроль эффективности работы **ИОНОТРОН**ов. Для этого в зону выхода отработанного воздуха каждого устройства на тыльной стороне серверного шкафа последовательно вводится датчик контроля эффективности деионизации (см. рис. 4).



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. 5.

Рис. 4. Датчик контроля эффективности деионизации в зоне забора контролируемого отработанного воздуха

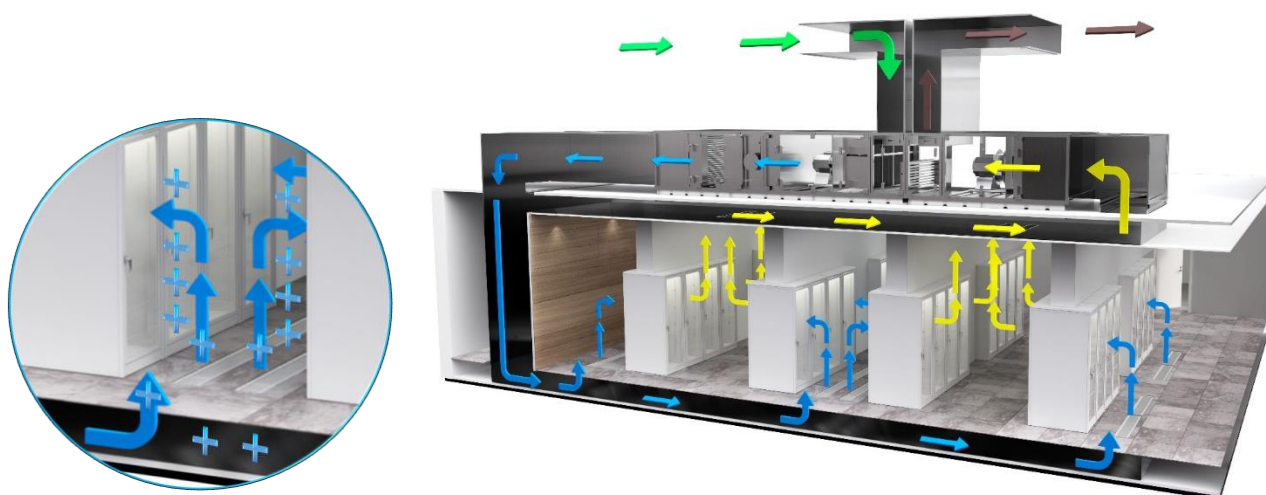


Рис. 5. Аппаратная реализация **ИОНОТРОН**а с интеграцией эмиттера аэроионов в приточновытяжную вентиляционную установку (режим круглогодичного фрикулинга)

Представленные выше разработки можно рассматривать как типовые и универсальные. Для нестандартных инженерных задач могут быть подготовлены специализированные **ИОНОТРОН**ы с необходимыми габаритами, производительностью и ионным балансом.

Все перечисленные технические решения ориентированы на реализацию функций только одного инструмента технологии **multiCooling** – модуля **eeCooling**. Для работы в режимах в повышенном расходом охлаждающего воздуха (модуль **hiCooling**) разработан специализированный серверный шкаф (см. рис. 6). В данном случае дополнительными вентиляторами дооборудована задняя стенка, однако возможны и другие технические решения для создания необходимого дополнительного перепада давления в серверной стойке.



Рис. 6. Серверный шкаф с увеличенным расходом воздуха

И последнее решение с максимально полным внедрением инноваций. Уникальная производительность технологии **multiCooling** реализована в 18U серверном термостабилизированном боксе **multiCube 360** (см. рис. 7 и 8). За счет использования модифицированной атмосферы эта техническая система объемом в 1 кубический метр обеспечивает стабильную работу аппаратного комплекса IT-оборудования с тепловыделением до **360 KW**. Для реализации функций технологического модуля **hdCooling** бокс обеспечивает циркуляцию охлаждающего газа при рабочем давлении 5 атм. В качестве теплоносителя использован азот технический сорт 1 ГОСТ 9293-74 изм. № 3 ИУС 6-91 с содержанием водяных паров не более 0,009%.

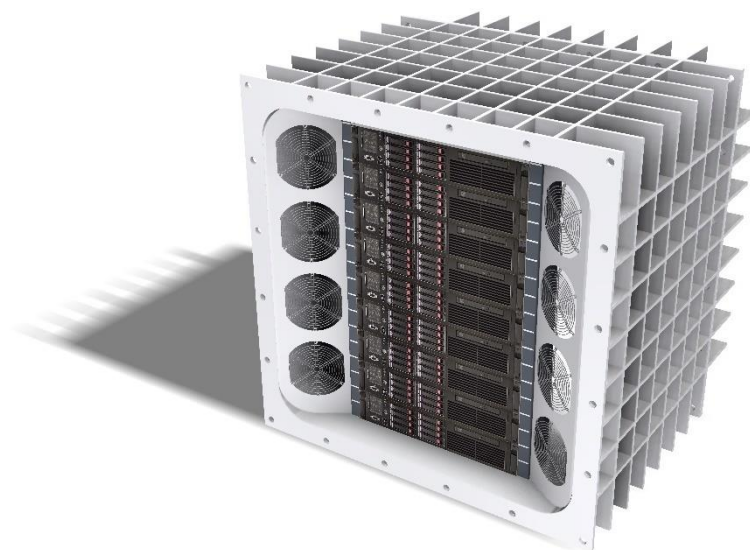


Рис. 7. Термостабилизированный бокс **multiCube 360** (лицевая крышка снята)

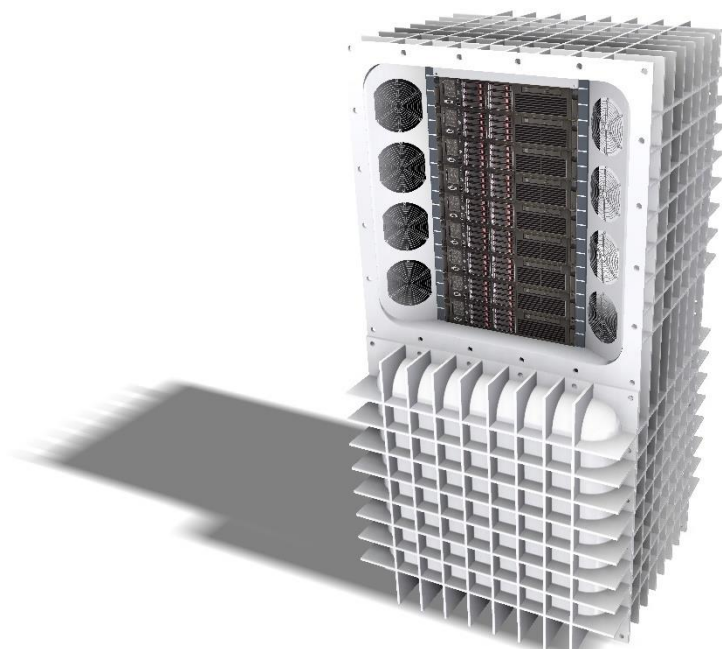


Рис. 8. Стойка из двух боксов **multiCube 360** (на верхнем лицевая крышка снята)

3.4 Потребители технологии multiCooling

3.4.1 Производители IT-оборудования

Максимальный эффект от внедрения технологии **multiCooling** 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 **ИОНОТРОН**ов скорость охлаждающего потока может быть кратно увеличена. По той же причине может быть увеличен верхний предел температуры охлаждающего воздуха на входе в устройство. Согласованное, но функционально независимое управление температурой и скоростью охлаждающего потока позволяет реализовать требуемую эффективность теплопереноса внутри серверов.

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).

Помимо решения фундаментальных задач по обеспечению роста производительности и энергоэффективности систем охлаждения IT-оборудования внедрение технологии **multiCooling** 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 bipolarной 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 технология **multiCooling** 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 технологии **multiCooling** 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.

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

3.5 Конкурентные преимущества

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. Внедрение режимов охлаждения с повышенным расходом воздуха снижает тепловую нагрузку на электронную элементную базу (в терминологии Директивы ASHRAE-2011 реализуется наилучший «рекомендованный» режим работы при формальном «допустимом» температурном режиме окружающей среды).

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 электронной аппаратуры 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 Производительность

Производительность технологии **multiCooling**, реализованная в серверном термостабилизированном боксе **multiCube 360**, по понятным причинам пока не может быть реализована в готовом коммерческом продукте из-за того, что современное IT-оборудование создавалось под существенно менее производительные системы охлаждения. Если же разработчики **суперкомпьютеров и электронных компонентов** примут новую расширенную термодинамическую модель охлаждения, то это может стать началом революционного прогресса с области «цифровизации» всех научных и прикладных дисциплин на основе нового поколения доступных «персональных суперкомпьютеров» - **Personal SuperComputer**

3.5.4 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 и независимая экспертиза разработки



Описанная в настоящем документе технология **multiCooling** для 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 технологии **multiCooling** для охлаждения дата-центров, базовые технические решения и рекомендации по эффективному внедрению этой разработки. Коллектив **Лаборатории «Мультикулинг»** 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.

mutliCooling Lab

<http://multi.cool>

info@multi.cool