

## Системы охлаждения Kraftway

Стремление увеличить удельную вычислительную мощность высокопроизводительных систем на единицу физического объема (т. е. создание компактных серверных систем с максимальной производительностью — кластерных ферм) упирается в проблему теплоотвода. Для стандартного корпуса конструктива 1U максимально допустимый уровень тепловыделения составляет примерно 300 Вт, при этом каждый из процессоров сервера выделяет более 100 Вт тепловой мощности. Очевидно, что существует большой потенциал наращивания производительности процессоров, но при существующих технологиях увеличение количества ядер и повышение тактовых частот неизбежно ведет к значительному росту тепловыделения, не позволяя войти в рамки тех самых 100 Вт на процессор.

Система охлаждения, разработанная Kraftway, позволяет в штатном режиме работы отводить от каждого процессора до 400 Вт тепла, что открывает новые возможности для создания высокопроизводительных кластерных систем в будущем. По своим характеристикам и техническим решениям системы охлаждения кластерных стоек не имеют аналогов в мире. В процессе создания систем были разработаны уникальные технологические решения:

- тепловые трубки длиной до 65 см, способные передавать до 400 Вт тепловой мощности;
- особая конструкция тепловой колонны, позволяющая сохранять ее постоянную температуру по всей длине при передаче высокой тепловой мощности;
- в конструкции используется взрывобезопасный и экологически чистый хладагент;
- при установке систем охлаждения не используется сварка или пайка.

Системы охлаждения представляют собой полноценное комплексное решение для кластерных стоек или ферм серверов. При их использовании практически не требуется трудоемкая и затратная процедура подготовки серверного помещения и установки в нем системы кондиционирования воздуха. Для монтажа, заправки и пуска систем охлаждения требуется минимум времени и ресурсов даже рядовым специалистам.



Система охлаждения Kraftway без использования нагнетающих помп

## **Использование высоконадежной системы охлаждения совместно с кластером высокой доступности**

По желанию заказчика возможно исполнение системы охлаждения в одном из отказоустойчивых вариантов. При этом возможно применение схемы резервирования тепловой колонки или схемы испарения хладагента. Смысл первого способа очевиден, использование схемы испарения хладагента обеспечивает поддержание необходимого теплового режима при пропадании питающих напряжений на срок до 30 мин (этого времени достаточно для запуска резервных дизель-генераторов). При пропадании напряжения питания система охлаждения будет сохранять 100% тепловую мощность и автоматически возобновит работу в компрессорном режиме при появлении питающего напряжения. При этом система охлаждения не будет потреблять электроэнергию от аккумуляторов и ИБП, обеспечивающих питание серверов кластера, более того, отсутствие вентиляторов охлаждения процессоров даст дополнительную экономию потребляемой электроэнергии на уровне 20–25%.

Возможно изготовление системы охлаждения, обладающей более высокой надежностью по сравнению со стандартными решениями, ее особенности перечислены ниже:

- полностью отсутствует система воздушной циркуляции внутри помещения с установленным кластером;
- отсутствует система охлаждения циркулирующего в помещении воздуха;
- в летнее время, когда воздух снаружи горячее, чем воздух на выходе из кондиционера, влажность воздуха при использовании системы охлаждения Kraftway не достигает 100%, его не нужно осушать специальными системами;
- число вентиляторов в серверах уменьшается с 7–8 до 2–3 (в зависимости от типа сервера);
- система поддержания заданной температуры в кластерной стойке более надежна, поскольку не содержит электрических компонентов и выполнена с использованием механического редуктора, который поддерживает равномерное давление внутри системы, а, следовательно, и температуру теплообмена;
- компрессоры в предлагаемой системе работают в непрерывном режиме, без периодических остановок и запусков. Таким образом, исключаются наиболее тяжелые с точки зрения механических и электрических нагрузок режимы работы системы;
- в стандартных системах охлаждения компрессоры работают в старт-стопном режиме, причем при работе компрессор всегда находится при 100% загрузке, вне зависимости от необходимой тепловой мощности. В предлагаемой системе компрессоры работают постоянно, без остановок, но при этом в зависимости от тепловой нагрузки их мощность меняется плавно от холостого хода (прокрутка поршневой группы без сжатия хладагента — разность давлений на входе-выходе равна 0) до максимальной (с разностью давлений на входе-выходе в 5 атм).

### **Конструкция и принцип функционирования**

Системы охлаждения на основе фазового перехода состоят из следующих основных компонент:

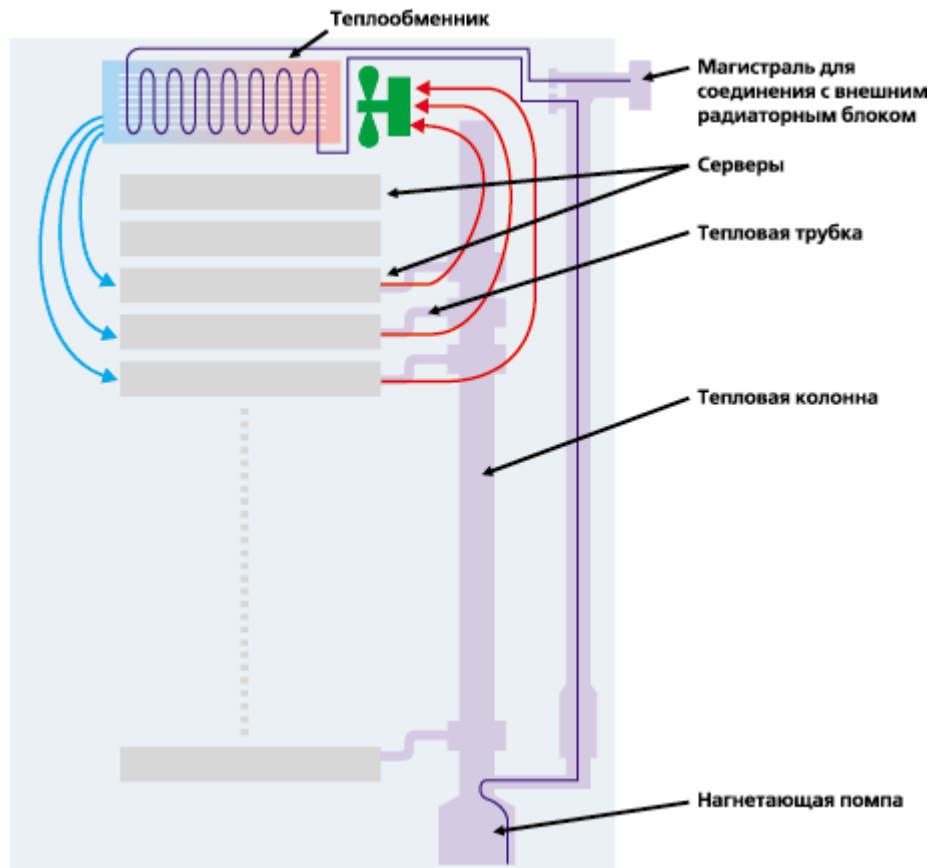
- тепловая колонна, на которой поддерживается постоянная температура;
- тепловые трубы для отвода тепла от процессоров к тепловой колонне;
- внешние конденсаторные блоки;
- коммуникационные соединения.

Тепловые трубы предназначены для отвода тепла от процессоров к тепловой колонне. Каждая тепловая труба содержит специализированные участки испарения и конденсации, система выдерживает максимальное давление до 30 атм. при перегреве процессора до 100 °С и отсутствии теплосъема.

Тепловая колонна изготовлена из дюралевого трубы прямоугольного профиля сечением 20 на 40 мм, плоскости 40 мм отшлифованы, для лучшего теплового контакта, плоскости 20 мм являются нерабочими.

Верхний конец тепловой колонны заглушен, к нижнему концу присоединена емкость с погружной помпой и отводом пара. Через паровой отвод в емкость с погружной помпой опущен внутренний шланг для подачи сконденсированного хладагента из внешнего радиатора. Отвод пара оборудован аэрозольным фильтром для предотвращения попадания в паровую магистраль жидкого хладагента.

Погружная помпа специального применения служит для прокачки хладагента. Помпа оборудована входным фильтром для предотвращения засоров калиброванных отверстий распылителей. Питание помпы осуществляется по цепи 12 В, подача напряжения производится через специальный проходной разъем высокого давления.



Замкнутый контур охлаждения кластерной стойки

Выход помпы обеспечивает избыточное давление 2 атм. Из помпы жидкий хладагент поступает в медную трубу, на которой промышленным лазером прожжены калиброванные отверстия с форсуночным профилем для распыления хладагента под действием избыточного давления. Отверстия во внутренней трубе ориентированы так, чтобы облака аэрозоли из них попадали на рабочие поверхности тепловой колонны. Конденсаторные концы тепловых труб, выходящие из серверов, прикрепляются попарно к рабочим поверхностям тепловой колонны своими теплопередающими плоскостями. Таким образом, обе противоположные поверхности тепловой колонны являются рабочими.

При использовании в качестве корпусов конструктива 1U возможно подключение двух тепловых труб (расположенных зеркально), а при использовании корпусов конструктива 2U — подключение четырех тепловых труб (двух зеркальных пар, размещенных одна над другой).

### **Система охлаждения без использования нагнетающих помп**

Специалистами Kraftway разработан вариант тепловой колонны выполненной без использования нагнетающих помп, на основе термосифона. Этот вариант предназначен для кластеров среднего и малого размера (до 24U) и отличается от разработанных ранее отсутствием электромеханических устройств — нагнетающих помп.

Конструктивно данное устройство представляет из себя тепловую колонну, полностью заполненную жидким хладагентом, в верхней части которой расположен теплообменник с установленным в нем реактивным соплом. Теплообменник соединен с нижней частью тепловой колонны отводящей трубой, через которую жидкий хладагент возвращается в тепловую колонну.

Принцип действия данного устройства основан испарении хладагента со стенок тепловой колонны в результате кипения. Специальное устройство с уникальным принципом действия контролирует пенообразование и возвращает жидкость обратно в тепловую колонну.

Такое устройство тепловой колонны позволяет отводить из кластера до 20 кВт тепловой мощности при высоте колонны до 1200 мм и при разности температур не более одного градуса по всей высоте тепловой колонны и во всем диапазоне тепловых нагрузок.

## **Области применения**

Вычислительные комплексы, оснащенные системами охлаждения Kraftway на основе фазового перехода, могут найти широкую область применения в самых разных отраслях: промышленность, современная военная техника, научно-исследовательские изыскания, финансовые организации и центры обработки данных и т. д. Использование систем охлаждения Kraftway позволяет создавать решения, обладающие уникальными характеристиками:

- возможность применения в агрессивных средах (сильное загрязнение воздуха, наличие химически активных взвесей и т. д. в том числе в производственных, промышленных помещениях и ремонтных зонах);
- стойкость к тяжелым климатическим условиям (повышенная температура воздуха, влажность и т. д.);
- акустический шум и вибрации, производимые вычислительными комплексами, минимальны;
- низкая стоимость технического обслуживания оборудования;
- возможность применения высокопроизводительных процессоров, графических чипов и т. п. в высокоплотных конструктивах;
- применение стандартных компонентов обуславливает отсутствие необходимости внесения конструктивных изменений в серверные шасси.

## **Технические характеристики**

- температура самых холодных частей (тепловой колоны) не менее 25 °С — это гарантирует отсутствие конденсата на поверхностях системы охлаждения при любых температурных режимах работы фермы серверов;
- мощность, отбираемая тепловыми трубами, составляет не менее 200 Вт при разнице температур в зонах конденсации — испарения не более 12 °С;
- максимальная мощность, отбираемая тепловыми трубами, составляет 400 Вт;
- в тепловых трубах в качестве теплоносителя используется хладон с рабочим давлением 15 атм. сама тепловая труба имеет длину 65 см и выполнена из гибкого металлического (нержавеющая сталь) сильфона;
- габаритные размеры тепловых труб по высоте и ширине удовлетворяют условиям размещения их в корпусах сервера формата 1U без дополнительной доработки;
- для тепловой нагрузки 130 Вт (максимальная тепловая мощность существующих процессоров) температура на защитной крышке процессора не поднимается более 35 °С (при этом показания температурного датчика процессора составляют 40–47 °С).

## ***Отличительные черты систем охлаждения Kraftway***

В компактных серверных корпусах можно размещать самые высокопроизводительные процессоры:

- воздушное пространство внутри сервера не используется для отвода тепла от наиболее "горячих" компонентов системы — процессоров.

Устраняется проблема перегрева электронных компонентов сервера:

- запас по перегреву процессоров (относительно предельных эксплуатационных температур) составляет до 60 °С, это обеспечивает высочайшую надежность оборудования;
- прямой отвод тепла с процессоров облегчает охлаждение остальных электронных компонентов сервера (в т. ч. блока питания) проточным воздухом.

Значительно снижается шум и вибрация от охлаждающих вентиляторов:

- нагрузка на воздушную систему охлаждения сервера снижается до 80% — нет необходимости использовать все вентиляторы системы, оставшиеся вентиляторы работают на пониженных оборотах;
- значительное уменьшение вибрации, снижение скорости вращения вентиляторов до 3000 об/мин и ниже исключают возникновение резонансных эффектов, связанных с работой накопителей — повышается надежность дисковой подсистемы, уменьшается время позиционирования головок, а следовательно, увеличивается и скорость доступа к данным.

Возможность организации замкнутой системы воздушной циркуляции в каждой стойке:

- поскольку с помощью воздуха отводится лишь до 25% тепла, выделяемого кластерной стойкой, для этой цели достаточно использовать подключаемый к системе охлаждающий модуль, устанавливаемый в стандартный монтажный шкаф и содержащий радиатор с воздушными вентиляторами большого диаметра;
- решается проблема пылезащиты внутренних объемов кластера — подсос воздуха снаружи сведен к минимуму, можно максимально герметизировать корпус кластерной стойки;
- отпадает необходимость использования большого числа воздушных каналов в корпусе кластерной стойки, что позволяет практически устранить акустические шумы от проходящего через него воздуха, возможна дополнительная шумоизоляция стенок корпуса специальными материалами;
- кластерные стойки с замкнутой системой воздушной циркуляции не требуют монтажа специальных систем кондиционирования и практически не издают акустический шум, что позволяет использовать их практически в любых рабочих помещениях, в т. ч. и с постоянным присутствием людей.

После опытных испытаний прототипа системы охлаждения были учтены особенности функционирования тестового образца, выполнены существенные усовершенствования отдельных элементов. В настоящее время с учетом различных моделей использования разработаны две модификации систем охлаждения Kraftway — для ферм, содержащих до 48 серверов конструктива 1U и содержащих до 24 серверов конструктива 1U.