

14 января 2025

# Что такое иммерсионное охлаждение?

**IT-World разобрался, что такое иммерсионное охлаждение, принципы работы, каким компаниям необходимо.**

У существительного «immersion» в английском языке есть три значения — полное вовлечение в процесс, изучение языка методом погружения в языковую среду и собственно погружение чего-либо полностью в жидкость.

Иммерсионное охлаждение подразумевает последнее. Компоненты вычислительной инфраструктуры полностью погружаются в теплопроводную диэлектрическую жидкость, циркуляция которой обеспечивает отвод тепла.

Существует два способа иммерсионного охлаждения — однофазный и двухфазный. В первом случае используется одно агрегатное состояние вещества — жидкое, во втором — переход из одного агрегатного состояния в другое, жидкости в пар и обратно.

Однофазный способ иммерсионного охлаждения требует циркуляции диэлектрической жидкости в резервуаре с помощью насосов или естественной конвекции. Двухфазный способ иммерсионного охлаждения избавлен от необходимости использовать насосы. Теплопроводная



диэлектрическая жидкость испаряется и движется в область низкого давления, где конденсируется и возвращается в жидком состоянии.

Стоит отметить, что двухфазный подход не лишен недостатков, и помимо часто упоминаемых — необходимости герметичного контура и сложности замены вышедших из строя вычислительных компонентов, существует опасность возникновения пленочного кипения на отдельных элементах объектов охлаждения, что может привести к перегреву этих элементов и выходу их из строя. Для современных «Two-Phase Liquid Immersion Cooling», например от консорциума компаний Allied Controls Inc, 3M и GIGABYTE, вряд ли рассчитывают кривую Нукиямы для охлаждаемых поверхностей в своих системах. К тому же не исключено возникновение разрушительных для поверхности охлаждаемых объектов кавитационных процессов в начале пузырькового кипения, из-за схлопывания пузырьков. Поэтому, в том числе современные ядерно-энергетические установки с жидким теплоносителем используют принудительную циркуляцию теплоносителя, избегая кипения его на ТВЭЛ.

В качестве теплопроводной диэлектрической жидкости, в случае однофазного подхода, используются минеральные, синтетические и силиконовые масла, в двухфазном подходе — фторуглероды.

Недостатками иммерсионного охлаждения считают проблему утилизации тепла, проблему горячей замены и сервисное обслуживание, проблему гарантии на оборудование, стоимость. Разберем по пунктам.

## УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛА

Исключение из системы охлаждения кондиционеров снижает показатель PUE, по разным оценкам, примерно на 30%. Это позволяет более компактно размещать высоко нагруженные вычислительные системы, которые действительно выделяют значительное количество тепловой энергии, которую надо куда-то девать. Например, отапливать помещения в холодный период или использовать градирни летом.

С другой стороны, тепло от равной мощности вычислительных ресурсов при воздушном охлаждении тоже надо рассеивать, и это решается большей площадью рассеивания внешних блоков сплит-системы, которые в том числе рассеивают тепловую энергию и от своей работы.

## ГОРЯЧАЯ ЗАМЕНА И СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Эти процессы связаны между собой и напрямую зависят от надежности оборудования. В мире дешевых серверов, где вычислительные системы создаются за счет количества, а не качества, горячая замена и сервисное обслуживание — насущная и, к сожалению, регулярная потребность.

Но высоко нагруженные вычислительные системы создаются для данных, которые много ценнее оборудования, на котором их получают. Там используются высоконадежные RISC-серверы, работающие по принципу

«включил и забыл». К тому же эти серверы не намного дороже обычных Intel-серверов.

## ГАРАНТИЯ НА ОБОРУДОВАНИЕ

Исторически компоненты вычислительной инфраструктуры разрабатывались для воздушного охлаждения, и большинство серверов такими и остаются. Производители таких серверов будут рассматривать их выход из строя в случае иммерсионного охлаждения как негарантийный.

С другой стороны, существуют компании, которые делают серверы специально для иммерсионного охлаждения. Конечно, это «специально» заключается в удалении из корпуса изделия лишних радиаторов и вентиляторов, тем не менее такие серверы полностью обеспечиваются гарантией от производителя в случае иммерсионного охлаждения.

## СТОИМОСТЬ

Все стоит денег. Оборудование для иммерсионного охлаждения, теплопроводная диэлектрическая жидкость, специальная подготовка серверов к погружению в теплоноситель может обойтись недешево.

Но так же недешевы и прецизионные кондиционеры для воздушного охлаждения, которые лучше дублировать, организация в ЦОДах фальшполов и горячих коридоров. При серьезных тепловых нагрузках цены на

иммерсионное охлаждение будут сопоставимы с ценами на системы воздушного охлаждения.

## ИТАК, КОМУ ЭТО НАДО?

В настоящее время компоненты вычислительной инфраструктуры, готовые к иммерсионному охлаждению, представлены пока не самыми серьезными игроками. В недрах лабораторий ведущих ИТ-компаний еще идут исследования в этой области.

Например, в 2023 году компания IBM показала прототип системы IBM zSeries z16 со встроенным в стойку двухфазным жидкостным охлаждением. Цели таких исследований понятны. Поскольку компания IBM сама разрабатывает процессоры, с иммерсионным охлаждением у нее есть шанс поднять частоту работы процессора на новую высоту. К тому же RISC-серверы этой компании уже не один десяток лет бьют рекорды по времени наработки на отказ, внутренней отказоустойчивости и плотности вычислительной мощности, в том числе и сторонней, например, GPU. Такие машины можно и нужно погружать в ванны с теплоносителем, где они будут заниматься матричными вычислениями и организацией нейронных сетей, то есть всем необходимым для AI.

А будущее — за AI.