

# Rittal — высокоэффективные системы охлаждения



## Анализ затрат и преимуществ

## **Введение**

В предыдущих публикациях Rittal рассматривались требования к проектированию и реализации, которые необходимо учитывать при развертывании высокоэффективных систем охлаждения. Сегодня можно с уверенностью сказать, что IT-сообществу хорошо известно о необходимости выполнения требований центров обработки данных (ЦОД) к охлаждению и электропитанию, а также о том, что в ряде случаев какое-то из этих требований (или даже оба) не удовлетворяются. В настоящее время обсуждение этих вопросов идет на всех уровнях — от производителей оборудования до проектировщиков, консультантов, специалистов по обслуживанию, отраслевых групп и органов власти. Все заинтересованные стороны предлагают собственные идеи, решения, средства планирования, графики выпуска решений и новые продукты, которые будут удовлетворять эти потребности. В центре этого обсуждения находятся потребители, которые пытаются разобраться в обсуждаемых вопросах и своевременно получать последние рекомендации и информацию, чтобы выбирать наиболее экономически эффективные решения, не вызывающие снижения производительности.

Являясь международным поставщиком систем шкафов и высокоэффективных систем охлаждения, Rittal воспользовалась услугами международной инженерной компании для оценки и анализа производительности решения Liquid Cooling Package (LCP) в сравнении с системами обычного воздушного охлаждения. Для анализа и сравнения рассматривался «типичный» ЦОД с закрытым фальшполом и системой горячих и холодных коридоров, использующий климатические системы, после чего такая же тепловая нагрузка была «установлена» в ЦОД, использующем только системы LCP. В настоящем документе приведены результаты анализа, относящиеся к энергетическим и стоимостным характеристикам типичного ЦОД и возможным объемам экономии средств.

## **Обзор технологии**

Прежде чем переходить к рассмотрению результатов анализа, необходимо привести общие сведения о современных высокоэффективных системах охлаждения. В настоящее время существует 3 (три) основных типа подобных систем.

- Активные системы воздушного охлаждения, использующие непосредственную подачу воздуха и вентиляторы для циркуляции воздуха в шкафах и выводящие теплый воздух в помещение или за фальшпотолок. Для установки таких систем требуются климатические установки или средства кондиционирования.
- Системы жидкостного охлаждения, использующие охлажденную воду или хладагент с теплообменником для переноса и полного отвода тепла из пространства средствами существующей инфраструктуры здания. Такие системы могут работать без систем кондиционирования помещений (зависит от особенностей установки системы).
- В решениях, применяемых для охлаждения микросхем, используется установка теплообменников непосредственно на процессоры, с отводом тепла с помощью вторичной системы теплопереноса.

Существует два основных типа систем жидкостного охлаждения.

- Системы с закрытыми/связанными контурами, в которых циркулирующий воздух остается внутри шкафа и отдает тепло соответствующему теплоносителю.
- Системы с открытыми/связанными контурами, в которых нагретый воздух выходит через заднюю часть шкафа с оборудованием, проходит через теплообменники и возвращается в пространство помещения, а не прямо в вентиляционные проемы серверов. Подобные системы обычно устанавливаются в качестве систем вспомогательного охлаждения, предназначенных для уменьшения числа участков с высокой температурой. При этом модули охлаждения размещаются рядом с источниками тепловой нагрузки, а сами системы работают вместе с климатическими установками.

Каждая из систем обладает собственными преимуществами и недостатками. Организации, планирующие использовать какую-либо систему, должны проанализировать ее сильные и слабые стороны и принять во внимание особенности существующей инфраструктуры, имеющуюся площадь, набор компонентов для установки, плотность установки и планы дальнейшего развертывания систем. Основная рекомендация в подобных случаях состоит в следующем: чтобы избежать непредвиденных проблем, организации следует обеспечить надлежащее взаимодействие компаний-проектировщиков, IT-специалистов, специалистов по сервису, подрядчиков, которые будут выполнять установку, поставщиков компонентов и других участников процесса проектирования и установки высокоэффективных систем охлаждения на всех этапах данного процесса.

## **Результаты анализа и обсуждение**

### **А. Основные проектные решения**

В ходе анализа были разработаны основные проектные решения для сравнения. Были сделаны заключения относительно капитальных затрат на строительство и выбора оборудования, выполнено сравнение расходов на аренду помещений, рассчитанных на основе цен в разных городах и, в конечном расчете, вычислены суммарные затраты на эксплуатацию механических систем охлаждения. В табл. 1 показаны принятые для сравнения расчетные параметры.

### Сравнение проектных решений

		Схема 1А	Схема 1Б	Схема 2А	Схема 2Б
		<i>Горячие/холодные коридоры</i>	<i>Стойки с LCP Rittal</i>	<i>Горячие/холодные коридоры</i>	<i>Стойка с LCP Rittal</i>
<b>Силовая нагрузка ЦОД</b>	Полная мощность (кВт)	470		2160	
	Длина (м (фут))	13,8 (46)	10,8 (36)	37,5 (125)	21 (70)
<b>Физические характеристики</b>	Ширина (м (фут))	13,8 (46)	11,4 (38)	24 (80)	23,4 (78)
	Площадь (кв. м (кв. фут))	190,44 (2116)	123,12 (1368)	900 (10 000)	491,4 (5460)
	Средняя нагрузка на площадь (Вт/кв. м (Вт/кв. фут))	2467 (222)	3822 (344)	2400 (216)	4400 (396)
<b>Плотность компьютеров</b>	Число стоек	56	30	405	144
	Средняя нагрузка на стойку (Вт/стойку)	8,39	15,67	5,33	15
	Энергопотребление оборудования (кВт)	118	15	118	15
	Минимальное число модулей охлаждения (шт.)	3,97	31,33	18,25	144
<b>Требования компьютеров к охлаждению</b>	Общее требуемое число модулей охлаждения (шт.)	4	32	19	144
	Резервирование	N+1	N+1	N+1	N+1
	Количество резервных устройств (шт.)	1	4	1	18
	Общее число модулей охлаждения (шт.)	5	36	20	162

Таблица 1. Сравнение проектных решений при использовании LCP и обычных средств охлаждения

Общая площадь, необходимая для установки указанного числа IT-компонентов в ЦОД, определялась исходя из площади, необходимой для размещения IT-компонентов с таким же суммарным энергопотреблением. В табл. 1 показано, что LCP требует меньше места для установки, чем обычные решения для охлаждения ЦОД. В зависимости от размера использование LCP позволяет на 35–45 % уменьшить площадь помещений для ЦОД, что приводит к повышению теплового потока (более высокая плотность) из расчета на одну стойку и на единицу площади. При рассмотрении систем с резервированием N+1 общее число систем кондиционирования и стоек LCP определялось для обоих размеров ЦОД, как показано выше.

#### Б. Капитальные затраты

В табл. 2 сравниваются основные затраты, связанные с LCP и обычными системами охлаждения с использованием фальшпола. При составлении таблицы 2 были приняты следующие допущения.

- Затраты на строительство составляют 1667 долл. США/м<sup>2</sup> (150 долл. США/фут<sup>2</sup>);
- Высота фальшпола в обычном ЦОД составляет 90 см (36 дюймов), а в ЦОД с LCP — 30 см (12 дюймов). Фальшпол рассчитан на сосредоточенную нагрузку в 2700 кг (6000 фунтов) и не является сейсмостойким. ЦОД с LCP могут обходиться без фальшпола.
- Предполагается, что в обычном ЦОД установлен фальшпотолок и решетки для возвратного воздуха, хотя многие компании не используют их, надеясь, что поднимающийся горячий воздух и так попадет в каналы для возвратного воздуха системы кондиционирования. При составлении таблицы предполагалось, что в качестве каналов для возвратного воздуха будет использоваться пространство над фальшпотолком, поэтому затраты на всасывающие воздуховоды не учитывались.
- При расчете учитывались затраты на трубопроводу и соединительную арматуру для охлажденной воды и отвода конденсата, изоляцию труб, запорные клапаны высокого качества, заполнение системы, промывку, а также пусконаладку оборудования для системы с резервированием N+1.
- Затраты на электрическое оборудование определялись на основе технического обоснования необходимых электрических проводок, соединяющих распределительные щиты с системами кондиционирования и LCP, и включают затраты на фидеры, защитные устройства, щиты и оплату работ.
- Затраты на перфорированную плитку определялись в соответствии с технологией охлаждения обычных ЦОД.

### Анализ капитальных затрат

Критерий		Схема 1А	Схема 1Б	Схема 2А	Схема 2Б
		Горячие/холодные коридоры	Стойки с LCP Rittal	Горячие/холодные коридоры	Стойки с LCP Rittal
<b>Затраты на строительство</b>	Строительство (долл. США)	317 400,00	205 200,00	1 500 000,00	819 000,00
	Сооружение фальшпола (долл. США)	31 740,00	16 416,00	150 000,00	65 520,00
	Стоимость фальшпотолка (каналы) (долл. США)	11 638,00	-	55 000,00	-
	Решетки в фальшпотолке для возвратного воздуха (долл. США)	250,00	-	1 250,00	-
	Перфорированная плитка (долл. США)	3200,00	-	12 000,00	-
	Механическая конструкция (долл. США)	98 091,00	173 632,00	310 000,00	610 585,00
	Электрическая проводка	7100,00	19 900,00	18 500,00	84 000,00
	<b>Общие затраты на строительство (долл. США)</b>	<b>469 419,00</b>	<b>415 148,00</b>	<b>2 046 750,00</b>	<b>1 579 105,00</b>
<b>Затраты на охлаждающее оборудование</b>	Климатические системы (долл. США)	100 000,00	-	400 000,00	-
	Установка климатических систем (долл. США)	50 000,00	-	200 000,00	-
	Стоимость шкафа с LCP (долл. США)	-	360 000,00	-	1 728 000,00
	Установка шкафа с LCP (долл. США)	-	15 000,00	-	72 000,00
	Модуль распределения	-	Не требуется	-	Не требуется
	Установка модуля распределения	-	Не требуется	-	Не требуется
	Стоимость шкафа/стойки	61 600,00	-	445 500,00	-
	Установка шкафа/стойки	28 000,00	-	202 500,00	-
	<b>Общие затраты на охлаждающее оборудование (долл. США)</b>	<b>239 600,00</b>	<b>375 000,00</b>	<b>1 248 000,00</b>	<b>1 800 000,00</b>
<b>Общие капитальные затраты (долл. США)</b>		<b>709 019,00</b>	<b>790 148,00</b>	<b>3 294 750,00</b>	<b>3 379 105,00</b>

Таблица 2. Анализ капитальных затрат

#### В. Анализ затрат на аренду помещений

#### Анализ затрат на аренду помещений

	Усредненная ставка аренды офисных помещений	Схема 1А	Схема 1Б
<b>Физические характеристики</b>	Долл. США / кв. м (кв. фут) / год	Горячие/холодные коридоры	Стойки с LCP Rittal
	Длина (м (фут))	13,8 (46)	10,8 (36)
	Ширина (м (фут))	13,8 (46)	11,4 (38)
	Площадь (кв. м (кв. фут))	190,44 (2116)	123,12 (1368)
<b>Годовые затраты на аренду помещений</b>	Чикаго, США (см. прим. 1) 28,60	60 518	39 125
	Бостон, США (см. прим. 1) 43,20	91 411	59 098
	Франкфурт, Германия (см. прим. 2) 50,50	106 858	69 084
	Гонконг, Китай (см. прим. 1) 55,20	116 803	75 514
<b>Экономия на аренде помещений</b>	Чикаго, США	21 393	
	Бостон, США	32 313	
	Франкфурт, Германия	37 774	
	Гонконг, Китай	41 289	

	Усредненная ставка аренды помещений в складской/промышленной зоне	Схема 1А: горячие/холодные коридоры	Схема 1Б: стойки с LCP Rittal
Физические характеристики	Длина (м (фут))	125	70
	Ширина (м (фут))	80	78
	Площадь (кв. м (кв. фут))	10,000	5,460
Годовые затраты на аренду помещений	Чикаго, США (см. прим. 1) 4,40	44 000	24 024
	Бостон, США (см. прим. 1) 6,90	69 000	37 674
	Франкфурт, Германия (см. прим. 2) 9,30	93 000	50 778
	Гонконг, Китай (см. прим. 1) 13,70	137 000	74 802
Экономия на аренде помещений	Чикаго, США	9 976	
	Бостон, США	31 326	
	Франкфурт, Германия	42 222	
	Гонконг, Китай	62 198	

1. Усредненная ставка аренды по данным компании CB Richard Ellis. Обзор рынка, первый квартал 2007 г.
2. Усредненная ставка аренды по данным компании CB Richard Ellis. Обзор рынка, третий квартал 2006 г.

Таблица 3. Анализ затрат на аренду помещений

В табл. 3 приведены расходы на аренду помещений в офисной и промышленной зоне в четырех городах. Размеры арендуемых площадей определялись на основании данных табл. 1. Для небольших ЦОД, которые могут размещаться в офисных помещениях, экономия может достигать 30 %. Для более крупных ЦОД, размещение которых может потребовать аренды площадей в промышленной зоне, экономия при размещении в том же городе может достичь 40 % (примечание: приведенные данные основаны на обзорах рынка за 2006 и 2007 годы, выполненных компанией CBRE).

#### Г. Анализ энергопотребления

Анализ энергопотребления – устройства, освещение и нагрузка общего характера					
		Схема 1А	Схема 1Б	Схема 2А	Схема 2Б
		Горячие/холодные коридоры	Стойки с LCP Rittal	Горячие/холодные коридоры	Стойки с LCP Rittal
Потребляемая мощность вентилятора модуля охлаждения	Потребляемая мощность вентилятора модуля охлаждения (кВт)	11	1,2	11	1,2
	Общее число модулей охлаждения (шт.)	5	36	20	162
	Общее энергопотребление вентиляторов модулей охлаждения (кВт)	56	43	224	194
Энергопотребление вентиляторов модулей охлаждения	В год (кВт·ч/год)	489 924,90	378 432,00	1 959 699,60	1 702 944,00
Затраты на электроэнергию для вентиляторов модулей охлаждения	В год (долл. США/год)	48 992,49	37 843,20	195 969,96	170 294,40
Экономия на электроэнергии для вентиляторов модулей охлаждения	В год (долл. США/год)	11 149,29		25 675,56	
Потребляемая мощность источников освещения	1,8 кВт/кв. м (кв. фут) (кВт)	3830,0	2476,1	18 100,0	9882,6
Энергопотребление источников освещения	В год (кВт·ч/год)	33 550,4	21 690,5	158 556,0	86 571,6
Затраты на электроэнергию для источников освещения	В год (долл. США/год)	3355,04	2169,05	15 855,60	8657,16
Экономия на электроэнергии для источников освещения	В год (долл. США/год)	1186,00		7198,44	

### Анализ энергопотребления – центральная установка

		Схема 1А	Схема 1Б	Схема 1А	Схема 1Б
		Горячие/холодные коридоры	Стойки с LCP Rittal	Горячие/холодные коридоры	Стойки с LCP Rittal
<b>Силовая нагрузка ЦОД</b>	Мощность «башни» (кВт)	470		2160	
<b>Расход через устройство</b>	Расход (л/мин (галлон/мин))	296,25 (79,0)	41,25 (11,0)	296,25 (79,0)	41,25 (11,0)
	Общее число модулей охлаждения (шт.)	5	36	5	36
	Общий расход охлажденной воды установки (л/мин (галлон/мин))	1481,25 (395,0)	1481,25 (395,0)	1481,25 (395,0)	1481,25 (395,0)
<b>Охлаждающая вода</b>	Температура подаваемой воды (град. F)	48,0	56,3	48,0	56,3
	Температура отводимой воды (град. F)	282,0	286,7	282,0	286,7
	Разница температур охлажденной воды (град. F)	4,6		4,1	
<b>Мощность центральной установки</b>	Отлично (кВт)	141,0	121,3	141,0	121,3
	Удовлетворительно (кВт)	258,5	222,4	258,5	222,4
	Плохо (кВт)	611,0	525,8	611,0	525,8
<b>Энергопотребление центральной установки</b>	Отлично (кВт•ч/год)	1235 160,0	1 062 855,2	1 235 160,0	1 062 855,2
	Удовлетворительно (кВт•ч/год)	2264 460,0	1 948 567,8	2 264 460,0	1 948 567,8
	Плохо (кВт•ч/год)	5 352 360,0	4 605 705,8	5 352 360,0	4 605 705,8
<b>Затраты на электроэнергию для центральной установки</b>	Отлично (долл. США/год)	123 516,00	106 285,52	123 516,00	106 285,52
	Удовлетворительно (долл. США/год)	226 446,00	194 856,78	226 446,00	194 856,78
	Плохо (долл. США/год)	535 236,00	460 570,58	535 236,00	460 570,58
<b>Снижение затрат на электроэнергию для центральной установки</b>	Отлично (долл. США/год)	<b>17 230,48</b>		<b>69 820,70</b>	
	Удовлетворительно (долл. США/год)	<b>31 589,22</b>		<b>128 004,62</b>	
	Плохо (долл. США/год)	<b>74 665,42</b>		<b>302 556,38</b>	

Таблица 4. Анализ энергопотребления

В первой части таблицы 4 показано общее энергопотребление вентиляторов модулей охлаждения в ЦОД, использующих LCP, в сравнении с ЦОД с обычными системами кондиционирования. Принимается, что в обоих случаях модули охлаждения работают на максимальной нагрузке с номинальным энергопотреблением. С учетом дополнительной экономии на нагрузке общего характера и устройствах освещения суммарная величина снижения затрат может достигать 30–45 % в год. При выполнении этих расчетов принималось, что в ЦОД не используются устройства, включающие источники освещения по сигналам от датчиков движения. При расчетах затрат на энергию стоимость одного киловатт-часа для компаний принималась равной 0,10 доллара США.

Для определения влияния на центральную установку охлаждения воды на рис. 1 показана температура охлаждающей воды, поступающей от источника, необходимая для соответствия тепловой нагрузке 15 кВт. Обеспечение требуемой температуры воды для ЦОД с LCP сравнивалось с таковым для обычного ЦОД (для обоих размеров).

При расчете энергопотребления центральной установки, включая энергопотребление компонентов механической системы охлаждения, использовался экосистемный подход, рассматривающий общее энергопотребление ЦОД. Этот подход учитывает коэффициент полезной нагрузки или коэффициент использования электроэнергии и результирующее влияние на глобальное потепление. Другими словами, коэффициент использования электроэнергии — это показатель, позволяющий распределить ЦОД по категориям в зависимости от общего энергопотребления ИТ-системы, потребления механической энергии, электрического питания от сети и распределительных систем, относительной производительности процессоров, а также потребления энергии

системами пожарной и дымовой сигнализации, графиков загрузки, системы управления производством.

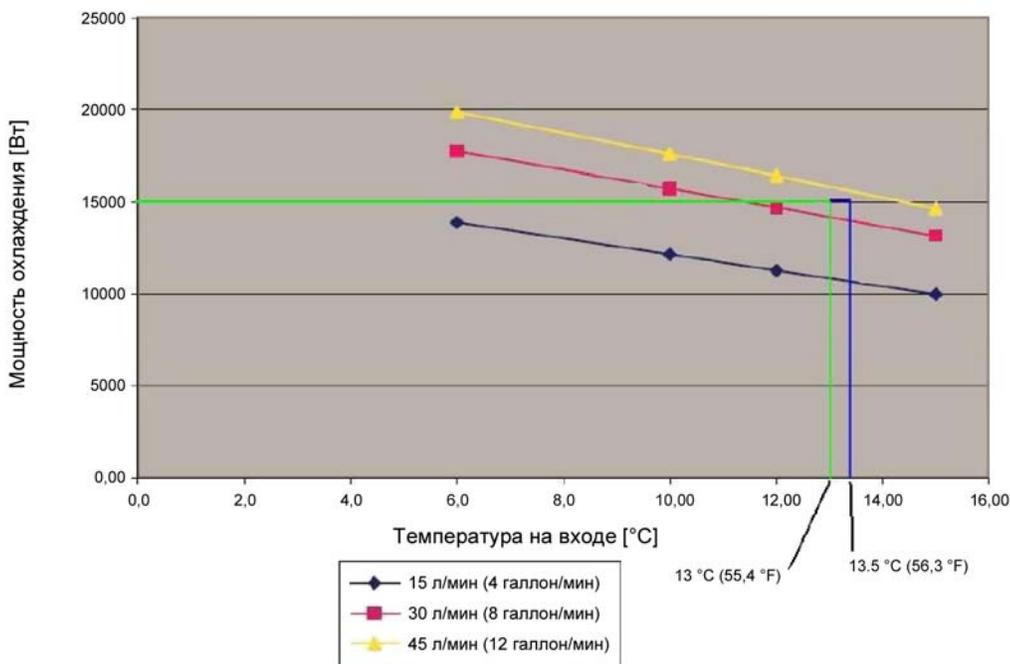


Рис 1. Мощность охлаждения LCP с тремя охлаждающими модулями.

При расчете суммарной экономии для ЦОД заданного размера необходимо учитывать экономию на охлаждении воды, на вентиляторах модулей охлаждения, а также на нагрузке общего характера и на источниках освещения. В результате для ЦОД, работающего со средней загрузкой, годовая экономия может составлять от 45 000 до 160 000 долларов США (для рассматриваемых в настоящем документе ЦОД малого и большого размера соответственно).

Необходимо отметить, что повышенная температура воды положительно влияет на работу водяного экономайзера, если он применяется в центральной установке охлаждения воды. В обычных системах водяных экономайзеров количество рабочих часов зависит от времени, в течение которого температура шарика наружного смоченного термометра меньше заданной температуры охлажденной воды. Точная оценка влияния зависит от климатической зоны конкретного города. Установка подобной системы позволяет сэкономить дополнительную энергию.

Анализируя объемы экономии энергии и снижение затрат, необходимо также учитывать следующее: установка энергоэффективных систем, дающих ощутимую экономию энергии, позволяет пользователям получать компенсацию от поставщика электроэнергии. Многие компании, предоставляющие услуги энергоснабжения, предлагают программы, позволяющие оценивать экономию электроэнергии для компонентов, используемых в ЦОД и вспомогательных системах. Чем больше экономия, тем больше размер возможной компенсации. Rittal предлагает пользователям обращаться к местным поставщикам электроэнергии и узнать о доступных программах и порядке участия в этих программах, а также о продукции и технологиях, подпадающих под действие этих программ.

## Заключение

Развертывание высокоэффективных систем охлаждения целесообразно в следующих случаях.

- Доступные площади ограничивают число шкафов для оборудования, которые можно установить в ЦОД.
- Существующая инфраструктура не позволяет наращивать мощность систем охлаждения в помещении, в то время как мощности чиллера хватает для охлаждения дополнительного оборудования.
- В организации установлены или будут устанавливаться высокопроизводительные вычислительные системы — blade-серверы или монтируемые в стойку устройства высокой плотности установки.
- Анализ описанных выше факторов показывает, что установка высокоэффективной системы охлаждения позволит сэкономить средства.

Высокоэффективные системы охлаждения предоставляют компаниям значительные преимущества при расширении и позволяют лучше удовлетворять растущие потребности ИТ-приложений. Установка таких систем не только повышает эффективность работы ЦОД, но и может положительно влиять на работу всего предприятия. Это относится к установке чиллеров, устройств распределения питания, снижает затраты на строительство и т. п. Кроме того, подобные системы могут повышать производительность оборудования, увеличивать среднее время безотказной работы и сокращать среднее время восстановления работоспособности ИТ-компонентов, а также повышать экологичность ЦОД, обеспечивая дополнительную экономию, позволяя получать компенсации и помогая выполнять существующие нормативные требования к использованию энергии и требования, которые могут быть приняты в будущем.

Необходимо помнить, что развертывание систем LCP предоставляет преимущества не всем ЦОД и пользователям. Кроме того, поскольку приведенные в настоящем документе результаты носят общий характер, соответствующие показатели для конкретных организаций должны оцениваться в индивидуальном порядке и могут отличаться. Несмотря на это, система LCP предоставляет жизнеспособное решение, которое позволяет удовлетворять постоянно растущие требования ИТ-систем к охлаждению и может использоваться как существующими системами, так и, что более важно, системами следующего поколения, которые будут развертываться в будущем.

Рассматривая проблемы охлаждения, необходимо переходить от анализа методов охлаждения к анализу преимуществ предлагаемых решений. Пользователи не должны определять, можно ли установить ту или иную систему и способна ли эта система решить поставленную задачу — они должны сравнивать преимущества различных систем. Чем больше систем вводится в строй, тем больший практический опыт в обеспечении экономии получают компания Rittal и другие поставщики. А основной целью этого процесса является нахождение «зоны наилучшего восприятия» — точки, в которой становится целесообразной установка высокоэффективной системы охлаждения на основе LCP.

Для получения дополнительных сведений звоните в компанию Rittal по телефону +7 (495) 775 02 30 или обращайтесь на веб-сайты Rittal по адресам: [www.rittal.ru](http://www.rittal.ru), [www.rimatrix5.com](http://www.rimatrix5.com) и [www.rittal.com](http://www.rittal.com).



Хотите узнать больше о продуктах и услуга Rittal в IT-области? Компания Rittal стремится помогать заказчикам в выборе правильных решений. Хотите получить помощь квалифицированных специалистов Rittal?

Заполните приведенную ниже форму и вышлите ее по факсу на номер **+7 (495) 775 02 39**.

\_\_\_\_\_  
Фамилия, имя

\_\_\_\_\_  
Компания

\_\_\_\_\_  
Должность

\_\_\_\_\_  
Подразделение

\_\_\_\_\_  
Адрес

\_\_\_\_\_  
Город/Страна/Почтовый индекс

\_\_\_\_\_  
Номер телефона

\_\_\_\_\_  
Номер мобильного телефона

\_\_\_\_\_  
Номер факса

\_\_\_\_\_  
E-mail

\_\_\_\_\_  
Какой IT-продукт вас интересует?

Я хочу встретиться с представителем Rittal

Позвоните мне

Напишите мне по E-mail

ООО "Риттал" • 123007 • г. Москва, ул. 4-я Магистральная, д. 11 стр. 1 • Тел.: +7 (495) 775 02 30 • Факс: +7 (495) 775 02 30  
E-mail: [info@rittal.ru](mailto:info@rittal.ru) • [www.rittal.ru](http://www.rittal.ru)