

# Рационализация инфраструктуры центра обработки данных

Информационная  
статья № 37

**APC**<sup>®</sup>  
Legendary Reliability™

## Резюме

Физическая инфраструктура и инфраструктура электропитания центров обработки данных, как правило, бывают более чем на 100% избыточными по уровню вложенных ресурсов. В данном документе приведена статистика потерь, связанных с такой избыточностью, дана количественная оценка связанных с нею излишних затрат, названы фундаментальные причины, делающие избыточность необходимой. Но главное, описана архитектура, позволяющая оптимизировать капитальные вложения.

## Введение

В настоящей статье показано, что избыточный запас мощности инфраструктуры центра обработки данных или сетевого узла является наиболее существенным источником возможного сокращения расходов. Как правило, реально используется менее 50% таких ресурсов. Эта избыточность является источником капитальных затрат, которых вполне можно избежать. Кроме того, такие излишние ресурсы требуют и определенных текущих затрат на эксплуатацию и обслуживание.

Статья состоит из трех частей. В первой излагается фактический материал и статистика по вопросу избыточности ресурсов. Во второй речь идет о причинах ее возникновения. Наконец, в последней - описываются архитектура и метод, позволяющие избежать напрасных затрат.

## Фактический материал и статистические данные на тему избыточных ресурсов

Каждому, кто имеет отношение к информационным технологиям и инфраструктуре для них, приходилось видеть неиспользуемые площади центров обработки данных, неиспользуемые мощности электропитания и иных компонентов инфраструктуры. Для количественной оценки этого явления необходимо, прежде всего, зафиксировать определенную терминологию.

### Терминология избыточности инфраструктурных ресурсов

В статье мы будем использовать следующие определения:

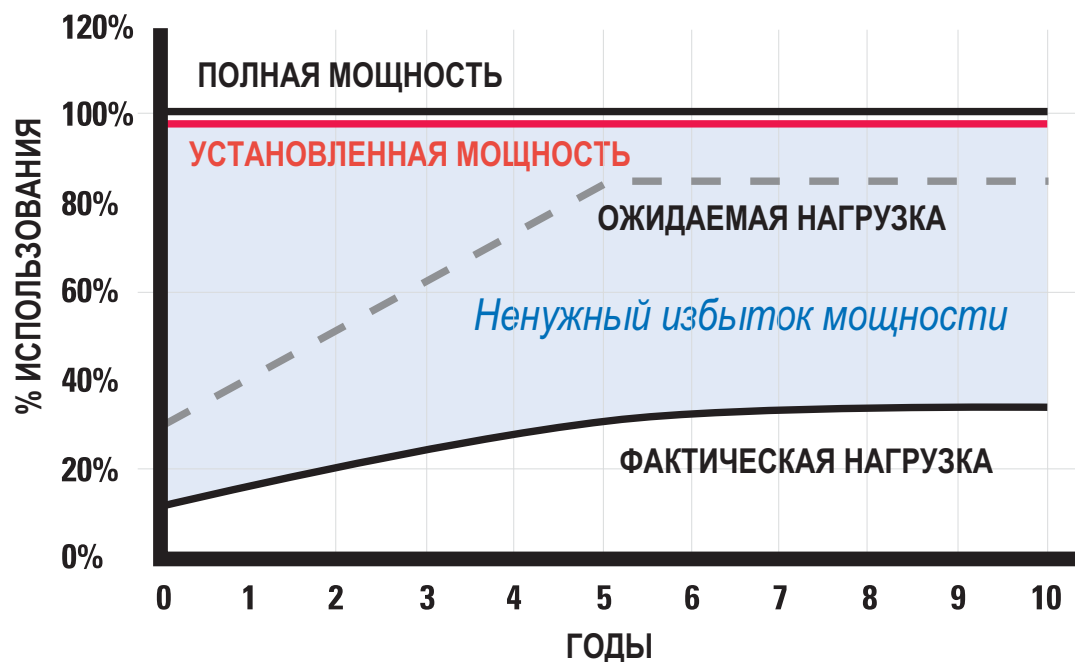
Термин	Определение
Проектный срок эксплуатации	Плановая продолжительность жизненного цикла вычислительного центра. Как правило, 6-15 лет. В качестве типового значения примем 10 лет.
Полная мощность	Максимальная нагрузка для объекта в целом. Часть необходимого для обеспечения этой нагрузки оборудования электропитания и кондиционирования или все такое оборудование может быть установлено при первоначальной инсталляции.
Установленная мощность	Максимальная нагрузка для установленного оборудования электропитания и кондиционирования. Не может превышать полной мощности.
Ожидаемая нагрузка	Ожидаемая нагрузка, на момент сдачи системы в эксплуатацию и в дальнейшем. Как правило, изменяется со временем. После сдачи системы в эксплуатацию ожидаемая нагрузка, обычно, с течением времени растет.
Фактическая нагрузка	Фактическая потребность в мощности, на момент сдачи системы в эксплуатацию и в дальнейшем. Как правило, изменяется со временем. После сдачи системы в эксплуатацию фактическая нагрузка, обычно, с течением времени растет.

## Допущения модели

С целью сбора и анализа данных по вопросу избыточности инфраструктурных ресурсов специалисты APC провели опрос пользователей и разработали упрощенную модель, описывающую процесс планирования мощности инфраструктуры вычислительного центра. Эта модель основана на следующих допущениях:

- Проектный срок эксплуатации вычислительного центра составляет 10 лет.
- План построения вычислительного центра включает проектное значение максимальной мощности и расчетную начальную потребность в мощности
- Ожидаемая нагрузка линейно растет на протяжении жизненного цикла вычислительного центра, от значения ожидаемой нагрузки в момент пуска в эксплуатацию до максимального значения, достигаемого в середине этого цикла.

Описанная модель положена в основу схемы процесса планирования, представленной на рисунке 1. Эта последняя принята нами в качестве репрезентативной модели планирования систем.



**Рис. 1** – Проектная мощность электропитания и изменение потребности в этом ресурсе на протяжении жизненного цикла вычислительного центра

На рисунке показан типовой цикл планирования. Установленная мощность оборудования электропитания и кондиционирования равняется полной мощности. Иными словами, система с самого начала строится в расчете на некоторый конечный набор характеристик. Согласно плану, ожидаемая нагрузка составляет первоначально 30% полной мощности вычислительного центра или сетевого узла, а в дальнейшем увеличивается до конечного значения ожидаемой нагрузки.

Однако фактическая нагрузка в момент пуска в эксплуатацию, как правило, бывает ниже ожидаемой; также и конечное значение фактической нагрузки оказывается значительно ниже установленной мощности (Следует иметь в виду, что сумма номинальных мощностей потребления эксплуатируемой аппаратуры может превышать установленную мощность – из-за использования резервирования или из-за работы в режиме пониженной мощности).

### **Реальная статистика**

Чтобы оценить реальные масштабы проблемы избыточности инфраструктурных ресурсов, APC провела опрос среди своих заказчиков и исследование целого ряда реальных объектов. Было обнаружено, что величина превышения конечного значения ожидаемой нагрузки над значением на момент пуска в эксплуатацию составляет, как правило, около 30%. Далее было выяснено, что фактическая нагрузка на момент пуска составляет, как правило, около 30% от ожидаемой, а конечная фактическая нагрузка – около 30% от установленной мощности. Все эти данные отражены на рисунке 1. Таким образом, типичный вычислительный центр проектируется с троекратным избытком инфраструктурных ресурсов. На момент сдачи в эксплуатацию этот избыток бывает еще более значительным – как правило, близким к десятикратному.

### **Излишние расходы, связанные с избытком ресурсов**

Можно выделить две составляющих расходов, осуществляемых на протяжении жизненного цикла ВЦ и связанных с избытком инфраструктурных ресурсов: капитальные и текущие.

Капитальные расходы, связанные с избытком инфраструктурных ресурсов, представлены затененной областью на рис. 1. Эта область соответствует доле ресурсов, не используемой в типичном случае. Избыточные ресурсы непосредственно пересчитываются в избыточные капитальные затраты, включая затраты на избыточное оборудование электропитания и кондиционирования и на учитываемые по статье капитальных расходов работы по проектированию и инсталляции, включая прокладку электропроводки и воздуховодов.

Системы электропитания и кондиционирование типичного вычислительного центра с суммарной мощностью установленной аппаратуры 100 кВт требуют капитальных затрат в размере около 500 тыс. долл., или 5 долл./Вт. Настоящий анализ показал, что около 70% этих инвестиций, что составляет 350 тыс. долл., не приносят никакой пользы. А в прежние годы такие напрасные расходы были и еще выше. Учитывая стоимость использования денежных средств, потери от избыточности инфраструктурных ресурсов составляют в типовом случае почти 100% капитальных затрат на постройку центра обработки данных! То есть, только процентов на первоначально вложенный капитал почти достаточно для полного удовлетворения фактических потребностей.

Избыточные затраты, осуществляемые на протяжении всего срока эксплуатации и связанные с избытком инфраструктурных ресурсов, включают также эксплуатационные расходы. Это стоимость контрактов на обслуживание, расходных материалов и электроэнергии. В случае выполнения всех инструкций производителей оборудования сумма затрат на обслуживание в течение жизненного

цикла центра обработки данных или сетевого узла, как правило, оказывается лишь немногим меньше капитальных затрат. Поскольку обслуживание требует все установленное оборудование, а не только необходимое для обеспечения фактических потребностей, значительная часть этих затрат оказывается напрасной. Так, в примере с вычислительным центром суммарной потребляемой мощностью 100 кВт сумма этих напрасных расходов в течение срока эксплуатации систем может достигать примерно 250 тыс. долл.

Кроме того, избыточная инфраструктура центров обработки данных и сетевых узлов потребляет электроэнергию. В холостом режиме потребляемая мощность составляет, в среднем, около 5% от номинальной. Учитывая затраты энергии на кондиционирование воздуха, следует говорить о 10%. Таким образом, для центра обработки данных с потребляемой мощностью 100 кВт с типовым уровнем избыточности инфраструктурных ресурсов излишний расход электричества за весь 10-летний срок эксплуатации составит около 600 тыс. кВт\*ч, на сумму около 55 тыс. долл.

В совокупности излишние расходы на протяжении срока эксплуатации центра обработки данных или узла сети составят, в среднем, около 70% стоимости инфраструктуры электропитания и кондиционирования. Это и есть та сумма экономии, которая, теоретически, может быть получена за счет применения инфраструктуры, способной приспосабливаться к фактическим требованиям.

Многим компаниям такие излишние капитальные и эксплуатационные расходы могут стоить упущенных новых проектов и инвестиций, что обойдется значительно дороже прямых потерь. Например, совсем недавно целый ряд фирм, специализировавшихся на хостинге интернет-сайтов, оказались разорены из-за того, что их капитал был связан в подобных объектах и они не смогли использовать его в других целях.

## Каковы причины возникновения избыточности инфраструктурных ресурсов?

Как следует из собранных данных, реальная величина избыточности инфраструктурных ресурсов центров обработки данных и сетевых узлов весьма значительна и имеет большой разброс. Естественно, возникает вопрос, планируется ли и ожидается эта ли избыточность с самого начала, или она возникает в результате ошибок, или, быть может, существуют некоторые принципиальные моменты, обуславливающие ее неизбежность.

### Плановый запас

Вычислительные центры планируются в расчете на максимально возможную в будущем мощность потребления электроэнергии аппаратурой. Значения полной и установленной мощности берутся с некоторым превышением относительно конечной ожидаемой нагрузки. Часто практикуется еще и расчет на использование подсистемы питания на неполную мощность – например, на 80% – исходя из соображения, что таким образом повышается надежность ее работы.

Практика выбора при проектировании вычислительных центров установленной мощности выше конечной ожидаемой нагрузки отражена на рис. 1. Это плановое, или намеренное завышение объема инфраструктурных ресурсов. Оно имеет определенное значение, однако, его доля в общих избыточных расходах не самая большая.

### **Процесс планирования и его ошибки**

Типичный процесс планирования вычислительного центра или сетевого узла опирается на ряд допущений относительно будущих требований. В частности:

- Потери в случае выявления недостаточности инфраструктурных ресурсов настолько высоки, что риск подобного события необходимо исключить.
- Нарращивание ресурсов посреди жизненного цикла обходится чрезвычайно дорого.
- Проведение работ, связанных с наращиванием ресурсов посреди жизненного цикла центра обработки данных или сетевого узла, создает серьезный и неприемлемый риск простоев.
- Все проектирование и планирование конфигурации инфраструктуры центра обработки данных должно выполняться заблаговременно.
- Со временем фактическая потребность в ресурсах инфраструктуры вычислительного центра или сетевого узла растет, однако надежно предсказать количественные показатели этого роста невозможно.

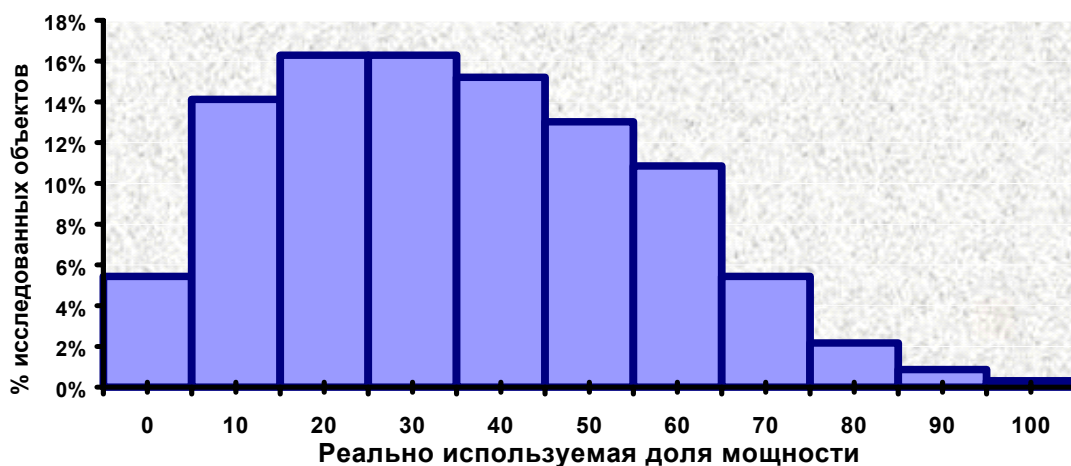
Исходя из этих допущений, планирование, проектирование и построение инфраструктуры центра обработки данных осуществляется заранее, на основе прогнозов на будущее, которые не всегда воплощаются в жизнь.

### **Фундаментальные факторы, делающие избыточность инфраструктурных ресурсов неизбежной**

Описанный процесс планирования порождает очень низкий, в среднем, процент использования ресурсов, что можно наблюдать на примере реальных фактических данных и что следует рассматривать как негативное, с экономической точки зрения, явление. Тем не менее, никакого изъяна в рассмотренном выше процессе планирования нет. Это видимое противоречие можно разрешить путем более детального изучения данных и ограничений процесса. На рис. 2 представлено статистическое распределение итогового процента использования ресурсов (величины, получаемой делением фактической нагрузки на итоговую установленную мощность). Исследование этих данных позволяет сделать следующие выводы:

- В среднем, доля фактически используемых ресурсов составляет около 30%.
- В среднем, доля избыточных ресурсов, или невостробованной мощности инфраструктуры электропитания составляет около 70%.
- Доля фактически используемых ресурсов варьируется в значительной степени, что говорит о весьма ограниченных, в среднем, возможностях прогнозирования будущего для целей проектирования.

- Снижение величины установленной мощности до 30% от типично используемых значений приведет к пятидесятипроцентной вероятности выхода фактической нагрузки за пределы возможностей инфраструктуры.
- Современная методика расчета основана на компромиссе, в рамках которого высокий уровень избыточности ресурсов используется как защита от большого разброса значений конечной фактической нагрузки (смысл состоит в снижении вероятности выхода этого параметра за пределы возможностей системы в течение ее жизненного цикла).



**Рисунок 2** – Конечная доля используемой мощности для типового вычислительного центра

Из изложенного следует, что при существующих ограничениях процесса проектирования и непредсказуемости будущих изменений потребности в ресурсах нынешний метод планирования центра обработки данных вполне логичен. Если цена выхода фактической потребности за рамки возможностей инфраструктуры высока, то при обычном варианте построения центров обработки данных или сетевых узлов лучший способ минимизировать общие ожидаемые затраты – заложить в систему большую избыточность.



# Архитектура, позволяющая избежать лишних затрат

Принципиальная невозможность точно определить будущие требования на этапе планирования центра обработки данных останется непреодолимым препятствием, если только мы не научимся предсказывать будущее. Учитывая изложенное, очевидным решением проблемы могло бы служить использование инфраструктуры центра обработки данных или сетевого узла, способной реагировать на непредсказуемые изменения потребностей.

## Препятствия к созданию адаптивной инфраструктуры

Оценка масштабов проблемы избыточности инфраструктурных ресурсов естественно порождает вопрос: а почему инфраструктуру центра обработки данных необходимо выстраивать сразу целиком вместо того, чтобы наращивать по мере увеличения парка аппаратуры?

В действительности многие вычислительные центры строятся по тем или иным многоэтапным схемам, рассчитанным на постепенный рост. Например, развертывание оборудования в монтажные стойки часто осуществляется в несколько этапов. На несколько очередей делится прокладка ответвлений внутренней электросети. В некоторых случаях распределяется по времени установка резервных модулей ИБП. Все эти приемы позволяют получить определенную экономию общих затрат на протяжении жизненного цикла вычислительного центра. Однако во многих случаях отложенная установка дополнительного оборудования обходится настолько дороже его установки в процессе начального развертывания, что при планировании построения вычислительного центра отдают предпочтение последнему варианту. Таким образом, в данном направлении возможности для экономии оказываются на практике весьма ограниченными.

## Создание адаптивной инфраструктуры

Идеальным был бы случай применения метода и архитектуры, обеспечивающих непрерывную подстройку под изменяющиеся требования. Такие метод и архитектура должны обладать следующими характеристиками:

- Число инженерных решений, принимаемых при построении центра обработки данных раз и навсегда, должно быть существенно сокращено или даже сведено к нулю.
- Инфраструктура электропитания центра обработки данных должна состоять из глубоко инженерно проработанных готовых модулей, в которых заранее предусмотрены все возможные варианты их применения.
- Эти модули должны быть рассчитаны на транспортировку через стандартные дверные проемы и с использованием пассажирских лифтов; они должны подключаться к системе без выполнения каких-либо операций на находящихся под напряжением электрических цепях.

- Необходимо исключить какую-либо специальную подготовку площадей – вроде устройства фальшполов.
- Система должна быть рассчитана на выбор конфигурации без резервирования или с резервированием по схемам N+1 или 2N без внесения в нее каких-либо модификаций.
- Из процесса инсталляции должны быть исключены такие работы, как прокладка проводки, сверление и резка стен и перекрытий.
- Нарастивание мощности не должно требовать получения каких-либо специальных разрешений или выполнения специальных процедур.
- Стоимость модульной системы электропитания не должна превышать стоимости традиционной централизованной такой системы.
- Расходы на эксплуатацию модульной системы электропитания не должны превышать соответствующих расходов в случае традиционной централизованной системы.

### Разумные и достижимые уровни адаптивности

При развертывании адаптивных систем физической инфраструктуры излишний расход средств, представленный на рис. 1 выше затененной областью, может быть существенно сокращен. Эта экономия отображена на рис. 3 ниже. Обратите внимание, что вначале установленная мощность составляет лишь небольшую часть полной мощности, и что со временем она наращивается в соответствии с увеличением фактической нагрузки.

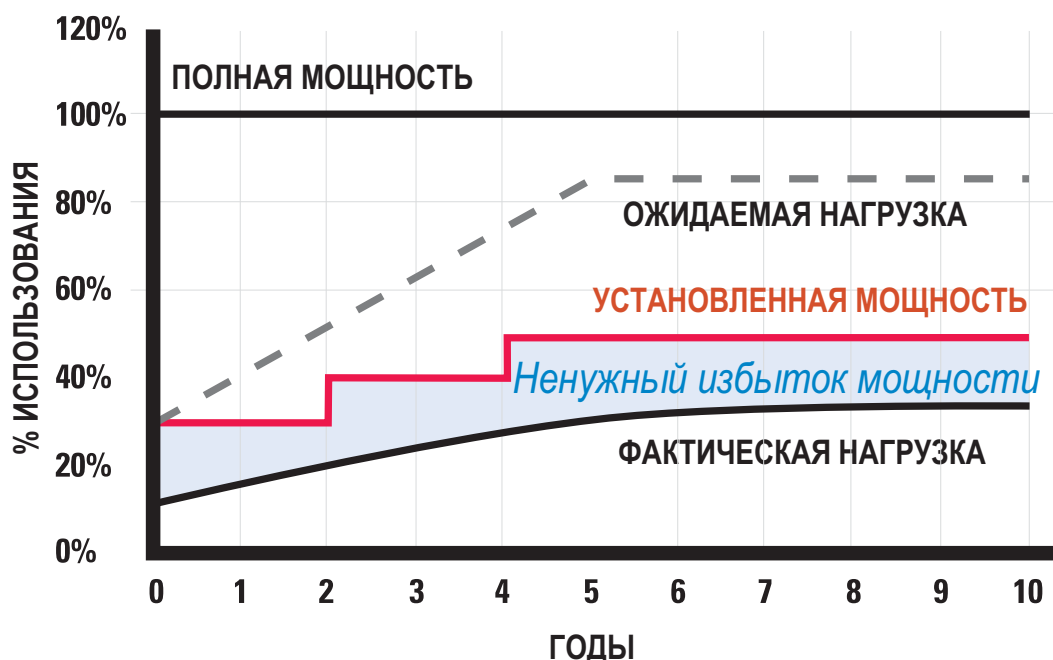


Рис. 3 – Проектный уровень мощности и изменение потребности в ней на протяжении жизненного цикла вычислительного центра

Примером адаптивной системы, отвечающей изложенным выше требованиям, может служить разработанная в APC архитектура InfraStruXure. Ее полное описание здесь не приводится. В рамках InfraStruXure более 70% ресурсов электропитания может развертываться постепенно, в соответствии с ростом потребностей центра обработки данных. На практике единственной частью подсистемы питания, действительно требующей заблаговременного развертывания в максимальном объеме, оказывается входное коммутационное оборудование и главные распределительные щиты, параметры которых должны соответствовать конечному расчетному значению полной мощности. ИБП, батарейные модули, блоки распределения питания, и проводка распределения питания по стойкам имеют модульное построение и развертываются в соответствии с изменением фактической нагрузки.

Следует отметить, что настоящая статья посвящена, в основном, подсистемам электропитания и кондиционирования воздуха, на которые приходится большая часть общей стоимости инфраструктуры вычислительного центра или сетевого узла. Для полноты анализа можно было бы и следовало бы распространить его также на производственные площади, системы противопожарной защиты и системы обеспечения безопасности.

## Выводы

Центры обработки данных часто строятся с запасом по инфраструктурным ресурсам, превышающим реальную необходимость в два-три раза. Это приводит к излишним капитальным и текущим затратам, составляющим значительную часть общих затрат на протяжении срока эксплуатации. Большой части этих излишних затрат можно избежать, воспользовавшись экономичными и, в то же время, обеспечивающими высокий уровень готовности методом и архитектурой, рассчитанными на адаптацию к изменениям требований.

## Литература

Mitchell-Jackson, J.D., Koomey, J.G., Nordman, B., Blazek, M., "Data Center Power Requirements: Measurements From Silicon Valley", 16 мая 2001 г. Магистерская диссертация, Отделение энергетики и ресурсов, Калифорнийский университет Беркли (Беркли, шт. Калифорния). Электронная версия опубликована по адресу <http://enduse.lbl.gov/Projects/InfoTech.htm>.