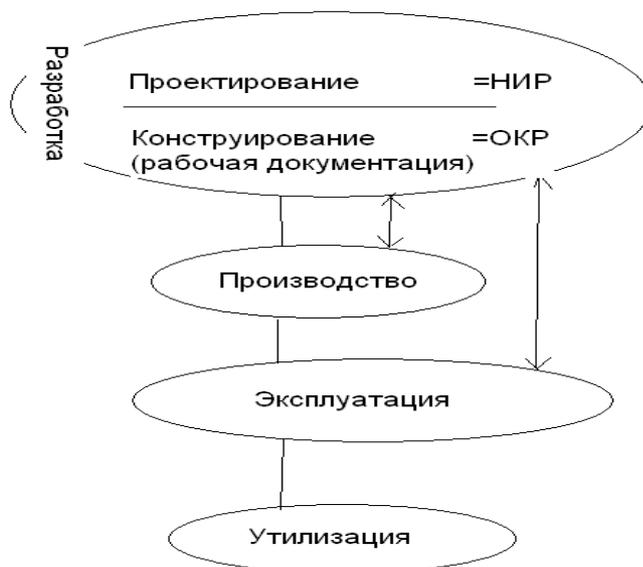


1. Стадии жизненного цикла СКС



Изделия- это предмет изготовленный на промышленном предприятии.

ТЗ- нормативно технический документ, который содержит требования к разрабатываемому устройству, и к процессам его изготовления контроля, приемки и поставки.

Макет- упрощенный вариант изделия или часть его, предназначен для проверки технических решений. Требования о макетировании принимается разработчиком

Опытный образец – это изделие изготовленное по новой документации.

Головной образец - это изделие предназначенное дляэксплуатации, оно изготовлено по документации по которой делался опытный образец.

2. Основные отличия пяти групп исполнения модулей СКС VITA-20 по условиям эксплуатации

Стандарт VITA 20 называется также Conduction Cooled PMC (CCPMC).

PMC – PCI Mezzanine Card.

Mezzanine Card — Заменяемая печатная плата, прикрепляемая параллельно к плате-хосту.

Способ охлаждения активных и пассивных компонентов на плате через прямую передачу тепла из зоны с высокой температурой в зону с низкой температурой.

Согласно стандарту VITA 20 существует четыре типа PMC:

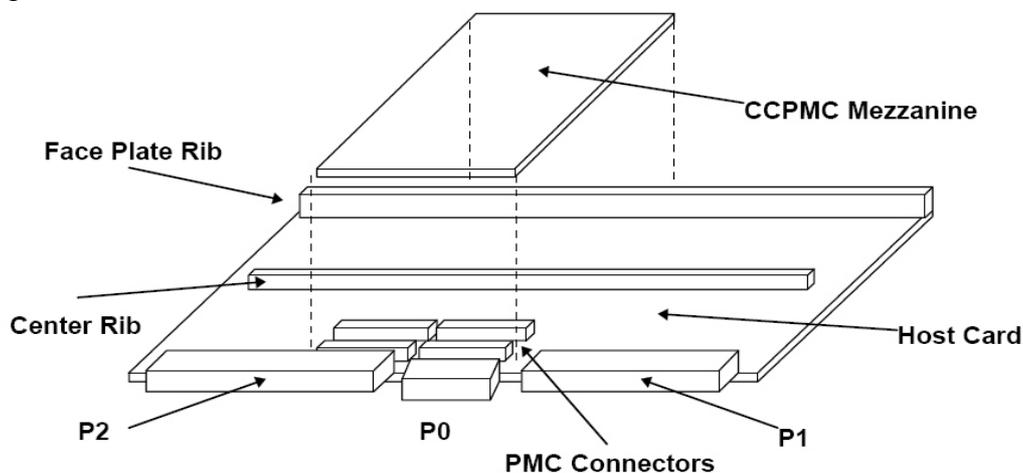
- Воздушным охлаждением с I/O
- Воздушным охлаждением без I/O
- Проводящее охлаждение с I/O
- Проводящее охлаждение без I/O

Также еще существует три типа хост-плат:

- Хост-платы с воздушным охлаждением
- Проводящее охлаждение с фиксированными ребрами (ribs)
- Проводящее охлаждение со съемными ребрами (ribs)

Совместимость плат с разными типами охлаждения:

- PMC с воздушным охлаждением без ИО совместимы с платами с проводящим охлаждением с фиксированными ребрами, если компоненты на модуле не перекрываются с ребрами на хост-плате.
- Хотя платы с воздушным охлаждением могут быть установленными на хост-платах с проводящим охлаждением со съемными ребрами, но это не всегда так.
- Платы с проводящим охлаждением с ИО не могут рассчитывать в плане охлаждения на ребро.



3. Особенности архитектуры, структуры и конструктивного исполнения СКС на базе VME

VMEbus (VersaModule Eurocard bus) — стандарт на компьютерную шину, первоначально разработанный для семейства микропроцессоров Motorola 68000, и в дальнейшем нашедший применение для множества других приложений. Шина VME была стандартизирована IEC как ANSI/IEEE 1014—1987. Физически в VME используется конструктив Евромеханика. Впервые разработанная в 1981, шина VME находит широкое применение вплоть до сегодняшнего дня.

Характеристики шины

Разрядность шины — 32/64

- Адрес/Данные — отдельные (VME32), мультиплексируемые (VME64)
- Тип шины — [Асинхронная](#)
- Конструктив — [Евромеханика](#) 3U, 6U, 9U
- Максимальное количество модулей в [крейте](#) — 21 штука
- Пропускная способность в 32 разрядном варианте — 40 Мбайт/с (VME32), 80 Мбайт/с (VME64)

В режиме блочных передач (когда на 1-ую передачу адреса идёт несколько передач данных) скорость может достигать 320 Мбайт/с (VME64).

В 1979 компания Motorola разрабатывала свой новый микропроцессор 68000, и один из её инженеров, Jack Kister, поднял вопрос о создании стандартизированной шины для систем, использующих 68000, которую он назвал VERSAbus. С тех пор спецификация стандарта прошла несколько ревизий и в 1987 году была принята действующая по настоящее время спецификация VMEbus Rev.C1, которая является международным стандартом [МЭК 821](#). В США этот стандарт имеет название ANSI/IEEE 1014—1987.

Описание шины

Во многом шина VMEbus представляет собой внешние интерфейсы процессора 68000, доработанные для соединения нескольких печатных плат. Обычно подобный дизайн является недостатком, так как принуждает создавать системы подобные тем, для которых шина применялась изначально. Однако, одной из ключевых особенностей процессора 68000 была плоская, 32-битная модель памяти и отсутствие деления памяти на сегменты, что делает шину VME достаточно универсальной для большинства применений.

Как и шина процессора 68000, VME использует отдельную адресную шину и отдельную шину данных, обе из которых являются 32-битными. На самом деле, во время разработки VME, внешняя шина процессора 68000 использовала 24-разрядную шину адреса и 16-разрядную шину данных (хотя внутри микропроцессора обе шины были 32-разрядными), но разработчики VME предвидели необходимость применения 32-разрядных шин в будущем. Для того, чтобы обеспечить возможность применения шин различной разрядности, была предусмотрена возможность применения двух различных типов разъёмов: P1 и P2. Разъём типа P1 содержит три ряда по 32 контакта, и позволяет использовать младшие 24 разряда адреса и 16-разрядную шину данных, а также все управляющие сигналы. Разъём типа P2 содержит на один ряд контактов больше; этот дополнительный ряд содержит оставшиеся 8 линий адреса и 16 линий данных.

Логически все устройства шины VME делятся на три типа:

- ведущий;
- ведомый;
- арбитр.

Ведущий — инициирует циклы на шине. Ведомый — осуществляет операции по команде ведущего. Арбитр — осуществляет контроль за занятостью шины.

Для управления шиной используется набор из девяти линий, известный как arbitration bus. Всю передачу информации по шине контролирует арбитр шины, расположенный на плате, установленной в слот номер 1 шасси, такая плата называется arbiter module. В общем случае для передачи информации по шине каждая плата должна запросить доступ к шине, установив одну из линий bus request in на arbitration bus в активное состояние (лог. 0) для того, чтобы арбитр мог определить её номер слота. Когда арбитр освобождает шину, он сканирует линии bus request in, и проверяет, находятся какие-либо из них в активном состоянии. Если это так, то арбитр устанавливает линию bus busy в активное состояние, указывая таким образом всем устройствам на шине, что шина занята и разрешает доступ к шине одному устройству путём установки линии bus grant out в активное состояние.

После этого устройство получает доступ к шине. Для того, чтобы записать данные, устройство выставляет адрес и данные на шину, и устанавливает в активное состояние линии address strobe и две линии data strobe, для указания того, что данные готовы, а также устанавливает линию write в активное состояние. Для указания разрядности данных, пересылаемых в данном цикле используется две линии data strobe, с помощью которых кодируется размер данных: 8, 16 или 32 бита (или 64 для VME64). Ведомое устройство, прочитавшее адрес с шины и опознавшее его как свой, читает данные и устанавливает линию data transfer acknowledge по завершении (в случае ошибки устанавливается линия bus error). Чтение данных происходит аналогичным образом, но ведущее устройство устанавливает на шине только адрес и устанавливает линию read в активное состояние. Другое устройство устанавливает на шине данные и data strobe в активное состояние. Подобный способ обмена называется асинхронным, означая то, что на шине не существует сигнала общей синхронизации (который есть на синхронных шинах, таких, как [PCI](#)).

Шина VME имеет семь линий запроса на прерывание (именно столько их было у 68000). При приходе запроса на прерывание по одной из этих линий арбитр шины записывает уровень прерывания на шину адреса, чтобы указать, какое прерывание надо обработать. Следует отметить, что в этом случае не используется номер карты, так как карты во многих случаях могут разделять прерывания. Часто отмечают, что чрезмерное количество уровней прерываний является одним из немногих примеров избыточности в архитектуре 68000, однако для шины VME это не является большим недостатком.

4. Особенности архитектуры, структуры и конструктивного исполнения СКС на базе CPPI PISMG 2.0. Мезонинные технологии.

CompactPCI — системная шина, широко используемая в промышленной автоматике. Электрически шина отличается от PCI стандарта 2.2, тем что позволяет подключить большее число устройств. Но в целом совместима и обычно использует тот же набор микросхем. Физически разъём выполнен по-другому и позволяет использовать «горячее подключение» плат — то есть, устанавливать и извлекать плату не прерывая работоспособности компьютера. Изделия CompactPCI широко используются в телекоммуникациях. Основной конкурент — шины VME, VME32, VME64, являющиеся фактическим стандартом в военной технике НАТО. Широкое применение сдерживается высокой ценой изделий по сравнению с VME.

На настоящий момент базовая шина CompactPCI фактически устарела по пропускной способности. Но разработаны расширения, такие как PCI-E в конструктиве 3U (6U).

Спецификация CompactPCI не является свободно распространяемой и поэтому нельзя сюда выкладывать какие-либо технические данные, чертежи, описание сигналов.

Исполнение модулей

Распространены модули и шкафы стандарта 3U и 6U но также встречаются и другие исполнения.

Расширение шины

Стандарт CompactPCI позволяет добавить дополнительные сигналы, для передачи данных помимо шины PCI. На основе этих расширений были созданы новые стандарты, такие как CompactPCI 64 или PXI.

Характеристики

- Разрядность — 32/64
- Адрес/Данные — мультиплексируемые
- Тип шины — синхронная шина 33 МГц или 66 МГц. Частота шины зависит от того, способны ли все устройства, включая системное (мастер) работать на данной частоте. Если хотя бы одно из устройств не работает на частоте 66 МГц - мастер выбирает частоту 33 МГц.
- Конструктив — Евромеханика 3U,6U
- Максимальное количество модулей в крейте — 8/16
- Пропускная способность в 32-х разрядном варианте — 132 Мбайт/с.

Соответственно максимальная пропускная способность на 64 разрядной шине при частоте 66 МГц составляет 528Мбайт/с. Но данную пропускную способность не просто получить. При проектировании устройства необходимо решить проблему "конflikта" устройств при доступе к шине, а также знать будет ли системная плата принимать все данные или будет часть игнорировать, для того чтобы, например, обработать более высокоприоритетные от Ethernet 100 Мбит или 1Гбит.

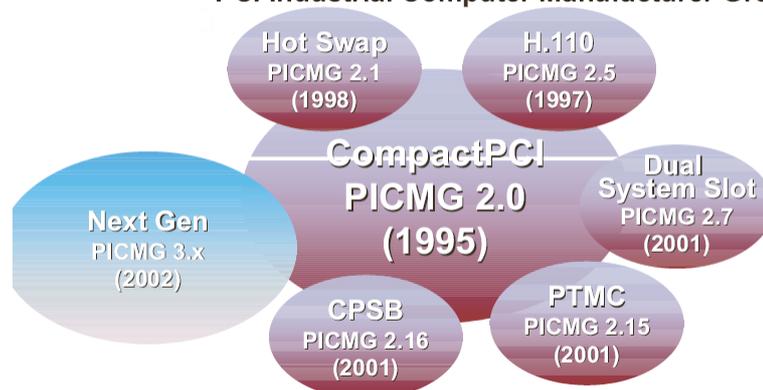
- практика показывает, что изделия сделанные в стандарте 3U 6U не надёжны при эксплуатации в движении на машинах. Оборудование даёт сбой при тряске или ударах (что является нормой при езде). Также следует обратить внимание, на то что не все устройства работоспособны при низких температурах.

Зато это оборудование отлично подходит для создания измерительных или управляющих компьютеров, стендов, частей станков.

PISMG 2.0, R2.1 CompactPCI

Это основная спецификация CompactPCI, распространяющая механическую организацию и распределение выводов электрического уровня PCI на систему соединителей с шагом 2 мм. Для поддержки базовой системы CompactPCI предусмотрены дополнительные спецификации. Ревизия 2.1 - это вторая официальная версия данной спецификации.

PCI Industrial Computer Manufacturer Group



Стандарт, а вернее семейство стандартов CompactPCI разрабатывается и поддерживается консорциумом PICMG - Группой Производителей Индустриальных Компьютеров с шиной PCI. Если первоначально целью создания стандарта была всего лишь "индустриализация" персонального компьютера путем слияния шины PCI с механическим стандартом Евромеханика, то по мере "обрастания" базовой спецификации PICMG 2.0 смежными спецификациями, четко прослеживается ориентация на рынок компьютерных систем телекоммуникационного назначения:

PICMG 2.5 - CompactPCI Computer Telephony - шина компьютерной телефонии ECTF H.110 на магистрали CompactPCI

PICMG 2.1 Горячая замена (извлечение/вставка модулей без отключения питания)

PICMG 2.15 PCI Telecom Mezzanine Card мезонинный модуль формата PMC (PCI Mezzanine Card) со стандартизованной разводкой типовых телекоммуникационных интерфейсов

PICMG 2.7 Dual Systems Slot - системный процессор с интерфейсом к двум независимым сегментам магистрали CompactPCI (для систем высокой готовности с резервированием)

PICMG 2.16 CompactPCI Switched Backplane коммутируемая сеть Ethernet 10/100/1000 с топологией двойной резервируемой звезды.

Мезонинные технологии.

Традиционные ММС (магистрально-модульные системы (VME (IEC-821), MultyBus-II, ISA и некоторые другие)) обладают довольно сложным шинным интерфейсом, требующим заметных аппаратных ресурсов модуля для сопряжения функциональной части модуля с магистральной шиной. "Мезонинные" шины максимально просты и не требуют специальных схем согласования на "мезонинных" модулях. "Мезонинные" модули являются прекрасным способом функционального расширения традиционных ММС-модулей за счет непосредственного подключения к модулю-носителю.

Мезонинные технологии

Более 40% всех встраиваемых применений PC приходится на одноплатные компьютеры. То есть всё необходимое для решения задачи умещается на одной плате, в связи с чем отпадает необходимость в использовании какойлибо системной магистрали общего назначения. Но и в случае применения одноплатных компьютеров периодически возникает необходимость в небольшом расширении их возможностей или в их адаптации для конкретного применения. Для этого, как правило, применяют специальные платы расширения уменьшенного размера, прикрепляемые непосредственно к платам носителям.

Подобные платы расширения, как и используемые для связи с ними интерфейсы, получили название мезонинных.

5. Особенности реализации горячего резервирования в CompactPCI

Наиболее кардинальным способом повышения надежности на системном уровне является резервирование. Применяется двукратное или многократное резервирование либо системы в целом, либо ее наиболее важных или наиболее «слабых», с точки зрения надежности, частей. В случае «горячего» резервирования отказ парируется практически мгновенно, так как переход на резервный комплект оборудования происходит «незаметно» и не отражается на функциональных возможностях системы.

Однако во многих случаях применение резервирования по разным причинам (чаще всего экономическим) неоправданно. В этом случае приходится мириться с последствиями отказов, но можно предпринять ряд мер, чтобы время восстановления было минимальным. В общем случае эти меры должны быть комплексными организационно-техническими. Технические решения в этой области направлены прежде всего на обеспечение возможности замены отказавших элементов системы без отключения питания («hot swap», «hot plug», «live insertion», или «горячая» замена).

CompactPCI — системная шина, широко используемая в промышленной автоматике.

Данная архитектура получила широкое применение в области построения вычислительных систем высокой готовности благодаря простоте обслуживания соответствующего оборудования и возможности “горячей” замены плат CompactPCI. Шасси CompactPCI обеспечивает удобный доступ к установленным в нем платам и поддерживает переходные модули ввода-вывода (по стандарту IEEE 1101.1), размещаемые в задней его части. К ним подключаются кабели, необходимые для работы плат. Это существенно ускоряет замену последних, поскольку их кабели остаются подсоединенными к переходным модулям.

Что касается “горячей” замены плат CompactPCI, то спецификация CompactPCI Hot Swap (PICMG 2.1) определяет три варианта реализации этой функции. В базовом варианте предполагается переконфигурирование системы вручную (с помощью консоли), при этом оператор вполне может ошибиться. В полном варианте предусматривается автоматическая процедура “горячей” замены, которая активизируется по сигналу от микропереключателя, срабатывающего при нажатии на рычаг фиксации/извлечения платы. В третьем варианте — для систем высокой готовности — специальный контроллер “горячей” замены автоматически отслеживает состояние плат и слотов, отключает вышедшую из строя плату и активизирует резервную (если она уже имеется в шасси), определяет появление новой платы в слоте и инициирует ее подключение. Этот контроллер может быть интегрирован на процессорной плате или переходном модуле либо выполнен в виде модуля, устанавливаемого в специальный слот CompactPCI. В системах высокой готовности предусмотрены резервирование и “горячая” замена этих контроллеров.

Также конструкция компьютера должна допускать возможность «горячей» замены модулей. Для этого в процессе замены должна обеспечиваться определенная последовательность соединения и разъединения контактов соединителя, а также должны вырабатываться специальные предупредительные сигналы для процессорного модуля и для обслуживающего персонала. Для выполнения этих функций используются контакты соединителей IEC 61076-4-101, имеющие разную длину (самые длинные – выводы питания), и микропереключатели, встраиваемые в рукоятки экстракторы.

Высокий коэффициент готовности вычислительных систем достигается за счет резервирования критически важных компонентов или посредством кластеризации. В современных платформах CompactPCI нашли применение оба подхода.

6. Особенности архитектуры, структуры и конструктивного исполнения СКС на базе PICMG 2.16

В 1994 году группа производителей компьютерного оборудования объединилась в PCI Industrial Computer Manufacturers Group. Цель консорциума – совместная разработка открытых спецификаций для высокопроизводительных телекоммуникационных и промышленных приложений.

Но, несмотря на все положительные черты и характеристики, заложенные в первоначальный стандарт, CompactPCI имел ряд недостатков, которые не позволяли или затрудняли его применение в современных телекоммуникационных приложениях.

Во-первых, PCI имеет шинную архитектуру совместного доступа с теоретически ограниченной пропускной способностью 533 Мбайт/с при обмене лишь между 5 слотами. А такая производительность намного ниже, чем средняя производительность Ethernet.

Во-вторых, стандартная CompactPCI-подсистема имела лишь 1 шинный интерфейс, а это значит, что система, как единое целое, переставала существовать, когда контроллер интерфейса одной подсистемы «захватывал» шину. А это, в свою очередь, значит, что отказ в одной точке привел к остановке всей системы.

Еще одним важным фактором, послужившим толчком к разработке новой спецификации, была необходимость в разработке на сетевом / транспортном уровне / объединительных панелей. Такой подход позволил бы значительно увеличить масштабируемость, надежность и производительность систем.

Решением, позволившим учесть недостатки явилась спецификация PICMG 2.16.

PICMG 2.16 или CompactPCI Packet Switching Backplane – следующая спецификация, продолжение семейства стандартов PICMG 2.X. Суть спецификации PSB состоит в том, что, в дополнение к существующим определениям системного и периферийного слотов CompactPCI PSB определяет слоты узла сети и коммутирующего устройства. Такая интеграция позволяет создать Embedded System Area Network (ESAN) – Ethernet топологии двойной звезды в пределах одного CompactPCI-корпуса, значительно увеличить межмодульные коммуникационные возможности подсистем. Современная система CompactPCI строится на основе одного или более сегментов шины CompactPCI. Каждый сегмент CompactPCI включает в себя один системный слот и до семи периферийных слотов. Сегменты шины соединяются между собой посредством одного или более PCI-мостов. Следует заметить, что использование специальных мостов PCI-PCI позволяет увеличить максимальное число плат расширения до 16 или 24 без существенного снижения производительности системы.

PICMG 2.16 подразумевает использование в одном корпусе компонентов, поддерживающих как CompactPCI/PSB, так и CompactPCI, также не отменяет возможность применения телефонной шины H.110 для тех систем, в которых ее поддержка необходима.

К выше описанным преимуществам добавим напряжения питания +5В, +3,3В, +12В и -12В.

Спецификация CompactPCI Packet Switching Backplane (PICMG 2.16) опубликована консорциумом PCI Industrial Computer Manufacturers Group и является открытой. Таким образом, к техническим и коммерческим преимуществам применения новой технологии добавились широкая номенклатура соответствующих спецификации изделий и огромный выбор производителей.

Есть два понятия, лежащие PICMG 2.16.

- Ethernet инфраструктуры является встроенный в CompactPCI, доступ через разъем J3. Ethernet элементы находятся в одном или нескольких слотов CompactPCI, взаимосвязанных в шасси.
- Все подсистемы будет функционировать в качестве автономных

систем" взаимодействуя друг с другом через сетевой стек поверх Ethernet.

В этих двух основных концепциях, PICMG 2,16 предлагает следующие преимущества:

- Повышение производительности / пропускной способности
- Архитектурная масштабируемость / неограниченность "виртуальной платы"
- Повышение надежности коммутационными избыточностями
- Сокращение времени разработки

Из-за характера пакетной коммутации спецификация PICMG 2,16 добавляет Fabric, Node, System для определения стандарта CompactPCI системы и периферийное слот определений. Благодаря сочетанию Fabric, Node, System, и периферийных возможностей, Packet Switching Backplane поддерживает гораздо больше, чем стандарт CompactPCI backplane.

Fabric слоты имеют один или два слота в шасси, для переключения пакетов между слотами Node (до двух Fabric слотов может быть поддерживаться в 19-дюймовых шасси cPCI). Каждый Fabric слот может поддерживать от одного до двадцати Node слотов. Fabric слоты поддерживают горячую замену и пропускная способность для каждого может быть до 2,5 Gbytes / сек.

Увеличение межплатных соединений: все подсистемы будут функционировать в качестве автономных систем взаимодействуя друг с другом через сетевой стек поверх Ethernet.

Стандартизированные архитектуры: стандарты на основе архитектур, таких как PICMG 2,16 позволяют инженерам разрабатывать решения в более короткие сроки, с более низкой общей стоимостью разработки - позволяя им сосредоточиться на более важных задачах.

Увеличение пропускной способности / плотности / качества: Предлагаемая пропускная способность до 40Gbit/sec полный дуплекс, стала на порядок выше.

Сокращение времени интегрирования: разработка, происходит в сетевом / транспортном уровнях, а не на связях (коммутационном уровне). Это резко сокращает время интеграции - в то время как система получает повышения масштабируемости, надежности и производительности.

Повышение масштабируемости: Неограниченная "виртуальная плата".

Increased reliability : The platform accommodates two fully redundant networks within a single chassis, potential system losses are limited to a single slot in a chassis - the ultimate hot-swap failsafe. **Повышение надежности:**

Leverages ubiquity of Ethernet : Ethernet is everywhere.

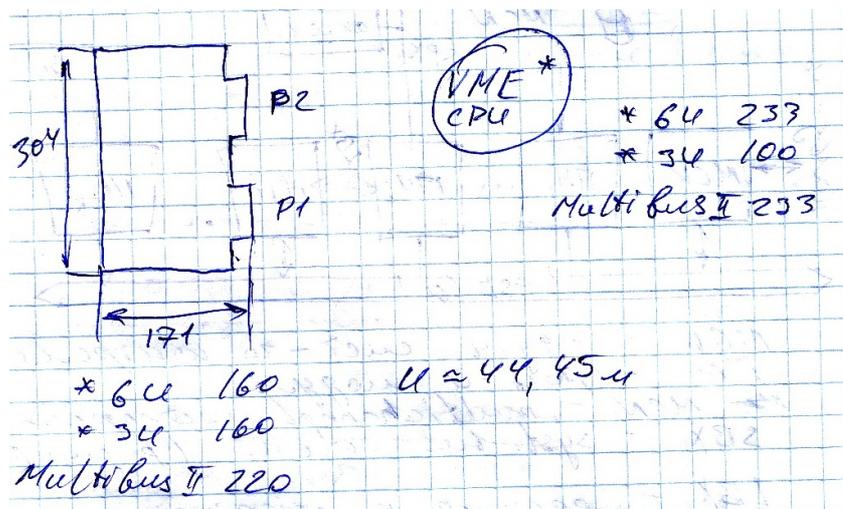
работы самых разнообразных вычислительных модулей.

MULTIBUS I и MULTIBUS II используют концепцию "ведущий-ведомый". Ведущим является любой модуль, обладающий средствами управления магистралью. Ведущий с помощью логики доступа к магистрали захватывает магистраль, затем генерирует сигналы управления и адреса и сами адреса памяти или устройства ввода-вывода. Для выполнения этих действий ведущий оборудуется либо блоком центрального процессора, либо логикой, предназначенной для передачи данных по магистрали к местам назначения и от них. Ведомый - это модуль, декодирующий состояние адресных линий и действующий на основании сигналов, полученных от ведущих; ведомый не может управлять магистралью.

Процедура обмена сигналами между ведущим и ведомым позволяет модулям различного быстродействия взаимодействовать через магистраль. Ведущий магистрали может отменить действия логики управления магистралью, если ему необходимо гарантировать для себя использование циклов магистрали. Такая операция носит название "блокирования" магистрали; она временно предотвращает использование магистрали другими ведущими. Другой важной особенностью магистрали является возможность подключения многих ведущих модулей с целью образования многопроцессорных систем. MULTIBUS I позволяет передать 8- и 16 разрядные данные и оперировать с адресами длиной до 24 разрядов.

MULTIBUS II воспринимает 8-, 16- и 32 разрядные данные, а адреса длиной до 32 разрядов.

Конструктивное исполнение. Платы, разработанные с использованием шины MultiBus выполняются в виде плат размерами 3U и 6U.



8. Надежность СКС. Безотказность. Ремонтпригодность. Долговечность. Сохраняемость

Виды параметров СКС:

- Основные (рабочие) – рабочие режимы изделия;
- Второстепенные (технологические) – вспомогательные в целях диагностирования.

К основными характеристикам надежности СКС относится:

- Безотказность - способность сохранять работоспособное состояние в течении заданного времени;
- Ремонтпригодность – выявление отказов их причин и обеспечение ремонта;
- Долговечность – свойство сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния, с учетом обеспечения и обслуживания, и ремонта.
- Сохраняемость – способность сохранять показатели безотказности, долговечности и ремонтпригодности в течении, и после хранения и транспортирования.

9. Экспоненциальное распределение. Интенсивность отказов

Экспоненциальный закон вероятности распределения отказов

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda(t)}; \quad \text{В инженерных расчетах } \lambda(t) = \text{const.}$$

$$F(t) = \lambda(t)e^{-\lambda(t)}; \quad P(t) = e^{-\lambda(t)*t} \rightarrow \lambda(t) = \text{const.}$$

Пример СКС



$$P_{\text{скс}}(t) = P_1(t) * P_2(t) \dots P_n(t) = \prod P_i(t) = e^{-\sum \lambda_i(t)t}$$

Интенсивность отказов

Интенсивность отказов – условная плотность вероятности возникновения отказов, рассматривается для момента t_i , при условии, что до этого отказов не было.

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1 - F(t)} \text{ - число отказов за час;}$$

$$\lambda(t) = \frac{\Delta n(t)}{N(t) * \Delta(t)}; \quad N(t) = N_0 - \Delta n(t).$$

$N(t)$ – число оставшихся на момент t систем.

Все показатели для не восстанавливаемых элементов.

Понятия сбоя и отказа

В классической теории надежности систем сбой и отказ отличаются уровнем физического разрушения элементов и необходимостью ремонта или замены. **Считается, что сбой устраняется мгновенно, а отказ – в течении продолжительного времени.**

Для скс как системы РВ сбой и отказ будем определять в зависимости от времени неработоспособности системы.

$$T_{\text{нераб.}} < \tau_{\text{отказ}} \rightarrow \text{сбой};$$

$$T_{\text{нераб.}} \geq \tau_{\text{отказ}} \rightarrow \text{отказ.}$$

Виды отказов

- внезапный - возникший скачкообразно;
- постепенный – к которому приведено изменение параметров во времени;
- частичный - приводит к частичной нарушению функций скс;
- конструктивный – возникающий из-за нарушения процесса проектирования и конструирования;
- производственный – возникающий по вине производства;
- эксплуатационный – возникающий по вине эксплуатаций организации.

Для скс отказом можно считать снижение быстродействия, уменьшение объема доступа памяти.

Функции описания случайных процессов сбоя

Будем использовать функции распределения вероятности и плотности отказов.

Основными законами распределения характеристик случайных величин вызывающих отказы:

- экспоненциальный закон;
- Вейбулла закон.

Вейбулла закон представляет собой:

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda_0 * t^\alpha}; \quad F(t) = \alpha * \lambda_0 * t^{\alpha-1} * e^{-\lambda_0 t^\alpha};$$

при $\alpha = 1$ – экспоненциальный закон; $\alpha < 1$ – этап приработки; $\alpha > 1$ – этап старения.

10. Показатели безотказности и ремонтпригодности:

Вероятность безотказной работы ($P(t_i)$) – это вероятность того, что СКС на протяжении t_i откажет.

Среднее время наработки на отказ

Среднее время наработки на отказ (T_0) – время равное математическому ожиданию наработки на отказ.

$$T_0 = \int_0^{\infty} t * f(t) dt \quad T_0 = \frac{\sum_{i=1}^{N_0} t_i}{N_0} - \text{статистически}$$

$$T_0 = \frac{1}{\lambda} - \text{для экспоненциального закона } (\lambda - \text{интенсивность отказов})$$

MTTF – mean time to failure

Показатель ремонтпригодности - определяет среднее время восстановления (T_B).

$$T_B = \frac{1}{\eta_B}$$

η_B - интенсивность восстановления

MTTR – mean time to repair

Комплексные показатели надежности включают в себя и безотказность и свойства ремонтпригодности.

Выделяют показатели:

Коэффициент готовности (K_r) - вероятность того, что в момент времени t (если в это время система не находится в состоянии планового ремонта) система находится в рабочем состоянии.

$$K_r = \frac{N_{\infty}}{N_0} \quad K_r = \frac{\sum_{i=1}^n t_{\text{работа}}}{\sum_{i=1}^n t_{\text{работа}} + \sum_{j=1}^n t_{\text{ремонт}}}$$

N_0 – число систем запущенных в эксплуатацию.

N_{∞} - число систем, которые остались за время $t = \infty$.

$$K_r = \frac{T_0}{T_0 + T_B} = \frac{T_0/T_0}{T_0/T_0 + T_B/T_0} = \frac{1}{1 + \lambda T_B}$$

A – availability

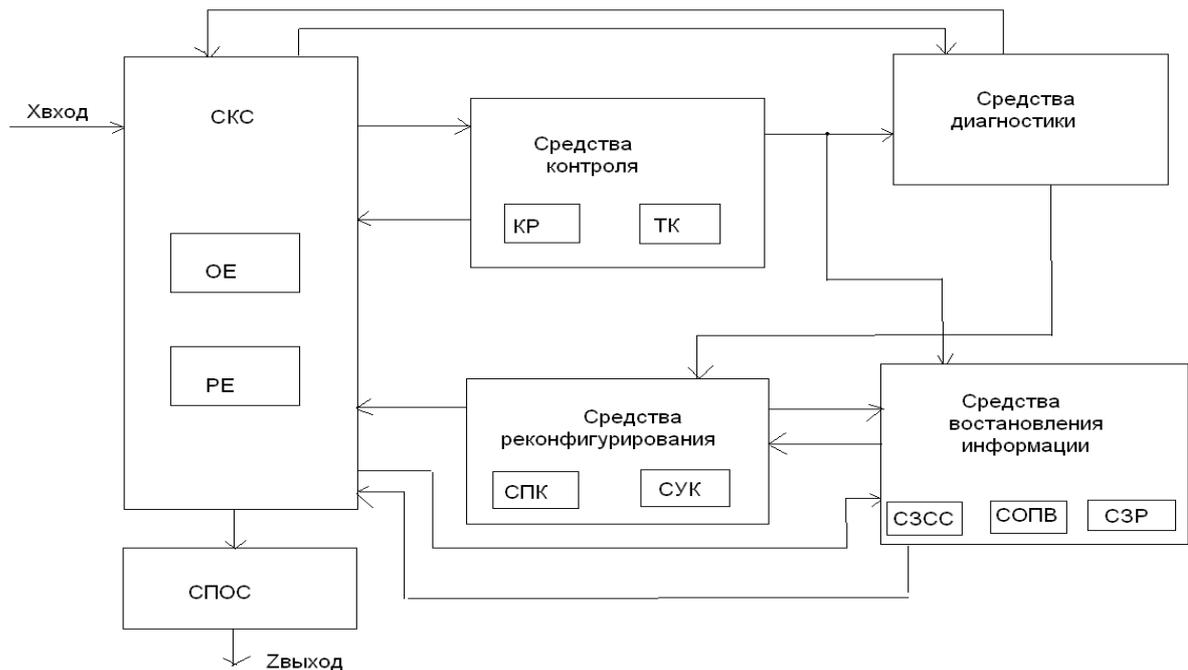
$$A = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR}$$

Коэффициент оперативной готовности ($K_{ог}(t, \tau)$) - вероятность того, что в момент времени t_0 , которое не попадает на время плановых ремонтов, и с этого времени СКС будет работать безотказно на протяжении времени τ .

$$K_{ог}(t_0, \tau) = K_r(t_0) * P(\tau) \quad K_{ог}(t, \tau) = \frac{N_{t_0}(\tau)}{N_0} - \text{статистически}$$

$N_{t_0}(\tau)$ - количество систем, которые работали в момент времени t_0 на протяжении времени τ .

11. Общая структура отказоустойчивой системы



Общая структура отказоустойчивой системы

ОЕ- основные элементы (рабочие элементы)

РЕ- резервные элементы

Средства контроля

КР- контроль в работе

ТК- тестовый контроль

Средства контроля должны определить текущее состояние СКС.

КР- контроль времени в котором наблюдается процесс вычисления

Средства диагностики, должны определить отказоустойчивый элемент

Средства реконфигурирования

СПК- средства перебора конфигурации.

СУК- средства управления конфигурации

СЗСС- Средства запоминания состояния системы.

СОПВ- средства определения порядка восстановления

СЗР- средства загрузки и рестарта.

СПОС- средства планирования отказов и сбоев. Просто сравнивает выход из каналов.

12. Основные показатели средств контроля и диагностики

Основные показатели средств контроля и диагностики

Основные показатели схем контроля:

1. Глубина контроля — какой процент железа контролируется. (n конт делить на n полн)*100% n конт — число контролируемых узлов
2. Вероятность появления ошибки контроля 1го рода — СКС работает, но система контроля сообщает, что СКС не работает.
3. Вероятность отказа 2го рода — СКС отказала, а система контроля сообщает, что СКС работает корректно.
4. Средняя продолжительность контроля — время выполнения тестового контроля определяет эффективность системы.

Основные показатели схем диагностики:

1. Вероятность появления ошибки 1го и 2го рода.
2. Средняя продолжительность диагностики.

Интегральный показатель систем контроля и диагностики:

$$L = \frac{\alpha g^2 (1 - W)}{g(1 - W) + T_B(\alpha E_A + (1 - \alpha)E_{по} + \frac{1}{\lambda})}$$

α — архитектурный коэффициент активности элементов СКС — как часто этот элемент использовался

g — периодичность и длительность контроля

W — показатель достоверности средств контроля и диагностики

T_B — время восстановления

E_A — показатель эффективности использования аппаратных средств контроля и диагностики

$E_{по}$ = показатель эффективности использования программных средств контроля и диагностики

λ = интенсивность отказов СКС

13. Общая структура живучести

Живучесть системы – способность сохранять отдельные функции при выходе из строя элементов СКС

Отказоустойчивость – обеспечение работоспособного состояния при выходе из строя элементов СКС



Средства корректировки цели функционирования (опред. какие задачи спос. вып.

– сист. и выбрать из них более приоритет):

- **СООР** – система оценки оставшихся ресурсов
- **СГВ** – средства генерации вариантов
- **СОВ** – средства оценки вариантов

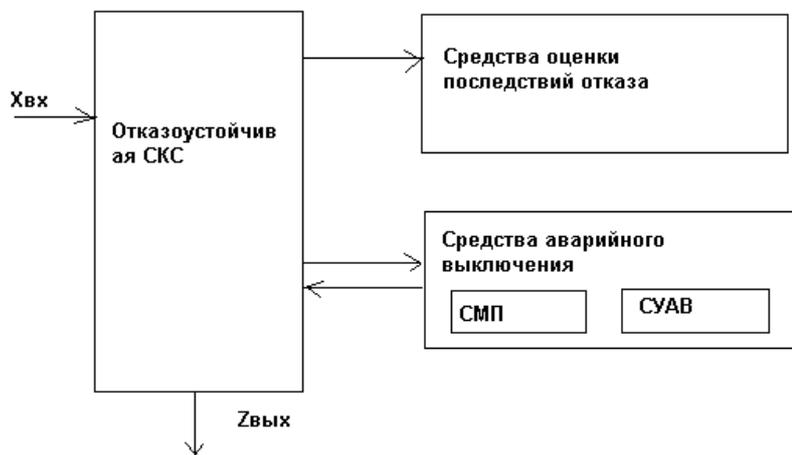
Средства обнаружения и защиты:

- **СМУ** – средства определения момента и уровня воздействий
- **СВЗ** – средства вкл. Защиты
- **СПВ** – средства принудительного восстановления

14. Общая структура безопасности

Безопасность системы – свойство СКС постепенно с сохранением работоспособности переходить в опасное состояние при отказе элементов, недопуская аварийного состояния

Отказоустойчивость – обеспечение работоспособного состояния при выходе из строя элементов СКС



СМП – средства минимизации последствий

СУАВ – средства управления аварийным выключением

15. Основные пути повышения надежности

- Применение более надежных элементов;
- Облегчение режимов работы аппаратуры (температура, обдув, виброзащита);
- Совершенствование технологии производства;
- Замена аналоговой техники на цифровую;
- Предварительная термотренировка перед эксплуатацией;
- Использование физических резервов;
- Использование структурного (избыточного аппаратного) резервирования;
- Использование информационной избыточности – избыточные коды;
- Использование временной избыточности;
- Использование алгоритмической избыточности;
- Использование различных аппаратных решений
- Использование встроенных систем обнаружения неполадок и устранения отказов;
- Выполнение расчетных регламентных работ;
- Повышение квалификации обслуживающего персонала

16. Виды структурного резервирования: нагруженное, ненагруженное, облегченное, постоянное, общее, раздельное, скользящее

– Нагруженное

Резерв работает параллельно основному элементу

+ практически отсутствует время переключения

- высокое потребление электроэнергии, необходимо охлаждение резерва

– ненагруженное (холодный режим)

Резервный комплект выключен

+ снижение потребление энергии

+ намного выше надежность

– облегченное

Один из вариантов использования: резервный комплект только запитан (sleep-режим)

- проблема инициализации памяти

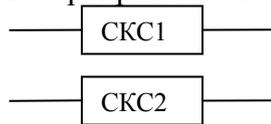
– постоянное

Без перестройки структуры.

Т.е. не предполагается реконфигурация

– общее

Резервирование на уровне приборов, систем



– Раздельное

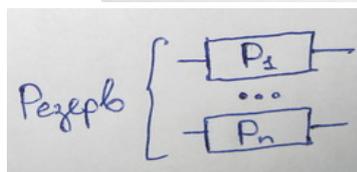
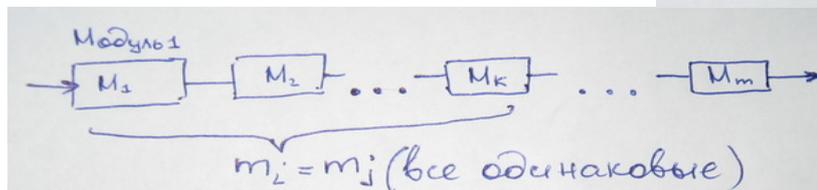
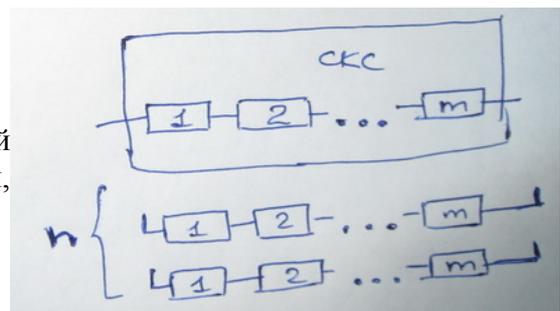
Резервирование выполняется на уровне модулей

+ Очень высокий показатель надежности

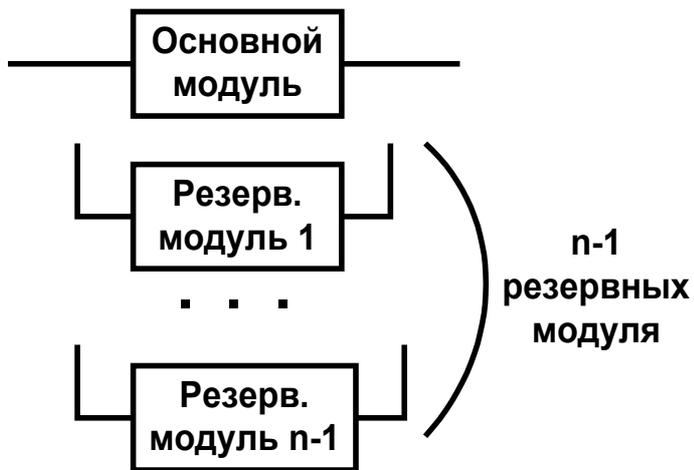
- Необходимо переделывать модули по вх. и вых. , необходимо разрабатывать коммутатор для модулей

– скользящее

Все модули одинаковые, поэтому резервный модуль может заменить любой элемент цыпочки, вышедший из строя.



17. Расчет безотказности и наработки на отказ нагруженной дублированной группы



Для модулей с разной вероятностью отказа:

$$P(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i(t)); P_i(t) \neq P_j(t)$$

Для модулей с разной вероятностью отказа:

$$P(t) = 1 - (1 - P_i(t))^n; P_i(t) = P_j(t)$$

$$T_0 = \frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^n \frac{1}{i}$$

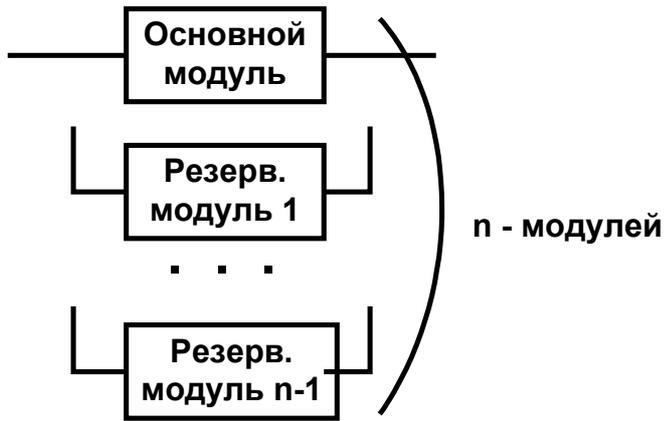
$P(t)$ – вероятность безотказной работы системы

$P_i(t)$ – вероятность безотказной работы модуля

T_0 – время наработки на отказ системы

λ – интенсивность отказов

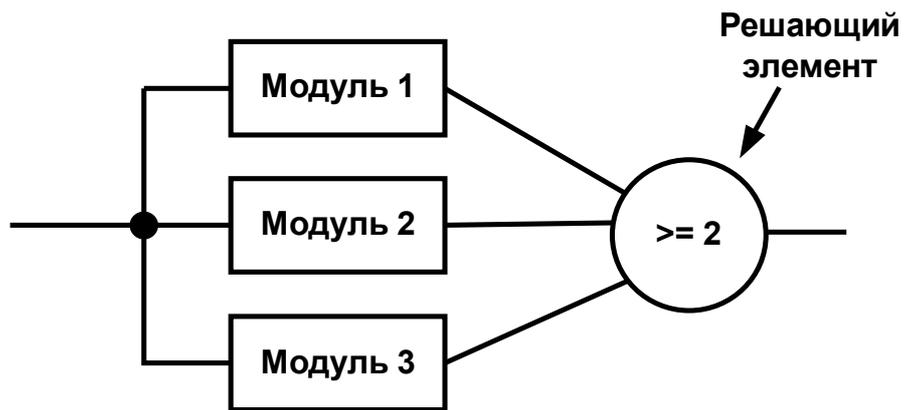
18. Расчет безотказности и наработки на отказ ненагруженной дублированной группы



$$P(t) = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{(\lambda t)^i}{i!} e^{-\lambda t}$$
$$T_0 = \frac{n}{\lambda}$$

$P(t)$ – вероятность безотказной работы системы
 T_0 – время наработки на отказ системы

19. Расчет безотказности и наработки на отказ мажоритарной группы



$$P(t) = 3e^{-t(2\lambda_1 + \lambda_2)} - 2e^{-t(3\lambda_1 + \lambda_2)}; \quad T_0 = \frac{3}{2\lambda_1 + \lambda_2} - \frac{2}{3\lambda_1 + \lambda_2}; \quad \lambda_1 = k\lambda_2$$

$$k = \frac{\text{сложность модуля}}{\text{сложность решающего элемента}}$$

$P(t)$ – вероятность безотказной работы системы
 T_0 – время наработки на отказ системы
 λ_1 – интенсивность отказов модуля
 λ_2 – интенсивность отказов решающего элемента

20. Способы переноса тепла в системах охлаждения СКС

При конструировании прибора на начальном этапе выстраиваются требования к рассеиваемой мощности и температуре окружающей среды вокруг модуля.

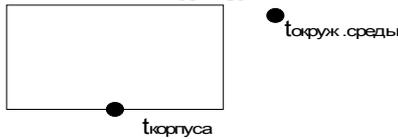
Распределение температур внутри модуля называется тепловым полем. Различают установившийся температурный режим (стационарный) и нестационарный – переходной.

Перенос тепла от элементов модуля осуществляется такими способами:

- Теплопроводностью – передача через частицы твердого тела: металл-металл (кондуктивная) Конвекцией – использование газов или жидкостей
- Излучением – преобразование энергии в излучение

Для всех способов охлаждения справедлива формула $\Phi = \alpha * S * \Delta t$

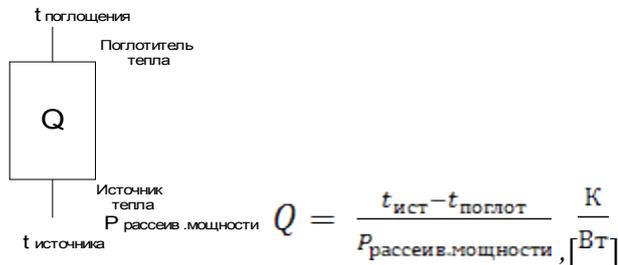
Φ – тепловой поток (Вт), который излучает прибор. α – коэффициент теплопроводности ($\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 * \text{К}}$) S – площадь прибора.



Δt – разность температур.

Вид системы охлаждения	α ()
Естественно воздушное $V_{\text{возд}} = 0$ м/с	2-10
Принудительное воздушное $V_{\text{возд}} > 0$ м/с	10-150
Естественная жидкостная	200-600
Принудительная жидкостная	300-3 000
Испарение	500-120 000

Тепловое сопротивление



$$Q = \frac{t_{\text{ист}} - t_{\text{погл}}}{R_{\text{рассеив. мощности}}} \frac{\text{К}}{[\text{Вт}]}$$

Тепловое сопротивление для теплопроводящего материала рассчитывается по

$$Q = \frac{h}{\lambda * S}$$

следующей формуле: λ – коэффициент теплопроводности h – толщина среды теплопередачи S – площадь среды теплопередачи

Материал	λ ($\frac{\text{Вт}}{\text{м} * \text{К}}$)
серебро	416
медь	390
Алюминий (сплавы)	170-210
Паста (КПТ-8)	0,8
стеклотекстолит	0,23-0,33
воздух	0,023
Воздух в зазоре	0,05
Bergquist	1,5-3,5

Оглавление

1. Стадии жизненного цикла СКС.....	1
2. Основные отличия пяти групп исполнения модулей СКС VITA-20 по условиям эксплуатации	2
3. Особенности архитектуры, структуры и конструктивного исполнения СКС на базе VME3	
4. Особенности архитектуры, структуры и конструктивного исполнения СКС на базе СРСІ PICMG 2.0. Мезонинные технологии.....	5
5. Особенности реализации горячего резервирования в СРСІ.....	7
6. Особенности архитектуры, структуры и конструктивного исполнения СКС на базе PICMG 2.16.....	8
7. Особенности архитектуры, структуры и конструктивного исполнения СКС на базе Multibus.....	10
8. Надежность СКС. Безотказность. Ремонтпригодность. Долговечность. Сохраняемость	12
9. Экспоненциальное распределение. Интенсивность отказов.....	13
10. Показатели безотказности и ремонтпригодности:.....	14
11. Общая структура отказоустойчивой системы.....	15
12. Основные показатели средств контроля и диагностики.....	16
13. Общая структура живучести	17
14. Общая структура безопасности	18
15. Основные пути повышения надежности.....	19
16. Виды структурного резервирования: нагруженное, ненагруженное, облегченное, постоянное, общее, отдельное, скользящее.....	20
17. Расчет безотказности и наработки на отказ нагруженной дублированной группы.....	21
18. Расчет безотказности и наработки на отказ ненагруженной дублированной группы.....	22
19. Расчет безотказности и наработки на отказ мажоритарной группы.....	23
20. Способы переноса тепла в системах охлаждения СКС.....	24