

В.А. Юхимец, В.Г. Терентюк, В.А. Науринский, В.В. Куц, В.В. Яровой,
А.С. Ерёмкина, А.Л. Мельник, А.С. Лисневич

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ МЕДИЦИНСКАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА. ВНЕДРЕНИЕ И ОПТИМАЛЬНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

ЧАСТЬ 5

ГУ «Национальный институт фтизиатрии и пульмонологии им. Ф.Г. Яновского
НАМН Украины»
ООО «АЛТ Украина Лтд.»

В **4-й части** статьи мы описали основные функции, которые реализуются специализированным программным обеспечением АМИС «Медицинская информационная система ЭМСИМЕД» (ПО АМИС), введенным в институте в составе программно-аппаратного комплекса, и функционал ее отдельных модулей. В 5-й части мы подробнее остановимся на составе технических средств, использованных при построении программно-аппаратного комплекса АМИС.

8. Автоматизированные рабочие места пользователей и сетевая инфраструктура.

8.1. Автоматизированные рабочие места пользователей (АРМ).

АРМ, неотъемлемая техническая составляющая АМИС, представляет собой организованное согласно установленным законодательством и/или внутренними документами ЛПУ рабочее место медицинского работника, которое обязательно должно включать рабочую станцию в виде персонального компьютера, ноутбука или терминала, монитора, базовое программное обеспечение и клиентский модуль ПО АМИС.

Нами были использованы 2 типа АРМ: на основе персонального сетевого компьютера (ноутбука) с операционной системой MS Windows XP/7/8 на платформе x86 и x64, и на основе бездискового «тонкого» клиента (терминала) с сетевой операционной системой Syselegance Thinstation на платформе Linux. Соответственно, подключение АРМ к АМИС осуществлено следующими способами:

- в первом случае АРМ подключался непосредственно к серверной части ПО АМИС с помощью клиентского модуля, установленного непосредственно на персональном сетевом компьютере;
- во втором случае АРМ подключался к удаленному сеансу на терминальном сервере

и запускал клиентский модуль ПО АМИС непосредственно из профиля пользователя.

Оба типа АРМ были подключены к локальной вычислительной сети (ЛВС), что обеспечило их способность работать в штатном для компьютеров соответствующего класса режиме и возможность, кроме работы в АМИС, пользоваться другими сетевыми ресурсами института. Подключение первого типа АРМ к ЛВС осуществлен с использованием статического IP-адреса с регистрацией на функционирующем в сети сервере DNS, подключение второго типа АРМ осуществлялось путем получения динамического IP-адреса, который предоставляется сервером DHCP, также развернутому в ЛВС, и сетевой загрузки операционной системы с помощью штатных сервисов MS Windows Server 2012 PXE и TFTP.

Всего к АМИС института было подключено 99 персональных компьютеров (научные работники, заведующие клиническими и научными подразделениями) и свыше 200 терминалов (врачи и средний медицинский персонал).

8.2. Сетевая инфраструктура.

Сетевая инфраструктура АМИС была построена из сегментов ЛВС института, имевшихся в наличии на момент начала проекта, и новых сегментов ЛВС, которые были дополнительно смонтированы во время его выполнения. Эти сегменты были интегрированы в единую ЛВС, которая используется и обслуживается как единая информационная сеть.

Схема коммутационных узлов ЛВС института приведена на рисунке 9.

Управляемые коммутаторы соединены между собой фиброоптоволоконным (FOC) и медным (UTP) кабелями категории 5е с пропускной способностью 1 Гбит/сек в дуплексном режиме, АРМы пользователей подсоединены к ЛВС медным кабелем категории 5е с пропускной способностью 100 Мбит/сек или 1 Гбит/сек в дуплексном режиме.

Настройка и управление всеми управляемыми коммутаторами осуществляется администратором ЛВС с помощью встроенной в них программы управления с Web-интерфейсом.

8.3. Серверная подсистема и подсистема хранения данных.

Основная серверная подсистема АМИС выполнена в виде серверных лезвий, расположенных в блейд-шасси, дисковых массивов, расположенных в корзинах системы DELL Powervault, и источника бесперебойного питания (ИБП). Все эти компоненты размещены в едином серверном шкафу, к которому подведена отдельная однофазная линия электросети 220 В, 10 А с отдельным автоматическим выключателем. Для подключения серверной подсистемы к ЛВС института подведены 3 линка с пропускной способностью 1

Гбит/сек в дуплексном режиме – два к самой системе и один к коммутатору системы управления. Основная серверная подсистема размещена в отдельной, защищенной серверной комнате, в которой установлен кондиционер для поддержания оптимального температурного режима.

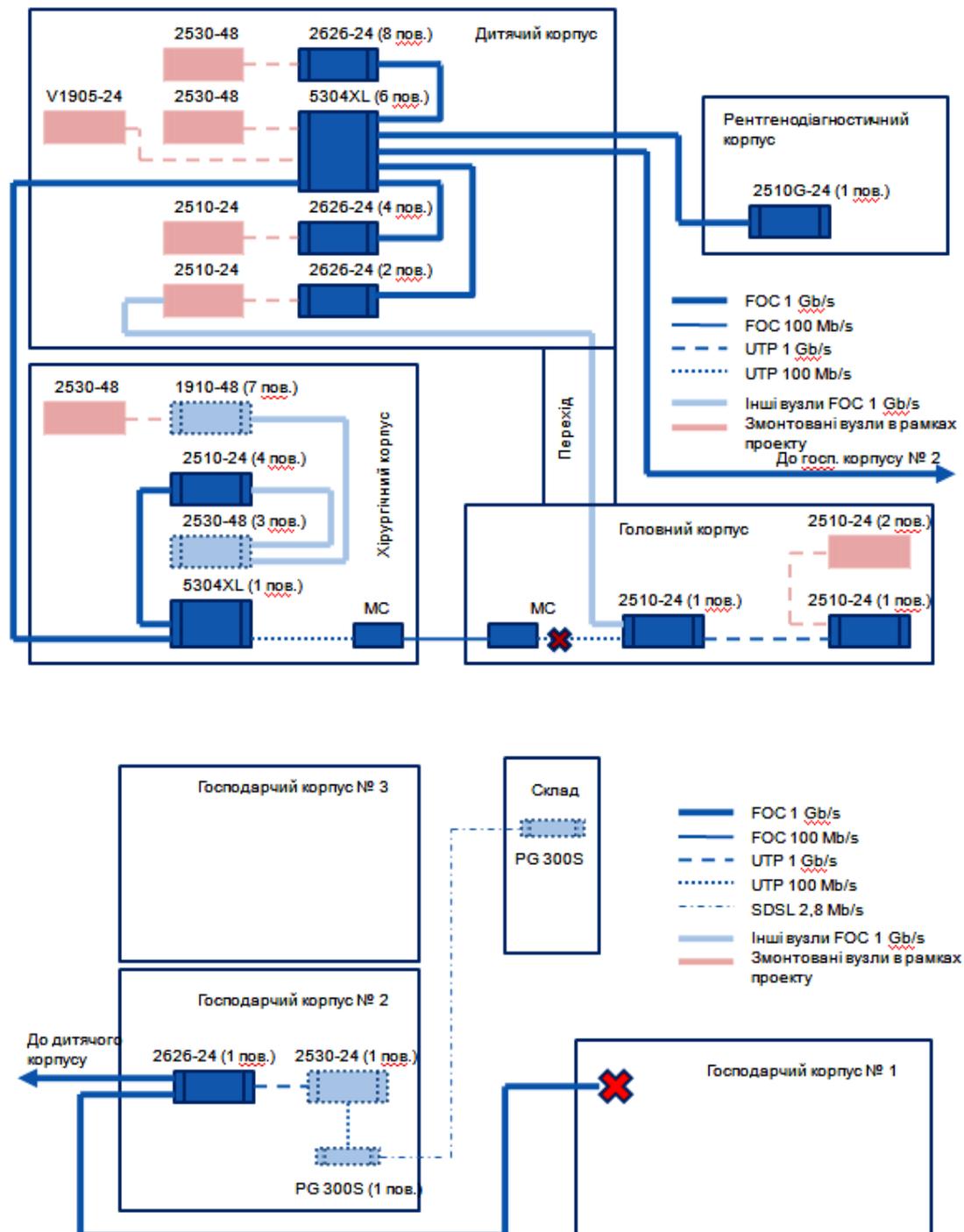
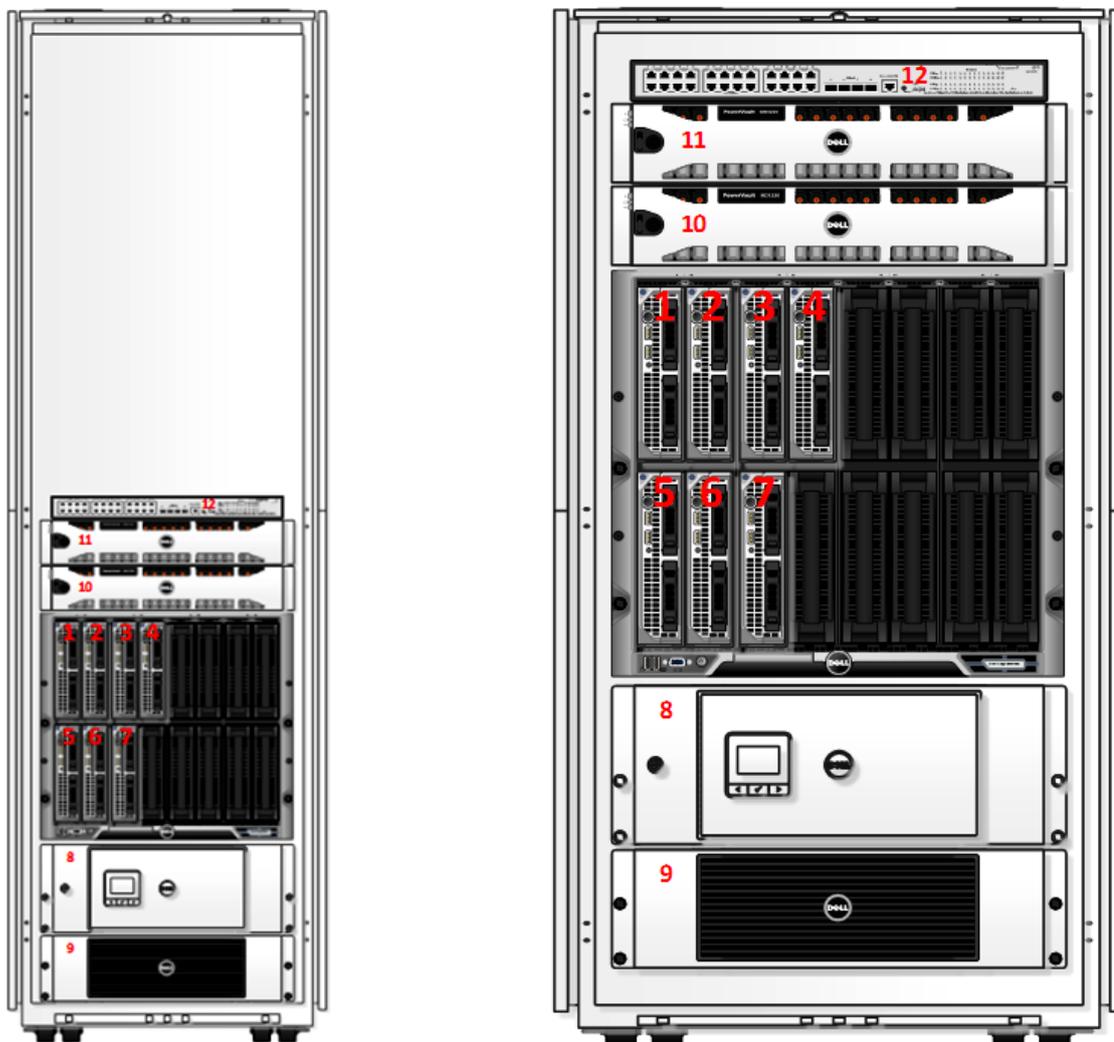


Рисунок 9. Схема размещения коммутационных узлов ЛВС

8.3.1. Размещение серверного оборудования АМИС в серверном шкафу.

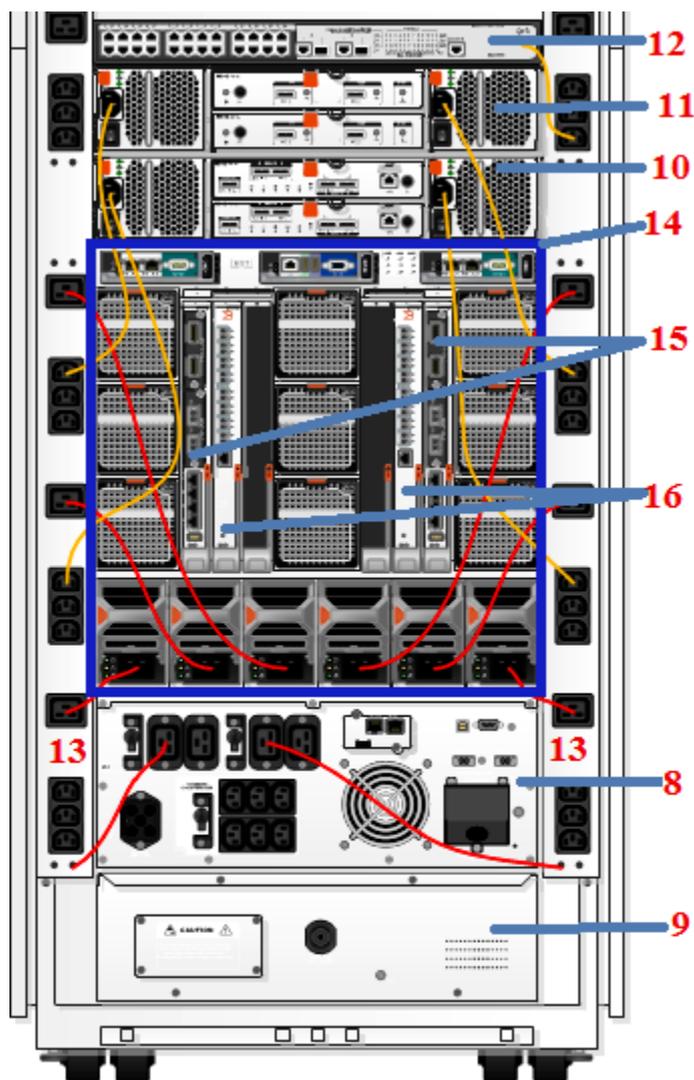
Размещение основных компонентов серверного оборудования АМИС в шкафу Dell PE 4220 42U схематично приведено на рисунке 10.



1-4 – терминальные серверы, 5 – сервер подключений АМИС, 6 – сервер БД SQL, 7 – сервер DICOM (PACS), 8 – источник бесперебойного питания (ИБП), 9 – дополнительная батарея, 10 – дисковый массив DELL Powervault MD3620f, 11 – дисковый массив DELL Powervault MD1200, 12 – управляемый коммутатор HP V1905-24.

Рисунок 10. Схема размещения серверного оборудования АМИС в серверном шкафу.

Вид серверного шкафа с обратной стороны схематично приведен на рисунке 11. Детальную конфигурацию всех частей серверной подсистемы мы подробно описали в п. 4.4 [части 2](#) статьи. Серверные лезвия смонтированные в блейд-шасси Dell PE M1000e.



— Кабель живления C13-C14
— Кабель живления C19-C20

13 – два распределителя питания (PDU), 14 – блейд-шасси Dell PE M1000e, что включает в себя управляющей модуль CMC (Chassis Management Controller), 15 – два коммутатора DELL Powerconnect M6220 Switch, 16 – два коммутатора DELL Brocade M5424 FC (Fibre Channel).

Рисунок 11. Схема подключения электропитания в серверном шкафу.

8.3.2. Схема подключения электропитания.

Подключение электропитания к критическим компонентам системы выполнено по лтказоустойчивой схеме. Распределители питания подключены к разным блокам розеток на ИБП. Каждый блок розеток имеет отдельную защиту от перегрузок и короткого замыкания (рисунок 11). К системе также подведено заземление.

Распределение нагрузки на распределители питания, размещенные вертикально по бокам серверного шкафа, выполнено в соотношении 50/50. Система способна функционировать при отключении одного из двух распределителей питания.

8.3.3. Подключение серверной подсистемы к ЛВС.

Для подключения управляющих портов серверного оборудования используется специальный управляемый коммутатор HP V1905-24 (рисунок 12).

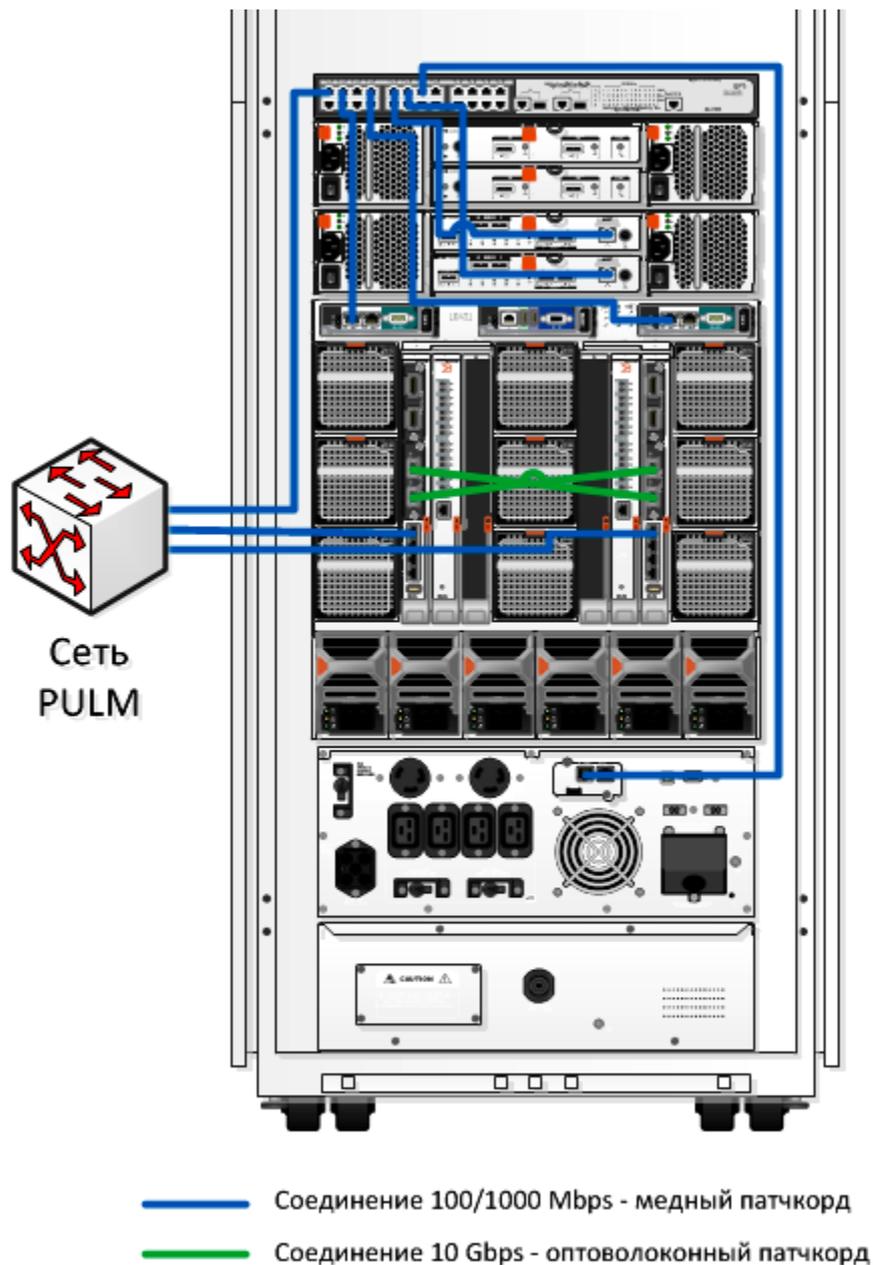


Рисунок 12. Схема подключения серверной подсистемы к ЛВС

Доступ к управляющим интерфейсам серверных лезвий и корзины блейд-шасси обеспечивается через порты управляющих модулей СМС контроллеров корзины хранилища данных. Подключение управляющей сети к ЛВС института выполнено не по отказоустойчивой схеме, поскольку доступность данного сегмента сети не является критической, и не влияет на общую работоспособность и доступность АМИС.

Использованная нами схема подключения серверных лезвий к ЛВС обеспечивает отказоустойчивость к некротным отказам:

1. Недоступность одного канала связи (обрыв кабеля, выход из строя порта коммутатора);
2. Отказ одного из 10 Гбит/сек соединений между коммутаторами (обрыв патчкорда, выход из строя SFP-модуля);
3. Отказ одного из коммутаторов.

Такая схема позволяет выполнять обслуживание (обновление микрокода, изменение схемы коммутации и т.п.) без потери доступности сервисов АМИС.

8.3.4. Схема подключения сети хранения данных – Storage Area Network (SAN)

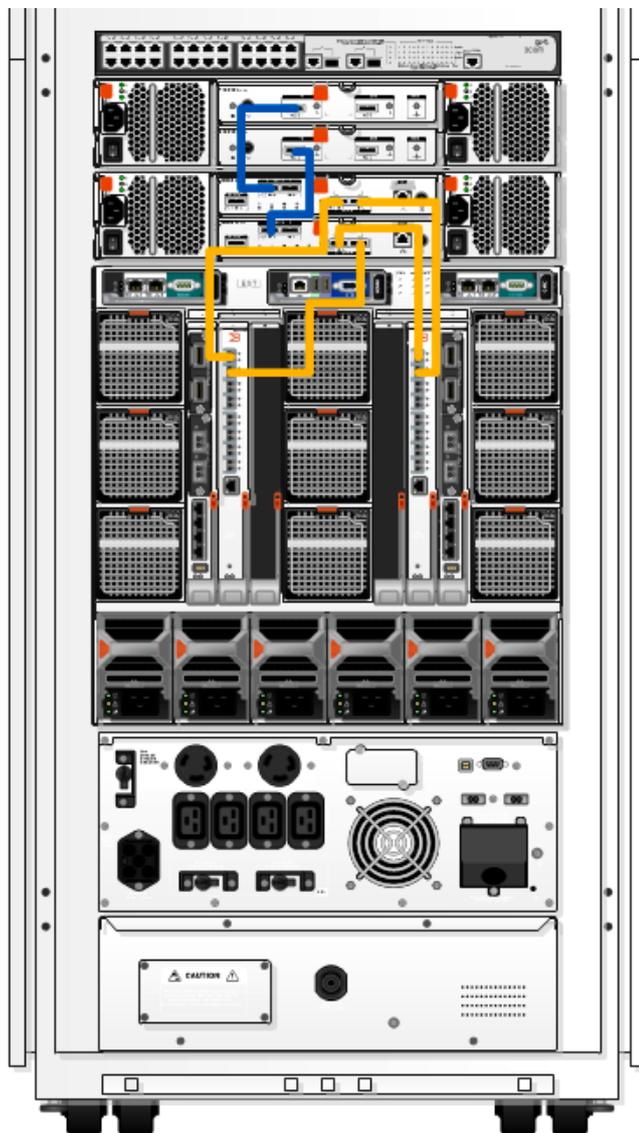
SAN сеть хранения данных построена с использованием протокола Internet Small Computer System Interface, который базируется на протоколах TCP/IP и разработан для обеспечения взаимодействия и управления системами хранения данных и бездисковыми серверными лезвиями для предоставления им дискового пространства (для установки операционных систем и подключения виртуальных дисков).

Схема подключения обеспечивает серверному лезвию 4 пути доступа к предназначенным ему областям видимости (виртуальным дискам). Подключение подсистемы хранения данных (СХД) обеспечивает работоспособность и доступность при некротных отказах компонент (рисунок 13).

Система устойчива к отказам следующих компонентов:

1. Оптический патчкорд;
2. Кабель SAS 6Gbps;
3. Контроллер СХД;
4. Контроллер дисковой корзины СХД;
5. Коммутатор DELL Brocade M5424 FC (Fibre Channel);
6. Блок питания СХД;
7. Блок питания дисковой корзины;

8. Жесткий диск (физические ошибки носителя, выход из строя контроллера и т.п.).



- Соединение SAS 6 Gbps
- Соединение FC 8 Gbps

Рисунок 13. Подключение SAN

При этом система способна выдерживать некоторые комбинации кратных отказов, например, отказ одного жесткого диска + отказ блока питания СХД + отказ блока питания дисковой корзины + отказ одного коммутатора FC не приведет к недоступности системы или потере данных.

8.3.5. Конфигурация FC подсистемы хранения данных.

Распределение физических жестких дисков по группам СХД и виртуальных дисков по серверным лезвиям приведен в таблицах 7 - 8.

Таблица 7. Дисковые группы СХД:

DISK GROUP	Usable Capacity	Used Capacity	Free Capacity	RAID Level	Disk Type
12x3-7k_R6	27,285 TB	26,400 TB	916,042 GB	6	SAS 7,2k
10x300_15k_R10	1 394,482 GB	1 394,482 GB	0,000 MB	10	SAS 15k
14x600_10k_R10	3 908,881 GB	3 722,000 GB	186,881 GB	10	SAS 10k

Таблица 8. Распределение виртуальных дисков по серверным лезвиям.

Virtual Disk	DISK GROUP	Capacity	LUN ID	Host Mapping
База медицинских изображений	12x3-7k_R6	24TB	1	Сервер PACS
Временные файлы SQL	12x3-7k_R6	2 TB	2	Сервер БД SQL
База данных SQL	10x300_15k_R10	1,4 TB	1	Сервер БД SQL
Системный диск	14x600_10k_R10	100 GB	0	Терминальный сервер 1
Системный диск	14x600_10k_R10	100 GB	0	Терминальный сервер 2
Системный диск	14x600_10k_R10	100 GB	0	Терминальный сервер 3
Системный диск	14x600_10k_R10	100 GB	0	Терминальный сервер 4
Системный диск	14x600_10k_R10	100 GB	0	Сервер БД SQL
Системный диск	14x600_10k_R10	100 GB	0	Сервер АМИС
Системный диск	14x600_10k_R10	100 GB	0	Сервер PACS
Перемещаемые профили пользователей	14x600_10k_R10	3 TB	2	Сервер PACS
Базы данных медицинского оборудования	12x3-7k_R6	400 GB	2	Сервер АМИС

8.4. Конфигурация резервной подсистемы хранения данных DELL Powervault NX400.

Эта подсистема предназначена для архивирования и восстановления БД АМИС и реализована в виде отдельного специализированного сервера, размещенного вне шкафа

основной серверной подсистемы. Основные параметры этой подсистемы приведены в таблице 9.

Таблица № 9. Основные параметры подсистемы архивирования и восстановления данных.

Параметр	Значение
Operating System	Windows Storage Server 2012 Standard
NIC Teaming	Failover/Fallback (Active/Standby)
Physical Disks model	3TB 7.2K RPM Near-Line SAS 6Gbps 3.5
Physical Disks	4
RAID Level	5
Параметр	Значение
RAID Controller	Dell H710/H310
Logical Disk Size for C:	119 GB
Logical Disk Size for D:	8259 GB
Настройка iSCSI	
Target Name	Scsi-target-1
Virtual Disk size	4.00 TB
Connected to Initiator	Iqn.1991-05.com.microsoft:nfsq1.pulm

Подсистема архивирования и восстановление данных Dell Powervault NX400 имеет специализированную операционную систему от Microsoft, которая позволяет данной СХД предоставлять доступ к дисковым ресурсам как на блочном уровне (iSCSI SAN – система хранения данных построена с использованием протокола Internet Small Computer System Interface, базирующемся на TCP/IP и разработанным для взаимодействия и управления системами хранения данных, серверами и клиентами), так и на файловом уровне NAS (сетевая система хранения данных, сетевое хранилище) с помощью протоколов SMB/NFS (сетевые протоколы прикладного уровня для удаленного доступа к файлам, принтерам и другим сетевых ресурсов, а также для взаимодействия между процессами).

Подсистема архивирования и восстановления данных имеет собственный источник бесперебойного питания APC Smart-UPS 1500, что, в случае прекращения электропитания, обеспечивает продолжительность ее автономной работы до 60 мин.

8.5. Конфигурация источника бесперебойного питания Dell UPS Rack 5600W.

Источник бесперебойного питания серверной подсистемы (DELL UPS Rack 5600W 4U, High Efficiency Online 32A 1phase) с подключенной дополнительной батареей установлен в серверном шкафу (рисунок 10). Подключение к электросети и подключение серверного оборудования к ИБП показано на рисунке 11. В ИБП Dell UPS Rack 5600W установлен управляющей модуль, который подключен к ЛВС через специальный управляемый коммутатор. Установленное на серверные лезвия программное обеспечение UPS Local Mode Manager v. 01.04 предназначено для настройки условий и последовательности автоматического отключения серверов при аварии электропитания и включении после его восстановления. Основные настройки UPS Local Mode Manager приведены в таблицах 10-12. Определенная последовательность и задержка отключения/включение серверов обусловлена необходимостью корректного завершения работы серверной подсистемы АМИС и ее восстановления.

Таблица 10. Условия отключения серверов

Параметры отключения	Значение
Если оставшееся время работы менее	240 секунд
Если емкость батареи составляет менее	30 %
Продолжительность отключения	120 секунд

Таблица 11. Задержка отключения серверов.

Сервер	Задержка отключения, сек.
Терминальные серверы 1-4	5
Сервер АМИС	35
Сервер PACS	35
Сервер БД SQL	65

Завершение работы серверов при низком заряде батареи выполняется путем запуска соответствующего командного файла в папке C: \ Scripts \ *.cmd.

Таблица 12. Последовательность и задержка включения серверов после восстановления питания.

Сервер	Задержка включения, сек.
Терминальные серверы 1-4	360
Сервер АМИС	240
Сервер PACS	5
Сервер БД SQL	5

Задержка загрузки операционной системы каждого сервера реализована с помощью системы управления UPS Local Mode Manager.

8.6. Периферийные устройства.

В составе АМИС нами были смонтированы такие периферийные устройства:

- 25 сетевых принтеров печати документов (по 1 в каждом клиническом подразделении);
- 25 устройств для печати штрих-кодов ZEBRA LP/TLP 2824 (по 1 в каждом клиническом подразделении);
- 60 устройств для считывания штрих-кодов (сканеры) Zebex Z-3100 (по 2-3 в каждом клиническом подразделении).

Сетевые принтеры используются при работе АМИС для печати аналитических и статистических форм, медицинской документации пациентов (амбулаторных и стационарных карт, выписок, консультативных заключений и т.п.), которые используются в лечебно-диагностическом процессе клиники института.

Устройства для печати и считывания штрих-кодов используются при работе АМИС для печати и считывания этикеток со штрих-кодом для лабораторных исследований, для маркировки лекарственных средств и других материальных ценностей.

Продолжение статьи читайте в следующей [ЧАСТИ 6](#).