

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт математики, физики и информационных технологий
(наименование института полностью)

Кафедра «Прикладная математика и информатика»
(наименование кафедры)

09.03.03 Прикладная информатика
(код и наименование направления подготовки)

Бизнес-информатика
(направленность (профиль))

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему **Разработка отказоустойчивого кластера вычислительных систем
на платформе Windows Server 2012 R2**

Студент

А. В. Рогачев

(И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

Руководитель

С. В. Мкртычев

(И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент, А.В. Очеповский

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ Г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

Бакалаврская работа выполнена на тему «Разработка отказоустойчивого кластера вычислительных систем на платформе Windows Server 2012 R2».

Целью бакалаврской работы является разработка отказоустойчивого кластера вычислительных систем на платформе Windows Server 2012 R2.

Во введении определены: актуальность темы, объект и предмет исследования, методы исследования, цель работы, а также задачи для достижения поставленной цели.

В первой главе проведено концептуальное моделирование предметной области, сформированы основные требования к информационной системе и поставлена задача на её разработку.

Во второй главе выполнено логическое и физическое моделирование информационной системы, а также проведено сравнение существующих технологий отказоустойчивой кластеризации. В результате разработано приложение «Мастер развертывания отказоустойчивого кластера» и представлен контрольный пример его реализации.

В третьей главе выполнен анализ показателей экономической эффективности проекта в соответствии с выбранной методикой.

В заключении подводятся итоги исследования, формируются окончательные выводы по исследуемой проблеме.

Бакалаврская работа состоит из 69 страниц и включает 29 рисунков, 12 таблиц, 20 источников.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 4 |
| Глава 1. Анализ предметной области..... | 7 |
| 1.1 Техничко-экономическая характеристика предметной области..... | 7 |
| 1.1.1 Характеристика предприятия | 7 |
| 1.1.2 Краткая характеристика подразделения и его видов деятельности | 9 |
| 1.1.3 Сущность задачи автоматизации..... | 10 |
| 1.2 Концептуальное моделирование предметной области | 11 |
| 1.3 Постановка задачи | 19 |
| 1.3.1 Цель и назначение автоматизированного варианта решения задачи..... | 19 |
| 1.3.2 Общая характеристика организации решения задачи на ЭВМ... | 20 |
| 1.4 Анализ существующих технологий для повышения высокой доступности сервисов и приложений..... | 22 |
| Выводы по главе 1 | 25 |
| Глава 2. Разработка и реализация проектного решения..... | 27 |
| 2.1 Логическое моделирование предметной области..... | 27 |
| 2.1.1 Логическая модель и ее описание | 27 |
| 2.1.2 Используемые классификаторы и системы кодирования | 34 |
| 2.1.3 Характеристика нормативно-справочной и входной оперативной информации | 34 |
| 2.1.4 Характеристика базы данных | 35 |
| 2.1.5 Характеристика результатной информации..... | 37 |
| 2.2 Физическое моделирование АИС..... | 38 |
| 2.2.1 Выбор архитектуры АИС | 38 |
| 2.2.2 Функциональная схема проекта | 39 |
| 2.2.3 Структурная схема проекта | 44 |
| 2.2.4 Описание программных модулей..... | 45 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 2.3 Технологическое обеспечение задачи | 47 |
| 2.4 Контрольный пример реализации проекта и его описание | 48 |
| 2.4.1 Развертывание узлов кластера..... | 48 |
| 2.4.2 Создание и конфигурирование отказоустойчивого кластера | 54 |
| Выводы по главе 2 | 55 |
| Глава 3. Оценка и обоснование экономической эффективности проекта | 57 |
| 3.1 Выбор и обоснование методики расчета экономической эффективности..... | 57 |
| 3.2 Расчет показателей экономической эффективности проекта..... | 59 |
| Выводы по главе 3 | 64 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 65 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ | 66 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ..... | 69 |
| Приложение А | Ошибка! Закладка не определена. |

ВВЕДЕНИЕ

Одним из самых современных направлений в области создания вычислительных систем является кластеризация. Кластеризация требуется любой инфраструктуре крупного предприятия или центра обработки данных. Гарантирование того, что ресурсы вроде приложений, служб, файлов и папок доставляются с обеспечением высокой доступности, централизации и масштабируемости, должно быть первостепенной целью каждого ИТ-администратора и консультанта. В наиболее базовой форме кластер – это два или большее количество серверов (физических или виртуальных), сконфигурированных как логический объект и единственная сущность, которая управляет общими ресурсами и представляет их конечным пользователям. Цель кластеризации заключается в том, чтобы разрешить определенной группе узлов работать вместе, пользуясь общей мощностью доступных ресурсов. Это обеспечит конечным пользователям высокую готовность в отношении рабочих нагрузок, которые им нужны. Благодаря функции отказоустойчивой кластеризации пользователи сталкиваются с минимальным количеством проблем в работе сервисов поэтому реализация отказоустойчивого кластера вычислительных систем является первоочередной задачей при построении высокодоступных и масштабируемых систем. Построение отказоустойчивых кластеров высокой доступности, является одним из видов услуг, предоставляемых компанией ООО «ЕМЭЙЛ ГАН РУС». В настоящее время на рынке ИТ-услуг наблюдается повышенный спрос на внедрение решений с использованием технологий отказоустойчивой кластеризации, поэтому появилась необходимость в достижении высокого уровня автоматизации в процессе построения отказоустойчивых кластеров. Руководством компании принято решение о разработке приложения для автоматизации процесса развертывания отказоустойчивого кластера, что позволит увеличить производительность труда в отделе системной интеграции за счет

сокращения ручных операций, а также повысит эффективность бизнеса в целом, делая его более конкурентоспособным. Таким образом **актуальность темы** бакалаврской работы обусловлена необходимостью автоматизации бизнес-процесса разработки отказоустойчивого кластера вычислительных систем.

Объектом исследования бакалаврской работы является вычислительная система на платформе Windows Server 2012 R2.

Предмет исследования: отказоустойчивый кластер вычислительной системы на платформе Windows Server 2012 R2.

Методы исследования:

– методологии объектно-ориентированного анализа и проектирования (ООАП);

– CASE-технологии структурного и объектно-ориентированного анализа и проектирования.

Целью бакалаврской работы является разработка отказоустойчивого кластера вычислительных систем на платформе Windows Server 2012 R2.

Для достижения поставленной цели, необходимо решить следующий ряд **задач**:

1) Провести анализ предметной области и выполнить концептуальное моделирование с использованием CASE-средств;

2) Выполнить логическое и физическое моделирование АИС.

3) Разработать информационную систему и предоставить контрольный пример реализации проекта;

4) Провести оценку и обоснование экономической эффективности проекта.

Структура бакалаврской работы состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения.

В первой главе рассмотрена организационная структура компании ООО «ЕМЭЙЛ ГАН РУС» и дано описание её деятельности. Выполнена характеристика подразделения системной интеграции. Разработаны

функциональные модели автоматизируемого бизнес-процесса в нотации IDEF0. Определены требования к АИС и сформирована задача на её разработку. Проведен сравнительный анализ существующих технологий кластеризации.

Во второй главе выполнено концептуальное и логическое моделирование предметной области. Разработана физическая модель базы данных. Выбрана архитектура АИС и СУБД. Разработано приложение «Мастер развертывания отказоустойчивого кластера» и выполнено описание его функциональности в процессе развертывания отказоустойчивого кластера и его узлов.

В третьей главе выполнен расчет показателей экономической эффективности проекта в соответствии с выбранной методикой.

В заключении подводятся итоги исследования, формируются окончательные выводы по исследуемой проблеме.

Бакалаврская работа состоит из 69 страниц и включает 29 рисунков, 12 таблиц, 20 источников.

Глава 1. Анализ предметной области

1.1 Технико-экономическая характеристика предметной области

1.1.1 Характеристика предприятия

Организация ООО «ЕМЭЙЛ ГАН РУС» работает на российском рынке информационных технологий с 2016 года. Основной сферой деятельности компании является разработка компьютерного программного обеспечения, создание WEB-сайтов и сервисов, системная интеграция и ИТ-аутсорсинг. Компания постоянно совершенствуется и постоянно находится в поиске новых решений, чтобы выполнять задачи как можно эффективнее.

Основной миссией компании ООО «ЕМЭЙЛ ГАН РУС» является оказание всесторонней помощи клиентам в развитии и создании ИТ решений, способствующих продвижению их бизнеса.

Принципы компании – надежность, ответственность и удовлетворение всех потребностей клиентов.

Цель функционирования предприятия ООО «ЕМЭЙЛ ГАН РУС» состоит в минимизации издержек и извлечении максимальной прибыли.

Организационная структура представлена на рисунке 1.1.

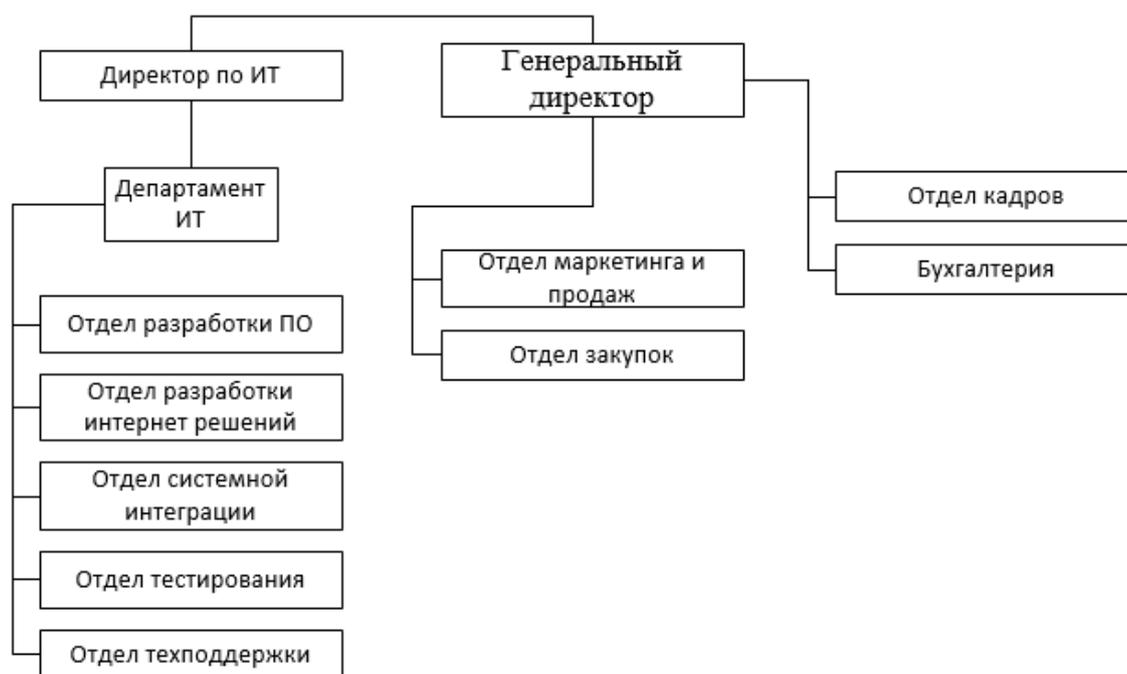


Рисунок 1.1 – Организационная структура ООО «ЕМЭЙЛ ГАН РУС»

Основные структурные подразделения компании:

- Департамент ИТ;
- Отдел маркетинга и продаж;
- Отдел закупок;
- Отдел кадров;
- Бухгалтерия.

ИТ департамент подчиняется директору по ИТ и выполняет такие функции, как: внедрение комплексных ИТ решений, разработка ПО, разработка WEB сайтов, проектирование БД, тестирование, техническая поддержка. Основными направлениями работ департамента ИТ являются:

- Планирование и управление;
- Разработка и внедрение;
- Поддержка.

Специалисты отдела разработки ПО занимаются определением функциональных требований к ПО, составлением технических заданий, непосредственно самой разработкой программного продукта, оптимизацией ПО, исправлением найденных ошибок.

Отдел разработки интернет-решений выполняет такие задачи, как: разработка WEB-сайтов, создание WEB-приложений, продвижение сайтов, WEB-интеграция, WEB-дизайн.

Отдел системной интеграции отвечает за внедрение следующего спектра решений и услуг: виртуализация (виртуализация серверов, виртуализация рабочих станций), кластеры высокой доступности, сети (беспроводные, ВОЛС, СКС), серверные решения, системы хранения данных, корпоративная коммуникация (IP Телефония, корпоративная почта, объединенные коммуникации), резервное копирование, защита данных.

Отдел тестирования выполняет отладку и поиск ошибок в каждой подсистеме ПО, обеспечивает комплексный контроль качества ПО, готовит планы тестирования. В случае выявления ошибок в процессе тестирования,

все сведения о них передаются в отдел разработки ПО. Сотрудники отдела тестирования также разрабатывают проектную документацию и пользовательские инструкции.

Отдел техподдержки оказывает техническую поддержку клиентам по всем вопросам, связанным с использованием ИТ. Поддержка выполняется с использованием различных каналов связи: телефон, система заявок пользователей, электронная почта. Техподдержка реализует подключение и настройку сервисов. Устраняет неисправности и выполняет обслуживание активного и пассивного сетевого оборудования. Консультирует клиентов по вопросам функционирования оборудования, программного обеспечения, сервисов и веб-ресурсов.

1.1.2 Краткая характеристика подразделения и его видов деятельности

Отдел системной интеграции является структурным подразделением организации. В отделе выполняется бизнес-процесс развертывания отказоустойчивого кластера вычислительных систем, который является объектом исследования бакалаврской работы.

В отдел входят: системный инженер, инженер по сетям, инженер по IP телефонии.

Цели и задачи отдела:

- виртуализация клиентской ИТ инфраструктуры с использованием платформ виртуализации Microsoft Hyper-V или VMware. Чаще всего применяются технологии виртуализации рабочих мест VDI и терминального доступа RDS, а также серверная виртуализация;

- построение отказоустойчивых кластеров высокой доступности на платформах Microsoft Windows Server Failover Clustering и VMware vSphere HA. Технологии гарантируют минимальное время простоя сервисов клиента за счёт аппаратной избыточности;

- запуск систем хранения данных (SAN, DAS, NAS) на базе аппаратных платформ DELL, HP, EMC.

– проектирование и реализация сетей хранения данных SAN, которые являются высокоскоростными сетями передачи данных, предназначенными для подключения серверов к системам хранения данных. SAN позволяют быстро организовывать высокоскоростной доступ к дисковым устройствам систем хранения данных на блочном уровне;

– внедрение виртуальных частных сетей VPN/VPDN с удаленным/терминальным доступом;

– запуск и настройка решений резервного копирования и восстановления данных для виртуальных сред, таких как «Veeam Backup & Replication» и «Acronis Backup & Recovery»;

– запуск почтовых серверов на базе Microsoft Exchange;

– внедрение антивирусных систем и систем защиты от спама;

– установка и поддержка инфраструктурных сервисов DNS, DHCP, DFS, IAS, CA, Group Policy, WSUS, WDS, WAP и др.;

– настройка и установка пассивного и активного сетевого оборудования;

– построение и внедрение беспроводных Wi-Fi сетей;

– внедрение систем IP телефонии.

Также в задачи отдела входит развитие собственной ИТ инфраструктуры предприятия.

1.1.3 Сущность задачи автоматизации

В условиях высокой конкуренции на рынке ИТ, компаниям необходимо постоянно улучшать качество и скорость предоставления услуг, а также расширять их спектр. В настоящее время, построение отказоустойчивых кластеров высокой доступности, является одним из востребованных видов услуг, предоставляемых компанией, поэтому для успешного развития компании в первую очередь необходимо создать условия по эффективному предоставлению этих услуг. Внедрением технологий отказоустойчивой кластеризации занимается отдел системной интеграции.

Подбор оборудования, разработка скриптов, планирование, написание индивидуальных инструкций по развертыванию системы – все это требует значительных трудозатрат. Большой участок работы связан именно с написанием серии скриптов для развертывания системы, что требует от специалиста внимательности и глубокого понимания скриптового языка PowerShell.

Целью бакалаврской работы является разработка отказоустойчивого кластера вычислительных систем на платформе Windows Server 2012 R2. В результате автоматизации бизнес-процессов при внедрении информационной системы в ИТ-компанию появятся следующие общие возможности:

- Единый инструментарий для развертывания отказоустойчивого кластера;
- Снижение требований к квалификации персонала;
- Расширение круга специалистов по развертыванию решения;
- Возможность сохранения параметров конфигураций кластера;
- Повышение комфорта работы сотрудников;
- Запись информации в лог;
- Ускорение работ по развертыванию решения;
- Снижение количества ошибок;

Автоматизация бизнес-процесса повлечет за собой улучшение качества предоставляемых ИТ-услуг, что должно в целом повлиять на конкурентоспособность компании и увеличить прибыль.

1.2 Концептуальное моделирование предметной области

При проведении анализа предметной области с целью автоматизации применяется технология бизнес-моделирования, основанная на построении контекстной модели и ее декомпозиции. Для проведения анализа функций процессов наиболее эффективным является применение стандарта моделирования IDEF0, являющимся составной частью SADT. Сначала разрабатываются модели «как есть», в которых отражается существующее

состояние исследуемых процессов, поэтому для формального представления модели бизнес-процессов «как есть» отдела системной интеграции будем использовать данную методологию функционального моделирования.

В процессе разработки концептуальной модели предметной области целесообразно использовать доступные CASE-средства, поэтому в качестве инструмента моделирования будет использоваться AllFusion Process Modeler 7, поддерживающий стандарты моделирования IDEF0 и DFD.

Одной из основных задач отдела системной интеграции, является разработка отказоустойчивого кластера для клиента. Контекстная диаграмма основного исследуемого процесса «Разработка отказоустойчивого кластера Microsoft» КАК ЕСТЬ представлена на рисунке 1.2.

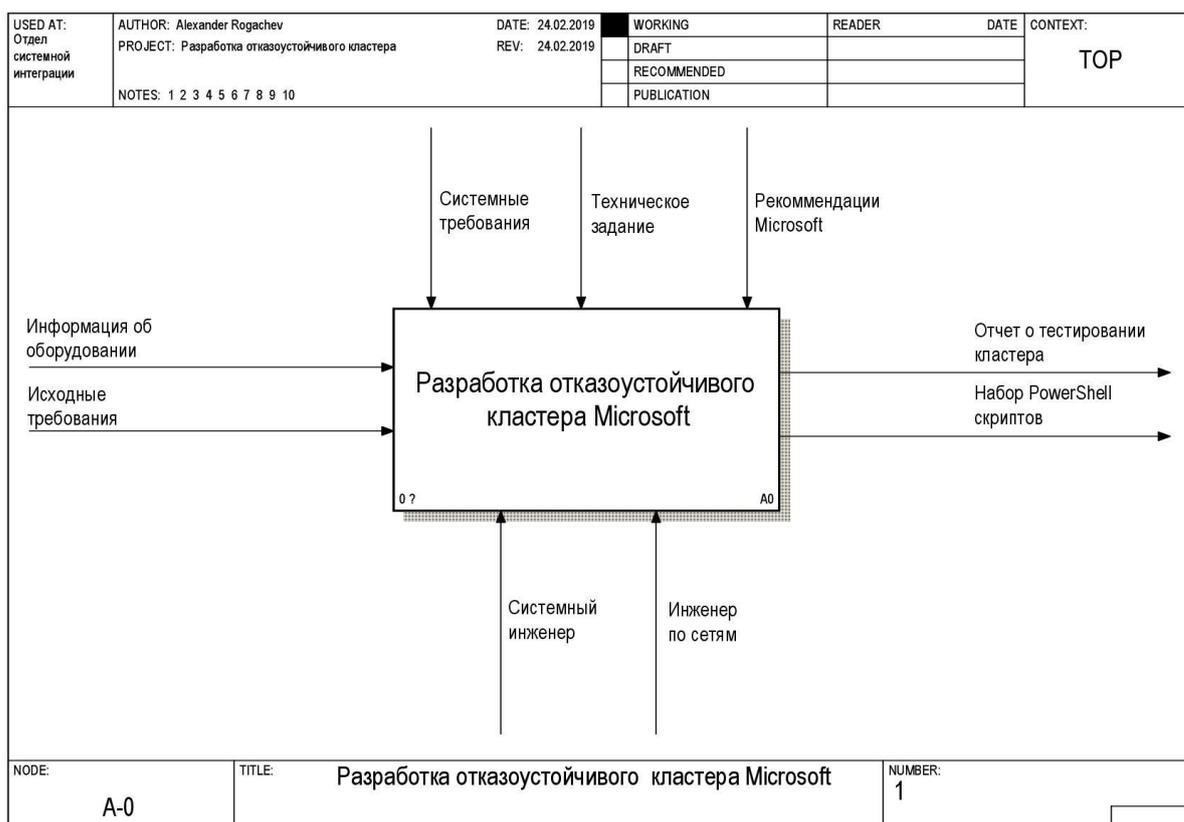


Рисунок 1.2 - Контекстная IDEF0-диаграмма процесса «Разработка отказоустойчивого кластера Microsoft». КАК ЕСТЬ (0-й уровень)

Контекстная диаграмма представляет наиболее общее описание системы и ее взаимодействия с внешней средой и состоит из одной работы

«Разработка отказоустойчивого кластера Microsoft». Взаимодействие работы с внешним миром описано в форме стрелок, которые представляют определенную информацию. Контекстная (корневая) диаграмма имеет номер А-0.

Входами в процесс являются: информация об оборудовании, исходные требования; выход – отчет о тестировании кластера, набор PowerShell скриптов; в качестве управления процесса выступают – системные требования, техническое задание, рекомендации Microsoft; механизм реализации включает системного инженера и инженера по сетям.

Далее выполнена диаграмма декомпозиции основного процесса, которая содержит связанные работы, т.е. работы, имеющие общую родительскую работу. Диаграмма имеет номер А0 (рисунок 1.3).

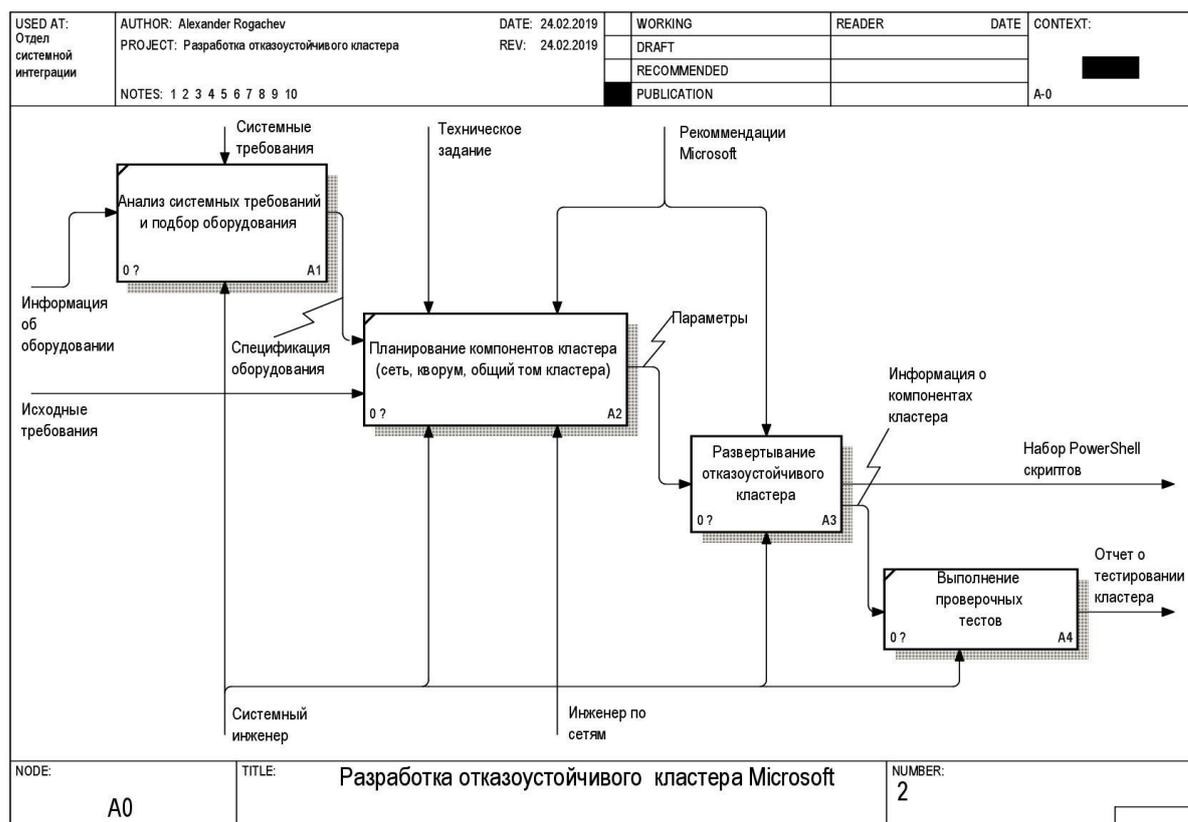


Рисунок 1.3 - Декомпозиция процесса «Разработка отказоустойчивого кластера Microsoft». КАК ЕСТЬ (1-й уровень)

Декомпозиция состоит из следующих основных работ, осуществляемых в процессе разработки отказоустойчивого кластера:

– Анализ системных требований и подбор оборудования – для создания отказоустойчивого кластера необходимо чтобы оборудование поддерживалось программным обеспечением Майкрософт, оно все должно быть сертифицированным для используемой версии Microsoft Windows Server, поэтому сотрудниками отдела системной интеграции подбирается необходимое оборудование для построения отказоустойчивого кластера, такое как: сервера, сетевые адаптеры и кабели (для передачи данных по сети), контроллеры устройств или соответствующие адаптеры для хранилища, система хранения данных (хранилище). На выходе процесса будет готовая спецификация оборудования;

– Планирование компонентов кластера – одним из основных этапов разработки отказоустойчивого кластера является тщательное планирование всех компонентов системы – сетевые компоненты, кворум, общий том кластера. Выход этапа планирования – необходимый набор параметров для дальнейшего развертывания всех подсистем кластера;

– Развертывание отказоустойчивого кластера – выполняется развертывание всех компонентов отказоустойчивого кластера;

– Выполнение проверочных тестов – решение отказоустойчивого кластера должно пройти все тесты в мастере проверки конфигурации. В ходе тестирования проверяется версия операционной системы, настройки сети и хранилища всех узлов кластера. Сводка результатов отображается после завершения теста.

Для более точного выявления области автоматизации, представим декомпозицию процесса «Развертывание отказоустойчивого кластера» КАК ЕСТЬ рисунок 1.4.

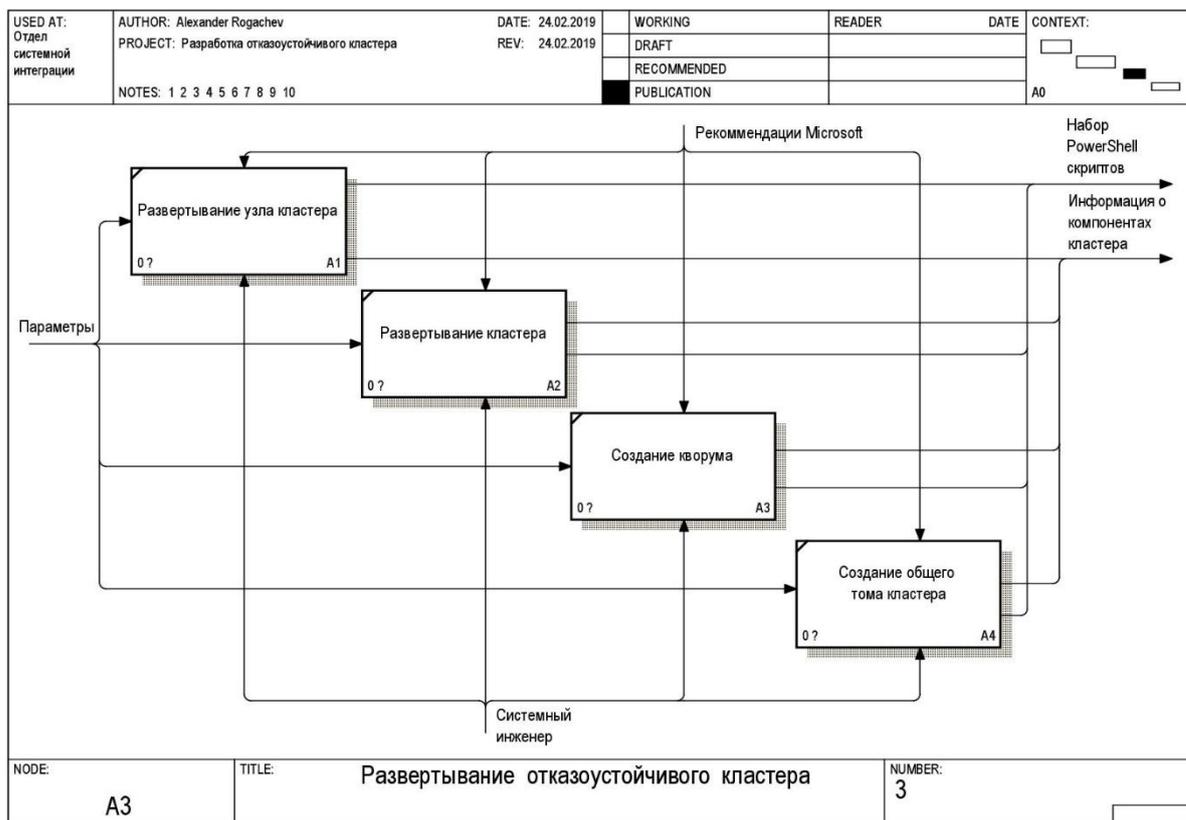


Рисунок 1.4 - Декомпозиция процесса «Развертывание отказоустойчивого кластера». КАК ЕСТЬ (2-й уровень)

Входом в процесс являются параметры, необходимые для развертывания всех подсистем отказоустойчивого кластера. На выходе – набор PowerShell скриптов и информация о всех компонентах кластера. В качестве управления выступают рекомендации Microsoft. Реализует процесс системный инженер.

Сам бизнес-процесс «Развертывание отказоустойчивого кластера» состоит из четырех этапов. Рассмотрим каждый из них:

- Развертывание узла кластера – выполняется установка функции отказоустойчивой кластеризации на каждом сервере, который будет добавлен в качестве узла кластера. Все операции на данном этапе выполняются только на узлах кластера;

- Развертывание кластера – системный инженер создает новый кластер, в результате чего выполняется создание объекта компьютера в доменных

службах Active Directory, который соответствует имени кластера, также на данном этапе производится настройка сетей кластера;

– Создание кворума – на этом этапе происходит создание кворума отказоустойчивого кластера. Программное обеспечение кластера автоматически настраивает кворум в новом кластере, опираясь на количество узлов и доступность общего хранилища и обычно это наиболее подходящая конфигурация кворума кластера, но тем не менее рекомендуется проверить конфигурацию кворума перед помещением кластера в рабочую среду и в случае неверной конфигурации выполнить её изменение;

– Создание общего тома кластера – выполняется работа по созданию CSV. Общие кластерные тома (Cluster Shared Volumes, CSV) позволяют нескольким узлам в кластере одновременно обращаться к файловой системе NTFS (или ReFS в Windows Server 2012 R2), без ограничений на используемое оборудование.

Анализ модели КАК ЕСТЬ показал, что существующая система имеет следующие недостатки:

– в качестве механизма выступают только специалисты отдела системной интеграции, что является недостатком данной системы т.к. присутствует «человеческий фактор»;

– отсутствие единого инструментария для развертывания отказоустойчивого кластера;

– необходимость высокой квалификации у специалиста по развертыванию, отсюда невозможность делегировать процесс развертывания кластера более низкоквалифицированному персоналу;

– не ведется история выполненных команд;

– PowerShell скрипты разрабатываются в ручном режиме;

– отсутствие пользовательских инструкций;

– разработанные параметры для настройки кластера нигде не сохраняются.

В связи с выявленными недостатками в процессе разработки отказоустойчивого кластера, компании необходима информационная система, способная устранить существующие проблемы в развертывании. Поэтому основное направление совершенствования процессов – включение в процесс в качестве механизма реализации современных информационных систем. Отделу системной интеграции необходима информационная система, способная автоматизировать и упростить процесс развертывания отказоустойчивого кластера.

В результате анализа бизнес-процессов была разработана модель КАК ДОЛЖНО БЫТЬ. Модель основного процесса «Разработка отказоустойчивого кластера Microsoft» КАК ДОЛЖНО БЫТЬ, после внедрения информационной системы представлена на рисунке 1.5.

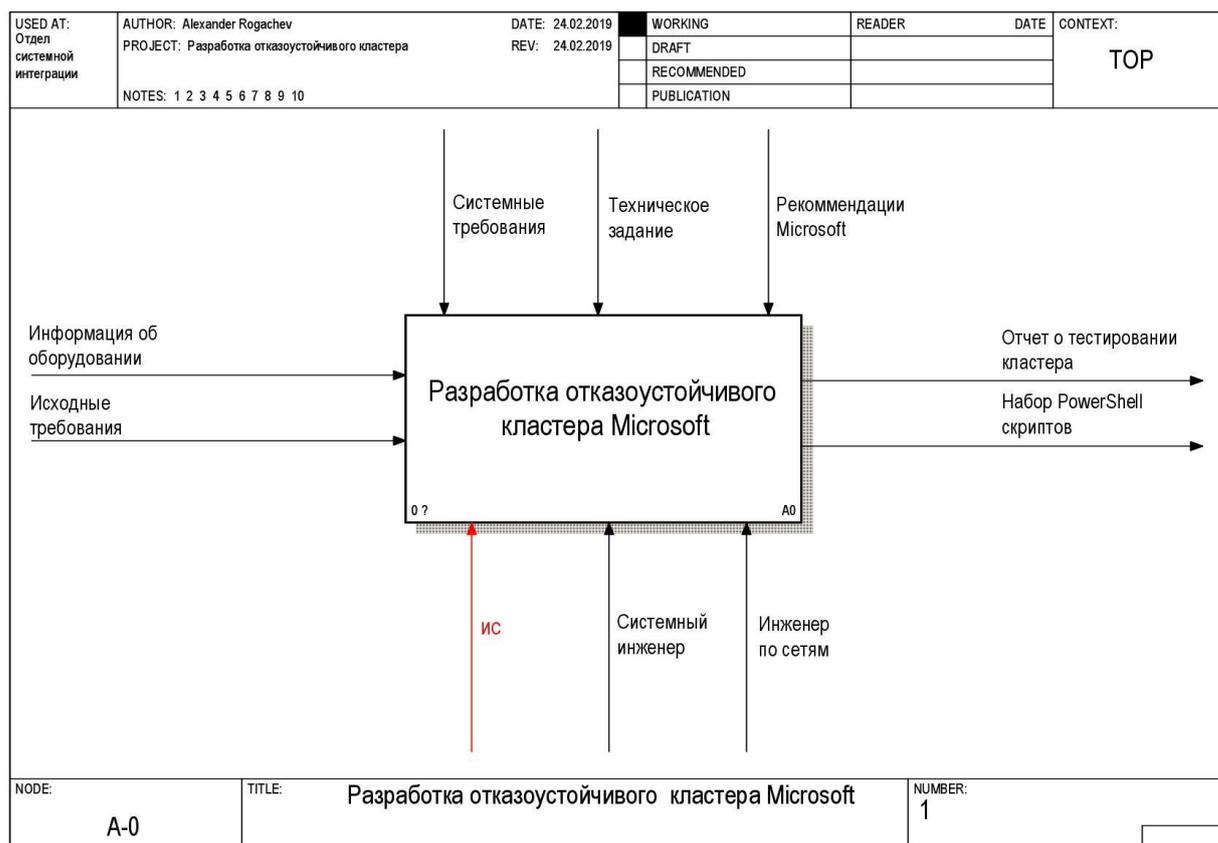


Рисунок 1.5 - Контекстная IDEF0-диаграмма процесса «Разработка отказоустойчивого кластера Microsoft». КАК ДОЛЖНО БЫТЬ (0-й уровень)

Модель декомпозиции процесса «Развертывание отказоустойчивого кластера» КАК ДОЛЖНО БЫТЬ, после включения информационной системы показана на рисунке 1.6.

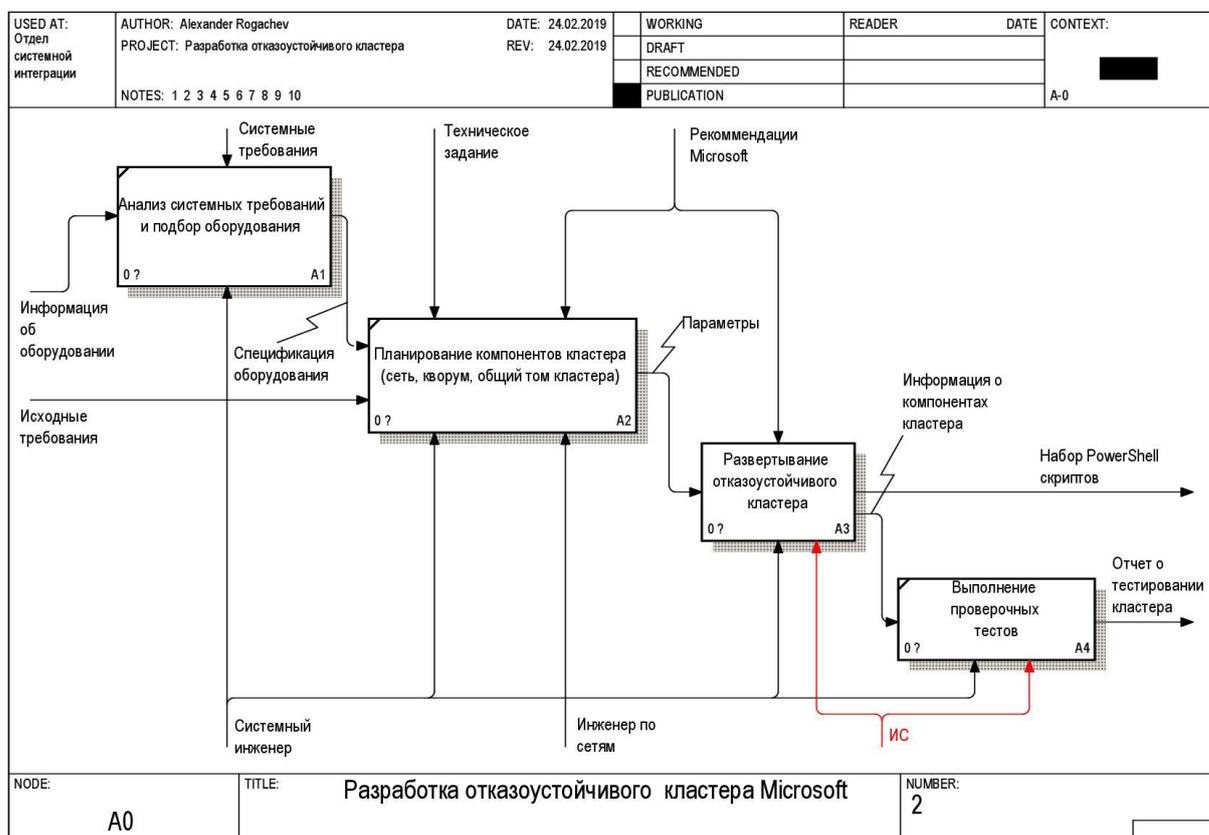


Рисунок 1.6 - Декомпозиция процесса «Разработка отказоустойчивого кластера Microsoft». КАК ДОЛЖНО БЫТЬ (1-й уровень)

Инструмент развертывания отказоустойчивого кластера будет использован на стадиях: «Развертывание отказоустойчивого кластера», «Выполнение проверочных тестов». Все этапы бизнес-процесса развертывания отказоустойчивого кластера после внедрения информационной системы представлены на рисунке 1.7.

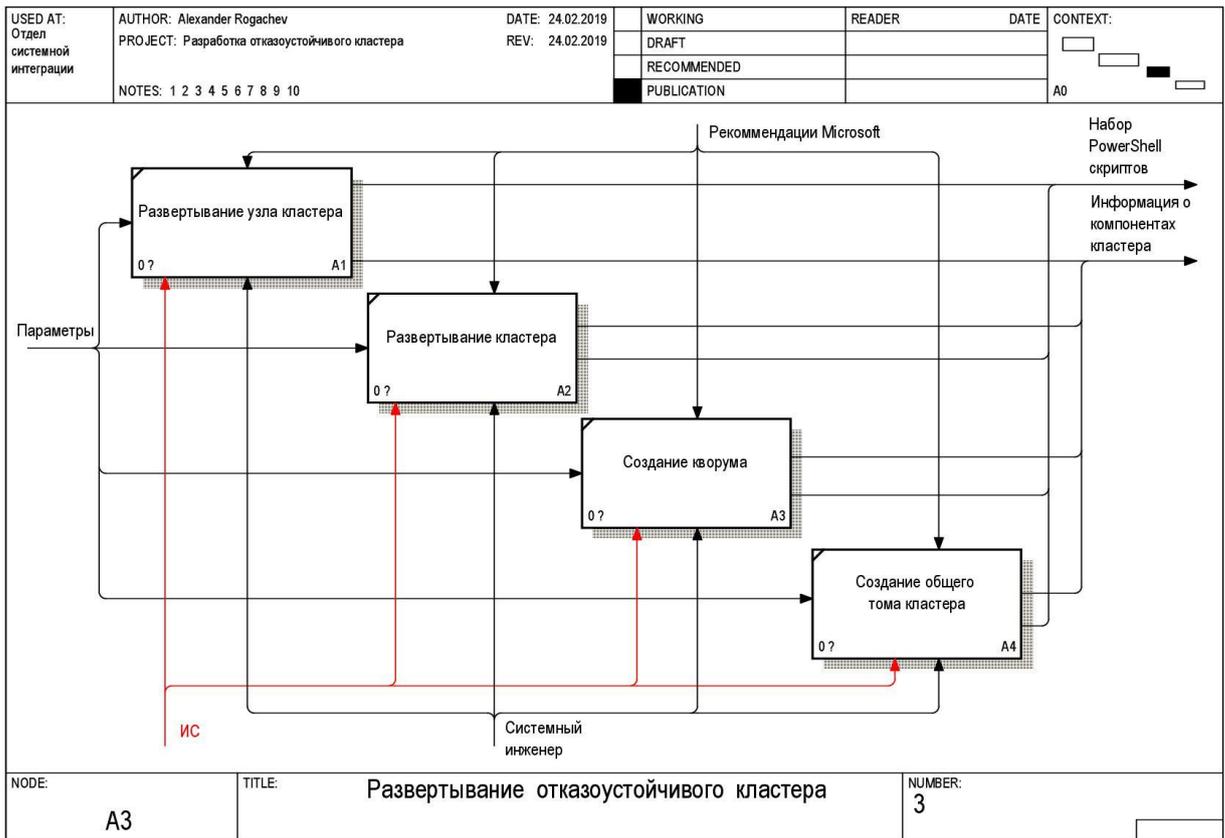


Рисунок 1.7 - Декомпозиция процесса «Развертывание отказоустойчивого кластера». КАК ДОЛЖНО БЫТЬ (2-й уровень)

Из диаграммы видно, что информационная система включена на каждом этапе процесса.

Разработка приложения, автоматизирующего процесс развертывания отказоустойчивого кластера позволит значительно облегчить работу системного инженера и делегировать часть работ по развертыванию другим специалистам с более низкими требованиями к квалификации, а также существенно уменьшить время развертывания отказоустойчивого кластера и снизить вероятность ошибок в процессе выполнения скриптов.

1.3 Постановка задачи

1.3.1 Цель и назначение автоматизированного варианта решения задачи

Главной задачей автоматизации бизнес-процесса развертывания отказоустойчивого кластера в ООО «ЕМЭЙЛ ГАН РУС», является повышение эффективности труда специалистов отдела системной

интеграции посредством внедрения новой информационной системы, что повлечет за собой качественное изменение в предоставлении услуги для конечного клиента.

Назначением реализации работы по разработке информационной системы «Мастер развертывания отказоустойчивого кластера» может служить:

- автоматизация ввода и контроль первичных параметров с использованием форм пользовательского интерфейса;
- автоматизация генерации блоков PowerShell скриптов необходимых для выполнения команд развертывания;
- ведение базы данных с параметрами конфигурации кластера;
- создание единого и интуитивно-понятного пользовательского интерфейса;
- возможность сохранения лога результата выполнения команд в файле для дополнительного анализа и поиска ошибок в процессе развёртывания.

1.3.2 Общая характеристика организации решения задачи на ЭВМ

Поставленная задача автоматизации бизнес-процесса развертывания отказоустойчивого кластера будет решаться путем разработки приложения «Мастер развертывания отказоустойчивого кластера» на языке программирования C# с использованием среды разработки Microsoft Visual Studio 2017.

Приложение будет использоваться на этапах «Развертывание отказоустойчивого кластера» и «Выполнение проверочных тестов». Этапы «Анализ системных требований и подбор оборудования» и «Планирование компонентов кластера» предполагают аналитическую работу специалиста и не будут автоматизироваться.

Состав основных функциональных блоков ПО:

- выполнение операций на кластере: основные команды, выполняемые на сервере;

- управление конфигурациями: создание, изменение и удаление конфигураций с параметрами;
- выполнение скриптов: выполнение сгенерированных скриптов PowerShell;
- развертывание узла кластера: операции, связанные с развертыванием узлов кластера;
- выполнение операций на узле: выполнение команд на развернутом узле отказоустойчивого кластера;
- выполнение проверочных тестов;
- печать параметров.

Изменение функций в отделе системной интеграции после внедрения информационной системы будет связано с обязанностью четкого выполнения регламента по развертыванию решений отказоустойчивой кластеризации.

Источниками поступления оперативной и условно-постоянной информации, являются:

- сведения об оборудовании;
- техническое задание от заказчика.

Приложение «Мастер развертывания отказоустойчивого кластера» будет состоять из нескольких экранных форм: основная форма; управление параметрами; выполнение команд.

Порядок ввода первичной информации. На основании поступившего технического задания от заказчика, выполняется анализ системных требований и подбирается необходимое оборудование, затем происходит планирование компонентов кластера, в результате чего получаем необходимый набор параметров для дальнейшего развертывания всех подсистем кластера. Полученные параметры вводятся в информационную систему путем создания новой конфигурации кластера и дальнейшего её редактирования. После ввода всех параметров и сохранения конфигурации, можно использовать все функциональные блоки приложения.

Режим решения задачи – диалоговый.

Периодичность использования. Программное обеспечение будет использоваться специалистами каждый раз, когда возникает необходимость в развертывании отказоустойчивого кластера, сразу после получения всей необходимой информации от заказчика.

В качестве пользователей информационной системы выступают: системный инженер; специалисты технической поддержки.

Выходная информация:

- набор готовых скриптов;
- пользовательские процедуры;
- отчет о тестировании;
- вывод параметров на печать.

Дополнительные требования к информационной системе:

- простой и интуитивно-понятный пользовательский интерфейс;
- простота ввода информации;
- хранение параметров в реляционной БД;
- надежность хранения данных;
- запись лога выполненных команд в отдельный файл;
- возможность запуска приложения со съемного носителя.

Системные требования:

- 64-разрядный x86 процессор;
- 512 Мб оперативной памяти;
- 1 Гб свободного места на жёстком диске;
- Microsoft Windows 7/8, Microsoft Windows Server 2012, Microsoft Hyper-V Server 2012;
- Microsoft .NET Framework 4.6.1

1.4 Анализ существующих технологий для повышения высокой доступности сервисов и приложений

По мере движения многих организаций в сторону консолидации серверов и превращения физических серверов в виртуальные, обеспечение

средств поддержки высокой доступности и надежности становится еще более важным, когда на единственном физическом хосте с гипервизором выполняется несколько критических виртуальных машин, поэтому в последнее время отказоустойчивая кластеризация в большинстве случаев применяется для обеспечения отказоустойчивости виртуальных машин, в связи с этим имеет смысл проводить совместный анализ технологий виртуализации и кластеризации.

Современный рынок программного обеспечения предлагает множество решений по обеспечению высокой доступности сервисов и приложений, но наибольшей популярностью на малых и средних предприятиях пользуются технологии отказоустойчивой кластеризации Failover Clustering (Microsoft) и High Availability (VMWare). В таблице 1.1 представлено сравнение возможностей технологий отказоустойчивой кластеризации с использованием различных версий гипервизоров Microsoft Hyper-V и VMware vSphere.

Таблица 1.1 Сравнение технологий отказоустойчивой кластеризации с поддержкой виртуализации

| Группа возможностей | Возможность | Microsoft Hyper-V Free | vSphere Free | vSphere Essential Plus | vSphere Enterprise Plus |
|---------------------|----------------------------------------------------------|------------------------|--------------|------------------------|-------------------------|
| Хост виртуализации | Число логических процессоров на 1 хост | 512 | 576 | 576 | 576 |
| | Макс. объем оперативной памяти на хосте | 24 ТБ | 4 ТБ | 4 ТБ | 12 ТБ |
| | Максимальное число виртуальных процессоров на 1 хост | 2048 | 4096 | 4096 | 4096 |
| | Максимальное число запущенных виртуальных машин на хосте | 1024 | 1024 | 1024 | 1024 |
| | Вложенный гипервизор | + | + | + | + |
| Виртуальная машина | Виртуальных процессоров на 1 VM | 240 | 8 | 128 | 128 |
| | Макс. объем оперативной памяти на VM | 12 Тб | 6128 Гб | 6128 Гб | 6128 Гб |
| | Макс. емкость виртуального VM | 64 Тб | 62 Тб | 62 Тб | 62 Тб |
| | Количество дисков VM | 256 | 60 | 60 | 60 |

| | | | | | |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------|
| Кластер и управление ресурсами | Макс. число узлов в кластере | 64 | - | 64 | 64 |
| | Макс. количество ВМ в кластере | 8000 | - | 8000 | 8000 |
| | Кластерная файловая система | CSV | - | VMFS | VMFS |
| | Функции высокой доступности при сбоях хост-серверов (HA) | + | - | + | + |
| | Перезапуск виртуальных машин в случае сбоя на уровне гостевой ОС | + | + | + | + |
| | Обеспечение доступности на уровне приложений | + | - | + | + |
| | Непрерывная доступность ВМ (Fault Tolerance) | - | - | + | + |
| | Репликация виртуальных машин | + | - | + | + |
| | Автоматическое управление ресурсами кластера | + | - | + | + |
| | Пулы ресурсов | + | - | + | + |
| | Проверка совместимости процессоров при миграциях машин | + | - | + | + |
| | Горячая миграция ВМ | + | - | + | + |
| | Горячая миграция хранилищ ВМ | + | - | - | + |
| | Поддержка доступа по нескольким путям МPIO | + | - | + | + |
| | QoS для хранилища/сети | + | - | - | + |
| | Проброс USB | - | + | + | + |
| | Горячее добавление устройств | Диски/vNIC/ ОЗУ | Диски/vN IC/USB | Диски/vN IC/USB | Диски/vN IC/USB/ CPU/ОЗУ |
| | Изменение размера диска | + | + | + | + |
| | Шифрование ВМ | + | - | - | + |

Сравнивая решения от Microsoft и VMware можно увидеть, что набор возможностей сопоставим, за исключением некоторых особенностей.

Гипервизор Microsoft Hyper-V Server абсолютно бесплатный и не имеет никаких ограничений в части использования технологий кластеризации. Напротив, используя на хостах виртуализации бесплатную лицензию гипервизора vSphere нельзя использовать кластерные технологии, поэтому из

таких хостов невозможно построить кластер и организовать отказоустойчивость, соответственно невозможна живая миграция, репликация виртуальных машин, балансировка нагрузки и другие связанные возможности. Следующее ограничение бесплатной версии vSphere состоит в том, что любая виртуальная машина, созданная на хосте виртуализации будет ограничена восемью виртуальными процессорами каждая. Платные версии гипервизора от VMware не имеют таких ограничений, но требуют покупки соответствующих лицензий, поэтому решение от Microsoft изначально получается дешевле чем VMware т.к. при использовании VMware также есть необходимость лицензировать гостевые ОС. VMware поддерживает технологию непрерывной доступности Fault Tolerance, у Microsoft этого функционала пока нет. Если вам необходим проброс USB-портов в виртуальную машину, то в VMware это реализовано изначально в отличие от Microsoft.

В результате сравнительного анализа технологий, рассмотрев все плюсы и минусы, для дальнейшей автоматизации бизнес-процесса развертывания отказоустойчивого кластера было выбрано решение от компании Microsoft в виду изначальной бесплатности гипервизора и широкой распространенности продуктов от Microsoft. Также немаловажную роль при выборе решения сыграло наличие в штате компании сертифицированных специалистов MCSE, которые имеют достаточный уровень компетенции при внедрении решений от Microsoft.

Выводы по главе 1

В главе 1 была описана организационная структура предприятия и рассмотрены основные функции структурных подразделений для выявления области автоматизации. Дана характеристика отдела системной интеграции, в котором выполняется бизнес-процесс разработки отказоустойчивого кластера, требующий автоматизации.

Выполнено концептуальное моделирование предметной области с использованием CASE-средств в результате чего разработана

функциональная модель КАК ЕСТЬ и проведена её декомпозиция. Анализ модели КАК ЕСТЬ показал, что существующий бизнес-процесс разработки отказоустойчивого кластера имеет ряд недостатков, связанных с необходимостью написания большого количества скриптов вручную и отсутствием единого инструментария для развертывания, поэтому необходима информационная система, способная устранить существующие проблемы, в результате чего была разработана функциональная модель КАК ДОЛЖНО БЫТЬ с включением в механизм информационной системы.

Была выполнена постановка задачи на разработку приложения «Мастер развертывания отказоустойчивого кластера» на языке программирования C# с использованием среды разработки Microsoft Visual Studio 2017 и определены основные функциональные требования к разрабатываемому ПО.

В заключение главы проведен анализ существующих технологий кластеризации и приведена сравнительная характеристика с обоснованием выбора решения.

Глава 2. Разработка и реализация проектного решения

2.1 Логическое моделирование предметной области

2.1.1 Логическая модель и ее описание

В последнее время при проектировании информационных систем все чаще используется визуальное моделирование на языке UML (Unified Modeling Language). UML представляет собой набор лучших инженерных практик, которые доказали свою эффективность в моделировании больших и сложных информационных систем и является очень важной частью разработки объектно-ориентированного программного обеспечения.

«Перечислим основные виды диаграмм языка UML: вариантов использования; классов; кооперации; последовательности; состояний; действий; компонентов; развертывания» [7].

Для дальнейшего перехода от структурной диаграммы «КАК ДОЛЖНО БЫТЬ», в процессе разработки логической модели приложения на первом этапе обычно строится диаграмма вариантов использования. При разработке диаграмм будет использоваться программный инструмент моделирования StarUML, который поддерживает все перечисленные выше виды диаграмм.

Диаграмма вариантов использования (диаграмма прецедентов) показывает отношения между субъектами системы (actor) и вариантами использования (use case). Одна из особенностей разработки диаграммы вариантов использования состоит в том, что нигде не говорится о том, каким образом субъекты взаимодействуют с системой. Графически прецеденты изображаются на диаграмме в виде эллипса, в котором содержится его краткое название в форме глагола. Субъект системы изображается на диаграмме в виде фигуры «человека».

На рисунке 2.1 представлена диаграмма вариантов использования в нотации UML, отражающая функциональный аспект логической модели информационной системы развертывания отказоустойчивого кластера. Из

диаграммы видно, какие функции выполняет системный инженер в процессе реализации отказоустойчивого кластера.

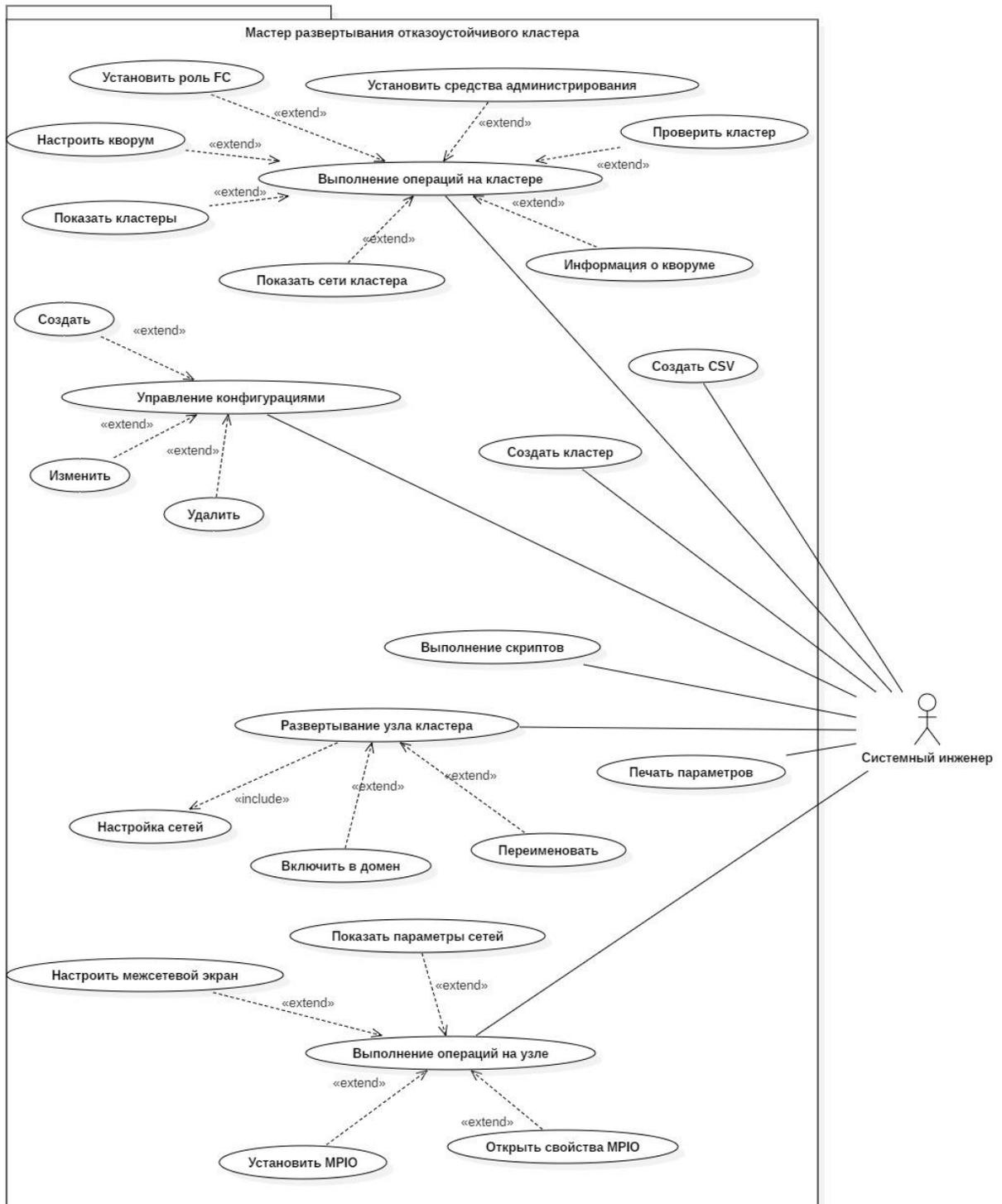


Рисунок 2.1 - Диаграмма вариантов использования (use case diagram)

Развертывание кластера включает в себя поочередное выполнение всех операций, начиная от создания новой конфигурации с параметрами и заканчивая выполнением тестирования компонентов кластера.

На рисунке 2.2, представлена диаграмма последовательностей UML, которая отображает взаимодействие всех объектов, упорядоченное во времени, что позволяет лучше понять их динамику в разрабатываемой информационной системе. Объекты на диаграмме последовательностей отображаются в виде прямоугольника с названием внутри и расположены таким образом, что в левой части находятся те, что инициируют взаимодействие. Параллельные вертикальные пунктирные линии отображают течение времени сверху вниз и называются линиями жизни. Горизонтальные стрелки на диаграмме показывают обмен сигналами или сообщениями между объектами. Синхронное сообщение отображается в диаграмме закрашенной стрелкой, а пунктирной стрелкой в обратном направлении – возвратное сообщение. Из диаграммы видно, что взаимодействие происходит между четырьмя основными объектами, которые представлены классом форм Windows. Все основные операции по развертыванию узлов и самого отказоустойчивого кластера выполняются в головном окне приложения, что хорошо можно увидеть из диаграммы последовательностей. На первом этапе развертывания происходит создание новой конфигурации и редактирование её параметров. Для создания конфигурации и ввода всех её параметров используются отдельные объекты форм. В качестве сообщений выступают – имя создаваемой конфигурации и все её параметры. Дальнейшее развертывание отказоустойчивого кластера связано с последовательным запуском всех скриптов с использованием отдельной формы выполнения. В конце выполнения группы скриптов производится тест кластера и распечатываются все параметры развертывания.

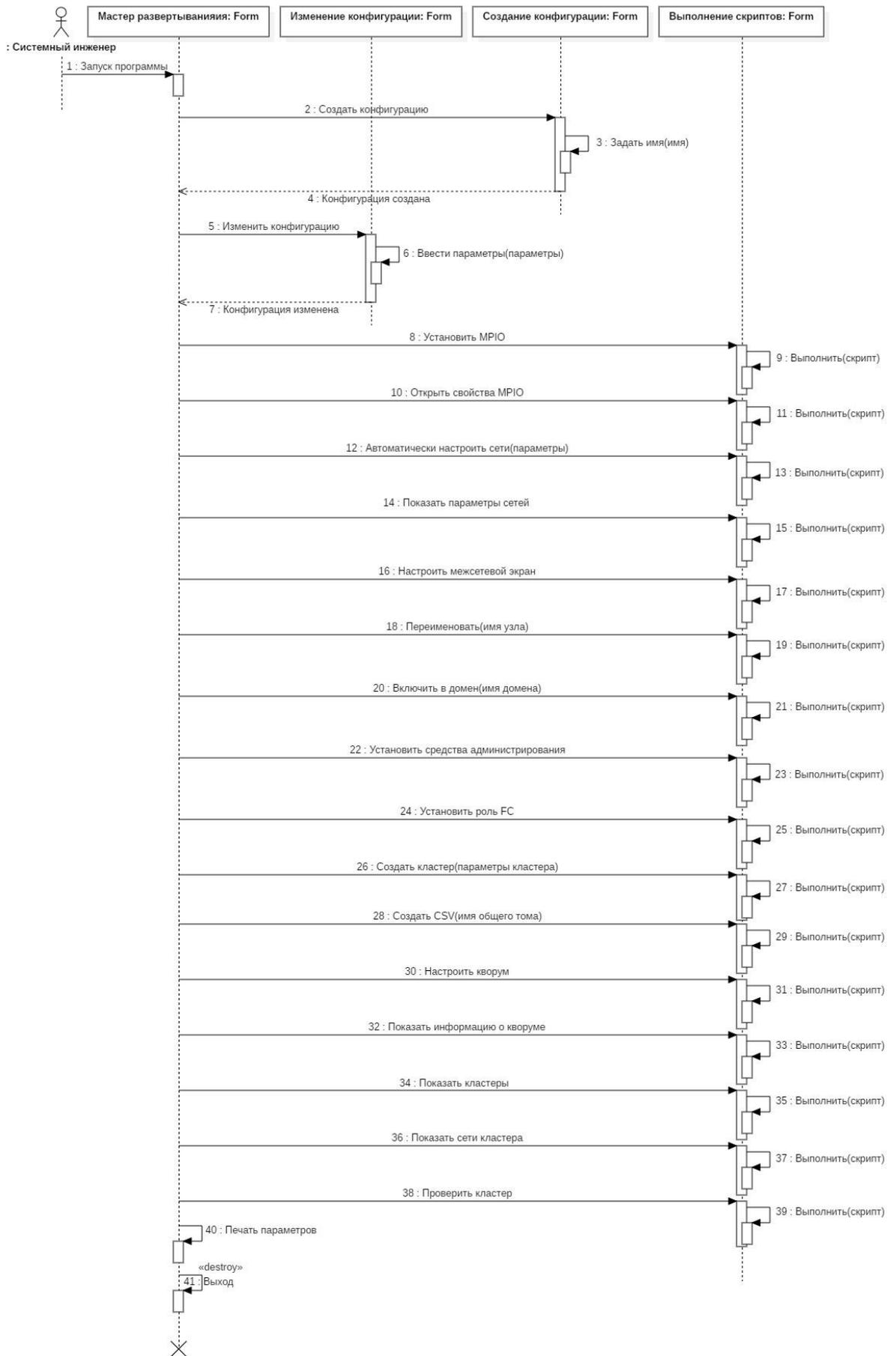


Рисунок 2.2 - Диаграмма последовательности (sequence diagram)

Диаграммы классов UML могут быть использованы для моделирования данных. На рисунке 2.3. представлена диаграмма классов данных для мастера развертывания отказоустойчивого кластера.

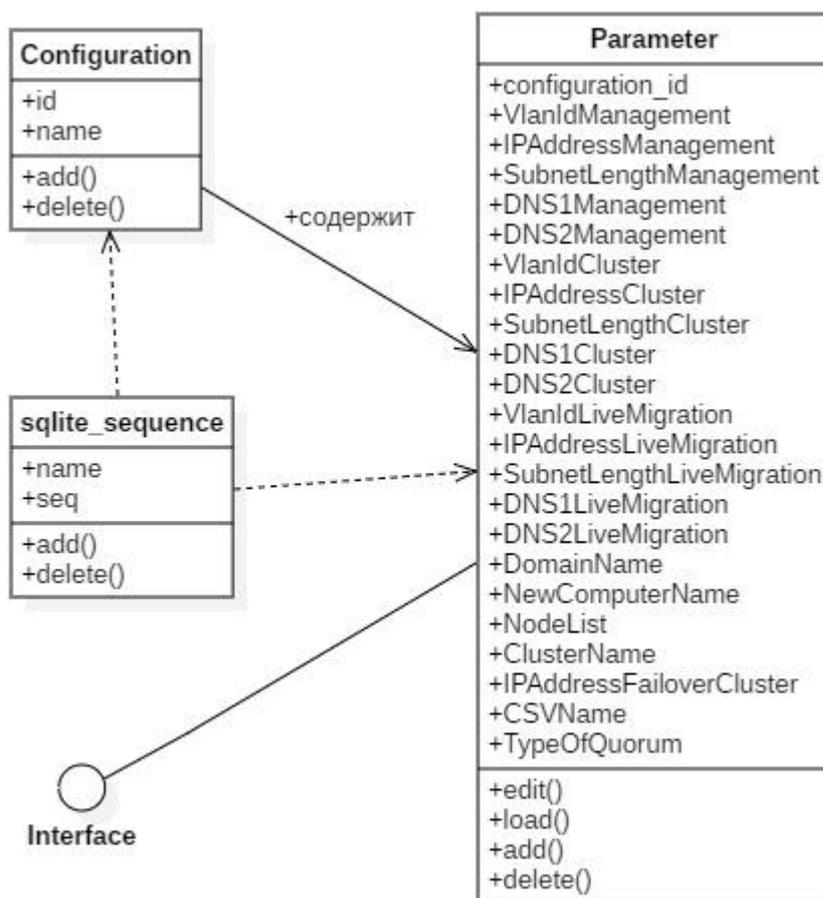


Рисунок 2.3 – Диаграмма классов (class diagram)

Процесс проектирования базы данных включает в себя три основных этапа – концептуальное, логическое и физическое моделирование.

Проектирование сложных БД, часто реляционных, осуществляется с использованием нисходящего подхода. Сначала создается модель данных, которая содержит только группу высокоуровневых сущностей и связей, далее происходят нисходящие уточнения низкоуровневых сущностей, связей и связанных с ними атрибутов. Нисходящий подход демонстрируется в концепции модели «сущность-связь» (Entity-Relationship). Популярная технология высокоуровневого моделирования данных была предложена

Питером Ченом. Концептуальная ER-модель базы данных разрабатываемого приложения представлена на рисунке 2.4.

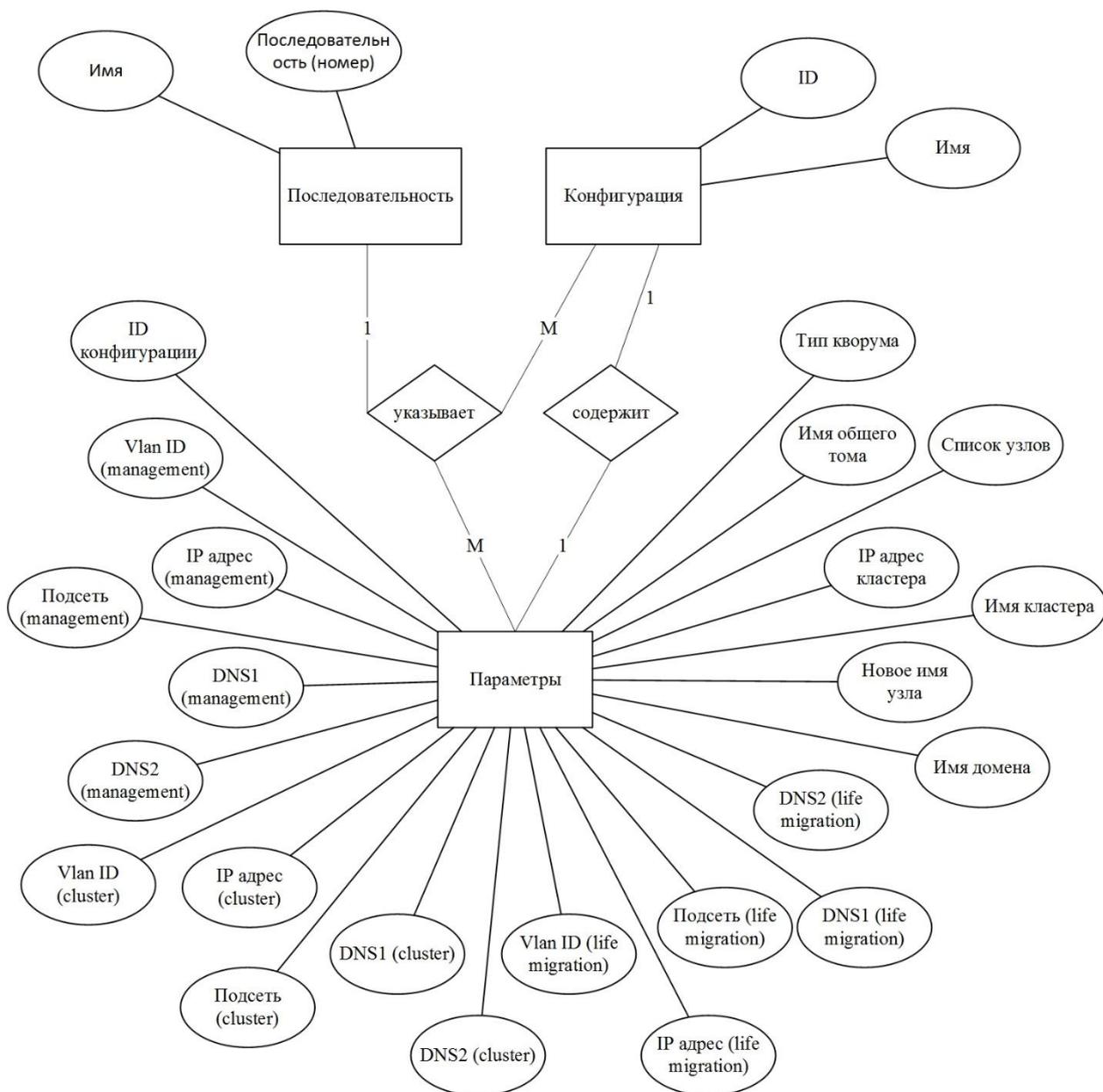


Рисунок 2.4 – Концептуальная ER-модель в нотации Питера Чена

Концептуальное моделирование БД не имеет зависимости от СУБД и модели данных, а также от любых прочих особенностей физической реализации. На следующем этапе проектирования базы данных выполняется преобразование концептуальной модели в логическую, предварительно выполнив нормализацию данных. Одним из подходов к построению модели логической базы данных является использование методологии «IDEF1X»,

также использующую концепцию «сущность-связь». Сущность на диаграмме обозначается в виде прямоугольника, разделенного на две части:

- ключевая область, представленная ключевыми атрибутами;
- область данных, состоящая из не ключевых атрибутов.

Логическая модель данных разрабатываемого приложения «Мастер развертывания отказоустойчивого кластера» на основе методологии «IDEF1X» представлена на рисунке 2.5.

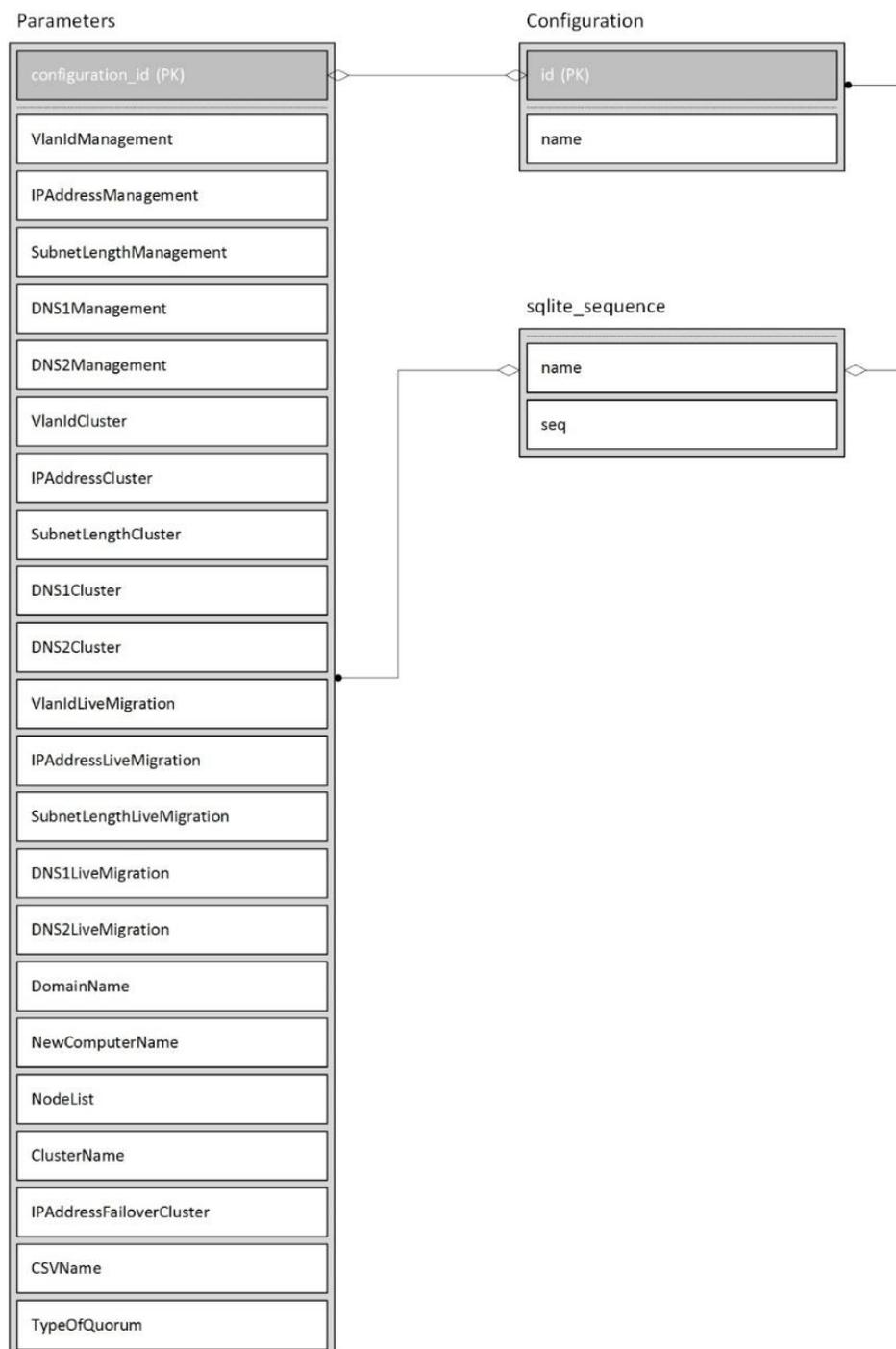


Рисунок 2.5 – Логическая модель данных IDEF1X

Проектируемая база данных состоит из трех таблиц, каждая из которых будет детально рассматриваться далее при физическом моделировании.

2.1.2 Используемые классификаторы и системы кодирования

«Классификатор – перечень наименованных объектов, каждому из которых присвоен уникальный код» [8].

Система кодирования – набор правил присвоения кода объекту.

Кодирование – процедура присвоения кода объекту.

Код объекта характеризуется структурой и длиной, а состоит из цифр, букв и символов. В разрабатываемой базе данных для приложения развёртывания отказоустойчивого кластера будут использоваться следующие классификаторы и системы кодирования (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Системы кодирования и классификаторы

| Наименование кодируемого множества | Значность кода | Система кодирования | Система классификации | Вид классификатора |
|-------------------------------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------------|
| Код параметров | число | порядковая | нет | общесистемный |
| Код конфигурации | число | порядковая | нет | общесистемный |

2.1.3 Характеристика нормативно-справочной и входной оперативной информации

Входными данными называется информация, поступившая в систему из внешней среды.

На основании технического задания, поступившего от заказчика, происходит планирование компонентов кластера результатом которого является необходимый набор параметров для дальнейшей обработки. Полученные параметры вводятся в информационную систему в качестве входной информации путем создания новой конфигурации кластера и дальнейшего её редактирования. После ввода всех параметров и сохранения конфигурации, можно использовать все функциональные блоки приложения для развёртывания отказоустойчивого кластера. Макет структуры входных данных получаемый после планирования компонентов кластера показан в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Макет структуры входных данных

| Область | | Имя параметра | Значение | | |
|--------------|------|-------------------|------------|---------|----------------|
| Конфигурация | | Имя конфигурации | ... | | |
| Кластер | | Имя кластера | ... | | |
| | | IP адрес кластера | ... | | |
| | | Список узлов | ... | | |
| | | Имя CSV | ... | | |
| | | Тип кворума | ... | | |
| Узел | AD | Имя домена | ... | | |
| | | Имя узла | ... | | |
| | Сети | Вид сети: | Management | Cluster | Life Migration |
| | | Vlan ID | ... | ... | ... |
| | | IP адрес | ... | ... | ... |
| | | Подсеть | ... | ... | ... |
| | | DNS1 | ... | ... | ... |
| | | DNS2 | ... | ... | ... |
| | | IP шлюз | ... | ... | ... |

2.1.4 Характеристика базы данных

В отличие от концептуальной модели БД, где нет зависимости от СУБД и модели данных, физическое моделирование предполагает создание схемы БД для конкретной СУБД, каждая из которых имеет свою специфику. Сформируем основные требования, предъявляемые к СУБД: реляционная система управления данными, бесплатность, локальное использование, производительность, простота освоения, маленький размер БД. Сравнение основных преимуществ и назначений, наиболее распространенных свободных СУБД представлено в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Анализ преимуществ и назначений СУБД

| СУБД | Преимущества | Назначение |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SQLite | маленький размер; высокая производительность; разработана на языке C; легко встраиваемая в приложения; состоит из одного файла; ядро базы данных и интерфейс объединены в одну библиотеку. | Однопользовательские приложения где необходима встраиваемая БД |
| MySQL | простота освоения; масштабируемость; скорость; безопасность. | Полноценная многопользовательская серверная СУБД в основном используется для Web сайтов и Web приложений |

| | | |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PostgreSQL | Производительность; возможность создания сложных структур данных; широкие возможности интеграции | Профессиональная многопользовательская серверная СУБД для создания приложений масштаба предприятия |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Развертывание кластера сопровождается выполнением скриптов на каждом узле поочередно и не предполагает многопользовательскую работу с базой данных, поэтому лучшим выбором для дальнейшей разработки будет решение, которое может быть легко встроено в приложение. В результате сравнения в качестве СУБД была выбрана SQLite которая распространяется бесплатно и использует единственный файл БД. Встраиваемая СУБД является библиотекой, которая находится в одной директории с исполняемой программой и статически присоединена к ней. Приложение и СУБД общаются друг с другом через специализированное API, а не через сетевой сокет, как это реализовано в клиент-серверных СУБД. Предполагается запускать приложение со съемного носителя на узлах кластера, значит оно должно быть автономным, именно поэтому выбор в пользу SQLite является наиболее оптимальным для решения задачи. Физическая модель базы данных разработанная для СУБД SQLite отображена на рисунке 2.6.

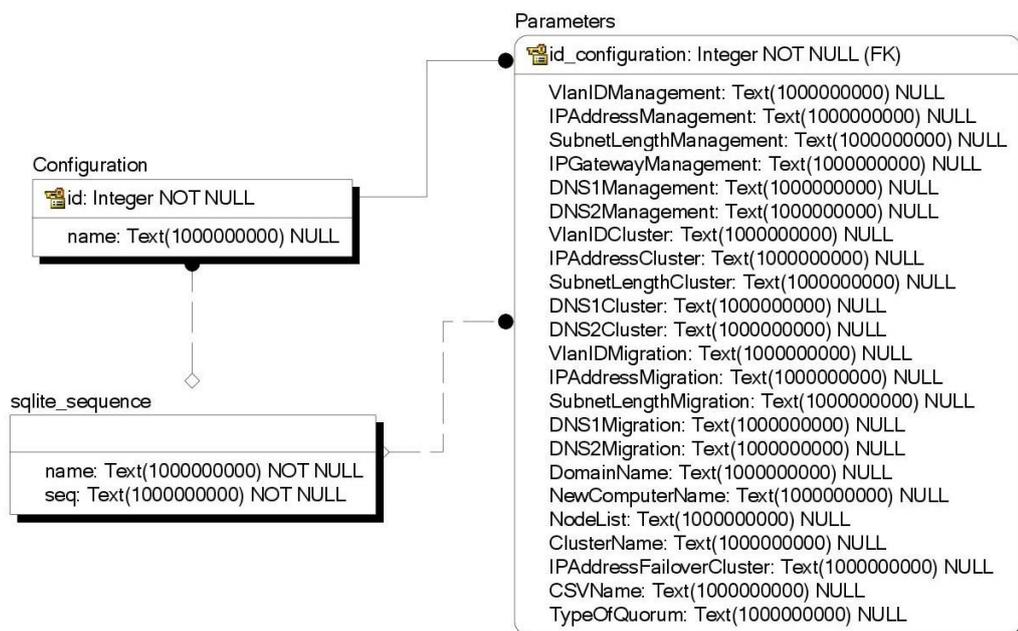


Рисунок 2.6 – Физическая модель данных

«При создании физических моделей данные отношения, описанные в логической модели, преобразуются в таблицы, атрибуты становятся столбцами, каждому атрибуту присваивается тип данных, а для ключевых столбцов создаются уникальные индексы» [1]. Для разработки физической модели БД использован продукт ERwin Data Modeler r7.

2.1.5 Характеристика результатной информации

Результативная информация в приложении представлена несколькими вариантами:

1) Логирование выполнения набора скриптов. Запись в лог происходит посредством захвата команды скрипта, а затем результата его выполнения и последующей записи захваченного потока информации в текстовый файл.

Формат лог файла выглядит следующим образом: дата + команда скрипта; дата + результат выполнения.

2) Главная форма приложения. Все параметры конфигурации для развертывания отказоустойчивого кластера отображаются на главной форме приложения, что предоставляет дополнительный визуальный контроль (Рисунок 2.7).

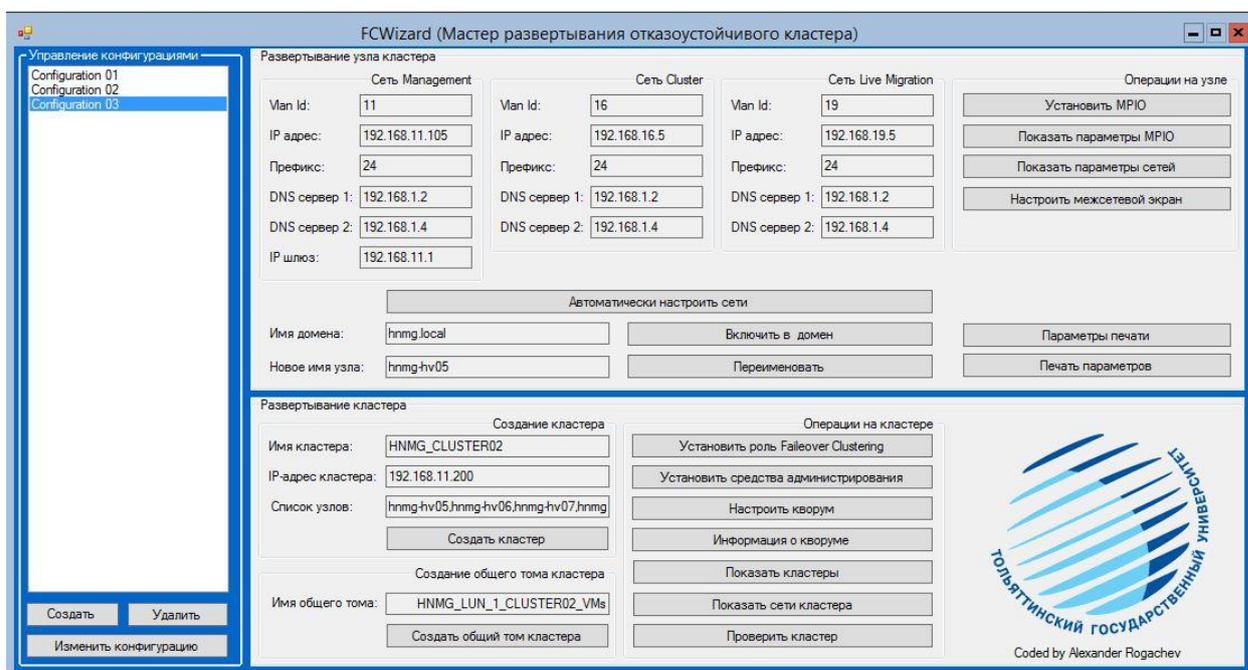


Рисунок 2.7 – Параметры развертывания кластера на главной форме приложения

3) Вывод на печать списка параметров конфигурации кластера. Список содержит все значения параметров выбранной конфигурации. Предварительный просмотр печатной формы показан на рисунке 2.8.

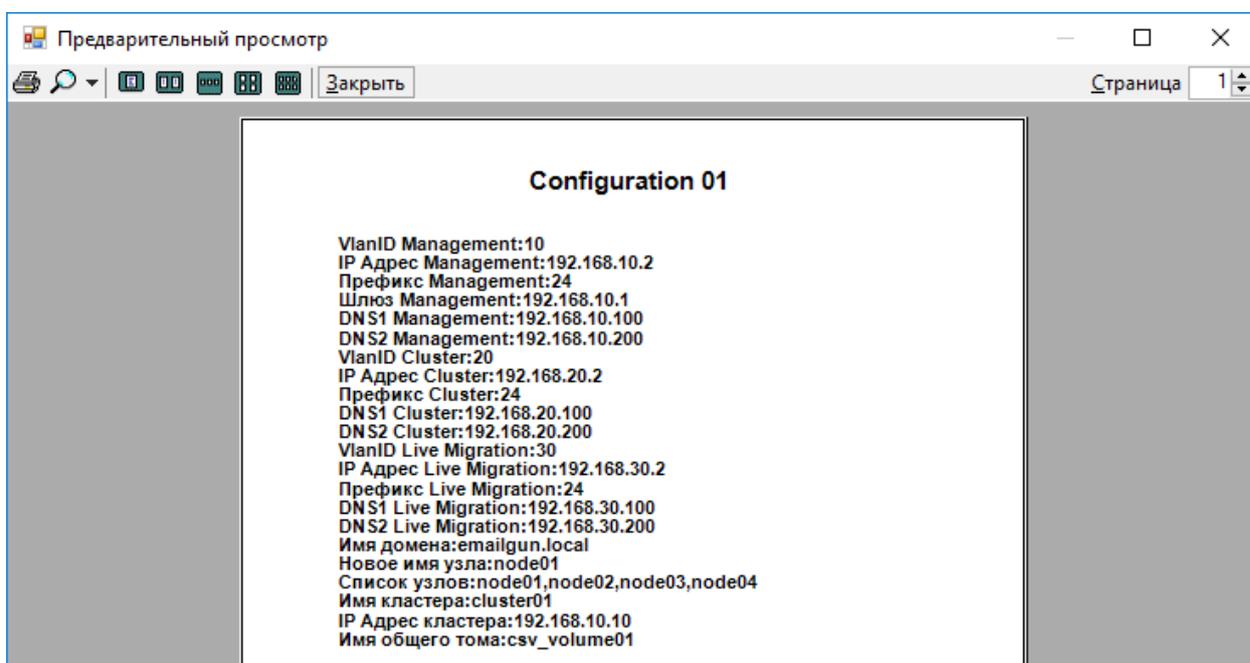


Рисунок 2.8 – Печатная форма параметров развертывания кластера

2.2 Физическое моделирование АИС

2.2.1 Выбор архитектуры АИС

Одним из основных требований к разрабатываемой АИС является возможность запуска приложения со съемного накопителя. Приложение должно выполняться автономно на узле кластера при его начальном развертывании поэтому нет необходимости в многопользовательском доступе к базе данных. На начальном этапе настройки узла отказоустойчивого кластера сеть не используется, поэтому для реализации АИС была выбрана централизованная архитектура, которая предполагает расположение базы данных, СУБД и клиентского приложения на одном персональном компьютере. По степени распределения СУБД классифицируются на настольные и серверные. Для реализации требования автономности была выбрана настольная СУБД – SQLite. Движок СУБД SQLite использует специальный API для доступа к БД и встраивается в приложение в виде библиотеки. Для разработки приложения будет

использоваться среда разработки Microsoft Visual Studio 2017 и язык программирования C#. Так как приложение будет разрабатываться под операционную систему семейства Microsoft Windows, то для реализации задачи разработки будет оптимальным использование платформы .NET где в полной мере реализована поддержка SQLite с помощью использования ADO.NET провайдера под названием System.Data.SQLite. База данных SQLite в виде единственного файла хранится на жестком диске компьютера. На этом же ПК установлены СУБД и клиентское приложение. Пользователь инициирует обращение к БД на выборку и обновление информации посредством пользовательского интерфейса приложения. Все обращения к БД выполняются через СУБД, которая содержит описание всей физической структуры БД внутри себя. СУБД инициирует запросы к БД и возвращает их результат в клиентское приложение. Приложение через пользовательский интерфейс отображает обработанный результат обращения пользователя.

2.2.2 Функциональная схема проекта

Опишем иерархию функций разрабатываемого приложения. На рисунке 2.9 представлено дерево функций проекта.

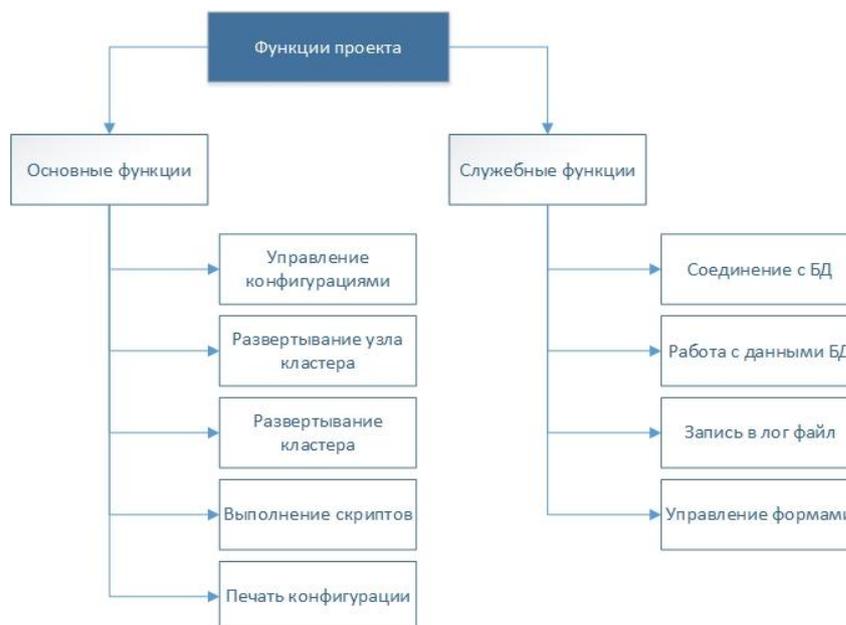


Рисунок 2.9 – Дерево функций

Все функции можно подразделить на два больших подмножества: основные функции и служебные функции.

К основным функциям разрабатываемого приложения относятся: управление конфигурациями, развертывание узла кластера, развертывание кластера, выполнение скриптов, печать конфигурации.

К служебным функциям разрабатываемого приложения относятся: соединение с БД, работа с данными БД, запись в лог файл, управление формами.

На основании разработанного дерева функций, а также логического моделирования, выполненного в параграфе 2.1, разработаем структуру сценария диалога, что позволит определить состав его кадров и их содержание. Сценарий диалога необходим для разработки графического интерфейса пользователя и является его основой.

Разработанный сценарий диалога представлен на рисунке 2.10.

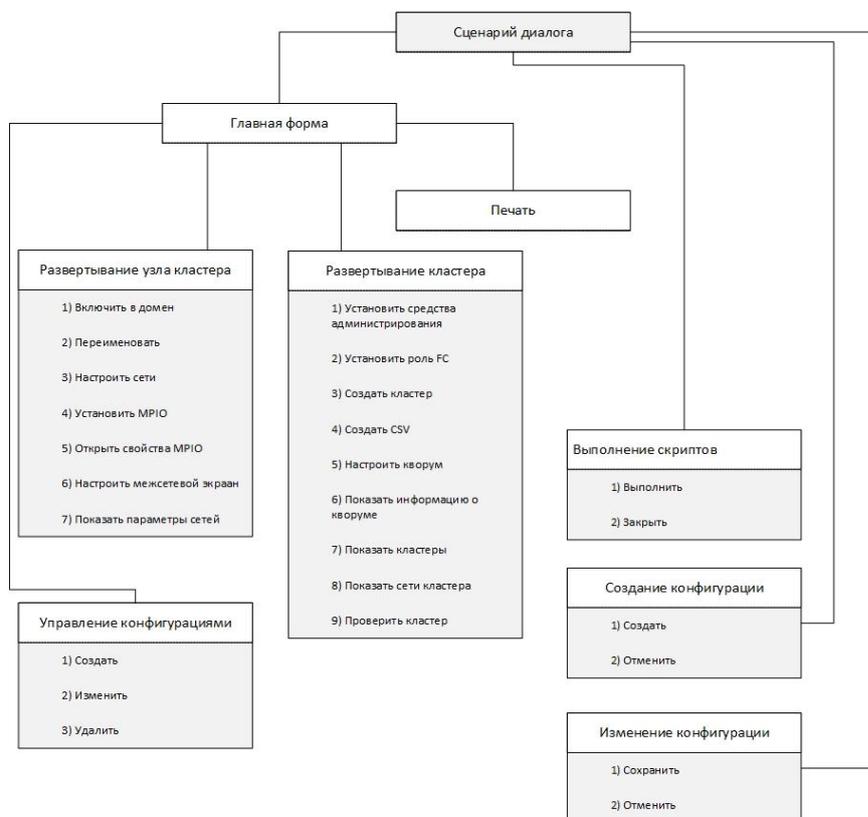


Рисунок 2.10 – Сценарий диалога

Сценарий диалога пользователя с информационной системой представлен в виде диалоговых форм и их функций. Сценарий разработан с

учетом последовательности работ, выполняемых специалистом при развертывании отказоустойчивого кластера, поэтому основные функции форм логически сгруппированы. Приложение состоит из 4 основных диалоговых форм.

Для описания алгоритма работы диалоговых форм разрабатываемого приложения удобно использовать диаграммы деятельности UML, которые отображают последовательность действий, для достижения поставленной цели. Смоделируем диаграмму действий для каждой основной функции системы: управление конфигурациями, развертывание узла кластера, развертывание кластера, выполнение скриптов. Диаграмма действий UML для сценария управления конфигурациями представлена на рисунке 2.11.

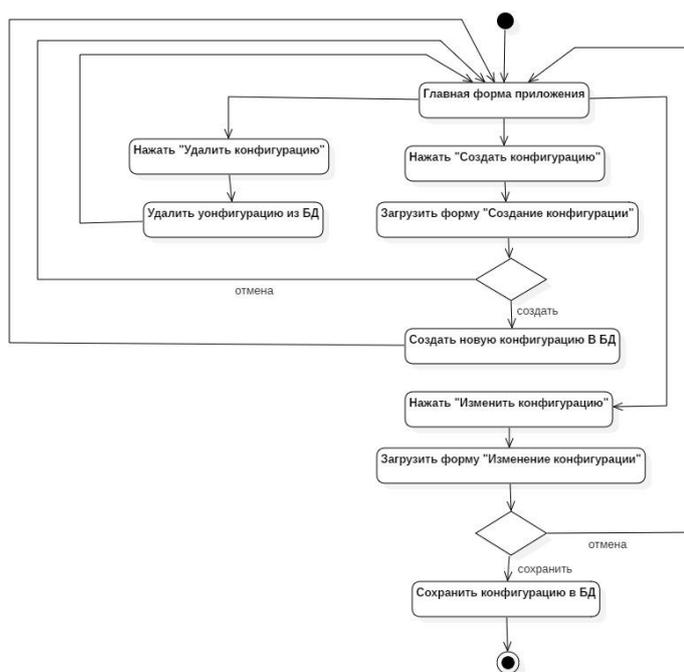


Рисунок 2.11 - Диаграмма действий (управление конфигурациями)

Набор основных функций приложения представлен на главной форме. Сначала создается пустая конфигурация в базе данных. На этапе создания конфигурации используется отдельная форма, где задается имя новой конфигурации. После создания новой конфигурации, можно изменять её параметры. Изменение параметров происходит в отдельной экранной форме. Сохранение параметров выполняется путем сохранения значений в

соответствующих таблиц реляционной БД. Также на диаграмме отображено действие удаления конфигурации из БД.

Диаграмма действий для сценария развертывания узла кластера показана на рисунке 2.12.

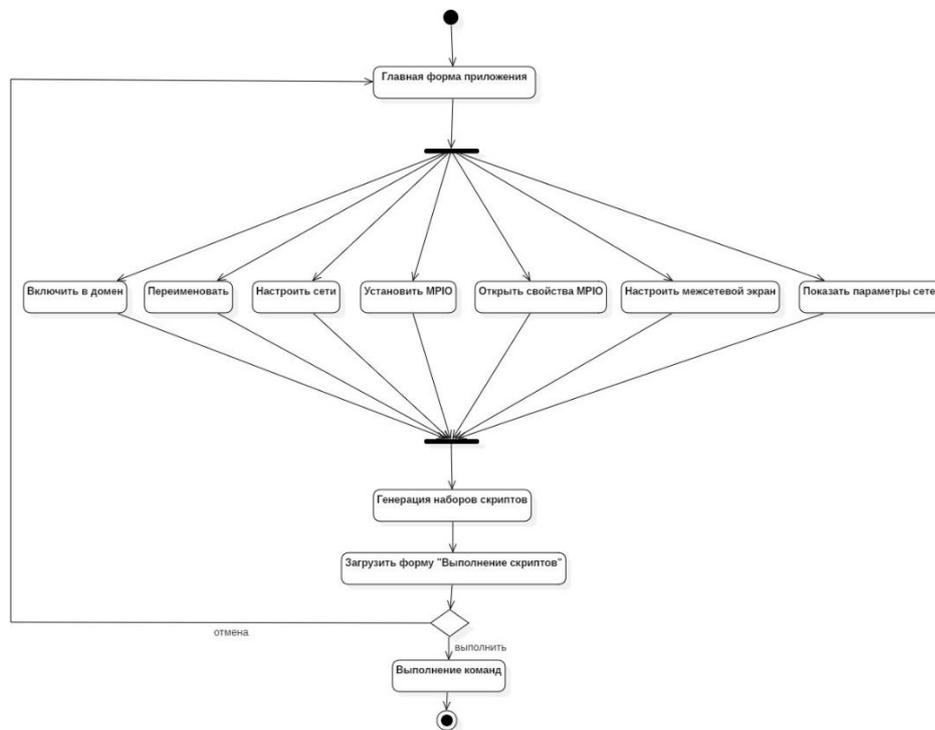


Рисунок 2.12 - Диаграмма действий (развертывание узла кластера)

Перечислим набор действий, выполняемых при развертывании узла:

- Включить в домен – включение компьютера узла в домен AD;
- Переименовать – изменение имени компьютера узла;
- Настроить сети – автоматическая настройка сетей на узле;
- Установить МРЮ – установить компоненты много путевого ввода-вывода;
- Открыть свойства МРЮ – вызвать панель управления функционалом много путевого ввода-вывода;
- Настроить межсетевой экран – выполнить автоматическую настройку меж сетевого экрана на узле;
- Показать параметры сетей – отобразить параметры сетей узла кластера.

Диаграмма действий для сценария развертывания кластера показана на рисунке 2.13.

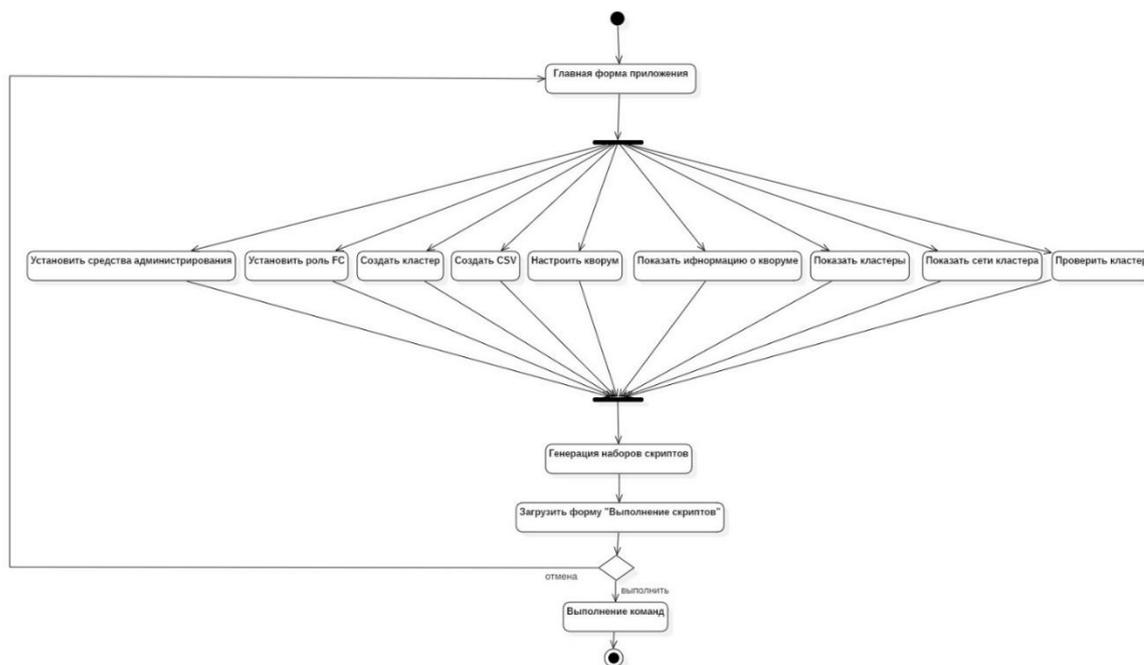


Рисунок 2.13 - Диаграмма действий (развертывание кластера)

Перечислим набор действий, выполняемых при развертывании кластера:

- Установить средства администрирования – установить PowerShell средства администрирования для отказоустойчивого кластера;
- Установить роль FC – установить роль отказоустойчивой кластеризации, включая консоль управления;
- Создать кластер – создать отказоустойчивый кластер в домене AD;
- Создать CSV – создать общий том отказоустойчивого кластера;
- Настроить кворум – выполнить настройку модели кворума кластера;
- Показать информацию о кворуме – вывести всю информацию о настройке кворума кластера;
- Показать кластеры – вывести список всех кластеров в AD;
- Показать сети кластера – вывести список всех сетей кластера;
- Проверить кластер – выполнить полный набор диагностических тестов кластера с выводом отчета.

В результате выполнения каждого действия выполняется сценарий автоматической генерации скриптового блока PowerShell с последующим открытием отдельной формы выполнения скриптов (Рисунок 2.14).



Рисунок 2.14 – Диаграмма действий (выполнение скриптов)

Действие выполнения скрипта сопровождается выводом результата выполнения в диалоговом окне и его записью в лог файл.

Разработанные дерево функций, сценарий диалога и диаграммы деятельности позволяют наглядно представить функциональную схему проекта.

2.2.3 Структурная схема проекта

Разработка приложения выполнялось на языке C# с использованием интегрированной среды разработки Microsoft Visual Studio 2017, поэтому при создании проекта использовался готовый шаблон «Windows Forms (.NET Framework)». Такой проект на языке C# представляет собой совокупность файлов, которые компилятор затем использует для создания исполняемого файла. Программный код разработанного приложения и структура программных модулей проекта представлены в Приложении А.

2.2.4 Описание программных модулей

Разработанное приложение состоит из 5 программных модулей и базы данных:

- Главный модуль приложения (Program.cs);
- Модули форм (Form1.cs, Form2.cs, Form3.cs, Form4.cs);
- База данных «Data.db».

Описание модулей и вспомогательных файлов разработанного приложения можно увидеть на таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Описание программных модулей приложения

| Название элемента | Описание |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Program.cs | Главный модуль приложения. Содержит метод «Main()», с которого начинается выполнение программы |
| Form1.cs | Модуль формы главного меню приложения. Форма запускается первой из модуля «Program.cs» и является главной в приложении. Модуль формы содержит следующие основные функции: развертывание узла кластера, развертывание кластера, выбор конфигурации, печать параметров. Также в модуле формы содержатся служебные функции для работы с БД. При закрытии главной формы, закрывается приложение и все другие открытые формы |
| Form2.cs | Модуль формы изменение конфигурации. Форма позволяет задать параметры конфигурации кластера |
| Form3.cs | Модуль формы для создания новой конфигурации |
| Form4.cs | Модуль выполнения скриптов. В данном модуле также реализована служебная функция записи результата выполнения скрипта в лог файл |
| Data.db | Файл базы данных SQLite |

Все программные модули связаны между собой. Модули Form2, Form3 и Form4 вызываются из модуля Form1. Данные в модули поступают через диалог пользователя с информационной системой. Файл базы данных SQLite представлен единственным файлом «Data.db».

Модуль Form1 содержит следующие основные методы:

- SetConnection() – установить соединение с БД;
- LoadConfigData() – выполнить запрос к БД и заполнить набор данных строками из таблицы configuration;

- LoadParametersData() – выполнить запрос к БД и заполнить набор данных строками из таблицы parameters;
- Edit() – обновить значение выбранного строки таблицы parameters;
- Add() – добавить строки для создания новой конфигурации кластера в таблицы parameters и configuration;
- Delete() – удалить выбранную строку из заданной таблицы;
- ExecuteQuery() – выполнить SQL запрос к БД;
- Form1_Load() – обновить данные формы;
- buttonXXX_click – обработка события нажатия на элемент формы «ButtonXXX», где XXX – системное название события.
- PrintDocument1_PrintPage – метод для вывода параметров кластера на печать.

Модуль Form2 содержит следующие основные методы:

- ButtonSave_click() – обработка события нажатия на кнопку «Сохранить» формы.

Модуль Form3 содержит следующие основные методы:

- ButtonCancel_click() – обработка события нажатия на кнопку «Отменить» формы;
- ButtonCreateC_click() – обработка события нажатия на кнопку «Создать» формы.

Модуль Form4 содержит следующие основные методы:

- RunScript() – выполнение блока скрипта PowerShell;
- ButtonRunScript_click() – обработка события нажатия на кнопку «Выполнить» формы;
- LogWriteLine() – запись результата выполнения команды в лог файл.

Проект также содержит множество служебных методов, создаваемых средой разработки в автоматическом режиме при редактировании форм в конструкторе. Файлы, содержащие служебный код: Form1.Designer.cs, Form2.Designer.cs, Form3.Designer.cs, Form4.Designer.cs.

2.3 Технологическое обеспечение задачи

Технологический процесс машинной обработки информации – последовательность взаимосвязанных операций, направленная на преобразование информации в соответствии с поставленной целью с начального момента (запуска системы), до момента окончательного получения заданных результатов пользователем.

Технологический процесс обработки информации состоит из следующих этапов:

- сбор первичной информации о параметрах для развертывания отказоустойчивого кластера;
- регистрация информации (заполнение бланка);
- ввод информации о параметрах в систему в диалоговом режиме;
- запись и хранение введенных параметров в БД;
- поиск, формирование и передача резульатной информации в качестве параметров при выполнении PowerShell скриптов;
- запись в лог файл;
- вывод параметров на печать.

На начальном этапе происходит анализ и сбор первичной информации о параметрах развертывания кластера на основании технического задания, поступившего от заказчика. Регистрация параметров происходит путем заполнения бумажной формы бланка параметров. После запуска приложения открывается главная форма из меню которой создается новая конфигурация параметров. Далее выполняется ввод параметров в созданную конфигурацию с использованием диалоговых форм. Все введенные параметры хранятся в БД и используются в качестве резульативной информации для формирования блоков скриптов при развертывании отказоустойчивого кластера, а также при выводе конфигурации на печать. Процесс выполнения скриптов записывается в лог файл.

2.4 Контрольный пример реализации проекта и его описание

2.4.1 Развертывание узлов кластера

В параграфе будет продемонстрирована работоспособность основных функций реализованного проекта. В качестве тестовых данных использованы следующие параметры (Таблица 2.5).

Таблица 2.5 – Тестовые данные

| Область | | Имя параметра | Значение | | |
|--------------|-----------|-------------------|---------------------------------------------------------------|--------------|------------------------|
| Конфигурация | | Имя конфигурации | Configuration 03 | | |
| Кластер | | Имя кластера | HNMG_CLUSTER02 | | |
| | | IP адрес кластера | 192.168.11.200 | | |
| | | Список узлов | hnmg-hv05 hnmg-hv06 hnmg-hv07 hnmg-hv08 hnmg-hv09 | | |
| | | Имя CSV | HNMG_LUN_1_CLUSTER02_VMs | | |
| | | Тип кворума | Большинство узлов (Node Majority) | | |
| | | Узел | | AD | Имя домена Имя узла |
| Сети | Вид сети: | | | Management | Cluster |
| | Vlan ID | 11 | 16 | 19 | |
| | IP адрес | 192.168.11.105 | 192.168.16.5 | 192.168.19.5 | |
| | Подсеть | 24 | 24 | 24 | |
| | DNS1 | 192.168.1.2 | 192.168.1.2 | 192.168.1.2 | |
| | DNS2 | 192.168.1.4 | 192.168.1.4 | 192.168.1.4 | |
| | IP шлюз | 192.168.11.1 | | | |

Для реализации контрольного примера по развертыванию отказоустойчивого кластера использовано следующее оборудование:

- 5 серверов Dell PowerEdge R630
- Система хранения данных Dell PowerVault MD3420
- 2 SAS коммутатора LSI SAS6160
- HBA SAS адаптеры HP SC08e 6Gb SAS HBA
- Стек из коммутаторов Cisco Catalyst C3750 (WS-C3750G-12S, WS-C3750G-24T, WS-C3750G-24TS-1U)

Конфигурация отказоустойчивого кластера состоит из пяти узлов (node) HNMG-HV05 - HNMG-HV09, каждый из которых работает под

управлением Microsoft Hyper-V Server 2012 R2. Каждый узел подключен к двум сетям: локальной сети LAN и сети хранения данных SAN. При построении сети хранения данных используется система хранения данных Dell PowerVault MD3420 и 2 SAS коммутатора LSI SAS6160. Для подключения узлов к сети хранения в PCI-Express порт каждого сервера установлен HBA адаптер HP SC08e 6Gb SAS HBA. Общая пропускная способность такой системы хранения данных 384 Гбит/с, а при использовании широкополосного 4X порта для подключения узла мы получим пропускную способность 24 Гбит/с на порт. Подключение к сети хранения данных будет производиться с использованием технологии многопутевого ввода-вывода (MPIO) для обеспечения нескольких путей подключения к СХД. Сервера Dell имеют на борту сетевую карту с 4 Gigabit Ethernet портами, а также выделенный порт для iDrac. Подключение к локальной сети будет производиться с использованием технологии объединения сетевых карт известной также как балансировка нагрузки и обеспечение отказоустойчивости (LBFO), в целях агрегирования пропускной способности и избегания потери связи при отказе сетевого компонента. Концепцию подключения оборудования можно посмотреть на следующей схеме (Рисунок 2.15).

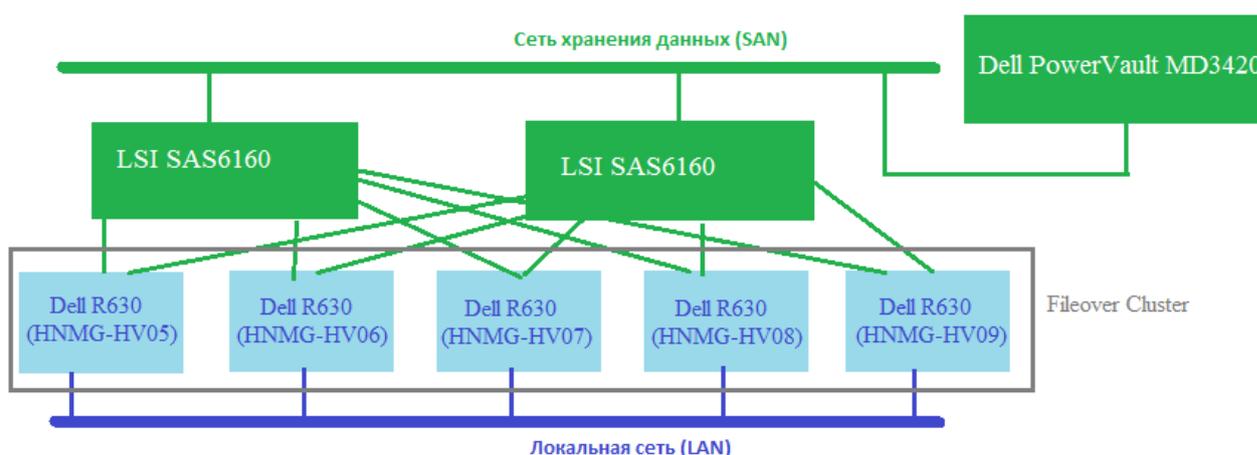


Рисунок 2.15 – Схема подключения оборудования

Сеть хранения данных изолирована от локальной сети. Каждый сервер имеет избыточное подключение одновременно к двум SAS коммутаторам

для обеспечения нескольких путей до СХД. На серверах устанавливается и настраивается компонент МРЮ. Сетевые адаптеры серверов объединены в tNIC группу и подключены к стеку коммутаторов Cisco Catalyst 3750. Подробную схему сетевых компонентов отказоустойчивого кластера можно увидеть на рисунке 2.16.

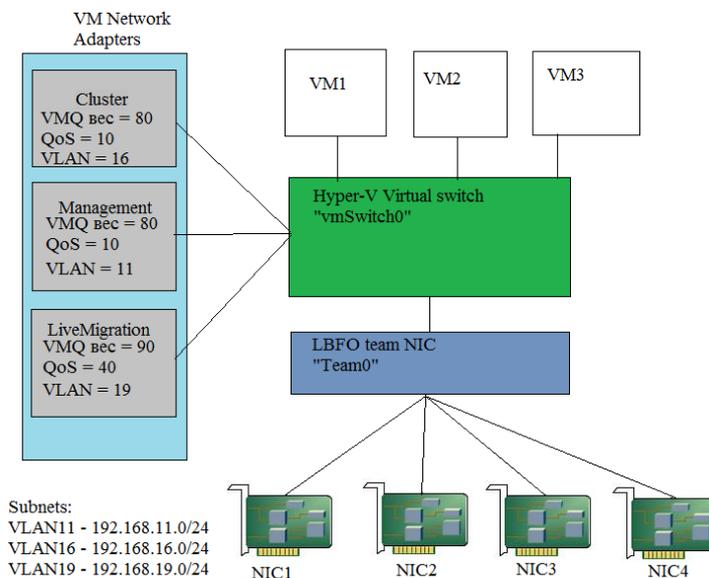


Рисунок 2.16 – Сетевые компоненты кластера

Рассмотрим алгоритмы работы разработанного Windows приложения по автоматизации процесса развертывания отказоустойчивого кластера. Для запуска приложения необходимо запустить исполняемый файл FCWizard.exe из командной строки (Рисунок 2.17).



Рисунок 2.17 – Запуск приложения из командной строки

Приложение требует наличие платформы .NET Framework 4.6.1, которая уже предустановлена в Hyper-V Server 2012 R2. После запуска приложения, пользователь видит главное окно приложения, где собран весь функционал. Интерфейс главной формы приложения визуально разделен на

три зоны: 1-управление конфигурациями, 2-развертывание узла кластера, 3-развертывание кластера (Рисунок 2.18)

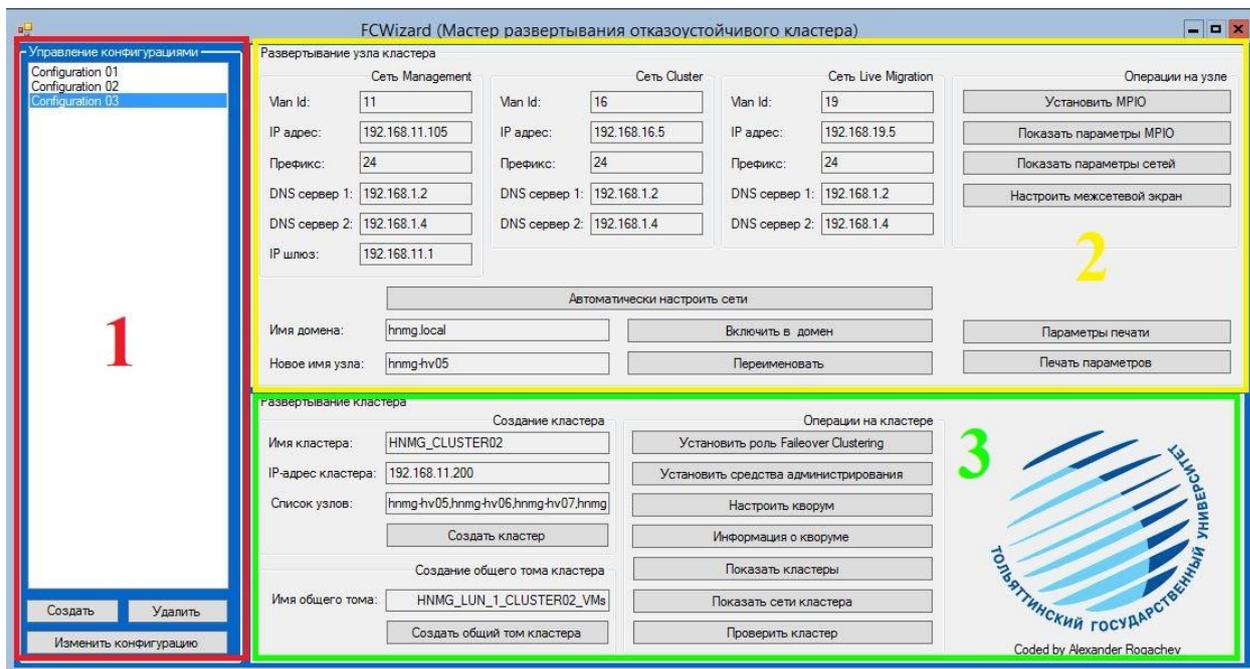


Рисунок 2.18 – Главное окно приложения

В контрольном примере, конфигурация с параметрами развертывания уже была подготовлена заранее с использованием тестовых данных. Окно создания новой конфигурации параметров вызывается нажатием на кнопку «Создать», блока «Управление конфигурациями» (Рисунок 2.19).

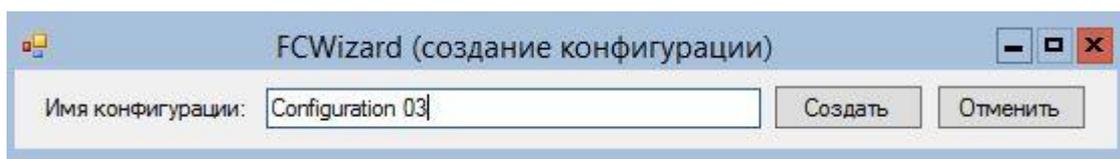


Рисунок 2.19 – Окно создания новой конфигурации

При создании новой конфигурации задается один параметр – «Имя конфигурации». После нажатия на кнопку «Создать», в БД создается пустая конфигурация, дальше можно редактировать её параметры, для этого используется отдельная форма «Изменение конфигурации», которая вызывается нажатием на кнопку «Изменить конфигурацию» (Рисунок 2.20).

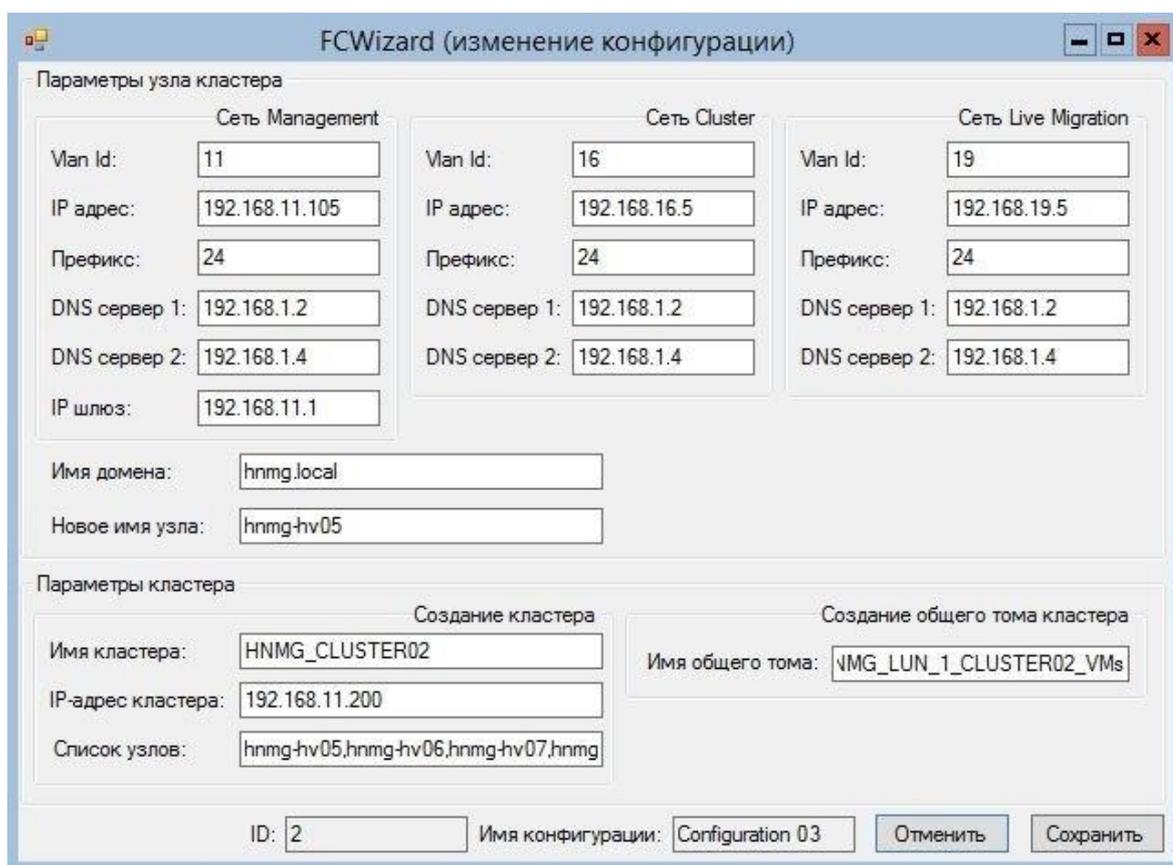


Рисунок 2.20 – Окно изменения конфигурации

Перед созданием отказоустойчивого кластера настраиваются его узлы. Для развертывания узла в приложении используется блок интерфейса «Развертывание узла кластера». Выбор команд при развертывании выполняется в следующем порядке: «Установить МPIO», «Показать параметры МPIO», «Автоматически настроить сети», «Показать параметры сетей», «Настроить межсетевой экран», «Переименовать», «Включить в домен», «Проверить кластер». При нажатии на любую кнопку блока интерфейса «Развертывание узла кластера» открывается новое окно «Выполнение командлета», где выполняется блок скриптов, автоматически генерируемый приложением. Рассмотрим порядок работы приложения при выполнении скриптов на примере команды «Настроить межсетевой экран» (Рисунок 2.21).

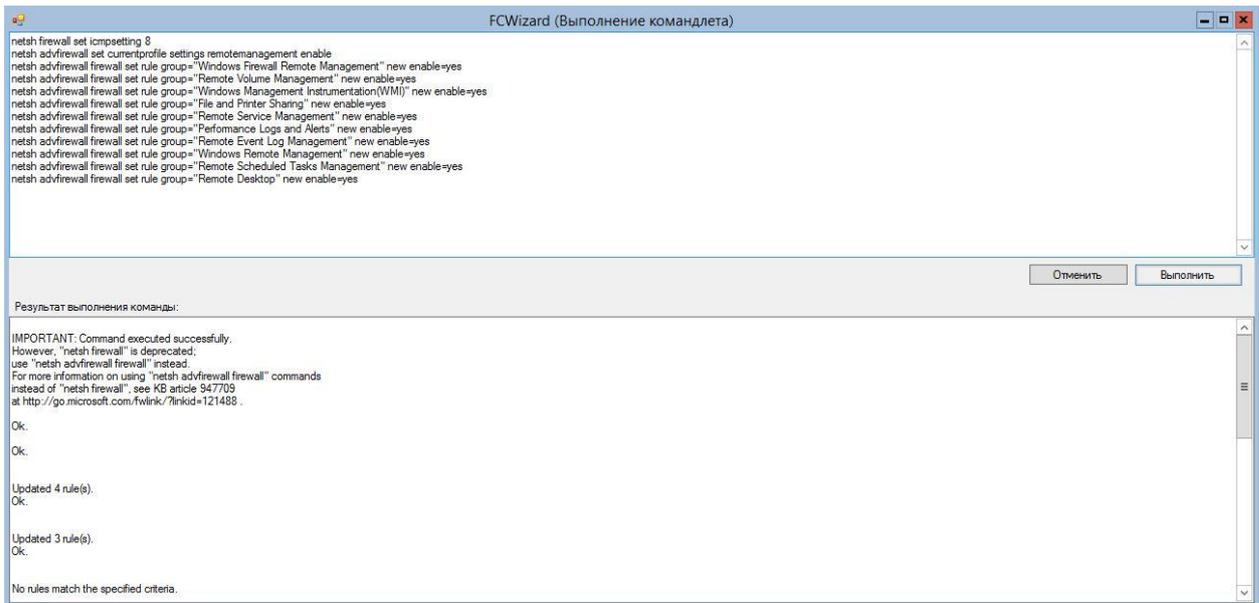


Рисунок 2.21 – Настроить межсетевой экран

В верхней части окна находится область со списком команд. Команды могут быть как CMD типа, так и PowerShell. Доступна возможность редактирования текста команд, если в этом возникает необходимость, например, в случае нестандартного сценария развертывания. При нажатии на кнопку «Выполнить», происходит поочередное выполнение сгенерированных команд. Для визуального контроля выполнения и последующего анализа, результат выполнения команд отображается в нижней области окна «Результат выполнения команды». В процессе выполнения команд производится запись всех результатов в лог файл «log.txt», который расположен в одном каталоге вместе с файлом БД «Data.db» и исполняемыми файлами приложения

При выполнении контрольного примера все команды были последовательно выполнены на каждом из пяти узлов. Настоятельно рекомендуется выполнить полный набор проверочных тестов конфигурации кластера перед его созданием, функции «Проверить кластер». В набор тестов включены специальные проверочные тесты для конфигурации роли Nureg-V в отказоустойчивом кластере. Мастер проверяет параметры аппаратных средств и программного обеспечения всех узлов кластера и сообщает обо всех проблемах, которые могут помешать организации кластера. Сводка

результатов отображается после завершения теста. Если тесты проверки выполнены успешно, можно создавать кластер. Если при проверке обнаружены ошибки, то пункт в отчете будет отмечен желтым треугольником (предупреждение) или красным значком "X" в случае серьезных ошибок. С предупреждениями следует ознакомиться, но их можно игнорировать. Серьезные ошибки необходимо исправить перед созданием кластера. В контрольном примере все тесты были пройдены успешно (Рисунок 2.22).

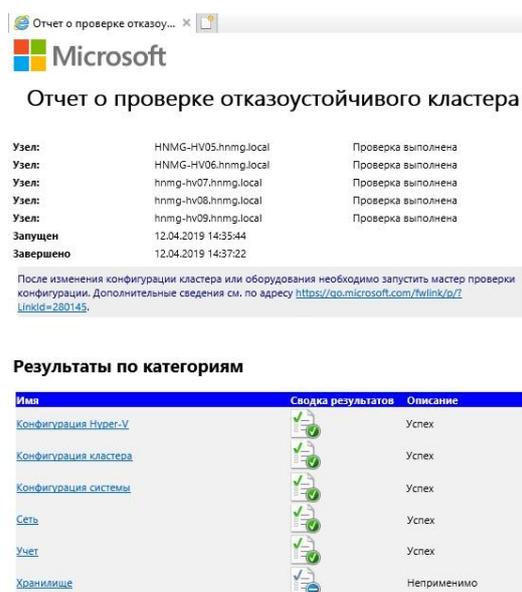


Рисунок 2.22 – Отчет о проверки узлов кластера

После подготовки узлов к включению в кластер, можно переходить к следующему этапу, а именно, созданию и конфигурированию отказоустойчивого кластера Microsoft.

2.4.2 Создание и конфигурирование отказоустойчивого кластера

Как только все сервера подготовлены и подключены, можно приступать к процедуре создания отказоустойчивого кластера. Выбор команд при создании кластера выполняется в следующем порядке: «Установить роль Failover Clustering», «Установить средства администрирования», «Создать кластер», «Создать общий том кластера», «Настроить кворум», «Информация о кворуме», «Показать кластеры», «Показать сети кластера», «Проверить кластер». После создания кластера, можно подключиться к кластеру по

доменному имени с помощью диспетчера отказоустойчивого кластера и посмотреть все произведенные настройки после развертывания.

В конце всех этапов развертывания производится печать параметров конфигурации кластера, для дальнейшего составления проектной документации для заказчика. Перед выводом конфигурации на печать есть возможность предварительного просмотра.

Выводы по главе 2

В главе 2 было проведено моделирование предметной области на языке UML, в результате которого произведен переход от структурной диаграммы "КАК ДОЛЖНО БЫТЬ". Были разработаны: диаграмма вариантов использования UML, диаграмма последовательностей UML. Для разработки базы данных приложения был использован нисходящий подход, при котором проектирование БД включает три этапа: концептуальное, логическое и физическое моделирование. Разработаны концептуальная ER-модель "сущность-связь" в нотации Питера Чена, диаграмма классов UML. Далее на следующем этапе произведено преобразование концептуальной модели в логическую и построена модель данных на основе методологии IDEF1X. Описаны используемые классификаторы и системы кодирования разрабатываемой БД. При описании входных данных разработан макет структуры входных данных. Произведено физическое моделирование БД, в результате чего был проведен анализ и выбрана СУБД SQLite, а также разработана физическая модель БД с использованием продукта ERwin Data Modeler r7. В главе была охарактеризована результативная информация АИС, которая представлена несколькими вариантами: лог выполнения скриптов, параметры на главной форме приложения, печатная форма со списком параметров.

На этапе физического моделирования АИС была выбрана централизованная архитектура и настольная СУБД. Определена среда разработки и выбран язык программирования. Разработаны дерево функций проекта и сценарий диалога графического интерфейса пользователя. Для

описания алгоритма работы диалоговых форм была смоделирована серия диаграмм действий UML. Описана структура программных модулей проекта и представлено их подробное описание. Далее разработаны схемы технологических процессов сбора, передачи, обработки и выдачи информации.

В конце главы в качестве контрольного примера был описан процесс развертывания отказоустойчивого кластера и его узлов и с использованием разработанного приложения "Мастер развертывания отказоустойчивого кластера". Была проверена работоспособность всех функций реализованного проекта с использованием тестовых данных в качестве входных параметров вводимых в поля экранных форм приложения.

Глава 3. Оценка и обоснование экономической эффективности проекта

3.1 Выбор и обоснование методики расчета экономической эффективности

Основной экономической эффект от внедрения АИС заключается в оптимизации затрат за счет высвобождения ресурсов в отделе системной интеграции. После внедрения АИС, появляется возможность делегирования части работ по развертыванию отказоустойчивого кластера другим специалистам с более низкими требованиями к квалификации и стоящим дешевле. Дополнительным плюсом является существенное уменьшение временных затрат на развертывание отказоустойчивого кластера, а также снижение вероятности совершения ошибок в процессе выполнения скриптов, за счет исключения человеческого фактора, что в целом повышает качество услуг для конечного клиента.

В настоящее время существует множество методик для расчета экономической эффективности проекта. В бакалаврской работе описана разработка ИТ-решения для автоматизации развертывания отказоустойчивого кластера Microsoft Windows Server 2012 R2, для обоснования экономической эффективности которого больше всего подходит методика расчета и сравнения показателей эффективности до и после внедрения. Внедрение АИС происходит на этапах «Развертывание отказоустойчивого кластера» и «Выполнение проверочных тестов» бизнес процесса, поэтому для них требуется проведение сравнения и анализа затрат. Дополнительно необходимо просчитать капитальные затраты на разработку решения автоматизации, а также период окупаемости этих затрат.

Прямой эффект от внедрения информационной системы «Мастер развертывания отказоустойчивого кластера» определяется путем расчета показателей трудовых и стоимостных затрат. Далее представлен ряд формул для расчета трудовых и стоимостных показателей.

Трудовые показатели:

1) Формула для расчета показателя «Абсолютное снижение трудовых затрат» – ΔT :

$$\Delta T = T_0 - T_1 \quad (3.1)$$

где T_0 – время, затрачиваемое специалистами на выполнение операций по развертыванию кластера до внедрения АИС (базовый вариант), T_1 – время, затрачиваемое специалистами на выполнение автоматизируемых операций по развертыванию кластера после внедрения АИС (проектный вариант).

2) Формула для расчета показателя «Коэффициент относительного снижения трудовых затрат» – K_T :

$$K_T = (\Delta T / T_0) \times 100 \% \quad (3.2)$$

3) Формула для расчета показателя «Индекс снижения трудовых затрат» – I_T :

$$I_T = T_0 / T_1 \quad (3.3)$$

Стоимостные показатели:

1) Формула для расчета показателя «Абсолютное снижение стоимостных затрат» – ΔC :

$$\Delta C = C_0 - C_1 \quad (3.4)$$

где C_0 – стоимостные затраты на обработку информации до внедрения АИС (базовый вариант), C_1 – стоимостные затраты на обработку информации после внедрения АИС (проектный вариант).

2) Формула для расчета коэффициента «Коэффициент относительного снижения стоимостных затрат» – K_C :

$$K_C = (\Delta C / C_0) \times 100 \% \quad (3.5)$$

3) Формула для расчета коэффициента «Индекс снижения стоимостных затрат» – I_C :

$$I_C = C_0 / C_1 \quad (3.6)$$

Коэффициенты K_C и I_C характеризуют рост производительности труда за счет внедрения более экономичного варианта проектного решения.

Формула для расчета показателя «Период окупаемости затрат на разработку решения автоматизации» – T_{OK} :

$$T_{OK} = K_{ЗА} / \Delta C \quad (3.7)$$

где $K_{ЗА}$ – капитальные затраты автоматизации.

Среднее количество заказов по внедрению отказоустойчивой кластеризации составляет 1 внедрение за месяц, поэтому рассчитанный срок окупаемости измеряется в месяцах. Формула для расчета показателя «Капитальные затраты автоматизации» – $K_{ЗА}$:

$$K_{ЗА} = Z_{ПО} + Z_{АО} + Z_{РМ} + Z_{Р} \quad (3.8)$$

где $Z_{ПО}$ – затраты на закупку программного обеспечения, $Z_{АО}$ – затраты на закупку аппаратного обеспечения, $Z_{РМ}$ – затраты на организацию рабочего места сотрудника, $Z_{Р}$ – затраты на разработку информационной системы.

Методика расчета экономической эффективности проекта будет состоять из следующих этапов:

- 1) Расчет трудовых показателей;
- 2) Расчет стоимостных показателей;
- 3) Расчет себестоимости разработки информационной системы;
- 4) Расчет периода окупаемости проекта.

3.2 Расчет показателей экономической эффективности проекта

Выполним расчет трудовых показателей. Временные затраты специалистов на разработку отказоустойчивого кластера Microsoft для заказчика складываются из следующих работ:

- анализ системных требований и подбор оборудования;
- планирование компонентов кластера;
- развертывание отказоустойчивого кластера;
- выполнение проверочных тестов.

До внедрения АИС, в процессе разработки отказоустойчивого кластера участвует два специалиста отдела системной интеграции: системный инженер и сетевой инженер. Для расчета ожидаемой продолжительности

работ будет использован метод расчета на основе двух экспертных оценок. Формула для расчета показателя «Ожидаемая продолжительность работы» – $t_{ож}$:

$$t_{ож} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5} \quad (3.9)$$

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, по мнению эксперта, t_{max} – максимальная продолжительность работы, по мнению эксперта.

Результаты расчетов ожидаемой продолжительности работ по реализации одного отказоустойчивого кластера до внедрения АИС представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Продолжительность работ до внедрения АИС

| № | Наименование работы | Длительность работы, час | | |
|---|---------------------------------------------------|--------------------------|-----------|----------|
| | | t_{min} | t_{max} | $t_{ож}$ |
| 1 | Анализ системных требований и подбор оборудования | 16 | 40 | 26 |
| 2 | Планирование компонентов кластера | 16 | 80 | 42 |
| 3 | Развертывание отказоустойчивого кластера | 24 | 112 | 59 |
| 4 | Выполнение проверочных тестов | 8 | 16 | 11 |

Внедрение АИС по развертыванию отказоустойчивого кластера предполагает автоматизацию работ по развертыванию и выполнению проверочных тестов (работы №3 и №4 в таблице 3.1), в результате чего длительность этих работ сократиться. Результаты расчетов ожидаемой продолжительности работ по разработке отказоустойчивого кластера после внедрения АИС представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Продолжительность работ после внедрения АИС

| № | Наименование работы | Длительность работы, часы | | |
|---|---------------------------------------------------|---------------------------|-----------|----------|
| | | t_{min} | t_{max} | $t_{ож}$ |
| 1 | Анализ системных требований и подбор оборудования | 16 | 40 | 26 |
| 2 | Планирование компонентов кластера | 16 | 80 | 42 |
| 3 | Развертывание отказоустойчивого кластера | 8 | 56 | 27 |
| 4 | Выполнение проверочных тестов | 8 | 8 | 8 |

Рассчитаем время, затрачиваемое специалистами на выполнение операций по развертыванию кластера до и после внедрения АИС:

$$T_0 = 26 + 42 + 59 + 11 = 138 \text{ часов}$$

$$T_1 = 26 + 42 + 27 + 8 = 103 \text{ час}$$

Далее вычислим «Абсолютное снижение трудовых затрат» – ΔT , «Коэффициент относительного снижения трудовых затрат» – K_T и «Индекс снижения трудовых затрат» – I_T , для этого воспользуемся формулами 3.1, 3.2 и 3.3.

$$\Delta T = T_0 - T_1 = 138 - 103 = 35 \text{ часов}$$

$$K_T = (\Delta T / T_0) \times 100 \% = (35 / 138) \times 100 \% \approx 25 \%$$

$$I_T = T_0 / T_1 = 138 / 103 \approx 1,34$$

Выполним расчет стоимостных показателей, для этого необходимо сначала представить трудоемкость реализации одного отказоустойчивого кластера по видам работ и исполнителям. Результаты расчетов трудоемкости по исполнителям до внедрения АИС приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Трудоемкость по исполнителям до внедрения АИС

| № | Наименование работы | Трудоемкость, час | | |
|--------|---------------------------------------------------|-------------------|-----------------|-------------------------------|
| | | системный инженер | сетевой инженер | инженер технической поддержки |
| 1 | Анализ системных требований и подбор оборудования | 26 | 0 | 0 |
| 2 | Планирование компонентов кластера | 34 | 8 | 0 |
| 3 | Развертывание отказоустойчивого кластера | 59 | 0 | 0 |
| 4 | Выполнение проверочных тестов | 11 | 0 | 0 |
| Итого: | | 130 | 8 | 0 |

Из таблицы видно, что основные трудовые затраты приходятся на системного инженера, который является высококвалифицированным специалистом. После внедрения АИС работы по развертыванию и тестированию можно делегировать инженеру технической поддержки, оплата труда которого обходится дешевле для компании.

Основные стоимостные затраты складываются из оплаты труда специалистов компании. Средние заработные платы специалистов с учетом отчислений в государственные фонды составляют: системный инженер – 750

рублей/час, сетевой инженер – 500 рублей/час, инженер технической поддержки – 338 рублей/час.

Результаты расчетов трудоемкости по исполнителям после внедрения АИС приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Трудоемкость по исполнителям после внедрения АИС

| № | Наименование работы | Трудоемкость, час | | |
|--------|---------------------------------------------------|-------------------|-----------------|-------------------------------|
| | | системный инженер | сетевой инженер | инженер технической поддержки |
| 1 | Анализ системных требований и подбор оборудования | 26 | 0 | 0 |
| 2 | Планирование компонентов кластера | 34 | 8 | 0 |
| 3 | Развертывание отказоустойчивого кластера | 0 | 0 | 27 |
| 4 | Выполнение проверочных тестов | 0 | 0 | 8 |
| Итого: | | 60 | 8 | 35 |

Используя значения из таблиц, рассчитаем показатели C_0 и C_1 :

$$C_0 = 130 \times 750 + 8 \times 500 = 101500 \text{ рублей}$$

$$C_1 = 60 \times 750 + 8 \times 500 + 35 \times 338 = 60830 \text{ рублей}$$

Далее рассчитаем показатель «Абсолютное снижение стоимостных затрат» – ΔC , коэффициент «Коэффициент относительного снижения стоимостных затрат» – K_C и «Индекс снижения стоимостных затрат» – I_C , для этого воспользуемся формулами 3.4, 3.5 и 3.6.

$$\Delta C = C_0 - C_1 = 101500 - 60830 = 40670 \text{ рублей}$$

$$K_C = (\Delta C / C_0) \times 100 \% = 40670 / 101500 \times 100 \% \approx 40 \%$$

$$I_C = C_0 / C_1 = 101500 / 60830 \approx 1,67$$

Сводные показатели эффективности внедрения АИС представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Сводные показатели эффективности

| | Затраты | | Абсолютное изменение затрат | Коэффициент изменения затрат | Индекс изменения затрат |
|--------------|-----------------|-------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------|
| | Базовый вариант | Проектный вариант | | | |
| Трудоемкость | T_0 , час | T_1 , час | ΔT , час | K_T , % | I_T |
| | 138 | 103 | 35 | 25 | 1,34 |
| Стоимость | C_0 , рублей | C_1 , рублей | ΔC , рублей | K_C , % | I_C |
| | 101500 | 60830 | 40670 | 40 | 1,67 |

Коэффициент $I_C > I_T$, что достигается за счет делегирования автоматизируемой части работ специалисту технической поддержки, стоимость оплаты труда которого ниже чем системного инженера.

Для расчета периода окупаемости проекта – T_{OK} , необходимо сначала рассчитать капитальные затраты на автоматизацию – $K_{ЗА}$, для этого воспользуемся формулой 3.8. Затратами $Z_{ПО}$ – на закупку программного обеспечения, $Z_{АО}$ – на закупку аппаратного обеспечения и Z_{PM} – на организацию рабочего места сотрудника можно пренебречь т.к. для разработки информационной системы будет задействован 1 разработчик из отдела разработки ПО, где уже организовано необходимое рабочее место со всем необходимым ПО для разработки. Средняя заработная плата разработчика ПО составляет – 625 рублей/час. Выполним расчет ожидаемой длительности работ – $t_{ож}$, по выполнению разработки информационной системы с использованием метода расчета на основе двух экспертных оценок. Расчеты ожидаемой продолжительности работ по разработке проектного решения представлены на таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Ожидаемая продолжительность работ по разработке АИС

| № | Наименование работы | Длительность работы, час | | |
|--------|------------------------|--------------------------|-----------|----------|
| | | t_{min} | t_{max} | $t_{ож}$ |
| 1 | Постановка задачи | 16 | 40 | 26 |
| 2 | Проектирование | 40 | 160 | 88 |
| 3 | Кодирование | 40 | 120 | 72 |
| 4 | Тестирование и отладка | 16 | 40 | 26 |
| 5 | Ввод в эксплуатацию | 16 | 40 | 26 |
| Итого: | | 128 | 400 | 237 |

Из расчета видно, что ожидаемая длительность работ по разработке информационной системы равна 237 часов. Выполним расчет капитальных затрат на автоматизацию.

$Z_{ПО} = 0$ рублей; $Z_{АО} = 0$ рублей; $Z_{PM} = 0$ рублей; $Z_P = 625 \times 237 = 148125$ рублей; $K_{ЗА} = Z_{ПО} + Z_{АО} + Z_{PM} + Z_P = 0 + 0 + 0 + 148125 = 148125$ рублей

Посчитаем период окупаемости проекта – T_{OK} , по формуле 3.7.

$$T_{\text{OK}} = K_{\text{ЗА}} / \Delta C = 148125 / 40670 \approx 4 \text{ месяца}$$

Проект разработки информационной системы окупится примерно через 4 месяца, после чего компания начнет получать прибыль из расчета 40670 рублей в месяц. Экономическая эффективность проекта разработки информационной системы достигается за счет снижения трудовых и стоимостных затрат. В результате проведения оценки и обоснования экономической эффективности, проект рекомендован к реализации.

Выводы по главе 3

В главе 3 была проведена оценка экономической эффективности проекта и выполнено её обоснование. В качестве методики расчета экономической эффективности проекта была выбрана методика расчета и сравнения показателей до и после внедрения АИС. Представлен ряд формул для расчета трудовых и стоимостных показателей, а также определены этапы расчета экономической эффективности проекта. В расчетной части были определены показатели ожидаемой продолжительности работ по реализации отказоустойчивого кластера в базовом и проектном вариантах с использованием метода расчета на основе двух экспертных оценок. Далее были рассчитаны трудовые и стоимостные показатели, в результате чего составлена сводная таблица экономической эффективности, включающая затраты по базовому и проектному варианту, а также все показатели изменения затрат. Дополнительно был произведен расчет себестоимости проекта и период его окупаемости. В результате анализа экономической эффективности выявлено, что проект окупится через 4 месяца, после чего будет приносить ежемесячную прибыль в размере 40670 рублей. Прямой экономический эффект от внедрения проекта достигается за счет снижения трудовых затрат сотрудников отдела системной интеграции в 1,35 раза и стоимостных затрат компании в 1,63 раза. Косвенный эффект состоит в снижении вероятности совершения ошибок специалистами и повышении качества предоставления услуг, что в целом повышает конкурентоспособность компании на рынке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Главной целью бакалаврской работы являлась разработка отказоустойчивого кластера вычислительных систем на платформе Windows Server 2012 R2.

В ходе работы были решены следующие задачи:

- Проведен анализ предметной области и выполнено концептуальное моделирование с использованием CASE-средств;
- Выполнено логическое и физическое моделирование АИС;
- Разработана информационная система и предоставлен контрольный пример её реализации;
- Проведена оценка и обоснование экономической эффективности проекта.

Разработка выполнялась в среде Microsoft Visual Studio 2017 на языке программирования С#. Для реализации АИС была выбрана централизованная архитектура и настольная СУБД SQLite. Приложение состоит из 5 программных модулей и обладает следующими функциями: управление конфигурациями, развертывание узла кластера, развертывание кластера, выполнение скриптов, печать конфигурации, запись информации в лог файл.

Апробация решения выполнялась в процессе реального развертывания отказоустойчивого кластера и его узлов и с использованием разработанного приложения, в результате чего была продемонстрирована работоспособность всех функций.

Оценка экономической эффективности проекта показала, что проект окупится через 4 месяца и далее будет приносить ежемесячную прибыль в размере 40670 рублей в месяц. Разработанное приложение в дальнейшем будет рекомендовано к внедрению в промышленную эксплуатацию, что поможет автоматизировать деятельность отдела системной интеграции и повысить конкурентоспособность организации на рынке ИТ услуг.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агальцов, В.П. Базы данных. В 2-х т. Т. 2. Распределенные и удаленные базы данных: Учебник / В.П. Агальцов. – М.: ИД ФОРУМ, НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 272 с.
2. Долженко А. И. Технологии командной разработки программного обеспечения информационных систем [Электронный ресурс] : [курс лекций] / А. И. Долженко. – 2-е изд., испр. – Москва : ИНТУИТ , 2016. – 300 с. : ил. – (Основы информационных технологий).
3. Карпова, И.П. Базы данных: Учебное пособие / И.П. Карпова. – СПб.: Питер, 2013. – 240 с.
4. Котляров В. П. Основы тестирования программного обеспечения [Электронный ресурс] : [учеб. пособие] / В. П. Котляров. – 2-е изд., испр. – Москва : ИНТУИТ, 2016. – 335 с. : ил. – (Основы информационных технологий). – ISBN 5-94774-406-4.
5. Марк Минаси, Кевин Грин, Кристиан Бус, Роберт Батлер, и др. Windows Server 2012 R2. Полное руководство. Том 1: установка и конфигурирование сервера, сети, DNS, Active Directory и общего доступа к данным и принтерам. : Пер. с англ. – М. : ООО «И.Д. Вильямс», 2015 – С.617
6. Михеев А. Г. Процессное управление на свободном программном обеспечении [Электронный ресурс] : [учеб. пособие] / А. Г. Михеев. – 2-е изд., испр. – Москва : ИНТУИТ, 2016. – 230 с.
7. Нив Г. Организация как система: Принципы построения устойчивого бизнеса Эдвардса Деминга: пер. с англ. / Г. Нив. – 3-е изд. – М.: АЛЬПИНА ПАБЛИШЕР, 2014. – 368 с.
8. Пирогов, В.Ю. Информационные системы и базы данных: организация и проектирование: Учебное пособие / В.Ю. Пирогов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 528 с.

9. Привалов И. М. Основы аппаратного и программного обеспечения [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / И. М. Привалов ; Сев.-Кавказ. федерал. ун-т. – Ставрополь : СКФУ, 2015. – 145 с.

10. Реинжиниринг бизнес-процессов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. О. Блинов [и др.] ; под ред. А. О. Блинова. – Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2015. – 343 с. – ISBN 978-5-238-01823-2.

11. Рэнд Моримото, Майкл Ноэл, Тэй Ярдени и др. Microsoft Windows Server 2012. Полное руководство. : Пер. с англ. -М. : 000 «И.Д.Вильяме», 2013. – С.1111

12. Слива М.В. Прототипирование графического интерфейса пользователя как неотъемлемая часть процесса разработки программного обеспечения // Вестник Нижневартковского государственного университета / М.В. Слива. – 2013. – №1. – С. 2-3.

13. Сорокин А. А. Реинжиниринг бизнес-процессов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. А. Сорокин, А. Ю. Орлова ; Сев.-Кавказ. федерал. ун-т. – Ставрополь : СКФУ, 2014. – 212 с.

14. Тельнов Ю. Ф. Инжиниринг предприятия и управление бизнес-процессами [Электронный ресурс] : методология и технология : учеб. пособие для студентов магистратуры, обучающихся по направлению «Прикладная информатика» / Ю. Ф. Тельнов, И. Г. Фёдоров. - Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2015. – 207 с. – ISBN 978-5-238-02622-0.

15. Требования к выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению подготовки 230700.62 «Прикладная информатика» [Электронный ресурс] URL: <https://edu.rosdistant.ru/mod/resource/-view.php?id=14733> (дата обращения: 10.04.2019).

16. 20414C – Implementing an Advanced Server Infrastructure [Электронный ресурс] URL: <https://skillpipe.courseware-marketplace.com> (дата обращения: 05.05.2019).

17. Failover Clustering Hardware Requirements and Storage Options [Электронный ресурс] URL: [https://docs.microsoft.com/en-us/previous-versions/windows/it-pro/windows-server-2012-R2-and-2012/jj612869\(v=ws.11\)](https://docs.microsoft.com/en-us/previous-versions/windows/it-pro/windows-server-2012-R2-and-2012/jj612869(v=ws.11)) (дата обращения: 19.04.2019).

18. Configure and Manage the Quorum in a Windows Server 2012 Failover Cluster [Электронный ресурс] URL: [https://docs.microsoft.com/en-us/previous-versions/windows/it-pro/windows-server-2012-R2-and-2012/jj612870\(v=ws.11\)#BKMK_overview](https://docs.microsoft.com/en-us/previous-versions/windows/it-pro/windows-server-2012-R2-and-2012/jj612870(v=ws.11)#BKMK_overview) (дата обращения: 10.04.2019).

19. Network Recommendations for a Hyper-V Cluster in Windows Server 2012 [Электронный ресурс] URL: [https://docs.microsoft.com/en-us/previous-versions/windows/it-pro/windows-server-2012-R2-and-2012/dn550728\(v=ws.11\)](https://docs.microsoft.com/en-us/previous-versions/windows/it-pro/windows-server-2012-R2-and-2012/dn550728(v=ws.11)) (дата обращения: 12.04.2019).

20. Deploy a Hyper-V Cluster [Электронный ресурс] URL: [https://docs.microsoft.com/en-us/previous-versions/windows/it-pro/windows-server-2012-R2-and-2012/jj863389\(v=ws.11\)](https://docs.microsoft.com/en-us/previous-versions/windows/it-pro/windows-server-2012-R2-and-2012/jj863389(v=ws.11)) (дата обращения: 19.04.2019).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Перечень прилагаемых материалов

Программный код системы, разработанной в среде разработки Microsoft Visual Studio 2017, прилагается на компакт-диске.

Структура программных модулей системы, отображаемая в окне «Обозреватель решений» среды разработки, показана на рисунке А.1.

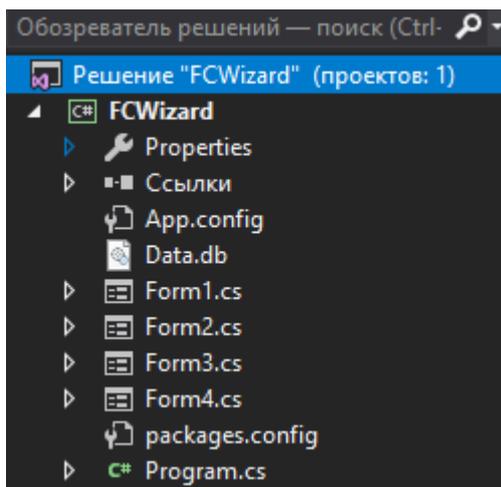


Рисунок А.1 – Структура проекта в Visual Studio 2017