

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н. Э. БАУМАНА
Факультет **Информатика и системы управления**
Кафедра **Информационная безопасность**

Расчётно-пояснительная записка к дипломному проекту

«Создание средств обеспечения информационной безопасности при совместной работе пользователей в системе электронного документооборота на основе теории массового обслуживания»

Листов 26

Выполнил:
Карташов В.Е.

Руководитель:
Гудков О.В.

Москва
2014

Содержание

1	ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ	4
1.1	Введение	4
1.2	Обзор существующих систем электронного документооборота	5
1.2.1	Назначение и основные свойства систем электронного документооборота	5
1.2.2	Классификация систем электронного документооборота	6
1.2.3	Вопросы информационной безопасности	7
1.2.4	Рынок СЭД в Российской Федерации	8
1.3	Исследование СЭД с точки зрения теории массового обслуживания	9
1.3.1	Общая схема электронного документооборота	9
1.3.2	Структура КХЭД	10
1.3.3	КХЭД как сеть массового обслуживания	12
2	КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	17
2.1	Математическая постановка задачи	17
3	ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	19
3.1	Введение	19
3.2	Расчёт трудоёмкости проекта	19
3.2.1	Определение численности исполнителей	20
3.2.2	Построение сетевого графика	21
3.2.3	Диаграмма Ганта	24
	Литература	26

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

СЭД	– система электронного документооборота
СКЗИ	– средства криптографической защиты информации
ЭП	– электронная подпись
ПО	– программное обеспечение

Глава 1

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Введение

Документооборот – движение документов в организации с момента их создания или получения до завершения исполнения или отправления [1]. Документооборот является неотъемлемой частью рабочего процесса любой компании любого масштаба. При выполнении производственных задач, организации процессов внутри компании, коммуникации с контрагентами и органами государственной власти используются документы. Правильная организация документооборота способна повысить эффективность работы предприятия и оптимизировать временные и материальные затраты.

В течение последнего десятилетия наблюдается постепенный переход от бумажного документооборота к электронному. Это может проявляться как в полном или частичном отказе от бумажных версий документов, так и в дублировании бумажных копий электронными. Положительные моменты этого процесса – такие, как повышение скорости обработки документов и снижение материально-временных затрат на создание, хранение и передачу документов – компенсируются сложностями в обеспечении информационной безопасности электронных документов. Так, необходимо обеспечить защиту от несанкционированного доступа к хранилищу документов и каналу передачи данных, создать средства подтверждения авторства документа. Данный вопрос лежит как в технической, так и в правовой области.

Для организации процесса электронного документооборота создаются программные и программно-аппаратные комплексы. Для решения задач информационной безопасности они так или иначе используют средства криптографической защиты информации. Однако среди используемых СКЗИ встречаются в основном средства, основанные на технологии Microsoft CryptoAPI – криптопровайдеры, совместимые только с ограниченным набором операционных систем Microsoft Windows. Более того, эти средства применяются только для решения двух наиболее очевидных задач: обеспечение работы с электронной подписью в соответствии с Федеральным законом №63 «Об электронной подписи» и защита канала передачи данных между хранилищем электронных документов и операторами системы. Без внимания остаются другие вопросы безопасности – такие, как, например, обеспечение целостности хранимой истории изменений, внесённых в документ.

В то же время, открытый подход к разработке программного обеспечения (когда любой желающий может просмотреть исходные тексты и предложить свои изменения) доказал свою состоятельность: к примеру, операционные системы, разработанные таким образом, используются в Роскосмосе. Плюсы данного подхода очевидны: за счёт открытости исходных текстов для так называемых «белых хакеров» и программистов по всему миру в итоговом ПО присут-

ствуется меньше ошибок по сравнению с аналогами. Разработанное таким способом ПО после внесения некоторых правок может быть сертифицировано и распространяться в соответствии с законодательством РФ.

Таким образом, целью дипломного проектирования является анализ угроз и средств противодействия им для СЭД, выбор методов и средств защиты при передаче и хранении информации в СЭД, а также их реализация.

1.2 Обзор существующих систем электронного документооборота

1.2.1 Назначение и основные свойства систем электронного документооборота

Документооборот включает в себя:

- создание
- обработку
- хранение
- передачу
- вывод документов.

Соответственно, в задачи системы документооборота входит обеспечение этих процессов, причём в разных системах упор делается на разные стадии. Это происходит за счёт интеграции со сторонними средствами – например, средствами сканирования и распознавания текста.

К основным свойствам СЭД относят:

- Открытость;

СЭД строятся по модульному принципу, что позволяет подстраиваться под требования к системе, совершенствовать отдельные модули и интегрироваться со сторонними модулями.

- Высокая степень интеграции с прикладным программным обеспечением;

Снижает затраты на обучение сотрудников: последние работают с привычным ПО, которое, в свою очередь, взаимодействует с СЭД.

- Организация хранения документов;

К этому вопросу можно подойти разносторонне, но в основном выделяют три реальных модуля хранения данных, взаимодействующих между собой:

- Хранилище документов;
- Хранилище атрибутов документов;
- Сервисы индексации и поиска.

На их основе можно строить виртуальные сущности вроде работы с привязанными к ней документами.

- Организация маршрутизации документов;

В зависимости от решаемых задач, маршрутизация может быть свободной (меняться по мере работы с документом) или жёсткой (задаваться при создании задачи, без права исполнителя изменить маршрут).

- Разграничение доступа;

Один из основных механизмов, обеспечивающих безопасность обрабатываемой информации – контроль доступа. Основные виды полномочий:

- Полный контроль документа;
- Разрешение на редактирование;
- Разрешение на создание новых версий;
- Право на чтение;
- Право на доступ к учётной карточке, без разрешения на редактирование документа;
- Право на доступ к карточке без доступа к документу;
- Полный запрет на работу с документом.

В зависимости от конкретной СЭД набор параметров может различаться.

- Поддержка версионности документов;

Важное свойство для хранения достоверной истории и подтверждения авторства пользовательских изменений.

- Поддержка различных форматов данных;

В зависимости от компании и решаемой задачи формат рабочего документа может варьироваться от ODT/DOCX до TeX и даже CAD. Выбор СЭД обуславливается в частности и поддержкой нужных форматов.

- Аннотирование документов.

Полезное свойство для гибкости разграничения доступа: в некоторых ситуациях доступ к редактированию документа может быть излишним, но возможность добавления комментариев решает эту проблему.

1.2.2 Классификация систем электронного документооборота

По классу решаемых задач выделяют СЭД:

- Ориентированные на бизнес-процессы

Развитое управление и процессами, и содержанием в контексте отрасли.

- Корпоративные

Общекорпоративные системы.

- Системы управления содержанием

Объектом является документ.

- Системы управления потоком работ
Объектом является работа.
- Системы управления образами
Большое внимание уделяется вводу документов из бумажных форм (в виде отсканированных изображений) и перевод их в электронный вид.
- Системы управления корпоративными электронными записями
Работа с неизменяемыми данными (например, денежными транзакциями).

По способу распространения СЭД делятся на

- Коробочные
Универсальные системы, которые потребитель может настроить для своих нужд самостоятельно.
- Проектные
Системы «под заказ», разворачиваются и адаптируются индивидуально для предприятия.

1.2.3 Вопросы информационной безопасности

В любой системе электронного документооборота должны присутствовать базовые функции безопасности:

- Идентификация и аутентификация пользователей;
Иначе применение СЭД бессмысленно
- Защита каналов передачи данных;
Для противодействия атакам типа «человек посередине»
- Поддержка средств добавления и проверки электронной подписи;
Для обеспечения юридической значимости обрабатываемым документам
- Строгое журналирование;
Вместе с системой идентификации/аутентификации должно обеспечиваться жёсткое связывание автора и сделанных им изменений. При этом отмена изменений должна быть новой записью в журнале, а не отменой предыдущей.
- Резервирование сервисов (серверных средств), в т.ч. горячее.
Для обеспечения свойства доступности

Помимо этого, если в системе обрабатываются данные, защита которых предусмотрена действующим законодательством, должны выполняться и соответствующие требования.

1.2.4 Рынок СЭД в Российской Федерации

В Таблице 1.1 рассмотрены некоторые параметры крупнейших СЭД, представленных на российском рынке. Основное внимание уделено универсальности требований к среде исполнения и обеспечению информационной безопасности.

В целях быстрого захвата рынка большинство СЭД ориентируются на текущие ресурсы предприятий: в качестве целевой ОС используется Microsoft Windows, в качестве системы учёта задач и базы данных – Lotus и MS SQL / Oracle. Активное развитие мобильных операционных систем побуждает производителей выпускать клиенты для Android/iOS, а также веб-интерфейс для управления задачами. Функциональность таких версий обычно урезана: например, они не позволяют добавлять к документу цифровую подпись. Однако разработчики забывают учесть три важных фактора:

- В качестве стандарта для офисных приложений выбран формат ODT (ГОСТ Р ИСО / МЭК 26300 – 2010), который не поддерживается Microsoft Office;
- Для государственных и бюджетных учреждений использование ПО Microsoft является дополнительной крупной статьёй расхода, избежать которой помогает свободное программное обеспечение;
- ПО Microsoft не имеет сертификата Министерства Обороны, что накладывает дополнительные ограничения на использование указанных СЭД.

В части обеспечения безопасности обрабатываемой информации все СЭД располагают базовым набором функций:

- Шифруется канал передачи данных между клиентом и сервером;
- Используются средства добавления и проверки электронной подписи;
- Применяются механизмы разграничения доступа.

Однако, несмотря на работу с электронной подписью, не все СЭД располагают встроенным средством контроля целостности. В частности, это раскрывается в работе с версиями одного и того же документа: ЭП обычно используется при создании выходного документа, однако в процессе работы контроль целостности и подтверждение авторства отдаётся на откуп внутренним механизмам СЭД, которым можно доверять с ограничениями. В результате получаем систему, в которой возможен отказ от авторства, а в некоторых случаях и анонимное изменение документа или, наоборот, откат сделанных изменений без должного журналирования.

Что же касается последнего пункта, то и здесь часто применяются полумеры. Очевидно, что разграничение доступа в базовом виде «писать вверх, читать вниз» есть во всех системах. Почти везде есть средства делегирования полномочий. Но когда дело доходит до более сложных процессов и требуется более дифференцированное разграничение доступа, значительная часть СЭД перестаёт удовлетворять требованиям. Это касается таких возможностей, как:

- Право создавать задачи и документы, но не подписывать (завершать) их;
- Право комментировать результаты, но не вносить изменения в тело документа;
- Право просматривать атрибуты документа, но не его содержание;
- Право изменять часть параметров документа, но не все атрибуты вместе;

- Право работать с документом без доступа к части атрибутов документа;
- И т.д.

Всё это позволяет сделать вывод о целесообразности создания новой системы электронного документооборота, основанной на открытых технологиях и решающей перечисленные проблемы.

Таблица 1.1: Существующие решения

СЭД	Платформа	Поддержка клиент-ских ОС	Поддержка серверных ОС	Лицензия	Разграничение доступа
Босс-референт	Lotus / MS SharePoint / JBOSS	Windows / Linux / Mac OS X	Windows / Linux	Проприетарная / СПО	По документам
1С: Документооборот	1С: Предприятие	Windows	Windows	Проприетарная	По документам
CompanyMedia / OfficeMedia	Lotus	Любые	Windows / Linux	Проприетарная	?
Effect Office	Microsoft	Windows	Windows	Проприетарная	На уровне разделов и рубрик
LanDocs	Oracle / Microsoft	Windows	Windows	Проприетарная	Полное
Дело (ЭОС)	1С / MS SharePoint / Oracle	Windows	Windows	Проприетарная	Полное
DIRECTUM	Microsoft	Windows	Windows	Проприетарная	Полное
OPTIMA WorkFlow	MS / Oracle	Windows	Windows	Проприетарная	?
DocVision	MS / Oracle	Windows	Windows	Проприетарная	Полное

1.3 Исследование СЭД с точки зрения теории массового обслуживания

1.3.1 Общая схема электронного документооборота

Процесс документооборота можно представить в виде графа, изображённого на рис. 1.1. Вершинами в нём являются редакторы, а дугами – переходы задания на разработку документа между редакторами в соответствии с принятой в организации структурой. Весам дуг соответствуют вероятности этих переходов. Обратные связи демонстрируют возвращение документа на переработку. Вершинами «Старт» и «Финиш» обозначены момент получения задания и завершение исполнения соответственно.

В ходе практики была рассмотрена система электронного документооборота.

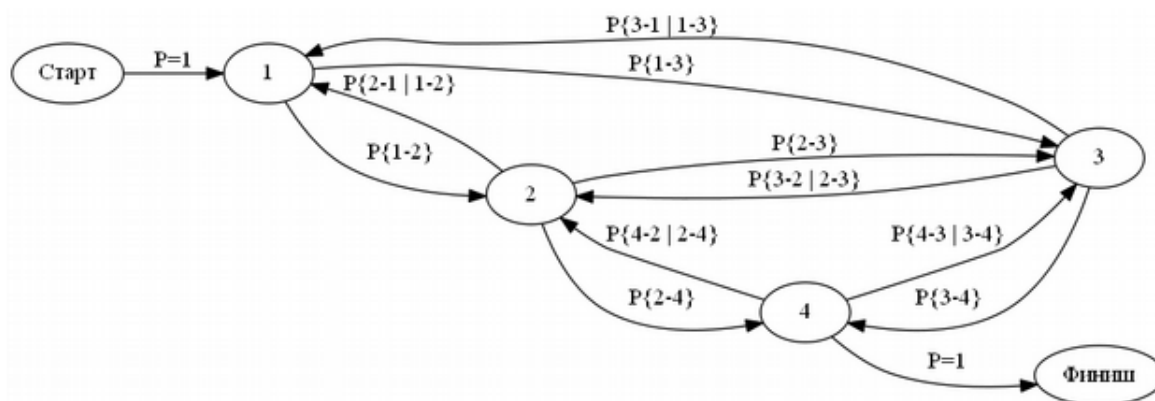


Рисунок 1.1: Характерный вид процесса документооборота

Электронный документ – документированная информация, представленная в электронной форме, то есть в виде, пригодном для восприятия человеком с использованием электронных вычислительных машин, а также для передачи по информационно-телекоммуникационным сетям или обработки в информационных системах. [2]

Система электронного документооборота (СЭД) – автоматизированная система, реализующая процесс документооборота применительно к электронным документам.

Для организации системы электронного документооборота необходимо разработать ряд технических средств, среди которых хранилище электронных документов (ХЭД). В настоящее время электронный архив (одно из распространённых названий ХЭД) позиционируется как независимый компонент, способный быть как отдельным комплексом, заменяющим собой бумажный архив документов, так и основой для СЭД. Данный подход позволяет конструировать гибкую систему электронного документооборота из независимых модулей.

При проектировании ХЭД следует учитывать законодательно-нормативные требования, касающиеся информационной безопасности хранимых электронных документов. Это обстоятельство позволяет конкретизировать определение ХЭД как **конфиденциальное хранилище электронных документов (КХЭД)** – систему кратковременного и долговременного конфиденциального хранения электронных документов, предоставляющую возможности по защите от несанкционированного доступа (НСД), контролю доступа, обеспечению юридической значимости электронных документов. [3]

Сложная структура, многоступенчатое обслуживание, случайный характер моментов поступления запросов пользователей и длительности их обработки в КХЭД предопределяют использование моделей сетей массового обслуживания для анализа и проектирования.

1.3.2 Структура КХЭД

На рис. 1.2 изображена схема описанных модулей в нотациях UML.

- Модуль установки соединения

Отвечает за организацию процесса подключения пользователя к конфиденциальному хранилищу электронных документов и передачу данных – проведение процедуры согласования параметров соединения, помещение заявок пользователей на ожидание в очередь основного процесса сервера приложений, выделение параллельных потоков для работы пользователя с системой.

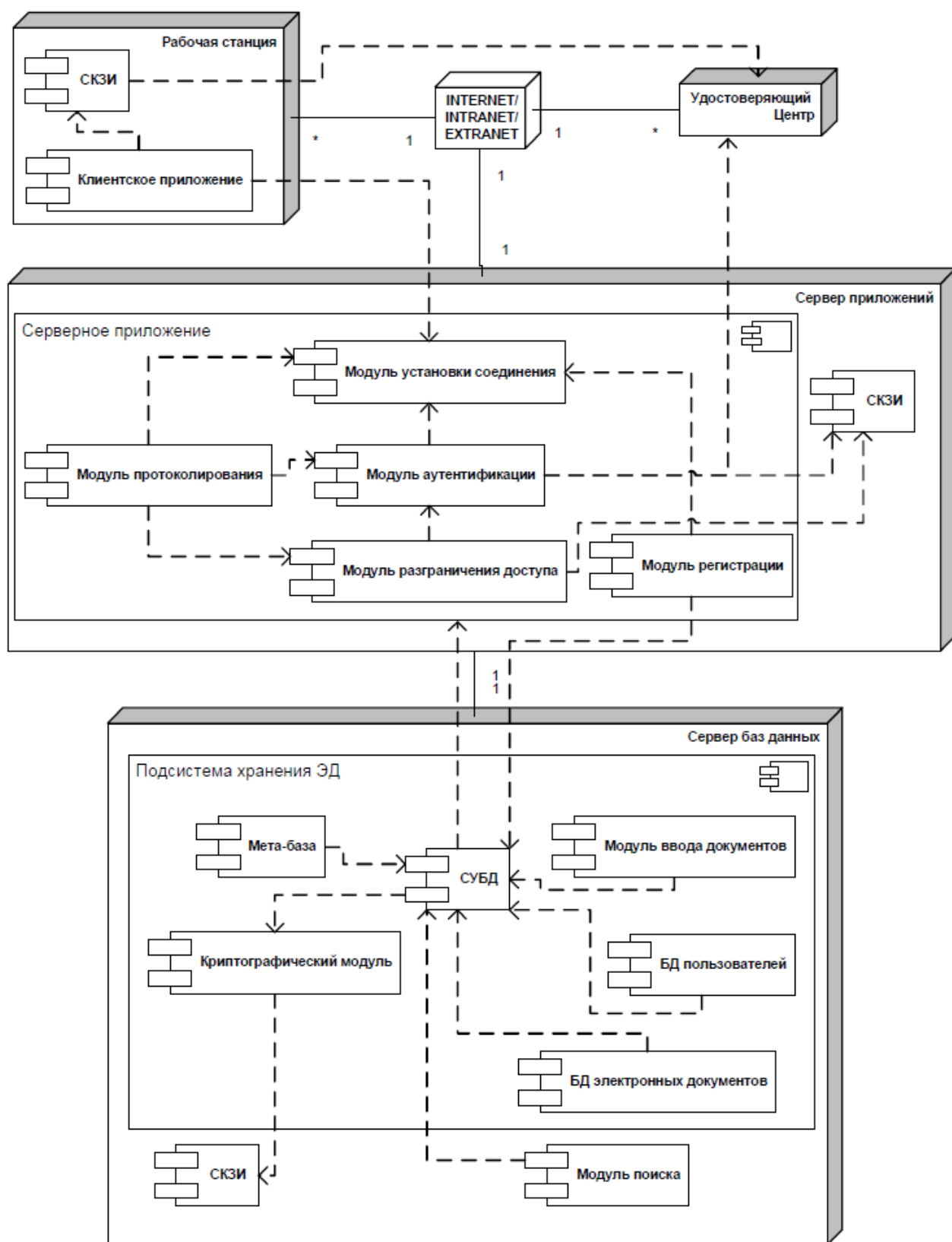


Рисунок 1.2: Структура КХЭД

- Модуль аутентификации

Отвечает за проверку принадлежности субъекту доступа предъявленного им идентификатора.

- Модуль разграничения доступа

Предназначен для проверки прав пользователей на доступ к функциям системы и электронным документам, а также для ограничения и контроля действий пользователей в соответствии с их правами.

- Модуль хранения электронных документов

Отвечает за организацию конфиденциального хранения электронных документов и за предоставление доступа к ним пользователей.

- Модуль поиска и редактирования

Предназначен для осуществления поиска ЭД по запросам пользователей, а также внесения изменений в них.

1.3.3 КХЭД как сеть массового обслуживания

Система массового обслуживания (СМО) – система, производящая обслуживание поступающих в неё требований. **Заявки** (требования) поступают от нескольких источников через постоянные или произвольные промежутки времени. **Приборы** (каналы) служат для обработки этих заявок. Если в момент поступления заявки все приборы заняты, заявка поступает в **очередь** на обслуживание. Очередь может быть конечной или бесконечной. В случае переполнения конечной очереди заявка получает **отказ** с вероятностью, называемой **вероятностью потери заявки**.

Для обозначения типа СМО Кендаллом и Башариным предложена система обозначений, имеющих вид $\Delta/\Theta/\Xi/\Omega$. [4–6] Здесь Δ – обозначение закона распределения вероятностей для интервалов поступления заявок, Θ – обозначение закона распределения вероятностей для времени, Ξ – число каналов обслуживания, Ω – число мест в очереди.

Обозначение законов распределения в позициях Δ и Θ выполняется обычно буквами из следующего списка:

- M – экспоненциальное,
- E^k – эрланговское порядка k ,
- R – равномерное,
- D – детерминированное (постоянная величина),
- G – произвольное (любого вида).

Если число мест в очереди не ограничено, то позиция Ξ не указывается. Например, $M/M/1$ означает простейшую СМО (оба распределения экспоненциальные, канал обслуживания один, очередь не ограничена), а обозначение $R/D/2/100$ соответствует СМО с равномерным распределением интервалов поступления требований, фиксированным временем их обслуживания, двумя каналами и 100 местами в очереди. В этой СМО заявки, приходящие в моменты, когда все места в очереди заняты, покидают систему (т.е. теряются).

$S1$ – центр, формализующий работу модуля ТСП (транспортный уровень) операционной системы сервера приложений КХЭД на этапе установления соединения. K – число обслуживающих каналов, очередь отсутствует. Если в момент поступления сообщения в центр все K каналов заняты, то сообщение теряется, вероятность этого события равна P_B .

$S2$ – основной поток приложения сервера, извлекающего сообщения из очереди на установление соединения. Максимальная длина очереди L к центру задается в серверном приложении. Если при поступлении сообщения все L мест очереди заняты, то сообщение теряется с вероятностью P_L .

$S3$ – параллельные потоки сервера, обеспечивающие одновременное обслуживание соединений на этапе получения запросов по сети. При переполнении центра сообщения теряются с вероятностью P_{TO} . Центры $S1, S2, S3$ реализуют модуль установки соединения.

Центры $S3$ и $S8$ имеют по M каналов обслуживания (потоков сервера) и при начале обслуживания сообщения в i -ом канале центра $S3$ он считается занятым до завершения обслуживания в i -ом канале центра $S8$. Таким образом, происходит блокировка каналов центров $S3$ и $S8$ и поэтому потеря сообщений из-за переполнения очереди к центрам $S5, S6, S7$ и занятости всех обслуживающих устройств центра $S4$ не происходит, т.к. больше чем M сообщений в центрах $S4, S5, S6, S7$ быть не может.

$S4$ – модуль аутентификации клиентов при обращении к КХЭД.

$S5$ – модуль проверки прав доступа клиентов при обращении к КХЭД.

В случае удачной аутентификации и проверки прав доступа клиента производится поиск электронного документа по запросу пользователя и выполнение операций по контролю целостности информации, проверке и простановки ЭЦП, шифрованию и дешифрованию. Для формализации процесса поиска и редактирования электронных документов выделены центры $S6$ и $S7$ соответственно. После того, как запрос пользователя выполнен, происходит передача ответа пользователю в многолинейном центре обслуживания $S8$.

В соответствии с теоремой BCMP (Baskett, Chandy, Muntz, Palacios) мультипликативное свойство решения (1.1) для $P_{(n_1, n_2, \dots, n_R)}$ сохраняется для СеМО, содержащих следующие виды узлов:

- $M/M/m$ с дисциплиной обслуживания FCFS (First Came First Served – первым поступил, первым обслужен);
- $M/G/1$ с дисциплиной дисциплиной PS (Process Sharing – разделение процессора);
- $M/G/\infty$ с обслуживанием без ожидания (IS – Immediately Serve);
- $M/G/1$ с дисциплиной LCFS (Last Came First Served – последним поступил, первым обслужен) с прерываниями. [7]

В приведённой на рис. 1.3 схеме представлены следующие узлы:

- $S1, S3, S4, S8$ – $M/G/\infty$, IS;
- $S2, S6, S7$ – $M/M/1$, FCFS;
- $S5$ – $M/G/1$, PS. [3]

Одной из важнейших задач СЭД является обнаружение ошибок редактора. Такие ошибки делятся соответственно на *детектируемые* и *недетектируемые*. Описанная на рис. 1.3 СеМО обнаруживает следующие типы ошибок:

- Неверное предоставление аутентификационных данных – эта ошибка появляется с вероятностью P_{data} ;
- Отсутствие прав доступа к запрашиваемому документу – с вероятностью P_{auth} ;
- Ошибка поиска – с вероятностью P_{den} ;
- Ошибки во вносимых изменениях (напр., обращение к некорректным полям документа) – с вероятностью P_{txt} .

Механизм обнаружения таких ошибок позволяет избежать выдачи заведомо неверного документа следующему редактору в схеме, представленной на рис. 1.1.

С учётом вышеописанного, каждый из редакторов в схеме на рис. 1.1 может быть представлен в виде автоматизированной системы, изображённой на рис. 1.4.

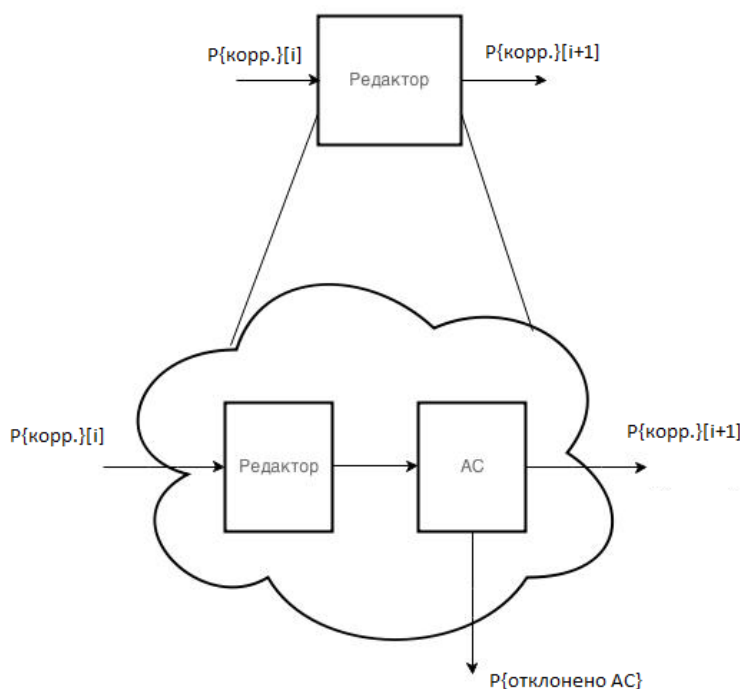


Рисунок 1.4: Схема узла СЭД с применением АС для обработки данных

В роли АС здесь выступает КХЭД, описанное на рис. 1.3. В случае обнаружения ошибок силами АС пользователю выдаётся сообщение об ошибке, т.е. фактически новое задание на редактирование. С учётом этого факта граф, представленный на рис. 1.1, преобразуется к виду:

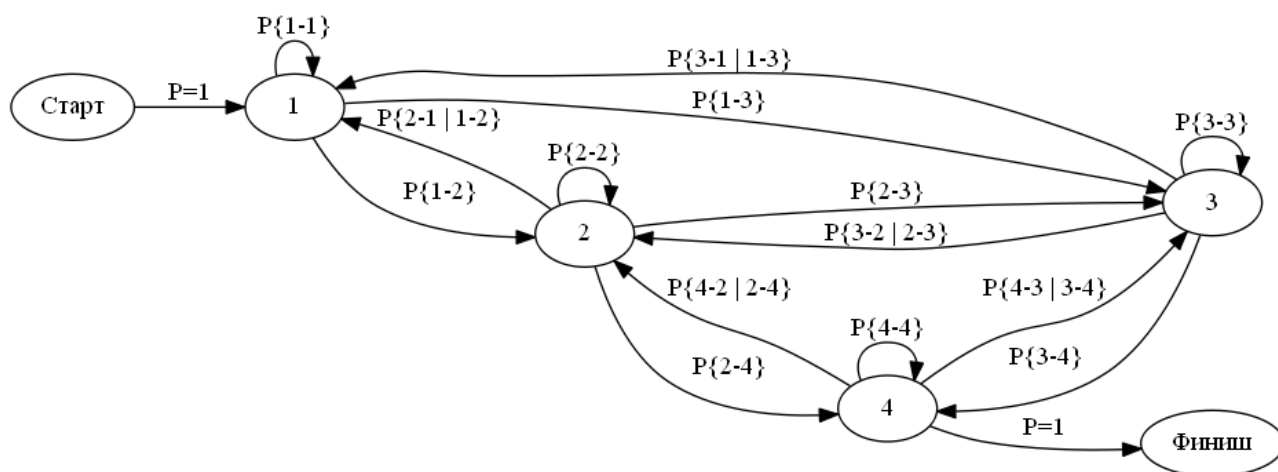


Рисунок 1.5: Документооборот с применением СЭД

Глава 2

КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Математическая постановка задачи

Пусть вероятность получения корректного документа (документа, не содержащего ошибок) после обработки i -м редактором в схеме рис. 1.1 равна p_i . Тогда вероятность получения корректного документа после обработки последовательно N редакторами равна

$$P = \prod_{i=1}^N p_i.$$

При обработке документов в соответствии со схемой рис. 1.3 АС исправляет часть ошибок редактора. Детектируемые ошибки появляются при редактировании с вероятностью

$$P_{AC} = P_{data} + (1 - P_{data})P_{auth} + (1 - P_{data})(1 - P_{auth})P_{den} + (1 - P_{auth})(1 - P_{data})(1 - P_{den})p_{txt}. \quad (2.1)$$

Вероятность отклонения автоматизированной системой (вероятность возврата на доработку) равна

$$P'_{AC} = P'_{data} + (1 - P'_{data})P'_{auth} + (1 - P'_{data})(1 - P'_{auth})P'_{den} + (1 - P'_{auth})(1 - P'_{data})(1 - P'_{den})P'_{txt}, \quad (2.2)$$

где вероятности P'_i обозначают одновременное наступление двух событий: появление ошибки k и её обнаружение соотв. модулем АС.

Вероятность появления *недетектируемых* ошибок – P_A .

Вероятность возникновения ошибки на i -том узле в процессе документооборота составляет $P_{A_i} + P_{AC_i}$. В случае использования АС для обнаружения ошибок она уменьшается до $P_{A_i} + (P_{AC_i} - P'_{AC_i})$.

Пусть процесс документооборота характеризуется графом $G(V, E)$, изображённым на рис. 1.5.

Пусть M — множество всех возможных маршрутов при обработке документа. Тогда любой маршрут $m \in M$ характеризуется упорядоченным набором весов рёбер, лежащих на нём: $m = (p_{ij}); i, j \in V$. Тогда показатель эффективности СЭД соответствует вероятности получения корректного документа после обработки:

$$\sum_{m \in M} \left(\prod_{p_{ij} \in m} p_{ij} (1 - P_{err}) \right),$$

где $P_{err_j} = P_{A_j} + P_{AC_j}$ для классического документооборота и $P_{err_j} = P_{A_j} + (P_{AC_j} - P'_{AC_j})$ для СЭД.

Коэффициент прироста показателя эффективности при применении вышеописанной схемы рассчитывается следующим образом:

$$E_k = \frac{\sum_{m \in M} (\prod_{p_{ij} \in m} p_{ij} (1 - (P_{A_j} + (P_{AC_j} - P'_{AC_j}))))}{\sum_{m \in M} (\prod_{p_{ij} \in m} p_{ij} (1 - (P_{A_j} + P_{AC_j})))},$$

где P_{AC_j} рассчитывается по формуле (2.1), а P'_{AC_j} – по формуле (2.2).

Задачей дипломного проектирования является повышение коэффициента прироста показателя эффективности над заданным уровнем:

$$\begin{cases} E_k = \frac{\sum_{m \in M} (\prod_{p_{ij} \in m} p_{ij} (1 - (P_{A_j} + (P_{AC_j} - P'_{AC_j}))))}{\sum_{m \in M} (\prod_{p_{ij} \in m} p_{ij} (1 - (P_{A_j} + P_{AC_j})))} > E_{lim} \\ E_{lim} > 1 \end{cases}$$

Глава 3

ОРГАНИЗАЦИОННО- ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Введение

Процесс разработки сложного ПО предполагает необходимость координации значительного количества весьма разноплановых работ, в которых принимают участие специалисты различного профиля и квалификации. Необходимость обеспечения эффективности разработки требует формирования единого плана, предусматривающего окончание всего комплекса работ и отдельных его составляющих в заданные сроки и при лимитированных издержках.

Анализ предстоящей разработки целесообразно проводить, представляя работу в виде экономико-функциональных блоков, что позволяет спланировать деятельность оптимальным образом и обоснованно спрогнозировать конкретные сроки выполнения отдельных этапов работы. Построение диаграммы Ганта позволяет наглядно представить последовательные и параллельные участки, продолжительность и очерёдность работ.

3.2 Расчёт трудоёмкости проекта

Общие затраты труда на разработку и ПО определим следующим образом:

$$Q_p = \sum_i T_i, \quad (3.1)$$

где T_i – затраты труда на выполнение i -го этапа проекта.

Используя метод экспертных оценок, вычислим ожидаемую продолжительность работ T каждого этапа по формуле:

$$T = \frac{3 \cdot T_{MIN} + 2 \cdot T_{MAX}}{5}, \quad (3.2)$$

где T_{MAX} и T_{MIN} – максимальная и минимальная продолжительность работы. Они назначаются в соответствии с экспертными оценками, а ожидаемая продолжительность работы рассчитывается как математическое ожидание для β -распределения.

Полный перечень работ с разделением их по этапам приведён в таблице 3.1.

$$Q_P = Q_{ОЖ} = 77(\text{чел/дней}) = 616(\text{чел/час}).$$

Таблица 3.1: Распределение работ по этапам

№	Этап	№ работы	Содержание работы	T_{MIN} , чел / часы	T_{MAX} , чел / часы	T , чел / часы	T , чел / дни
1	Разработка технических требований	1	Получение задания, анализ полученных требований к разрабатываемому ПО	8	8	8	1
		2	Разработка и утверждение ТЗ	24	24	24	3
		3	Анализ предметной обла- сти и существующих реше- ний	24	44	32	4
		4	Анализ потоков данных в процессе электронного до- кументооборота	72	92	80	10
2	Разработка алгоритмов	5	Разработка общей структу- ры ПО и пользовательского интерфейса	24	44	32	4
		6	Разработка алгоритмов, структуры входных и выходных данных	64	84	72	9
3	Разработка программных модулей	7	Реализация пользователь- ского интерфейса	32	52	40	5
		8	Программная реализация модулей защищенной обра- ботки, передачи и хранения информации	72	92	80	10
4	Тестирование и отладка разрабатыва- емого ПО	9	Тестирование ПО	64	84	72	9
		10	Внесение изменений в ПО	32	52	40	5
5	Разработка документа- ции	11	Разработка программ- ной и эксплуатационной документации	64	84	72	9
Итого Q_P :				616			77

3.2.1 Определение численности исполнителей

Для оценки возможности выполнения проекта имеющимся в распоряжении разработчи-
ка штатным составом исполнителей нужно рассчитать их среднее количество, которое при
реализации проекта разработки и внедрения ПО определяется соотношением:

$$N = \frac{Q_P}{F}, \quad (3.3)$$

где Q_P – затраты труда на выполнение проекта (разработка и внедрение ПО), а F – фонд рабочего времени, который определяется по формуле:

$$F_M = T \cdot \frac{t_P \cdot (D_K - D_B - D_{\Pi})}{12}, \quad (3.4)$$

где T – время выполнения проекта в месяцах, t_P – продолжительность рабочего дня, D_K – общее число дней в году, D_B – число выходных дней в году, D_{Π} – число праздничных дней в году.

Таким образом, фонд времени в текущем месяце 2014 года составляет

$$F_M = \frac{8 \cdot (365 - 104 - 14)}{12} = 165 \text{ часов/мес.} \quad (3.5)$$

Время выполнения проекта $T = 3,5$ (месяца).

Величина фонда рабочего времени составляет:

$$F = T \cdot F_M = 577,5 \text{ ч.} \quad (3.6)$$

Затраты труда на выполнения проекта были рассчитаны в предыдущем разделе, их величина равна 616 чел/час. В соответствии с этими данными и выражением (3.3), среднее количество исполнителей равно:

$$N = \frac{616}{577,5} = 1,07. \quad (3.7)$$

Округляя до большего, получим число исполнителей проекта $N = 2$.

3.2.2 Построение сетевого графика

Для определения временных затрат и трудоемкости разработки ПО используем метод сетевого планирования. Метод сетевого планирования позволяет установить единой схемой связь между всеми работами в виде наглядного и удобного для восприятия изображения (сетевого графика), представляющего собой информационно-динамическую модель, позволяющую определить продолжительность и трудоёмкость, как отдельных этапов, так и всего комплекса работ в целом.

Составление сетевой модели включает в себя оценку степени детализации комплекса работ и определения логической связи между отдельными работами. С этой целью составляется перечень всех основных событий и работ. В перечне указываются кодовые номера событий, наименования событий в последовательности от исходного к завершающему, кодовые номера работ, перечень всех работ, причём подряд указываются все работы, которые начинаются после наступления данного события.

Основные события и работы проекта представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2: Основные события и работы проекта

N_i	Наименование события	Код работы	Работа	t , чел / час	t , чел / день
0	Разработка ПО начата	0-1	Получение задания, анализ полученных требований к разрабатываемому ПО	8	1
1	Анализ полученных требований к разрабатываемому ПО проведен	1-2	Разработка и утверждение ТЗ	24	3
2	ТЗ разработано и утверждено	2-3	Анализ предметной области и существующих решений	32	4
3	Анализ предметной области и существующих решений проведен	3-4	Анализ потоков данных в процессе электронного документооборота	80	10
4	Анализ потоков данных в процессе электронного документооборота проведен	4-5	Разработка общей структуры ПО и пользовательского интерфейса	32	4
5	Разработка общей структуры ПО и пользовательского интерфейса завершена	5-6	Разработка алгоритмов, структуры входных и выходных данных	72	9
6	Разработка алгоритмов, структуры входных и выходных данных завершена	6-7	Реализация пользовательского интерфейса	40	5
		6-8	Программная реализация модулей защищенной обработки, передачи и хранения информации	80	10
7	Реализация пользовательского интерфейса завершена	7-8	Фиктивная работа	0	0
8	Программная реализация модулей защищенной обработки, передачи и хранения информации завершена	8-9	Тестирование ПО	64	8
		8-10	Разработка документации	80	10
9	Тестирование ПО завершено	9-11	Внесение изменений в ПО	40	5
10	Документация разработана	1-12	Фиктивная работа	0	0
продолжение следует					

(продолжение)					
N_i	Наименование события	Код работы	Работа	t , чел / час	t , чел / день
11	Внесение изменений в ПО закончено	11-12	Фиктивная работа	0	0
12	Разработка ПО закончена	—	—	—	—

Рассчитанные оставшиеся параметры элементов сети (сроки наступления событий, резервы времени событий, полный и свободный резервы времени работ) приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3: Временные затраты на каждый этап работы

N_i	Код работы $i - j$	t_{i-j} , чел / день	T_i^P , чел / день	T_i^Π , чел / день	R_i , чел / день	R_{i-j}^Π , чел / день	R_{i-j}^C , чел / день
0	0-1	1	0	0	0	0	0
1	1-2	3	1	1	0	0	0
2	2-3	4	4	4	0	0	0
3	3-4	10	8	8	0	0	0
4	4-5	4	18	18	0	0	0
5	5-6	9	22	22	0	0	0
6	6-7	5	31	31	0	5	0
	6-8	10				0	0
7	7-8	0	36	41	5	0	0
8	8-9	8	41	41	0	0	0
	8-10	10				3	0
9	9-11	5	49	49	0	0	0
10	10-12	0	51	54	3	0	0
11	11-12	0	54	54	0	0	0
12	-	-	54	54	0	0	0

Здесь **ранний срок совершения события** T_j^P определяет минимальное время, необходимое для выполнения всех работ, предшествующих данному событию и равен продолжительности наибольшего из путей, ведущих от исходного события к рассматриваемому:

$$T_j^P = \max\{T_i^P + t_{i-j}\}. \quad (3.8)$$

Поздний срок совершения события T_i^Π – это максимально допустимое время наступления данного события, при котором сохраняется возможность соблюдения ранних сроков наступления последующих событий. Поздние сроки равны разности между поздним сроком совершения j -го события и продолжительностью работы $i - j$:

$$T_i^\Pi = \min\{T_j^\Pi - t_{i-j}\}. \quad (3.9)$$

Критический путь – это максимальный путь от исходного события до завершения проекта. Его определение позволяет обратить внимание на перечень событий, совокупность которых имеет нулевой резерв времени.

Все события в сети, не принадлежащие критическому пути, имеют **резерв времени** R_i , показывающий, на какой предельный срок можно задержать наступление этого события, не увеличивая сроки окончания работ:

$$R_i = T_i^{\Pi} - T_i^P. \quad (3.10)$$

Полный резерв времени работы R_{i-j}^{Π} и **свободный резерв времени** R_{i-j}^C работы можно определить, используя следующие соотношения:

$$R_{i-j}^{\Pi} = T_j^{\Pi} - T_i^P - t_{i-j}. \quad (3.11)$$

$$R_{i-j}^C = T_j^P - T_i^P - t_{i-j}. \quad (3.12)$$

Полный резерв работы показывает максимальное время, на которое можно увеличить длительность работы или отсрочить ее начало, чтобы не нарушился срок завершения проекта в целом. Свободный резерв работы показывает максимальное время, на которое можно увеличить продолжительность работы или отсрочить ее начало, не меняя ранних сроков начала последующих работ.

Сетевой график приведён на рис. 3.1.

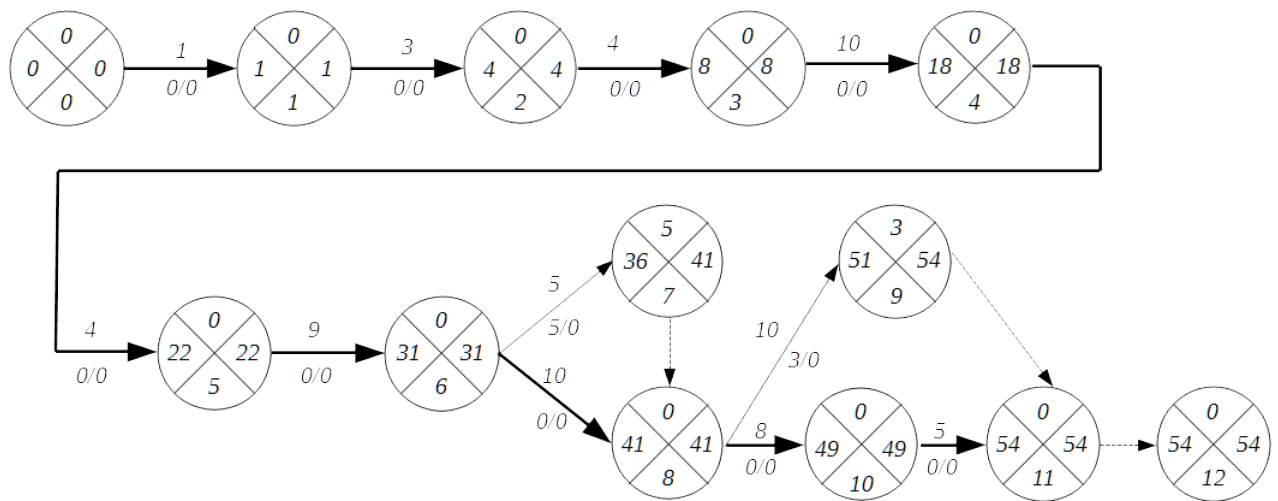


Рисунок 3.1: Сетевой график выполнения работ

3.2.3 Диаграмма Гантта

Для иллюстрации последовательности проводимых работ приведем диаграмму Гантта данного проекта, на которой по оси X изображены календарные дни от начала до конца проекта, а по оси Y – выполняемые этапы работ. Диаграмма Гантта приведена на рисунке 3.2. Занятость исполнителей приведена в таблице 3.4.

Таблица 3.4: Временные затраты на каждый этап работы

Код работы	Дата начала	Дата окончания	Исполнитель
0-1	07.02.2014	07.02.2014	Ведущий программист
1-2	09.02.2014	12.02.2014	Ведущий программист
2-3	13.02.2014	18.02.2014	Ведущий программист
3-4	19.02.2014	04.03.2014	Ведущий программист
4-5	05.03.2014	11.03.2014	Ведущий программист
5-6	12.03.2014	24.03.2014	Ведущий программист
6-7	25.03.2014	31.03.2014	Программист
6-8	25.03.2014	07.04.2014	Ведущий программист
8-9	08.04.2014	17.04.2014	Программист
8-10	08.04.2014	21.04.2014	Ведущий программист
9-11	22.04.2014	28.04.2014	Ведущий программист

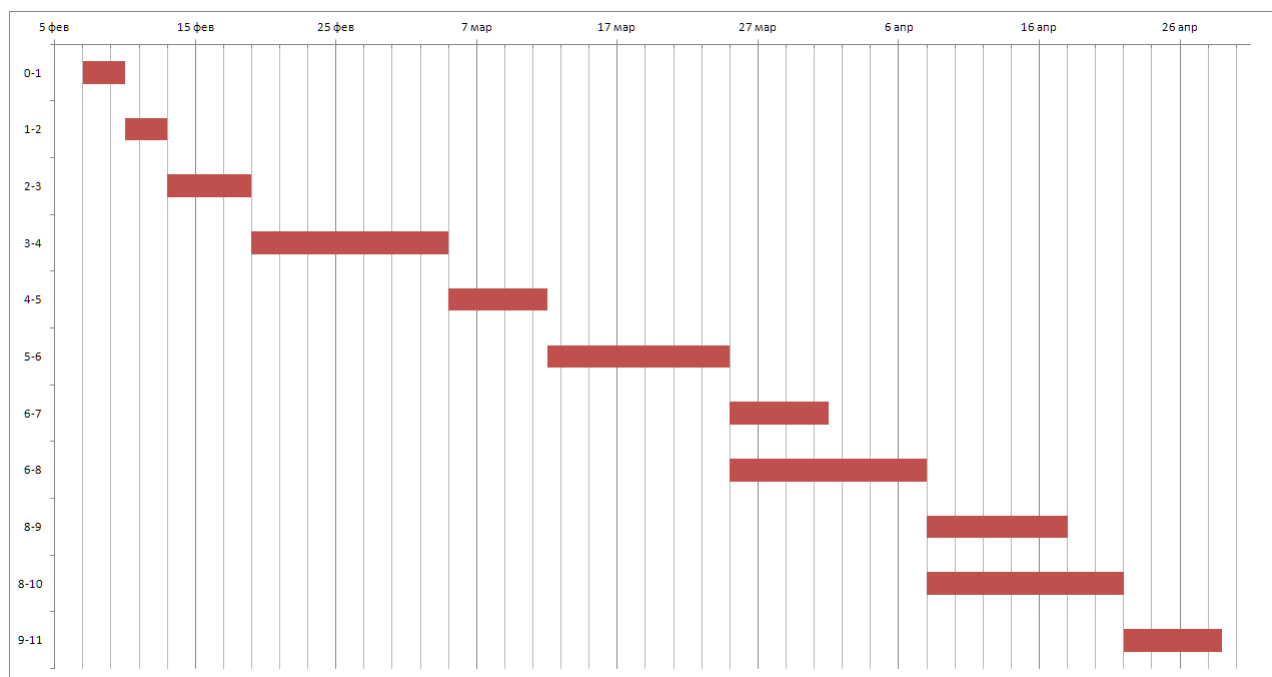


Рисунок 3.2: Диаграмма Гантта проводимых работ

Литература

1. ГОСТ Р 51141-98 «Делопроизводство и архивное дело. Термины и определения».
2. Федеральный закон от 27.07.2006 №149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и защите информации».
3. Д.В. Быков. диссертация кандидата технических наук на тему «Исследование процессов передачи и обработки информации в конфиденциальном хранилище электронных документов» // Волгоград. 2009.
4. Г. Башарин В. Анализ очередей в вычислительных сетях. М.: Наука, 1989. С. 334.
5. Г. Башарин В. Модели Информационно–вычислительных систем. М.: Наука, 1993. С. 69.
6. П. Башарин Г. Модели информационно–вычислительных систем: Сборник научных трудов. М.: Наука, 1994. С. 78.
7. В.М. Вишневский. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. М.: Техносфера, 2003. С. 512.