

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Кибернетики
Направление 09.04.01 Информатика и вычислительная техника
Кафедра Информационных систем и технологий

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка системы сбора данных с серверов телемеханики ООО «Газпром трансгаз Томск»

УДК 004.75:004.455:621.398

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ5Б	Лебедев А.В.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Демин А.Ю.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Конотопский В.Ю.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Акулов П.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ИСТ	Мальчуков А.Н.	К.Т.Н.		

Томск – 2017 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Общепрофессиональные компетенции	
P1	Воспринимать и самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте.
P2	Владеть и применять методы и средства получения, хранения, переработки и трансляции информации посредством современных компьютерных технологий, в том числе в глобальных компьютерных сетях.
P3	Демонстрировать культуру мышления, способность выстраивать логику рассуждений и высказываний, основанных на интерпретации данных, интегрированных из разных областей науки и техники, выносить суждения на основании неполных данных, анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями.
P4	Анализировать и оценивать уровни своих компетенций в сочетании со способностью и готовностью к саморегулированию дальнейшего образования и профессиональной мобильности. Владеть, по крайней мере, одним из иностранных языков на уровне социального и профессионального общения, применять специальную лексику и профессиональную терминологию языка.
Профессиональные компетенции	
P5	Выполнять инновационные инженерные проекты по разработке аппаратных и программных средств автоматизированных систем различного назначения с использованием современных методов проектирования, систем автоматизированного проектирования, передового опыта разработки конкурентно способных изделий.
P6	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования в области проектирования аппаратных и программных средств автоматизированных систем с использованием новейших достижений науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта. Критически оценивать полученные данные и делать выводы.
P7	Осуществлять авторское сопровождение процессов проектирования, внедрения и эксплуатации аппаратных и программных средств автоматизированных систем различного назначения.
Общекультурные компетенции	
P8	Использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских, проектных работ и профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов, в управлении коллективом.
P9	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, активно владеть иностранным языком, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.
P10	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень. Проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности.
P11	Демонстрировать способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности, способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, способность к педагогической деятельности.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Задачи: - Обзор научной литературы; - Изучение технологии OPC; - Изучение текущей системы сбора данных с серверов телемеханики АСУ ООО «Газпром трансгаз Томск» и выявления ее недостатков; - Разработка новой системы сбора данных на основе WCF сервиса по протоколу передачи данных OPC DA 3.0; Итоги: - Разработана новая система сбора данных с серверов телемеханики ООО «Газпром трансгаз Томск»; - Увеличена скорость передачи данных; - Уменьшена загруженность серверных ресурсов; - Разгружен сетевой канал; - Повышена отказоустойчивость системы; - Программный комплекс получил патент и был введен в промышленную эксплуатацию предприятия.
Перечень графического материала	Презентация Microsoft Power Point (___ слайдов)

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский В.Ю.
Социальная ответственность	Акулов П.А.
Раздел на иностранном языке	Кудряшова А.В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: Сравнительный обзор и анализ методов структуризации и построения распределенных вычислительных систем	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Демин А.Ю.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ5Б	Лебедев Антон Владимирович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 115 с., 14 рис., 14 табл., 30 источников, 2 прил.

Ключевые слова: OPC, WCF, телемеханика, АСУ ТП, клиент-сервер, система сбора данных.

Выпускная квалификационная работа выполнялась в ООО «Газпром трансгаз Томск».

Объектом исследования являются:

- Существующая система сбора данных с серверов телемеханики АСУ ТП ООО «Газпром трансгаз Томск».
- Разработка программного комплекса для сбора данных с серверов телемеханики.

Цель работы — усовершенствовать технологический процесс сбора данных с серверов телемеханики с устранением имеющихся недостатков, таких как скорость передачи данных, загруженность сетевого канала и серверных ресурсов.

В процессе исследования проводились: анализ предметной области, выбор инструментальных средств и технологий, проектирование архитектуры системы сбора данных на основе WCF сервиса с использованием протокола OPC, создание и тестирование системы.

В результате исследования разработана и реализована система сбора данных с серверов телемеханики АСУ ТП ООО «Газпром трансгаз Томск».

Степень внедрения: система введена в промышленную эксплуатацию.

Область применения: диспетчерские подразделения ООО «Газпром трансгаз Томск» и других газовых компаний, службы информационно управляющих систем.

В будущем планируется использование решения для сбора данных с магистрального газопровода «Сила Сибири», образующего крупнейшую систему транспортировки газа на востоке России.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

АРМ – автоматизированное рабочее место.

АСДУ – Автоматизированная система диспетчерского управления.

АСУ ТП – Автоматизированная система управления технологическим процессом.

ГПЗ – Газоперерабатывающий завод. Промышленное предприятие, которое занимается переработкой природного или попутного газа с целью получения нефтехимических продуктов с высокой добавленной стоимостью.

ГРС – Газораспределительная станция. Совокупность установок и технического оборудования, измерительных и вспомогательных систем распределения газа и регулирования его давления.

ЕСГ – Единая система газоснабжения.

ИУС – Информационно-управляющая система.

КС – Компрессорная станция. Комплекс сооружений и оборудования для повышения давления сжатия газа при его добыче, транспортировке и хранении.

ЛПУ – Линейное производственное управление. Низовая структура, осуществляющая непосредственное управление и контроль над режимом работы оборудования компрессорных станций, подземных хранилищ газа, газораспределительных станций и линейной части в своих границах.

МГП – Магистральный газопровод. Трубопровод, предназначенный для транспортирования природного газа из районов добычи к пунктам потребления.

ОДУ – оперативно-диспетчерского управления

ПЛК – программируемый логический контроллер.

ПЭВМ – персональные электронно-вычислительные машины.

Тег – значения параметров датчика, преобразованных в цифровой вид.

Телемеханика – отрасль техники, разрабатывающая, создающая и использующая средства кодирования, передачи и приёма информации по каналам проводной и радиосвязи. В системах телемеханики информация обычно передается в кодированном виде по одному каналу связи. Средства

телемеханики используются для телеизмерений и телеуправления объектами энергосистем, газо- и нефтепроводов, атомных электростанций, некоторых химических предприятий, автоматических метеостанций.

УКПГ – Установка комплексной подготовки газа. Комплекс технологического оборудования и вспомогательных систем, обеспечивающих сбор и обработку природного газа и газового конденсата в соответствии с требованиями отраслевых (ОСТ) и государственных (ГОСТ) стандартов.

DCOM – (англ. Distributed COM) расширение Component Object Model для поддержки связи между объектами на различных компьютерах по сети.

IIS – (Internet Information Services, до версии 5.1 — Internet Information Server) проприетарный набор серверов для нескольких служб Интернета от компании Майкрософт.

ODBC – протокол доступа к базам данных, разработанный Microsoft.

OPC – (аббр. от англ. OLE for Process Control) — семейство программных технологий, предоставляющих единый интерфейс для управления объектами автоматизации и технологическими процессами. Многие из OPC протоколов базируются на Windows-технологиях: OLE, ActiveX, COM/DCOM.

OPC DA (Data Access) – основной и наиболее востребованный стандарт. Описывает набор функций обмена данными в реальном времени с ПЛК, РСУ, ЧМИ, ЧПУ и другими устройствами.

OPC UA (Unified Architecture) – последняя по времени выпуска спецификация, которая основана не на технологии Microsoft COM, что предоставляет кросс-платформенную совместимость.

WCF – программный фреймворк, используемый для обмена данными между приложениями, входящий в состав .NET Framework.

Объект и методы исследования

Объектом исследования является система сбора данных с серверов телемеханики ООО «Газпром трансгаз Томск».

Методом исследования является проектирование и разработка новой системы сбора данных позволяющей решить задачу уменьшения загруженности серверных ресурсов и увеличения скорости передачи данных.

Оглавление

Введение.....	13
1. Описание предметной области	15
1.1. АСУ ТП газовых компаний	15
1.2. Телемеханика	18
1.3. АСУ ТП ООО «Газпром трансгаз Томск»	20
1.3.1 Схема функционирования.....	21
1.3.2. Недостатки системы сбора данных.....	22
1.3.3. Концепция новой системы.....	23
2. Выбор и обоснование технологий для реализации программного комплекса	26
2.1. Технология OPC.....	26
2.2. WCF сервис.....	30
2.3. Среда разработки	32
3. Разработка системы сбора данных с серверов телемеханики ООО «Газпром трансгаз Томск»	34
3.2. Структура программного комплекса	36
3.2.1. Подсистема сбора данных	36
3.2.2. Подсистема администрирования.....	43
3.3. Взаимодействие с базой данных	53
3.4. Тестирование	55
3.5. Внедрение	55
3.6. Результаты	56
4. Надежность системы	58
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	66

5.1. Организация и планирование работы	66
5.1.1. Продолжительность этапов работ.....	67
5.1.2. Расчет накопления готовности проекта	70
5.2. Расчет сметы затрат на выполнение проекта.....	71
5.2.1. Расчет заработной платы	72
5.2.2. Расчет затрат на социальный налог	73
5.2.3. Расчет затрат на электроэнергию.....	73
5.2.4. Расчет амортизационных расходов.....	74
5.2.5. Расчет прочих расходов	75
5.2.6. Расчет общей себестоимости разработки.....	76
5.2.7. Расчет прибыли	76
5.2.8. Расчет НДС	77
5.2.9. Цена разработки НИР.....	77
5.3. Оценка экономической эффективности проекта.....	77
5.4. Оценка научно-технического уровня НИР	78
5.5. Вывод	80
6. Социальная ответственность	81
6.1. Введение	81
6.2. Производственная безопасность	81
6.2.1. Вредные производственные факторы.....	82
6.2.2. Опасные производственные факторы.....	85
6.2.3. Мероприятия и рекомендации по устранению и минимизации.....	86
6.3. Экологическая безопасность	88
6.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	89

6.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	92
6.5.1. Правовые нормы трудового законодательства для рабочей зоны оператора ПЭВМ	92
6.5.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	93
Заключение	95
Список публикаций студента	96
Список использованных источников	97
Приложение А	102
Приложение Б.....	111

Введение

Одной из ключевых задач предприятия трубопроводного транспорта природного газа является обеспечение бесперебойной поставки транспортируемого продукта потребителю и проведение товарно-коммерческих мероприятий [1].

Очевидно, что в XXI веке выполнение данной задачи невозможно без автоматизации этого процесса. В современной газовой отрасли информационные системы (ИС) управления переживают новый этап своего развития. Формирование ИС превратилось в значимый фактор развития предприятий газовой промышленности, их воздействие испытывают все ключевые производственные и экономические процессы на этих предприятиях. В газотранспортном секторе газовой промышленности эффективность функционирования ИС оказывает влияние на темпы производственного и экономического роста, эффективность использования производственно-технических, материальных и иных ресурсов [2].

Газовым компаниям необходимы автоматизированные системы, обеспечивающие высокую производительность, полную достоверность получаемых данных и способные обрабатывать огромные массивы информации. Автоматизированные системы предприятий газового комплекса перестают быть исключительно технологией, они становятся средством повышения эффективности процессов, связанных с производством сырья [3]. В свою очередь, задача бесперебойной транспортировки природного газа не может быть успешно решена без АСУ ТП и системы телемеханики.

Сервера телемеханики входят в верхний уровень АСУ ТП и представляют собой сборный пункт для информации, собранной со всей обширной системы транспорта газа, каждого ее датчика и исполнительного механизма. Таким образом, данные о состоянии газопровода, объемах и качестве газа в реальном времени поступают в единый пункт сбора. Для дальнейшего использования и анализа информации требуется присутствие системы сбора данных, которая

должна отвечать высокому уровню безопасности и надежности, а также своевременно и быстро передавать актуальную информацию в производственные базы данных предприятия.

Данная работа посвящена анализу текущей системы сбора данных с серверов телемеханики ООО «Газпром трансгаз Томск» и разработке новой системы сбора данных с серверов телемеханики с учетом выявленных недостатков существующей системы.

1. Описание предметной области

1.1. АСУ ТП газовых компаний

Автоматизированная система управления или АСУ — комплекс аппаратных и программных средств, предназначенный для управления различными процессами в рамках технологического процесса (ТП), производства, предприятия. АСУ применяются в различных отраслях промышленности, энергетике, транспорте и т. п. Термин автоматизированная, в отличие от термина автоматическая подчёркивает сохранение за человеком-оператором некоторых функций, либо наиболее общего, целеполагающего характера, либо не поддающихся автоматизации [4].

За последние годы выделились два направления развития АСУ ТП:

- первая заключается в переходе в управлении локальными объектами от автоматизированного управления к автоматическому;
- вторая состоит в развитии автоматизированных систем диспетчерского управления (АСДУ), обеспечивающих супервизорное управление локальными объектами, как магистрального направления развития АСУ ТП.

Темпы развития научно-технического прогресса сегодня находятся на высоком уровне. Такой уровень обеспечивается непрерывным развитием информационных технологий и непосредственным внедрением новых решений в производство.

Автоматизированное диспетчерское управление можно определить как неоднородную систему управления технологическим процессом, интегрирующую на автоматизированном рабочем месте (АРМ) диспетчера профессиональные знания с информационно-управляющей системой, обеспечивающей автоматический сбор, передачу и отображение информации, а также автоматизирующей все требуемые расчетные процедуры и выполнение управляющих воздействий для достижения поставленной цели в соответствии с заданными критериями [5].

Для газовой отрасли диспетчерское управление является основополагающим элементом, так как любую систему газоснабжения

невозможно представить без управления диспетчерскими службами. Современная система оперативно-диспетчерского управления (ОДУ) в газовой отрасли – сложный динамически развивающийся организационно-экономический комплекс, объединяющий инженеров и программное обеспечение обработки информации и связи, который ориентирован на решение функциональных задач.

Многообразие задач, имеющих и возникающих в развитии ОДУ, требует отношения к системам диспетчерского управления как к единой предметной области, в которой эти задачи связаны друг с другом, а решения их должны быть теоретически обоснованы.

Очень важным является требование к АСДУ по времени реакции, т. е. требование к реальному времени. Режим реального времени – режим работы АСДУ, при котором учитываются жесткие ограничения на временные характеристики функционирования. Нарушение этих ограничений считается отказом системы. Какой угодно рост структуры, функционала АСДУ не должен сказываться на времени реакции системы. Требование выполнения АСДУ своих функций в режиме реального времени обусловлено необходимостью доставки (выдачи) всех событий (сообщений) и данных на центральный интерфейс оператора (диспетчера). Следующий шаг развития АСДУ требует разработки подсистем, обеспечивающих:

- оценку и мониторинг надежности функционирования АСУ ТП (включая оценку надежности базового технологического оборудования);
- прогнозирование нештатных и аварийных ситуаций;
- оценку и мониторинг качества функционирования АСДУ.

Одной из основных задач развития АСУ в газовой промышленности является создание и развитие отраслевой системы оперативно-диспетчерского управления единой системы газоснабжения (ЕСГ) на базе взаимосвязанного иерархического комплекса автоматизированных систем управления, охватывающего все уровни управления ЕСГ и построенного на принципах системного единства и совместимости математического, информационного и

технического обеспечения. Создание такой системы предполагает функциональное сопряжение АСДУ различных уровней на основе строгого распределения задач управления по уровням иерархии и создание информационных систем управления, работающих в реальном масштабе времени [5].

Диспетчерские службы можно отнести к модулю, связующему две разные системы, одной из которых является управление технологическим процессом и управление производственно-хозяйственной деятельностью.

В настоящее время цель автоматизации в основном выражается в упрощении труда работника и даже полного отказа от такового в условиях крайнего севера и других труднодоступных для человека мест.

Зачастую, чтобы перейти от автоматизированного к автоматическому управлению, следует следовать следующему алгоритму: во-первых, следует изучить и проанализировать исходный процесс, далее следует построить математическую модель, на основе которой разрабатывается алгоритм и программное обеспечение и в конечном итоге осуществляется аппаратная реализация.

Современные задачи сложны и требуют применения междисциплинарных подходов и научной проработки решаемых проблем. Решение проблем автоматизации и управления технологическими процессами в газовой отрасли на современном конкурентоспособном уровне может быть достигнуто только на основе интеграции фундаментальных и прикладных исследований, производства и высшей школы. При этом важнейшую роль играет организация этого взаимодействия. В области автоматизации и управления технологическими процессами в газовой отрасли необходимо сформулировать актуальные проблемы и на основе интеграции фундаментальных и прикладных исследований сформировать решение поставленных проблем.

1.2. Телемеханика

Телемеханика – это комплекс оборудования и программного обеспечения, которые обеспечивают возможность приема и передачи информации, сигналов от различных объектов, а также позволяют управлять оборудованием данных объектов [6].

Объединение функций автоматики и телемеханики в рамках единой ИУС позволяет не только избежать дублирования целого ряда технических средств (датчиков, первичных преобразователей, источников питания, функциональных модулей и т.д.), но и дает возможность объединить профильные службы эксплуатирующей организации, сосредоточив высококвалифицированных специалистов в одном подразделении.

Для организации связи на магистральных газопроводах используются кабельные, воздушные и радиорелейные линии связи, а также каналы УКВ-радиостанций.

Системы телемеханики предназначены для сбора, первичной обработки и представления информации о режиме работы газопровода, а также для передачи команд управления.

Системы телемеханики должны обеспечивать:

а) передачу с контролируемых объектов на диспетчерский пункт телесигнализации, телеизмерения текущих значений параметров и интегральных значений параметров, аварийной сигнализации;

б) передачу с диспетчерского пункта на контролируемые объекты команд телеуправления и телерегулирования установок [7].

Системы телемеханики проектируются таким образом, чтобы обеспечить надежность, скорость и достоверность при передаче данных и сигналов управления. Производной задачей является выявление изменений в поступившей информации, что обеспечено с помощью автоматизации данного процесса.

Одним из главных преимуществ систем телемеханики является, то что удаленность объектов контроля и управления не влияет на систему. Благодаря

этому появляется возможность удаленного управления, что в условиях большой протяженности газотранспортной сети и ее масштабируемости является ключевым преимуществом.

Также обнаружение ошибок и неисправностей происходит в режиме реального времени, что позволяет своевременно и незамедлительно реагировать, и предотвращать сбои.

Как следствие применение системы телемеханизации позволяет сократить вмешательство обслуживающего персонала и вести контроль дистанционно.

Для обслуживания объектов требуется иметь лишь оперативно-выездные бригады, которые в случае неполадок, выявленных телемеханикой, должны прибыть на объект и исправить неполадку.

К средствам телемеханизации относятся устройства телеуправления, телесигнализации, телеизмерения, использование звуковой связи исключается из сферы телемеханики.

Телеуправление — управление положением или состоянием дискретных объектов и объектов с непрерывным множеством состояний методами и средствами телемеханики.

Телесигнализация — получение информации о состоянии контролируемых и управляемых объектов, имеющих ряд возможных дискретных состояний методами и средствами телемеханики.

Телеизмерение — получение информации о значениях измеряемых параметров (напряжения, тока, давления, температуры и т. п.) контролируемых и управляемых объектов методами и средствами телемеханики [8].

Сущность телеизмерения заключается в том, что измеряемая величина, предварительно преобразованная в ток или напряжение, дополнительно преобразовывается в сигнал, который затем передается по каналу связи. Таким образом, передается не сама измеряемая величина, а эквивалентный ей сигнал, параметры которого выбирают так, чтобы искажения при передаче были минимальными [8].

Телеизмерения наиболее важных параметров выполняются постоянно с минимальным заданным интервалом. Телеизмерения параметров, не требующих постоянного контроля, осуществляться с большим интервалом времени либо по только по конкретному запросу.

Основными функциями телемеханики являются сбор и хранение информации, а также управление и сигнализация. Для нормального функционирования все системы газотранспорта телемеханика должна отвечать серьезным требованиям к системам обмена технологической информацией.

1.3. АСУ ТП ООО «Газпром трансгаз Томск»

17 ноября 2016 г правление Газпрома утвердило Комплексную целевую программу технического перевооружения, реконструкции и развития АСУ ТП объектов компании на 2017-2021 гг. [9]. Так как ООО «Газпром трансгаз Томск» является дочерним предприятием, оно было включено в программу. Данная выпускная квалификационная работа непосредственно входит в объявленную программу.

Принятая программа призвана:

- повысить уровень автоматизации производственно-технологических процессов, расширения функциональных возможностей АСУ ТП и снижения эксплуатационных затрат.
- содействовать решению задач Газпрома по обеспечению высокого уровня надежности и безопасности объектов Единой системы газоснабжения России.
- обеспечить продолжение работ по оснащению магистральных газопроводов (МГП), газопроводов-отводов, газораспределительных станций (ГРС) и кустов газовых скважин современными системами телемеханики.
- обеспечить модернизацию и замену устаревшего оборудования автоматизации на установках комплексной подготовки газа (УКПГ), компрессорных станциях (КС) и газоперерабатывающих заводах (ГПЗ) [9].

Основной целью направлена на повышение технического уровня компании для поддержания лидерства в мировом энергетическом бизнесе.

1.3.1. Схема функционирования

На рисунке 1 представлена схема функционирования АСУ ТП компании.

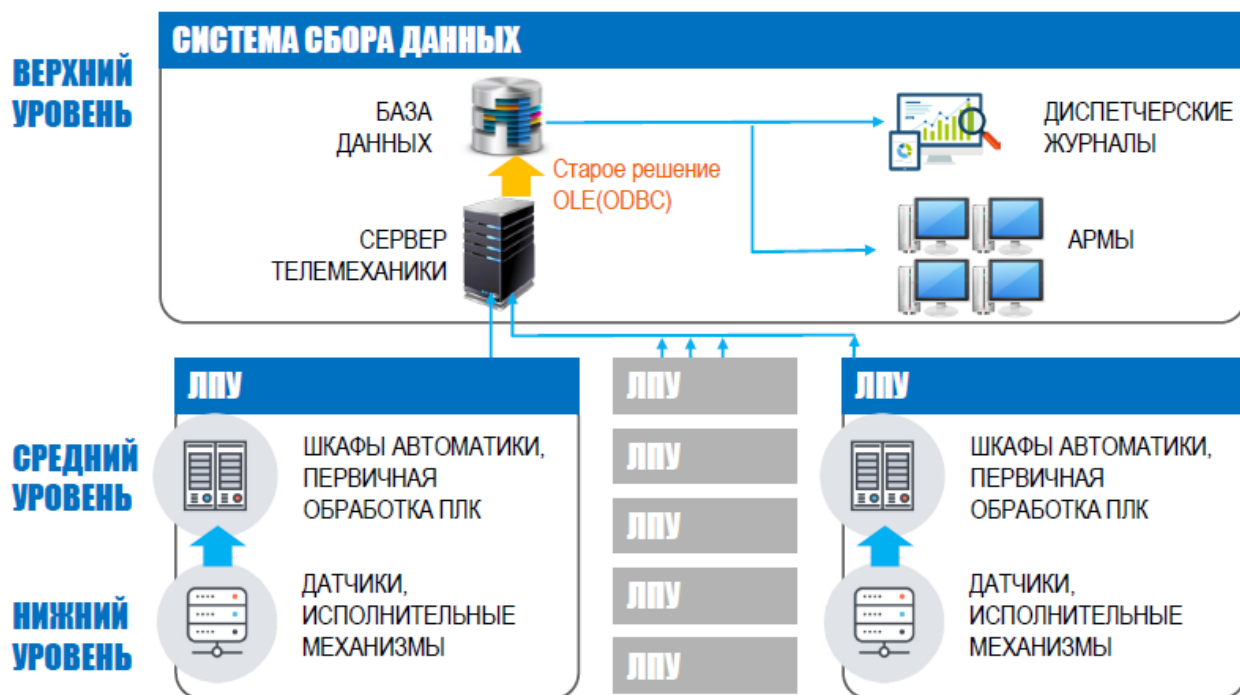


Рисунок 1 – Схема функционирования АСУ ТП ООО «Газпром трансгаз Томск»

Нижний уровень включает в себя датчики и исполнительные механизмы, расположенные на газотранспортной сети.

С нижнего уровня данные поступают на средний уровень, где расположены шкафы автоматики и происходит их первичная обработка данных программируемыми логическими контролерами (ПЛК). Далее информация поступает на верхний уровень, который включает в себя компрессорные станции, промышленные площадки, линейные производственные управления, диспетчерские пункты филиалов, и центральный диспетчерский пункт, где располагаются сервера телемеханики, с которых происходит сбор данных существующая система сбора данных. Далее информация по ODBC протоколу

поступает в базу данных, для дальнейшего использования в диспетчерских журналах и АРМах пользователей.

1.3.2. Недостатки системы сбора данных

Существующая система сбора данных, расположенная на верхнем уровне АСУ ТП предприятия, она отвечает за транспортировку данных с центральных серверов телемеханики центрального диспетчерского пункта в базу данных. Данные поступившие в базу данных в дальнейшем используются в АРМах пользователей и для составления диспетчерских журналов контроля, которые ежедневно в регламентируемое время передаются в ПАО «Газпром».

Используемая на настоящий момент система сбора данных получает информацию с сервера телемеханики, используя запросы к базе данных в регламентированное время, которое составляет «5 минут». Из-за влияния сторонних факторов на загрузку серверных ресурсов данные не всегда вовремя поступают в базу данных.

Также при каждой передаче пакета данных, через канал проходят все значения датчиков и исполнительных механизмов с сервера телемеханики независимо от того, изменилось ли их значение, что добавляет дополнительную нагрузку в связи с количеством передаваемых данных. Большинство передаваемых тегов не меняет своих значений со времени последней передачи. Таким образом передавая все теги мы получаем передачу избыточной информации и дополнительные нагрузки.

Ко всему прочему компания использует сервера телемеханики от производителя Shneider Electric. Программный продукт был представлен в виде OPC серверов и OPC клиента. OPC клиент данного производителя позволяет лишь просматривать данные в режиме чтения и не дает возможности забрать данные и использовать их. Компании же требуется обеспечить бесперебойный сбор данных с серверов с учетом собственной информационной инфраструктуры.

1.3.3. Концепция новой системы

Таким образом исходя из существующих проблем и актуальности новой разработки было предложено реализовать новую систему сбора данных с серверов телемеханики ООО «Газпром трансгаз Томск», с учетом всех технических требований предыдущей системы и исправлением ее недостатков.

Новое решение основано на протоколе передачи данных OPC DA и WCF сервиса. На рисунке 2 представлено место нового решения. Оно разработано с соблюдением требований локальной технической документации, а также стандартами качества в области Информационных Систем. Нужно отметить, что существующая схема передачи данных остается в качестве резервного канала в соответствии с требованиями к отказоустойчивости.



Рисунок 2 – Место нового решения в система сбора данных

Технология OPC была разработана для унификации механизмов взаимодействия внутри АСУ ТП. В зависимости от потребностей, могут использоваться различные спецификации OPC. В данном решении была выбрана спецификация OPC DA 3.0, позволяющая получать актуальные данные и использовать режим подписки.

Новое решение представляет собой программный комплекс, выступающий в роли OPC клиента, состоящий из подсистемы сбора данных и подсистемы администрирования, схема решения представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Архитектура нового решения

Модуль сбора данных получает актуальные для мониторинга данные из базы данных, далее по установленному ранее соединению данные поступают на сервер телемеханики, после этого сервер возвращает данные в случае их изменения. Затем модуль сбора данных возвращает поступившие с сервера значения в базу данных.

Административный модуль позволяет:

- управлять запуском и остановкой модуля сбора данных;
- просматривать значения и дополнительных свойства поступающих данных по заданному фильтру;
- редактировать базу данных;
- выгружать данные в MS Excel.

Также административный модуль производит мониторинг состояния соединения и работоспособности модуля сбора данных и оповещает о достоверности поступивших данных.

После запуска модуля сбора данных в параллельном режиме запускается задача, которая слушает состояние соединения с сервером телемеханики. В

случае потери связи происходит переподключение к основному или резервному серверу.

Основными плюсами данной системы являются:

WCF работает как служба, которая всегда запущенна и не требует контроля.

Сервис выступает как единая точка доступа, а контракты данных позволяют взаимодействовать с сервисом любым платформонезависимым клиентам (административным модулям).

Аналогично сервис выступает как единая точка доступа, что позволяет не задумываться о количестве подключенных клиентов к серверу телемеханики, это число может быть ограничено сервером производителя,

Также в информационной системе предприятия действует политика безопасности и разделение прав пользователей. Исходя из которой следует разделять роли, имеющие доступ к серверам телемеханики. Управлять WCF сервисом возможно только через административный модуль, на который в нашем случае и были назначены роли. Сам же сервис использует для доступа к серверам телемеханики, логин и пароль.

2. Выбор и обоснование технологий для реализации программного комплекса

Технология OPC была разработана для унификации механизмов взаимодействия внутри АСУ ТП. В зависимости от потребностей, могут использоваться различные спецификации OPC. Мною была выбрана спецификация OPC DA 3.0, позволяющая получать актуальные данные и использовать режим подписки, на котором далее я остановлюсь подробнее.

Новое решение представляет собой программный комплекс, состоящий из подсистемы сбора данных и подсистемы администрирования.

Модуль сбора данных является связующим звеном в цикле передачи актуальных данных между базой данных и серверами телемеханики.

2.1. Технология OPC

Технология OPC (OLE for Process Control) была разработана для унификации механизмов взаимодействия программного обеспечения систем управления с аппаратурой этих систем. В рамках этой технологии OPC-серверы собирают данные от контроллеров и предоставляют их OPC-клиентам. Любой OPC-клиент может обмениваться данными с любым OPC-сервером вне зависимости от специфики устройства, для которого разрабатывался конкретный OPC-сервер [10].

Технология OPC определяет способ обмена данными между двумя программами на ПЭВМ под управлением ОС Windows. Технология разработана международной организацией OPC Foundation, как промышленный стандарт для взаимодействия программ, обслуживающих комплексы телемеханики разных производителей.

Технология OPC базируется на клиент-серверном взаимодействии, OPC-сервер непосредственно взаимодействует с физическими устройствами телемеханики, в свою очередь OPC-клиент получает данные с сервера для дальнейшей обработки, а также передает команды управления серверу.

ОРС-клиентом называется любое приложение, обращающееся к ОРС-серверу с запросами на информацию в рамках стандарта ОРС. ОРС-клиент может обращаться как к одному ОРС-серверу, так и к нескольким. Причем, эти ОРС-серверы могут поставляться различными производителями. Также к одному ОРС-серверу могут обращаться как один, так и несколько ОРС-клиентов. Таким образом, можно выстраивать конфигурации любой степени сложности.

Взаимодействие ОРС клиента и ОРС сервера можно подразделить на локальное и удалённое. В первом случае клиент и сервер располагаются на одной машине, во втором случае на разных машинах. Во втором случае для обеспечения взаимодействия требуется дополнительная настройка Microsoft DCOM порта.

Применение ОРС сервера при разработке ПО позволяет скрыть от разработчика всю сложность общения с аппаратурой, представляя простой и удобный метод доступа к аппаратуре через интерфейсы СОМ-объекта.

Основные преимущества от применения ОРС-технологий и выбор обосновывается следующими составляющими:

- 1) Применение программного обеспечения, отвечающего спецификациям ОРС, обеспечивает независимость потребителей от наличия или отсутствия драйверов или протоколов, что позволяет выбирать оборудование и программное обеспечение, наиболее полно отвечающее реальным потребностям бизнеса.

- 2) ОРС-технология позволяет организовать информационный обмен данными между ОРС-сервером и ОРС-клиентом по локальной вычислительной сети предприятия.

- 3) Применение спецификации ОРС при проектировании систем автоматизации исключает конфликты доступа к оборудованию. Становится возможным использовать несколько ОРС-клиентов для получения данных из одного источника.

Предоставленный предприятию ОРС клиент, идущий в комплекте с ОРС сервером, не предоставлял возможности для полного взаимодействия с базой

данных и дальнейшего использования. Клиент только лишь давал возможность просматривать данные в режиме чтения.

Таким образом автоматизация процесса отсутствовала полностью и пользователю требовалось вручную вводить данные, отображаемые OPC клиентом, что могло занимать много времени. Исходя из этого было организовано временное решение без использования передачи данных клиенту по OPC протоколу, непосредственный прямой запрос к базе данных. В новом же решении передо мной стояла задача вернуться к варианту OPC клиента с взаимодействием с базой данных предприятия.

При разработке мною были рассмотрены две спецификации протокола OPC:

- OPC DA (Data Access) - спецификация для обмена данными между клиентом и аппаратурой в реальном времени, использующий DCOM технологию;
- OPC UA (Unified Architecture) - принципиально новый набор спецификаций, который уже не базируется на DCOM технологии, передача данных происходит по TCP протоколу.

Отличие этих двух спецификаций в количественном виде выражено в скорости передачи пакетов данных, различного размера.

Протокол передачи данных OPC UA позволяет передавать быстрее большие пакеты данных, но в то же время передача малых пакетов данных занимает больше времени чем у протокола OPC DA. Был произведен сравнительный анализ двух протоколов, исходные данные для анализа представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Данные сравнения протоколов OPC UA и OPC DA

Итерация	Количество тегов	OPC DA, время сек.	OPC UA, время сек.
1	22911	10,00	8,00
2	1689	0,66	0,92
3	1693	0,62	0,79
4	1541	0,62	0,86
5	1547	0,70	0,92
6	1525	0,61	0,68
7	1646	0,58	0,66
8	1522	0,67	0,99
9	1626	0,78	0,98
10	1538	0,69	0,77
11	1637	0,58	0,84
12	1625	0,64	0,72
13	1536	0,56	0,73
14	1672	0,78	1,12
15	1617	0,54	0,78
16	1587	0,78	1,11
17	1673	0,63	0,69
18	1641	0,70	1,03
19	1618	0,77	1,00
20	1683	0,59	0,84
21	1536	0,55	0,74
22	1689	0,69	0,79

Для наглядности на рисунке 4 приведен график, построенный по данным из таблицы 2.1.

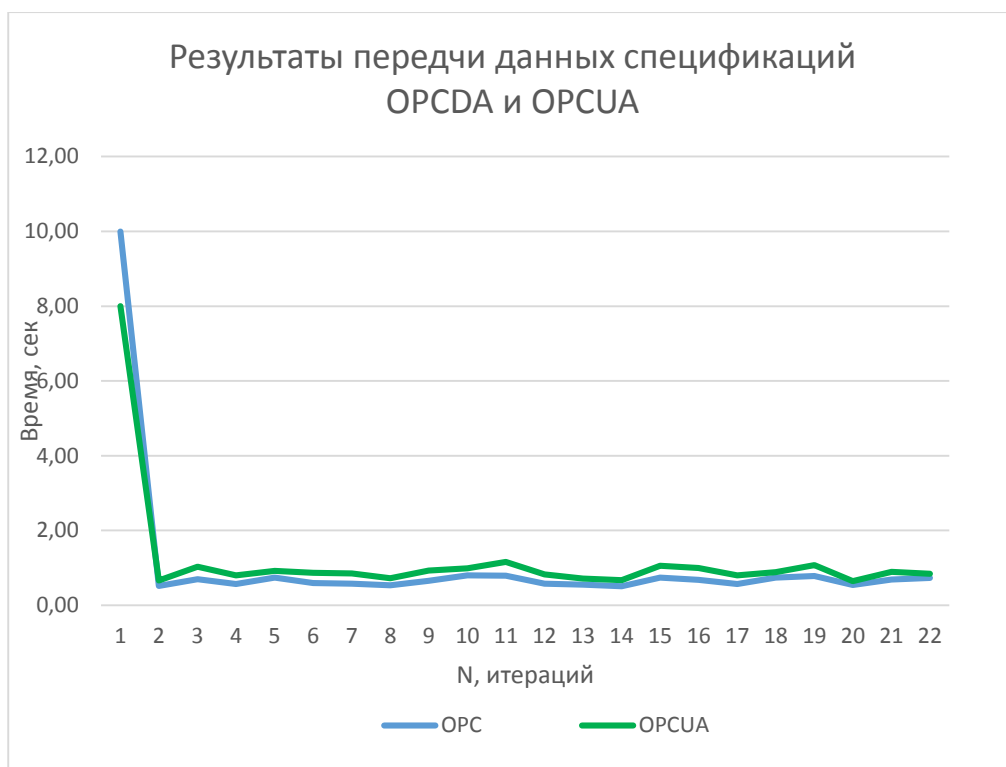


Рисунок 4 – Результаты сравнения протоколов OPC UA и OPC DA

Исходя из того, что режим подписки OPC позволяет нам передавать в большей степени пакеты, состоящие из небольшого количества тегов, на длинной дистанции для конкретного случая для данной системы сбора данных лучшим решением будет протокол передачи OPC DA, который и был выбран для дальнейшей реализации и использован в OPC клиенте.

2.2. WCF сервис

Windows Communication Foundation (WCF) представляет платформу для построения сервисноориентированных приложений. С помощью WCF можно отправлять данные в виде асинхронных сообщений от одной конечной точки службы к другой. Конечная точка службы может входить в постоянно доступную службу, размещаемую в IIS, или представлять службу, размещаемую в приложении. Конечная точка может быть клиентом службы, которая запрашивает данные от конечной точки службы. Сообщения могут представлять

одиначный символ или одно слово, отправляемое в формате XML, или иметь вид сложного потока двоичных данных. [11]

Выбор WCF был обусловлен тем, что WCF сервис предоставляет следующие возможности:

1) Сервис-ориентированность

Применение стандартов WS в WCF позволяет создавать сервисноориентированные приложения. Сервисноориентированная архитектура подразумевает применение веб-служб для отправки и получения данных. Общим преимуществом служб является слабая связанность вместо жесткой запрограммированности для различных приложений. Слабая связь означает, что любой клиент, созданный на любой платформе, может подключаться к любой службе при условии, что выполняются необходимые контракты.

2) Взаимодействие

WCF реализует современные отраслевые стандарты для совместимости с веб-службой.

3) Контракты данных

Поскольку платформа WCF построена на основе .NET Framework, в нее входят удобно используемые в коде методы передачи контрактов, которые нужно принудительно выполнять. Одним из универсальных типов контрактов является контракт данных. Если код службы создается на языке C#, то самым простым способом обработки данных фактически является создание классов, которые представляют сущность данных со свойствами, принадлежащими сущности данных. WCF включает сложную систему для работы с данными этим удобным способом. После создания классов, представляющих данные, служба автоматически создает метаданные, которые позволяют клиентам обеспечивать соответствие заданным типам данных.

4) Устойчивые сообщения

Устойчивые сообщения не теряются в случае перебоев связи. Сообщения, передаваемые по устойчивому шаблону, всегда сохраняются в базе данных. Если

происходит перебой связи, база данных позволяет возобновить обмен сообщениями после восстановления соединения.

5) Расширение среды

Архитектура WCF предусматривает ряд точек для расширения. Если требуются дополнительные возможности, поддерживаются точки входа, посредством которых можно настроить поведение службы.

6) Интеграция WCF с другими технологиями Майкрософт

ООО «Газпром трансгаз Томск» преимущественно использует технологии компании Microsoft для работы и разработки ПО. WCF поддерживает взаимодействие с другими сервисами и технологиями Microsoft и в случае необходимости могут быть интегрированы в WCF сервис без особых затруднений.

Все вышеперечисленные возможности в совокупности представляют удобный и понятный инструмент для реализации данного проекта.

WCF сервис представляет единую службу, размещаемую на хостинге IIS. Связь с клиентом осуществляется с помощью контрактов данных, прописанных в сервисе, что позволяет использовать клиенты, написанные на разных платформах. Данная модель позволяет передавать данные в автономном режиме и требует лишь единовременного запуска сервиса. А также OPC сервер компании позволяет иметь ограниченное количество соединений с ним, таким образом WCF сервис выступает единой точкой доступа, решая проблему избыточности подключений через отдельных клиентов.

2.3. Среда разработки

ООО «Газпром трансгаз Томск», на базе которого проводилась разработка проекта в рамках преддипломной и научно-производственной практики, использует лицензионное программное обеспечение компании Microsoft.

Для разработки использовались такие среды программирования, как MS VS 2015 и MS SQL Server 2012. Решение написано на объектно-ориентированном языке программирования C# и SQL.

Модуль сбора данных был реализован в виде сервиса на базе WCF. С помощью WCF можно отправлять данные в виде асинхронных сообщений от клиента к сервису. WCF сервис представляет собой постоянно доступную службу, размещаемую на веб-сервере IIS.

Модуль администрирования написан с использованием WPF.

Для написания программного комплекса использовались библиотеки сообщества OPC Foundation, используемые в серверной части системы.

Срок разработки и написания первой версии решения занял 7 недель.

3. Надежность системы

Получаемые данные с серверов телемеханики компании имеют критическую значимость. Вследствие этого новая система сбора данных должна быть надежной и своевременно реагировать на возникающие внештатные ситуации. Отказоустойчивость системы обеспечивается следующими составляющими:

- Проверка качества поступающих данных;
- Система зеркалирования;
- Резервное копирование данных;
- Дублирование серверов;
- Механизм автоматизированного перезапуска системы;
- Система оповещения ответственных лиц.

Основные проблемы могут возникнуть из-за сбоя передачи данных и их прихода вне регламентного времени. Также достоверность данных должна быть учтена и проверена в любом случае. В случае недостоверности данных, значения не должны быть занесены в базу и о статусе их достоверности должно быть сообщено пользователю.

Данные, приходящие с датчиков, на нижнем уровне представляют собой аналоговый сигнал, который на среднем уровне обработки ПЛК преобразовывается в цифровой сигнал. Достоверность данных оценивается при поступлении сигнала на верхний уровень, где происходит сверка показаний пришедшего цифрового сигнала. Если его значение не лежит в определенном диапазоне, то сигнал имеет плохое качество, таким образом происходит сигнализация о плохом качестве тега и не возможности его использования.

Качество OPC параметра характеризует его достоверность. Существуют следующие значения качества:

1. **Good** – Качество значения хорошее.

Подстатусы для качества «Good» (хорошее):

Non-specific – Качество плохое, и нет никаких особых замечок/условий;

Local Override – Значение было подменено. Обычно это означает, что вход был отключен и вместо него вручную ввели значение и зафиксировали.

2. **Bad** – Значение бесполезно по причине, указанной в подстатусе.

Подстатусы для качества «BAD» (плохое):

Non-specific – Качество плохое, но никакой определенной причины для этого не известно;

Configuration Error – Существует какая-то определенная проблема с конфигурацией OPC-сервера, например, запрашиваемая переменная могла быть удалена из конфигурации;

Not Connected – Подразумевается, что вход должен быть присоединен к чему либо, но на практике это не так;

Device Failure – Была обнаружена ошибка устройства;

Sensor Failure – Была обнаружена ошибка датчика;

Last Known Value – Связь прервалась, но известно последнее значение (причем «Возраст» переменной может быть определен по метке времени);

Comm Failure – Связь прервалась, и нет последнего известного значения;

Out of Service – Блок выключен, сканирование или т.п. закрыто.

3. **Uncertain** – Качество значения не определено по причине, указанной в подстатусе.

Подстатусы для качества «Uncertain» (неопределенное):

Non-specific – Нет известной причины, почему значение неопределенное;

Last Usable Value - При попытке записи какого-либо значения в прибор, произошла ошибка связи. Соответственно наверх передается последнее значение до записи. Не стоит путать со значением BAD - Last Known Value, т.к. та ошибка соответствует чтению, Last Usable Value – записи;

Sensor Not Accurate - Либо значение "привязано" к одному из пределов сенсора (в этом случае предельное поле должно быть установлено на 1 или 2), иначе датчик, как известно, не может быть калиброван с помощью какой-либо формы внутренней диагностики (в этом случае Предельное поле должно быть 0);

Engineering Units Exceeded - Возвращаемое значение выходит за пределы, определенные для этого параметра. Обратите внимание, что в этом случае поле «Limits» указывает, какой предел был превышен, но НЕ обязательно подразумевает, что значение не может двигаться дальше из диапазона;

Sub-Normal - Значение получено из нескольких источников и имеет меньшее количество требуемых источников;

4. **Limit Bit Field** – Поле предельного бита.

Поле предельного бита действует независимо от качества и подстановки. В некоторых случаях, таких как сбой датчика, оно может предоставить полезную диагностическую информацию.

Not Limited - Значение свободно перемещается вверх или вниз;

Low Limited - Значение "зажато" на некотором нижнем пределе;

High Limited - Значение "зажато" на некотором верхнем пределе;

Constant - Значение является константой и не может двигаться.

Помимо отслеживания и проверки качества сигнала, отказоустойчивость и безопасность обеспечивается дополнительными методами и технологиями.

Сервера хранения данных компании, с которыми взаимодействует наш программный комплекс используют механизм зеркалирования MS SQL сервера, обеспечивающий надежность соединения с сервером базы данных. Зеркальное отображение базы данных может использоваться совместно с репликацией для повышения доступности базы данных публикации. В зеркальном отображении базы данных участвуют две копии одной базы данных, которые обычно расположены на разных компьютерах. В любой момент только одна копия базы данных доступна клиентам. Эта копия называется основной базой данных. Обновления, вносимые клиентами в основную базу данных, применяются к другой копии базы данных, называемой зеркальной базой данных. Зеркальное отображение включает применение к зеркальной базе данных журнала транзакций всех вставок, обновлений или удалений, выполненных в основной базе данных [13].

Переход репликации на зеркальную базу данных полностью поддерживается для баз данных публикации, с ограниченной поддержкой для баз данных подписки. Зеркальное отображение баз данных не поддерживается для базы данных распространителя [13].

Дополнительно организовано ежедневное резервное копирование данных. Компонент резервного копирования и восстановления SQL Server обеспечивает необходимую защиту важных данных, которые хранятся в базах данных SQL Server. Чтобы минимизировать риск необратимой потери данных, необходимо регулярно создавать резервные копии баз данных, в которых будут сохраняться производимые изменения данных. Хорошо продуманная стратегия резервного копирования и восстановления защищает базы от потери данных при повреждениях, происходящих из-за различных сбоев. Следует проверить выбранную стратегию, выполнив восстановление баз данных из набора резервных копий; это поможет эффективно среагировать на реальные проблемы [14].

Разработанный программный комплекс во время прохождения опытно-промышленной эксплуатации проявил себя как надежный, но никогда нельзя утверждать, что все будет работать без сбоев постоянно. Нужно учитывать, что иногда могут происходить сбои несвязанные с самим продуктом, а вызванные прочими внештатными ситуациями. Учитывая все вышесказанное, опираясь на самый надежный модуль, была автоматизирована система перезапуска программного комплекса.

Таким образом модуль сбора данных после запуска в постоянном режиме слушает такие параметры, как:

- Есть ли соединение с сервером телемеханики?
- Поступают ли теги с сервера?
- Сколько попыток переподключения было предпринято?

После запуска сбора данных, в параллельном режиме запускается таймер, в котором с заданной периодичностью происходит непосредственный опрос есть ли соединение с сервером телемеханики.

Параллельно в асинхронном режиме происходит получение данных сервисом от сервера телемеханики. При получении данных осуществляется проверка поступают ли сами данные, проверяется их количество каждую минуту и меняется ли их значение.

На рисунке 13 представлена блок-схема переподключения к серверу.

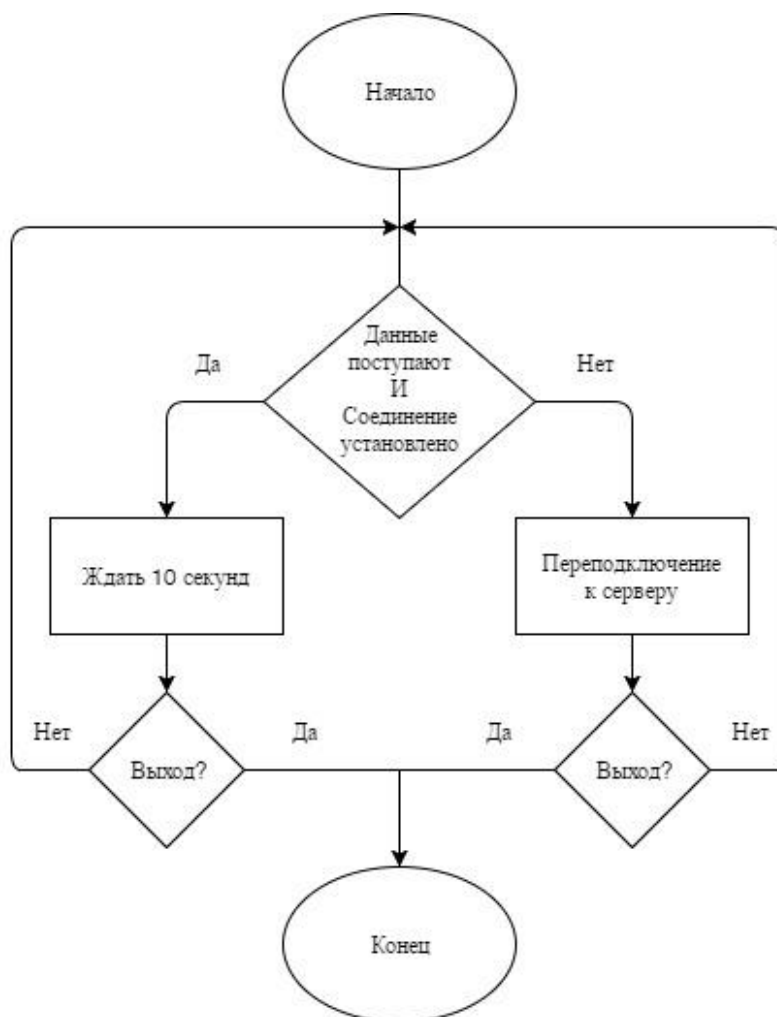


Рисунок 13 – Блок-схема переподключения.

В случае неудачи одного из двух параметров флаг поступления данных либо флаг подключения принимает значение false. В этом случае уже в одной итерации нашего таймера проверяется флаг подключения либо поступления данных. В случае, если соединение с сервером пропало, либо данные перестают поступать. Модуль сбора данных в автоматическом режиме пробует переподключиться к серверу.

Сервера телемеханики компании в соответствии с техническим регламентом должны быть продублированы резервным сервером. В настоящее

время в АСУ ТП предприятия одновременно работают два центральных сервера телемеханики, на которые поступает вся информация со всех датчиков системы транспортировки газа компании. Один из серверов выступает в роли основной, другой в роли резервного, причем их работоспособность поддерживается в синхронном режиме, то есть оба сервера находятся в рабочем режиме. В случае сбоя или плановых работ, проводимых на сервере, данные будут забираться с резервного сервера.

В процессе разработки системы, мною было предложено решение для повышения надежности приложения, а именно в модуль сбора данных была интегрирована система оповещения ответственных лиц в случае сбоев. Оповещение происходит средствами email и sms. Данное решение было оформлено как рационализаторское.

При первом подключении либо повторном, связанным с вышеуказанными сбоями в работе, сервис пытается подключиться к первому основному серверу телемеханики, в случае неудачи флаг неудачи принимает значение true. Далее происходит попытка подключения ко второму резервному серверу телемеханики. В случае успеха флаг неудачи принимает значение false, в обратном случае счетчик переподключения инкрементируется, при достижении некоторого значения счетчика, оно может быть выражено во временном эквиваленте вычисляемой по формуле:

Количество переподключений*интервал получения данных = критическое время за которое соединение не было установлено;

Время, за которое соединение не было установлено считается критическим. По достижению самого худшего сценария сервис отправляет оповещение по почте и sms, в которых содержится отчет, содержащий данные лог файла и параметры работы системы.

Средствами протокола OPC, а именно библиотеки OPC foundation предоставляется возможность мониторинга события аварийного отключения OPC сервера [10], в случае прихода события аварийного и кода ошибки, происходит автоматический перезапуск системы.

Также, находясь в фоновом режиме, административный модуль информирует пользователя о соединении и работоспособности клиента, в свою очередь пользователю сообщается о количестве тегов с плохим качеством на данный момент.

Административный модуль оснащен системой информирования пользователя и индикации работоспособности системы в целом. При обычной работе пользователь видит индикацию соединения с OPC сервером и состояния хостинга IIS, а именно запущен ли WCF сервис. При отсутствии соединения или в выключенном состоянии индикация выражена красным цветом и фразой «OFF», в случае работоспособности индикация складывается из зеленого цвета и фразы «ON». Также административный модуль предоставляет область просмотра данных, где отображается база данных актуальных значений тегов. Отображение происходит в таблице с возможностью фильтрации по всем параметрам поступающих тегов.

Одна из поставленных задач проекта заключалась в информировании о плохом качестве поступающих тегов, которые не пригодны для использования. Для отображения тегов с качеством отличным от хорошего следует убрать отметку переключателя «good». После чего в таблице данных будут отображены только те теги качество, которых отлично от “хорошего”.

Работа с административным модулем не предполагает постоянного присутствия пользователя и постоянно запущенную программу на рабочем столе пользователя. В связи с этим была организована работа административного модуля в фоновом режиме. При сворачивании активного окна программы, программа продолжает работать. В частности, с определенным промежутком времени происходит проверка поступающей подписки тегов, а также соединения с сервером телемеханики и работоспособности WCF сервиса и количества тегов с плохим качеством. В случае обрыва соединения, либо неработоспособности WCF сервиса пользователь незамедлительно получает информационное всплывающее сообщение, в котором информируется о проблеме. При нажатии на сообщение программа открывается вновь.

В случае, связанном с плохими тегами, программа действует по определенному сценарию, заранее прописанному в конфигурационном файле. Аналогично отображается всплывающее сообщение с данными о количестве плохих тегов на данный момент. При нажатии на сообщение, программа открывается с параметрами отображения плохих тегов изменяя предустановленные параметры фильтрации, для акцентирования и отображения данных только плохих тегов.

Случаи, когда качество единичного тега приходит со значением “Bad”, либо “Uncertain”, возникают в произвольном порядке и не могут быть связаны с конкретными факторами, которые можно прогнозировать. Плохое качество отдельно взятого тега может быть связано с помехами на линии связи, с поломкой датчика, погодными условиями на линии передачи данных. В этом случае не следует незамедлительно отправлять оповещение, а подождать заранее оговоренное время, прописанное в конфигурационном файле, в случае если за это время качество тега не изменилось на хорошее ответственным лицам отправляется оповещение на почту. Конфигурационный файл содержит информацию при каком количестве тегов нужно высылать оповещение, это сделано для того, чтобы не создавать спам.

В случае же когда тегов с плохим качеством много используются другие настройки, прописанные в конфигурационном файле. Как правило, если проанализировать названия тегов с плохим качеством, то зачастую выходит, что теги имеют схожие названия, например, все они с одного линейного производственного управления, а также любого другого узла, будь то отдельный кран, либо промышленная площадка или компрессорная станция. Исходя из количества тегов плохого качества, связанных одним названием, можно сделать вывод, что конкретный канал связи имеет неполадки и из-за этого его дочерние объекты также не могут достоверно передать информацию. При таком стечении обстоятельств оповещение происходит в кратчайшие сроки.

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Данная работа посвящена разработке и исследованию системы сбора данных с серверов телемеханики ООО «Газпром трансгаз Томск». Как и любой проект, вне зависимости от того какой характер он несет, научный или практический, работа имеет экономическую составляющую, которую необходимо оценить с целью предоставления полной картины значимости осуществленной работы и ее вклада в заданную предметную область.

Целью данного раздела является оценка и анализ экономических аспектов данной работы. Основными критериями для оценки служат эффективность проекта, затраты на его выполнение, а также перспективы его внедрения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- организация и планирование работ над проектом;
- расчет основных затрат и расходов на проект;
- оценка экономической эффективности проекта.

5.1. Организация и планирование работы

Одной из составляющих успешной реализации проекта служит рациональное планирование занятости каждого из его участников, а также определение сроков выполнения определенных этапов работы над проектом. В данном разделе приводится перечень этапов работы, исполнителей, а также оценивается степень участия каждого из участников в том или ином этапе. Данные по перечню работ и продолжительности работ представлены в таблице 5.1. Число исполнителей данного проекта равно двум – непосредственный исполнитель и научный руководитель.

Таблица 5.1 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
<i>постановка задачи</i>		
1. Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР - 100 %
<i>анализ</i>		
2. Выявлений требований к программному продукту	НР, И	НР – 100 %, И – 30%
3. Подбор и обзор литературы, обзор существующих решений	НР, И	НР – 30%, И – 100%
4. Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100%, И – 10 %
<i>проектирование</i>		
5. Разработка модели системы	НР, И	НР – 80 % , И – 100%
6. Разработка алгоритма реализации	НР, И	НР – 50 %, И – 100%
<i>реализация</i>		
7. Разработка приложения	И	И – 100%
<i>тестирование</i>		
8. Тестирование	НР, И	НР – 10%, И – 100%
9. Анализ результатов	И	И – 100%
<i>документирование</i>		
10. Оформление пояснительной записки	И	И – 100%
11. Подведение итогов	НР, И	НР – 50%, И – 100%

5.1.1. Продолжительность этапов работ

В данном разделе осуществляется расчет продолжительности работ с использованием опытно-статистического метода. Данный метод имеет 2 способа реализации - аналоговый и экспертный. Так как аналоговый способ подразумевает наличие некоторого идентичной выполняемой научно-исследовательской работы (по всем значительным параметрам) проекта, то, в условиях отсутствия последнего, принято решение применять экспертный способ. Расчет продолжительности этапов работ приведен в таблице 2. Для построения таблицы используются следующие параметры:

- Ожидаемые (вероятные) значения продолжительности работ ($t_{ож}$):

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \text{ где}$$

t_{min} – минимальная продолжительность работы, дни;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дни;

- Продолжительность выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{рд}$):

$$T_{рд} = \frac{t_{ож}}{K_{вн}} \cdot K_{д}, \text{ где}$$

$t_{ож}$ – продолжительность работы, дни;

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения работ с учетом внешних факторов, влияющих на соблюдение предварительно определенных длительностей работы (в данном случае используется $K_{вн} = 1$);

$K_{д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ (принимает значения в интервале [1; 1,2], для расчетов используется величина 1,2 с целью максимально учесть непредвиденные временные затраты).

- Продолжительность выполнения этапа в календарных днях ($T_{кл}$):

$$T_{кл} = T_{рд} \cdot T_{к}, \text{ где}$$

$T_{к}$ – коэффициент календарности, служит для перехода от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях. Данный коэффициент имеет следующую формулу:

$$T_{к} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вд} - T_{пд}}, \text{ где}$$

$T_{кал}$ – календарные дни (365 дней)

$T_{вд}$ – выходные дни (52 или 104 дня, для шестидневной и пятидневной рабочей недели соответственно)

$T_{пд}$ – праздничные дни (10 дней)

Таким образом, для шестидневной рабочей недели получаем следующий коэффициент календарности:

$$T_{к} = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205$$

Таблица 5.2 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.-дн.			
					ТРД		ТКД	
		tmin	tmax	тож	НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	2	4	2,8	3,4	-	4,1	-
Выявлений требований к программному продукту	НР, И	2	3	2,4	2,9	0,9	3,5	1,0
Подбор и обзор литературы, обзор существующих решений	НР, И	8	14	10,4	3,7	12,5	4,5	15,0
Разработка календарного плана	НР, И	2	4	2,8	3,4	0,3	4,1	0,4
Разработка модели системы	НР, И	7	10	8,2	7,9	9,8	9,5	11,9
Разработка алгоритма реализации	НР, И	12	20	15,2	9,1	18,2	11,0	22,0
Разработка приложения	И	90	120	102,0	-	122,4	-	147,5
Тестирование	НР, И	14	21	16,8	2,0	20,2	2,4	24,3
Анализ результатов	И	6	8	6,8	-	8,2	-	9,8
Оформление пояснительной записки	И	6	8	6,8	-	8,2	-	9,8
Подведение итогов	НР, И	2	4	2,8	1,7	3,4	2,0	4,1
Итого				177,0	34,0	204,0	41,0	245,7

На рисунке 14 представлен линейный график осуществления проекта для исполнителя.

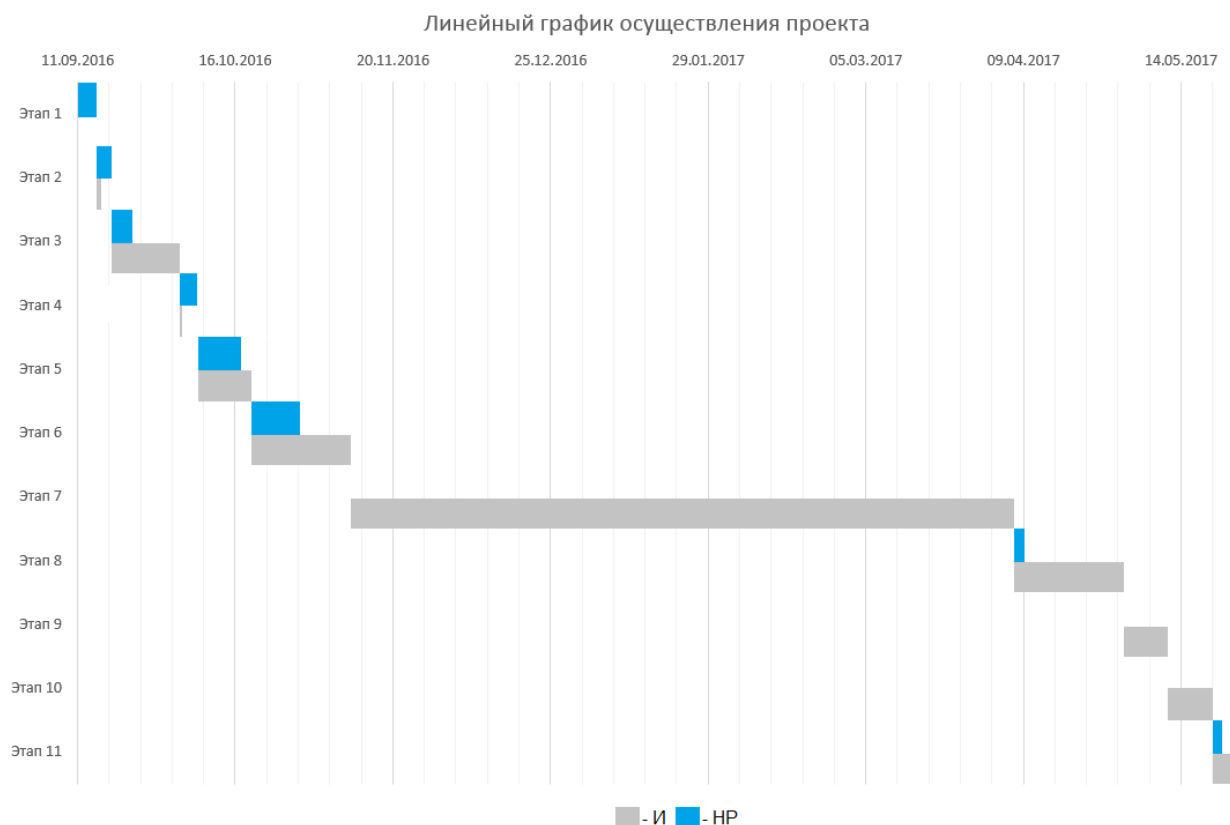


Рисунок 14 – Линейный график осуществления проекта для исполнителя

5.1.2. Расчет накопления готовности проекта

В данном разделе производится оценка текущих состояний работы над проектом. Величина накопления готовности работы показывает, на сколько процентов по окончании текущего (*i*-го) этапа выполнен общий объем работ по проекту в целом. Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа представлены в таблице 5.3.

Для определения степени готовности проекта используется следующая формула:

$$CG_i = \frac{TP_i^H}{TP_{\text{общ.}}} = \frac{\sum_{k=1}^i TP_k}{TP_{\text{общ.}}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m TP_{km}}{\sum_{k=1}^I \sum_{j=1}^m TP_{km}}, \text{ где}$$

$TP_{\text{общ.}}$ – общая трудоемкость проекта;

$TP_i(TP_k)$ – трудоемкость *i*-го (*k*-го) этапа проекта;

TP_i^H – накопленная трудоемкость *i*-го этапа проекта по его завершении

$TP_{ij}(TP_{kj})$ – трудоемкость работ, выполняемых j -м участником на i -м этапе, здесь $j = \overline{1, m}$ – индекс исполнителя (в данном случае $m = 2$, так как в проекте 2 исполнителя). Расчет данной величины производится на основании столбцов 6 и 7.

Таблица 5.3 – Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа

№ п/п	Этап	ТР _i , %	СГ _i , %
1	Постановка целей и задач, получение исходных данных	1,41	1,41
2	Выявлений требований к программному продукту	1,57	2,98
3	Подбор и обзор литературы, обзор существующих решений	6,82	9,8
4	Разработка календарного плана	1,55	11,35
5	Разработка модели системы	7,44	18,79
6	Разработка алгоритма реализации	11,49	30,29
7	Разработка приложения	51,42	81,71
8	Тестирование	9,32	91,03
9	Анализ результатов	3,43	94,46
10	Оформление пояснительной записки	3,43	97,88
11	Подведение итогов	2,12	100

5.2. Расчет сметы затрат на выполнение проекта

С учетом специфики проделанной работы для рассматриваемого проекта производится оценка следующих расходов:

- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- прочие расходы.

Ввиду отсутствия привлечения помощи сторонних организаций, командировок, привлечения консалтинговых услуг, расходы по соответствующим статьям не оцениваются применительно к данной работе. Помимо вышеперечисленного, не рассматриваются также затраты на материалы ввиду их незначительности в масштабе данной работы.

5.2.1. Расчет заработной платы

В данном разделе расчет основной заработной платы производится на основе величины месячного оклада исполнителя и трудоемкости каждого этапа. Расчет затрат на заработную плату представлен в таблице 5.4. Для расчета данной таблицы использовались следующие параметры:

- Месячный оклад исполнителей проекта (МО)

В данном случае рассматриваются следующие оклады:

- 1) научный руководитель: должность – доцент, степень – кандидат технических наук;
- 2) исполнитель: младший научный сотрудник, степень – нет (оклад согласно месту прохождения преддипломной практики).

- Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-т}}$) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \frac{МО}{24,83}, \text{ где}$$

МО – месячный оклад исполнителя,

Значение 24, 83 – количество рабочих дней при шестидневной рабочей неделе при условии 298 рабочих дней в году.

- Интегральный коэффициент ($K_{\text{и}}$)

– служит для перехода от базовой суммы заработной платы исполнителя, связанной с участием в проекте к полному заработку. Рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{и}} = K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{допЗП}} \cdot K_{\text{р}}, \text{ где}$$

$K_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент ($K_{\text{пр}} = 1,1$);

$K_{\text{допЗП}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы ($K_{\text{допЗП}} = 1,188$);

$K_{\text{р}}$ – коэффициент районной надбавки ($K_{\text{р}} = 1,3$).

Таким образом, получаем следующий интегральный коэффициент:

$$K_{\text{И}} = 1,1 \cdot 1,188 \cdot 1,3 = 1,699$$

Таблица 5.4 – Затраты на заработную плату

Исполни- тель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб. дни	Коэф-т	Фонд з/платы, руб.
НР	27 484,86	1 106,92	34	1,699	63 942,43
И	14 874,45	599,05	204	1,699	207 628,87
Итого:					271 571,30

5.2.2. Расчет затрат на социальный налог

- пенсионный фонд;
- социальное страхование;
- медицинское страхование.

ЕСН составляет 30% от полной заработной платы по проекту:

$$C_{\text{соц}} = C_{\text{зп}} \cdot 0,3$$

Таким образом, для разрабатываемого проекта получаем:

$$C_{\text{соц}} = 271\,571,30 \cdot 0,3 = 81\,471,39 \text{ руб.}$$

5.2.3. Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, используемую оборудованием в ходе выполнения проекта и рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{эл.об}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot C_{\text{э}}, \text{ где}$$

$P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час;

$C_{\text{э}}$ – тариф на 1кВт·час.

Значения параметров

- 1) $C_{\text{э}}$ - для ТПУ составляет 5,257 руб/ кВт·час (с НДС)

2) $\text{Ц}_э$ - для ООО “Газпром трансгаз Томск” составляет 5,724 руб/ кВт·час (с НДС)

3) $t_{об} = T_{рД} \cdot K_t$, где

- $T_{рД}$ – трудозотраты исполнителя из расчета на 8 часовой рабочий день;
- $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени (в данном случае используется значение 0,9).

4) $P_{об} = P_{ном} \cdot K_c$, где

- $P_{ном}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;
- $K_c \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависит от средней степени использования номинальной мощности. Для данного проекта используется значение 1.

Расчет затрат электроэнергии представлен в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Тариф $\text{Ц}_э$, руб/кВт·час	Затраты $\text{Э}_{об}$, руб.
Персональный компьютер	$8 \cdot 204 \cdot 0,9 = 1468,8$	0,3	5,724	2 522,22
Персональный компьютер	$8 \cdot 34 \cdot 0,9 = 244,8$	0,3	5,257	386,07
Лазерный принтер	5	0,1	5,257	2,63
Итого				2 910,92

5.2.4. Расчет амортизационных расходов

Для расчета амортизационных расходов используется следующая формула:

$$C_{ам} = \frac{N_A \cdot \text{Ц}_{об} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_d}, \text{ где}$$

N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$\text{Ц}_{об}$ – балансовая стоимость единицы оборудования;

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта;

n – число единиц задействованного оборудования;

F_d – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования.

Расчет амортизационных расходов представлен в таблице 5.6. Параметры расчета определяются следующим образом:

1) годовая норма амортизации единицы оборудования H_A

Величина H_A определяется как обратное значение величины CA , где CA – рамочные значения сроков амортизации $\equiv CA$ согласно постановлению правительства РФ «О классификации основных средств, включенных в амортизационные группы».

2) балансовая стоимость единицы оборудования C_{OB}

Значение взято исходя из фактической стоимости ПК и принтера на момент разработки проекта.

3) фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта

t_{pf}

4) действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования F_d .

Величина берется на основании фактического режима использования оборудования в текущем календарном году

- t_{pf} : для ПК – 1468,8 и 244,8 для принтера – 5

Таблица 5.6 - Амортизационные расходы

	H_A	C_{OB} , руб.	t_{pf} , часов	п, шт	F_d , час	C_{AM} , руб
ПК	0,4	60 000	1468,8	1	2384	14 786,58
ПК	0,4	60 000	244,8	1	2384	2 464,43
принтер	0,5	15 000	5	1	500	75
Итого						17 326,01

5.2.5. Расчет прочих расходов

В данном разделе производится оценка расходов на выполнение проекта, которые не были учтены в предыдущих статьях. Величина прочих расходов составляет 10% от суммы всех предыдущих расходов. Таким образом:

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}}) \cdot 0,1$$

Для данного проекта получаем:

$$C_{\text{проч.}} = (271\,571,30 + 81\,471,39 + 2\,910,92 + 17\,326,01) \cdot 0,1 = 37\,327,96 \text{ руб.}$$

5.2.6. Расчет общей себестоимости разработки

Общая себестоимость разработки представляет суммарное значение затрат по всем статьям сметы затрат на разработку. Расчет общей себестоимости разработки представлен в таблице 5.7.

Таблица 5.7 - Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	271 571,30
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	81 471,39
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	2 910,92
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	17 326,01
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	37 327,96
Итого		410 607,58

5.2.7. Расчет прибыли

Одним из вариантов приблизительной оценки прибыли является определение ее размера в пределах от 5 % до 20% от полной себестоимости проекта. Приведем для данной проекта расчет минимальной и максимальной прибыли исходя из заданных пределов.

Таким образом:

$$\text{Минимальная прибыль} = 0,05 \cdot 410\,607,58 = 20\,530,38 \text{ руб.}$$

$$\text{Максимальная прибыль} = 0,2 \cdot 410\,607,58 = 82\,121,52 \text{ руб.}$$

5.2.8. Расчет НДС

НДС составляет 18% от суммы затрат на разработку и прибыли. Таким образом, для данного проекта получаем:

$$\text{НДС}_{\min} = (410\,607,58 + 20\,530,38) * 18\% = 77\,604,83 \text{ руб.}$$

$$\text{НДС}_{\max} = (410\,607,58 + 82\,121,52) * 18\% = 88\,691,24 \text{ руб.}$$

5.2.9. Цена разработки НИР

Данный параметр представляет сумму полной себестоимости, прибыли и НДС. Таким образом, получаем:

$$\text{Ц}_{\text{НИР_МИН}} = (410\,607,58 + 20\,530,38 + 77\,604,83) = 508\,742,79 \text{ руб.}$$

$$\text{Ц}_{\text{НИР_МАКС}} = (410\,607,58 + 82\,121,52 + 88\,691,24) = 581\,420,33 \text{ руб.}$$

5.3. Оценка экономической эффективности проекта

Экономический эффект от разработки проекта в количественном отношении выражается в виде разницы затрат на разработку программного комплекса исполнителем и сторонним производителем. Количество сэкономленных средств составляет 306 892,42 руб.

Минимальная рыночная цена разработки ОРС клиента для серверов телемеханики АСУ ТП ООО «Газпром трансгаз Томск» в сопоставимые сроки составляет:

$$\text{Ц}_{\text{МИН_РЫН}} = 717\,500,00 \text{ руб.}$$

С учетом выбранных сроков разработки экономическая эффективность выражается в виде:

$$\text{Э}_{\text{ЭФ}} = \text{Ц}_{\text{МИН_РЫН}} - \text{С}_{\text{общ}} = 717\,500,00 - 410\,607,58 = 306\,892,42 \text{ руб.}$$

В качественном отношении внедрение разработанной системы окажет влияние на инженерные задачи ООО «Газпром трансгаз Томск». Главный эффект заключается в увеличении скорости передачи данных, уменьшение загруженности серверных ресурсов и сетевого канала и повышении отказоустойчивости системы.

Непосредственный экономический эффект от внедрения разработанного проекта выразить сложно. Для этого нужно провести специальное трудоемкое исследование, что выходит за рамки данной работы в виду того, что разработанное программное обеспечение является лишь частью системы мониторинга транспортировки газа на востоке России, а также исполнитель не обладает компетенцией для проведения вышеуказанного исследования.

Разработанное решение так же будет использовано для сбора данных с магистрального газопровода «Сила Сибири», образующего крупнейшую систему транспортировки газа на Востоке России.

5.4. Оценка научно-технического уровня НИР

Научно-технический уровень характеризует влияние проекта на уровень и динамику обеспечения научно-технического прогресса в данной области. Для данной оценки используется метод балльных оценок, сущность которого заключается в присвоении каждому из показателей НИР определенного количества баллов по соответствующей для данного показателя шкале.

Научно-технический уровень определяется на основании его интегрального показателя, который выражается следующей формулой:

$$I_{\text{НТУ}} = \sum_{i=1}^3 R_i \cdot n_i, \text{ где}$$

$I_{\text{НТУ}}$ - интегральный индекс научно-технического уровня;

R_i – весовой коэффициент i -го признака научно-технического эффекта;

n_i – количественная оценка i -го признака научно-технического эффекта в баллах;

Оценка научно-технического уровня представлена в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Оценка научно технического уровня НИР

Значи- мость	Фактор НТУ	Уровень фактора	Выбранный балл	Обоснование выбранного балла
0,4	Уровень новизны	Новая	7	Модель получения данных с серверов телемеханики средствами WCF сервиса
0,1	Теоретический уровень	Разработка способа	6	Разработка OPC клиента
0,5	Возможность реализации	В течение первых лет	10	Реализуется на основе хорошо известных технологий

Таким образом, для данного проекта получаем следующий показатель научно-технического уровня:

$$I_{\text{НТУ}} = 0,4 \cdot 7 + 0,1 \cdot 6 + 0,5 \cdot 10 = 2,8 + 0,6 + 5 = 8,4$$

В таблице 5.9 приводится оценка качественных уровней НИР.

Таблица 5.9 - Качественная оценка показателей НИР

Уровень НТЭ	Показатель НТЭ
Низкий	1-4
Средний	4-7
Высокий	8-10

На основании таблицы 1.9 данная работа относится к высокому уровню научно технического эффекта. Высокий уровень НТЭ обусловлен тем, что данная работа представляет новый подход для сбора данных с серверов телемеханики в виде WCF сервиса.

5.5. Вывод

В данном разделе была произведена оценка различных экономических аспектов разработанного проекта. На основании полученных результатов проекту можно дать следующую характеристику:

- по времени разработки (10 месяцев) проект относится к краткосрочному виду проектов;
- по масштабности (с учетом себестоимости и времени разработки) проект можно отнести к категории малых проектов;
- наличие новизны метода и актуальность решаемой проблемы повышают конкурентоспособность проекта в заданной предметной области.

Список публикаций студента

1. Лебедев А.В., Литневский С.Е., Ботыгин И.А. Обработка и визуализация данных с ультразвуковых термоанемометров // Молодежь и современные информационные технологии. Сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии». Томск, 7-11 ноября 2016 г. – 2017 – Томск: Изд-во ТПУ. – Т. 1 – С. 57–59.
2. Лебедев А.В., Кошмелев А.А. Разработка системы сбора данных с серверов телемеханики газотранспортных сетей // Журнал «Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов». Статья направлена на рецензирование.