

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

Школа инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки, специальность 09.04.02 информационные системы и технологии, геоинформационные системы
Отделение школы (НОЦ) информационных технологий

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Интеграционный сервис передачи данных между АСУ ТП и MES

УДК 004.896:004.724.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ6Б	Азаров Игорь Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Ковин Роман Владимирович	к.т.н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Старикова Екатерина Васильевна	к.ф.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Волков Юрий Викторович	к.т.н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Шерстнев Владислав Станиславович	к.т.н		

Томск – 2018 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результат- ов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Общепрофессиональные компетенции</i>	
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.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P5	Разрабатывать стратегии и цели проектирования, критерии эффективности и ограничения применимости, новые методы, средства и технологии проектирования геоинформационных систем (ГИС) или промышленного программного обеспечения.
P6	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования в области создания интеллектуальных ГИС и ГИС технологии или промышленного программного обеспечения с использованием методов системной инженерии.
P7	Осуществлять авторское сопровождение процессов проектирования, внедрения и сопровождения ГИС и ГИС технологий или промышленного программного обеспечения с использованием методов и средств системной инженерии, осуществлять подготовку и обучение персонала.
P8	Формировать новые конкурентоспособные идеи в области теории и практики ГИС и ГИС технологий или системной инженерии программного обеспечения. Разрабатывать методы решения нестандартных задач и новые методы решения традиционных задач.
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P9	Использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских, проектных работ и профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов, в управлении коллективом
P10	Свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения.
P11	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень. Проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности
P12	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.

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

Школа инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки, специальность 09.04.02 информационные системы и технологии, геоинформационные системы
Отделение школы (НОЦ) информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Шерстнев В.С.
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ6Б	Азаров Игорь Сергеевич

Тема работы:

Интеграционный сервис передачи данных между АСУ ТП и MES	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№2740/с от 19.04.2018г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2018
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Источником информации при разработке интеграционного сервиса является проект по созданию MES-системы для горнодобывающего предприятия, разработкой которого занимается компания «ЭлеСи».
--	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><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></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Изучение предметной области. • Постановка задачи. • Изучение стандарта OPC. • Изучение стандарта B2MML. • Изучение структуры базы данных. • Изучение SOA-архитектуры. • Проектирование и разработка программных модулей интеграционного сервиса.
Перечень графического материала	Физическая модель базы данных, архитектура интеграционного сервиса, алгоритмы работы модулей интеграционного сервиса, эскиз окна установки интеграционного сервиса.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Старикова Е.В.
Социальная ответственность	Волков Ю.В
Раздел на иностранном языке	Диденко А.В
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Проектирование интеграционного сервиса (Design of integration Service)	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	29.01.2018
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Ковин Роман Владимирович	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ6Б	Азаров Игорь Сергеевич		

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

Школа инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки, специальность 09.04.02 информационные системы и технологии, геоинформационные системы
Уровень образования магистратура
Отделение школы (НОЦ) информационных технологий
Период выполнения весенний семестр 2017/2018 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	04.06.2018
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
29.01.2018	Постановка целей и задач, получение исходных данных	5
05.02.2018	Составление и утверждение технического задания	5
12.03.2018	Подбор и изучение материалов по тематике	15
25.03.2018	Проектирование интеграционного сервиса	20
15.04.2018	Реализация интеграционного сервиса	25
23.05.2018	Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение	15
25.05.2018	Социальная ответственность	5
01.06.2018	Обязательное приложение на иностранном языке	5
04.06.2018	Оформление пояснительной записки	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Ковин Роман Владимирович	к.т.н		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Шерстнев Владислав Станиславович	к.т.н		

**«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ6Б	Азаров Игорю Сергеевичу

Школа	ИШИТР	Отделение школы	ИТ
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	09.04.02 Информационные системы и технологии

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос, наблюдение.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа: SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения НИИ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение структуры и трудоёмкости работ в рамках НИИ, планирование бюджета НИИ
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчёт интегрального показателя финансовой эффективности, интегрального финансового показателя, интегрального показателя ресурсоэффективности для всех видов исполнения НИИ.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Сегментирование рынка
2. SWOT-анализ
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Линейный график работ
5. Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа
6. Расчет затрат на материалы
7. Оценки научно-технического уровня НИИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отд. социально-гуманитарных наук	Старикова Екатерина Васильевна	к.ф.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ6Б	Азаров Игорь Сергеевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ6Б	Азарову Игорю Сергеевичу

Школа	ИШИТР	Отделение школы	ИТ
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	09.04.02 Информационные системы и технологии

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Целью магистерской диссертации является обеспечение интеграции уровней информационных систем горнодобывающего предприятия путём создания программного средства.</p>
<p>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</p>	
<p>1. Профессиональная социальная безопасность.</p> <p>1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.</p> <p>1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.</p> <p>1.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.</p>	<p>Анализ выявленных вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - недостаточная освещенность рабочей зоны; - повышенный уровень электромагнитных излучений; - повышенная напряжённость электрического поля; - повышенная или пониженная влажность воздуха; - повышенный уровень шума. <p>Анализ выявленных опасных факторов, которые может создать объект исследования:</p> <ul style="list-style-type: none"> - электрический ток (источником является ПК);
<p>2. Экологическая безопасность.</p> <p>2.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.</p> <p>2.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.</p> <p>2.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.</p>	<p>Оценка влияния на атмосферу и гидросферу. Воздействие на литосферу.</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.</p> <p>3.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.</p> <p>3.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.</p> <p>3.3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.</p>	<p>В помещении возможно ЧС техногенного характера – пожар (возгорание).</p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.</p> <p>4.1. Специальные (характерные для проектируемой</p>	<p>Требования к организации оборудования рабочих мест с ПК регулируется СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.</p>

рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства. 4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	
---	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	29.01.2018
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Юрий Викторович Волков	Канд. техн. наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ6Б	Азаров Игорь Сергеевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 93 страниц, 13 рисунков, 24 таблиц, 30 источников, 1 приложения.

Ключевые слова: технология OPC, SCADA, MES, АСУ ТП, автоматизированная система управления, интеграционный сервис, программное средство, информационная система, Windows-служба.

Целью магистерской диссертации является обеспечение интеграции информационных систем горнодобывающего предприятия путём создания программного средства.

Объектом исследования является функция сбора и хранения данных в MES-системе.

В данной работе был разработан интеграционный сервис для передачи данных между АСУ ТП и MES. Разработанный интеграционный сервис собирает данные, поступающие от производственного оборудования, после чего структурирует оперативную производственную информацию и предоставляет её на уровень ERP-системы.

Определения и сокращения

БД – база данных

АСУ ТП – Автоматизированная Система Управления Технологическими Процессами

MES – Manufacturing Execution Systems, автоматизированная система управления производственными процессами

ERP – Enterprise Resource Planning, автоматизированная система управления предприятием или управление ресурсами предприятия

MESA – Manufacturing Enterprise Solutions Association, международная ассоциация производителей систем управления производством

ЭВМ – электронно-вычислительная машина

OPC – OLE for Process Control. OLE – Object Linking and Embedding, связывание и встраивание объектов

DLL – Dynamic Link Library, динамически подключаемая библиотека, в операционных системах Microsoft Windows библиотека, позволяющая многократное использование различными программными приложениями.

HTTP – Hypertext Transfer Protocol, протокол передачи гипертекста, протокол прикладного уровня передачи данных

XML – Extensible Markup Language, расширяемый язык разметки

Оглавление

Введение.....	14
1 ЗАДАЧИ ИНТЕГРАЦИОННОГО СЕРВИСА В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ.....	15
1.1 Информационные системы управления производством.....	15
1.2 Задача интеграции уровней информационных системах производственного предприятия	19
1.3 Протокол OPC как стандарт передачи данных из АСУ ТП.....	22
1.4 Формат описания производственных данных для ERP	26
1.5 Требования к интеграционному сервису	27
1.5.1 Требования к модулю сбора данных	27
1.5.2 Требования к модулю предоставления данных	28
1.6 Модель базы данных MES системы.....	29
2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕГРАЦИОННОГО СЕРВИСА	33
2.1 Архитектура интеграционного сервиса	33
2.1.1 Модуль сбора данных с уровня АСУ ТП.....	36
2.1.2 Модуль предоставления данных из БД.....	41
2.2 Структура конфигурационного файла	44
3. РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕГРАЦИОННОГО СЕРВИСА	45
3.1 Язык программирования и среда разработки.....	45
3.2 Использование компонентов	45
3.2.1 Nlog framework.....	46
3.2.2 Entity framework.....	46
3.2.3 OPC Foundation	46
3.3 Создание дистрибутива интеграционного сервиса	47

3.4	Результаты работы интеграционного сервиса	48
4	ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	51
4.1	Потенциальные потребители результатов исследования	51
4.2	Анализ конкурентных технических решений	52
4.3	SWOT – анализ	53
4.4	Организация и планирование работ	55
4.4.1	Продолжительность этапов работ	56
4.4.2	Расчет накопления технической готовности	59
4.5	Расчёт сметы затрат на выполнение проекта	61
4.5.1	Расчёт затрат на материалы.....	61
4.5.2	Расчёт заработной платы	62
4.5.3	Расчет отчисления на социальные нужды	63
4.5.4	Расчет затрат на электроэнергию.....	63
4.5.5	Расчет амортизационных расходов	64
4.5.6	Расчет расходов на услуги связи	65
4.5.7	Расчет прочих расходов	65
4.5.8	Расчет общей себестоимости разработки	66
4.5.9	Расчёт прибыли.....	66
4.5.10	Расчёт НДС.....	66
4.5.11	Цена разработки НИР	67
4.6	Оценка научно-технического уровня НИР	67
5	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	69
5.1	Производственная безопасность	69
5.1.1	Повышенное Электромагнитное излучение	69

5.1.2 Повышенные показатели микроклимата	70
5.1.3 Освещенность рабочей зоны	71
5.1.4 Повышенный уровень шума.....	72
5.1.5 Психофизические факторы.....	73
5.1.6 Электробезопасность	74
5.2 Экологическая безопасность.....	75
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	75
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	77
5.5 Организационные мероприятия обеспечения безопасности рабочей зоны.....	77
Заключение	78
Список используемых источников.....	79
ПРИЛОЖЕНИЕ А	82

Введение

Современные реалии таковы, что предприятия вне зависимости от вида деятельности все чаще сталкиваются с необходимостью автоматизации. Главная задача любого производства — это повышение производительности и рост качества продукции без увеличения затрат. Ручное управление производственными процессами снижает качество и требует больше времени, поэтому его необходимо максимально автоматизировать.

Компания «ЭлеСи» занимается разработкой автоматизированной системы управления производством (MES), которая будет внедрена в горнодобывающее предприятие. Разрабатываемая MES-система состоит из интегрированного набора производственных модулей и вспомогательных приложений. Такой состав MES делает возможным её применение на различных уровнях: от незавершенного производства до полностью интегрированного процесса сбора данных, отслеживания и управления ресурсами, при совместном использовании с другими системами такими, как автоматизированные системы управления предприятия (ERP).

Для информационного взаимодействия между АСУ ТП и MES возникает необходимость в получении, накоплении и передачи технологических данных, циркулирующих в производственной среде предприятия.

Целью данной работы является обеспечение интеграции уровней информационных систем горнодобывающего предприятия путём создания программного средства.

1 ЗАДАЧИ ИНТЕГРАЦИОННОГО СЕРВИСА В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ

1.1 Информационные системы управления производством

В настоящее время компания «ЭлеСи» занимается разработкой MES-системы, которая в дальнейшем будет интегрирована с существующей АСУ ТП на горнодобывающем производстве.

Автоматизированная система управления технологическими процессами в рамках одного производственного процесса позволяет организовать основу для внедрения автоматизированной системы управления производственными процессами. В отличие от АСУ ТП, где система позиционирует себя как комплекс аппаратных и программных средств, MES система представляет собой программное обеспечение, направленное на решение задач для автоматизации производственных процессов.

Международная ассоциация производителей систем управления производством определила одиннадцать типовых обобщенных функций MES-систем [1]:

- Контроль состояния и распределение ресурсов (RAS) — управление ресурсами производства: технологическим оборудованием, материалами, персоналом, документацией, инструментами, методиками работ.
- Оперативное/Детальное планирование (ODS) — расчет производственных расписаний, основанный на приоритетах, атрибутах, характеристиках и способах, связанных со спецификой изделий и технологией производства.
- Диспетчеризация производства (DPU) — управление потоком изготавливаемых деталей по операциям, заказам, партиям, сериям, посредством рабочих нарядов.

- Управление документами (DOC) — контроль содержания и прохождения документов производственной деятельности, ведение плановой и отчетной цеховой документации.

- Сбор и хранение данных (DCA) — взаимодействие информационных подсистем в целях получения, накопления и передачи технологических, циркулирующих в производственной среде предприятия.

- Управление персоналом (LM) — обеспечение возможности управления персоналом.

- Управление качеством продукции (QM) — анализ данных измерений качества продукции в режиме реального времени на основе информации поступающей с производственного уровня, обеспечение должного контроля качества, выявление критических точек и проблем, требующих особого внимания.

- Управление производственными процессами (PM) — обеспечение мониторинга производственных процессов, автоматическая корректировка либо диалоговая поддержка решений оператора.

- управление техобслуживанием и ремонтом (MM) — управление техническим обслуживанием, плановым и оперативным ремонтом оборудования и инструментов для обеспечения их эксплуатационной готовности.

- отслеживание истории продукта (PTG) — визуализация информации о месте и времени выполнения работ по каждому изделию.

- анализ производительности (PA) — предоставление подробных отчетов о реальных результатах производственных операций. Сравнение плановых и фактических показателей.

В реальных условиях для MES-системы могут оказаться необходимыми только некоторые из этих функций. Поэтому систему MES нельзя рассматривать как программный комплекс, который по умолчанию должен содержать в себе перечисленные выше одиннадцать функций.

Термин «автоматизированный» в отличие от термина «автоматический» подчеркивает возможность участия человека в отдельных операциях, как в целях сохранения человеческого контроля над процессом, так и в связи со сложностью или нецелесообразностью автоматизации отдельных операций.

В общей структуре производства MES-системы занимают промежуточный слой между производственным уровнем АСУ ТП (на котором работают системы типа SCADA) и уровнем финансово-хозяйственного управления - ERP-системами [2].

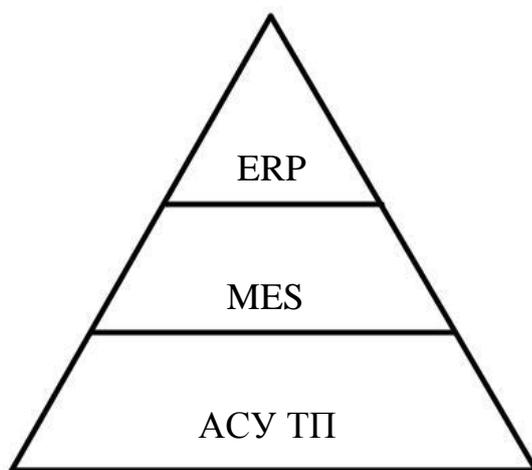


Рисунок 1 – Иерархия информационных систем предприятия

В настоящее время ни одна отрасль промышленного производства не обходится без внедрения АСУ ТП. АСУ ТП представляет комплекс аппаратных и программных средств, предназначенный для автоматизации управления технологическим оборудованием на промышленных предприятиях, обеспечивая автоматизацию основных операций технологического процесса на производстве в целом или каком-то его участке [5].

В качестве SCADA-системы компания «ЭлеСи» использует свой программно-инструментальный комплекс SCADA Infinity. Она не привязана к конкретному типу производства, и может быть применима на предприятиях различных отраслей [6].

MES система позволяет решать задачи синхронизации и оптимизации выпуска продукции в рамках производства. MES система в режиме реального времени: оптимизирует, контролирует, документирует производственные процессы от начала формирования заказа до выпуска готовой продукции. Системы MES позволяют отслеживать весь процесс производственной трансформации продукции, начиная со стадии сырьевых материалов и заканчивая стадией готовой продукции, однако MES система не ограничивается на производстве продукции из сырьевых материалов, так же она может быть интегрирована в сферу горной, нефтяной и других промышленности.

MES-система собирает и обрабатывает данные о технологических параметрах производства с АСУ ТП. Данная система может предоставить всю необходимую информацию в нужное время и продемонстрировать принимающему решения специалисту, каким образом текущие условия цеха могут быть оптимизированы для улучшения выпуска продукции. Система MES фиксирует данные, процессы и выходные результаты производственного процесса и поддерживает систему записей. Это может быть особенно важно в регулируемых отраслях, таких как производство пищевых продуктов и напитков или фармацевтика, в которых могут понадобиться документация и доказательства надлежащего качества процессов, события и действий [2].

В MES системах для выполнения объемов производства обеспечивается оптимизация расписаний работы оборудования, результаты которой позволяют загрузить технологическое и вспомогательное оборудование более плотно, высвободить некоторые единицы оборудования, в отдельных случаях, уменьшить длительность и количество операций по переналадке оборудования, сократить объемы незавершенного производства, а также уменьшить общую длительность производственного цикла. В конечном счете, главным результатом использования MES-систем является увеличение пропускной способности производственной системы [3].

1.2 Задача интеграции уровней информационных системах производственного предприятия

Командой разработчиков компании «ЭлеСи» в ходе проектирования было принято решение реализовать MES-систему как программное обеспечение с модульной структурой. Такое построение программного обеспечения позволяет его более гибко использовать и поддерживать на уровне инфраструктуры управления производственных процессов.

Для реализации функции DCA, отвечающую за взаимодействие информационных систем в целях получения, накопления и передачи технологических данных, предстояла задача интегрировать технологические данные из АСУ ТП в MES систему и обеспечить доступ к ним через открытый интерфейс потенциально возможным клиентам ERP-системы.

Сегодня рынок не предлагает готовых программных компонентов, как отдельное программное обеспечение, реализующее функцию DCA, которое можно встроить в MES-систему. Такое положение рынка объясняется тем, что MES системы разнятся между собой в виду того, что они используются в разных областях промышленности, имеют различные платформы и архитектуру. Поэтому, для реализации функции DCA, руководством компании было принято решение разработать свой интеграционный сервис, который бы обеспечивал передачу технологических данных из АСУ ТП в MES-систему и имел открытый интерфейс для доступа к данным из уровня ERP. В основе данной работы лежит задача реализации функции DCA в разрабатываемой MES системе.

При проектировании MES системы учитывалось, что она может быть интегрирована с информационными системами ERP уровня. Для этого система должна иметь открытый интерфейс для разработки новых приложений и интеграции с другими системами, на основе стандарта B2MML.

Интеграционный сервис передачи данных предназначен для сбора данных о параметрах состояния оборудования на промышленных

горнодобывающих объектах. Оборудование в свою очередь может состоять из составных подсистем, например, под оборудованием может пониматься конвейер, а его подсистемами могут быть двигатели этого конвейера, такие подсистемы на предприятии именуется как физические активы. Таким образом, параметр может принадлежать как оборудованию, так и физическому активу этого оборудования.

Сбор данных о параметрах оборудования должен осуществляться из АСУ ТП через протокол OPC HDA. Полученные текущие данные о параметрах в свою очередь должны сохраняться в реляционной базе данных, которая входит в состав MES систем. Таким образом, обеспечивается согласованность между программными компонентами MES-системы на уровне базы данных, которые могут получать как исторические, так и оперативные данные о производстве.

Помимо сбора и хранения информации интеграционный сервис должен иметь открытый интерфейс для возможности предоставить данные на уровень ERP. Перед тем, как передать данные на уровень ERP, интеграционный сервис должен формировать данные. Данные должны формироваться в стандарте B2MML, этот стандарт позволяет описать данные в структурированном виде. На уровне ERP клиенты должны иметь возможность осуществить запрос к интеграционному сервису для получения тех или иных данных. Данные под собой подразумевают значения тех или иных параметров. Параметром может быть, например, скорость конвейера, число оборотов вентиляционной установки и так далее. Таким образом, значения различных параметров как актуальных, так и исторических могут использоваться клиентами на уровне ERP.

На следующем рисунке показано место интеграционного сервиса в производственной иерархии предприятия. Стрелками показано направление информационного потока между уровнями автоматизированных систем предприятия.

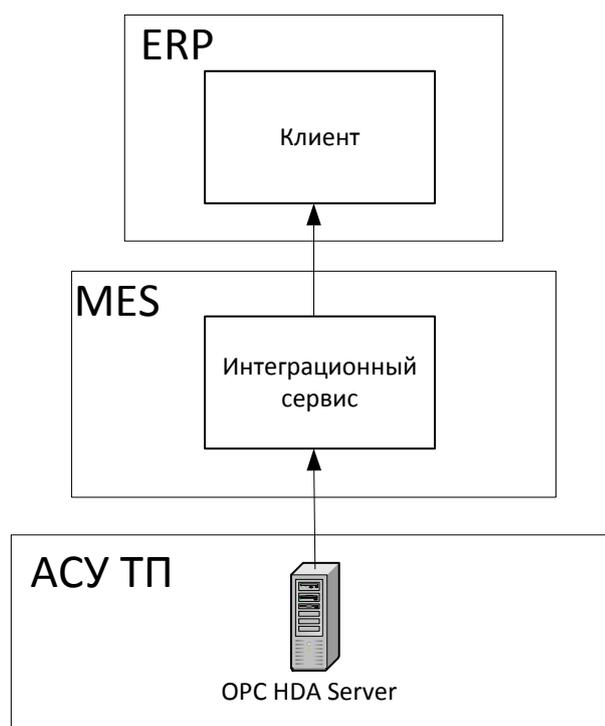


Рисунок 2 – Положение интеграционного сервиса в производственной иерархии предприятия

Архивирование информации дает возможность более четко отобразить картину состояния производства во времени. Этим самым на основе собираемых данных можно осуществить анализ производственной деятельности, отслеживать информацию, консолидировать эти данные в отчетности и дать варианты обоснованных решений для ведения производственными процессами. Интеграционный сервис предназначен собирать данные временными срезами с указанным периодом, тем самым получая более четкую или разряженную картину в зависимости от необходимой точности. Чем этот период меньше, тем выше оперативность сбора данных.

В интеграционном сервисе передачи данных заключены два модуля, каждый из которых реализует свои задачи. Задачей первого модуля является реализация функции MES системы для сбора и хранения данных из АСУ ТП. Задача второго модуля заключается в предоставлении этих данных на уровень ERP.

В данной работе модуль, который отвечает за сбор и хранение информации, будет именоваться как «Модуль сбора данных с уровня АСУ ТП». Модуль, который служит для доступа к данным, с помощью которого клиенты могут получить информацию в зависимости от запроса, будет именоваться как «Модуль предоставления данных из БД». Каждый модуль интеграционного сервиса может быть установлен опционально и могут работать вне зависимости друг от друга.

1.3 Протокол OPC как стандарт передачи данных из АСУ ТП

На уровне АСУ ТП, в составе программно-инструментального комплекса SCADA-infinity используется OPC HDA сервер. Данный сервер является источником технологических данных об оборудовании для интеграционного сервиса.

OPC (OLE for Process Control) – промышленный стандарт, созданный консорциумом производителей оборудования и программного обеспечения, который поддерживается большинством SCADA-систем [4].

Протокол OPC определяет способ обмена данными между двумя программами на ЭВМ под управлением ОС Windows. Технология разработана международной организацией OPC Foundation, как промышленный стандарт для взаимодействия программ, обслуживающих комплексы телемеханики разных производителей [7].

Назначение OPC-технологии – предоставить разработчикам промышленных программ универсальный интерфейс, включающий в себя набор функций для обмена данными с любыми устройствами. Это обеспечивало возможность совместной работы средств автоматизации, функционирующих на разных аппаратных платформах, в разных промышленных сетях и производимых разными фирмами. До разработки стандарта OPC SCADA-систему нужно было адаптировать к каждому новому оборудованию индивидуально [8].

ОРС был разработан для обеспечения доступа клиентской программы к нижнему уровню технологического процесса в наиболее удобной форме. Широкое распространение технологии ОРС в промышленности имеет следующие преимущества [9]:

- независимость в применении систем диспетчеризации от используемого в конкретном проекте оборудования;
- отсутствие необходимости в модификации разработчиками программного обеспечения своих продуктов вследствие модификации оборудования или выпуска новых изделий;
- предоставление заказчику свободы выбора между поставщиками оборудования, а также возможности интегрирования этого оборудования в информационную систему предприятия, которая может охватывать всю систему производства, управления и логистики.

Основная идея ОРС-технологии заключается в том, что клиентские программные приложения могут получать данные из определенного количества разнородных источников, например, ПЛК, интеллектуальное полевое оборудование, другое ПО т.е. ОРС используется не только для обмена данными с аппаратным обеспечением, но и для связи одного приложения с другим. Так, например, для получения данных по протоколу ОРС необходимы сервер, который предоставляет данные и клиент, который будет выполнять запрос для получения запрашиваемых данных [7]. Технология ОРС является унифицированным средством для взаимодействия и рисунок 2 показывает примеры взаимодействия клиента и сервера.

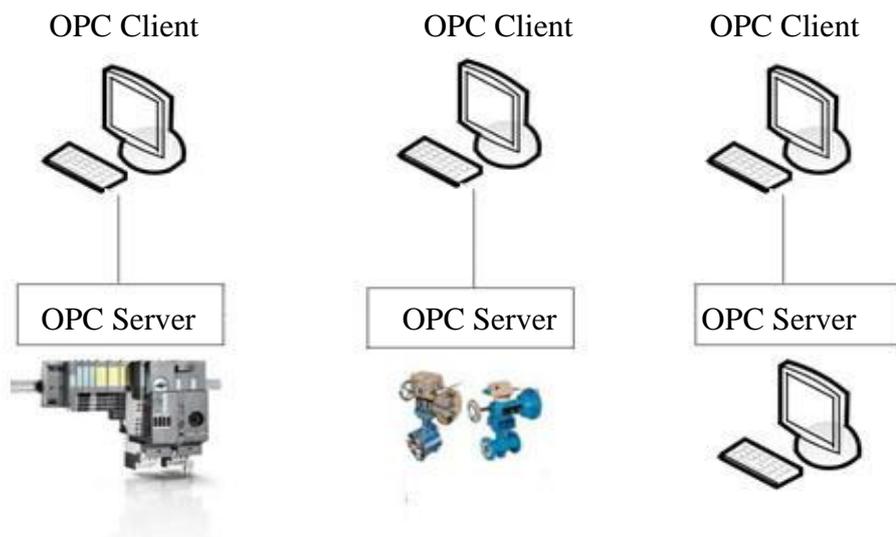


Рисунок 3 – Варианты работы клиента и сервера

Рисунок 3 показывает, что любой OPC-клиент может обмениваться данными с любым OPC-сервером вне зависимости от специфики устройства, для которого разрабатывался конкретный OPC-сервер.

Наиболее распространенные стандарты OPC [8]:

- OPC DA (Data Access). Сервер OPC DA является наиболее широко используемым в промышленной автоматизации. Он обеспечивает обмен данными (запись и чтение) между клиентской программой и физическими устройствами. Данные состоят из трех полей: значение, качество и временная метка.

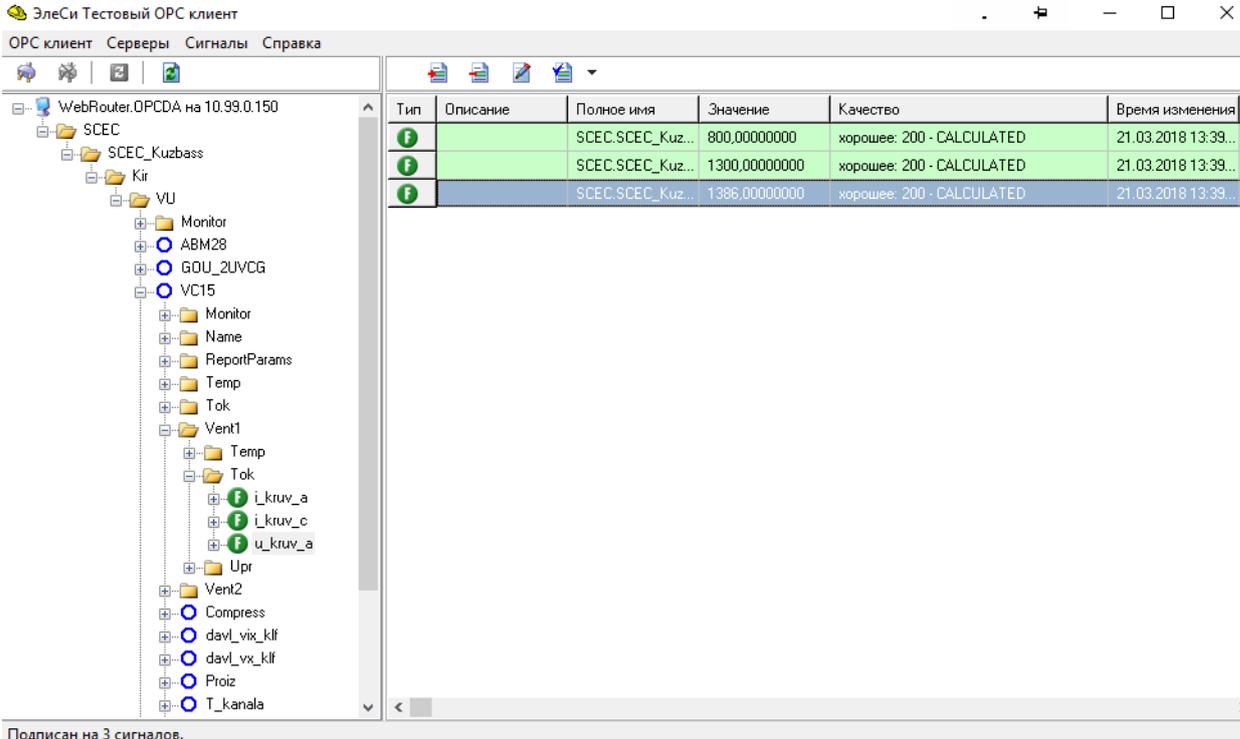
- OPC HDA (Historical Data Access) – сервер OPC Historical Data Access предоставляет доступ к уже сохраненным данным, сервер получает данные в реальном времени. Это значит, что OPC HDA также может предоставить последние актуальные данные, сервер содержит в себе свою приватную базу данных и предоставляет эти данные в зависимости от запроса. Данные также состоят из значения, качества и временной метки.

Данные приходящие с датчиков представляют собой аналоговый сигнал, который на уровне обработки ПЛК преобразовывается в цифровой сигнал. Достоверность данных оценивается при поступлении, 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 полученного сигнала и не возможности его использования. Качество полученного сигнала из OPC сервера характеризует его достоверность.

Каждый параметр в OPC сервере содержит свой уникальный тэг, по которому можно осуществлять запрос для получения сигналов параметра.

Следующий рисунок демонстрирует полученные сигналы из OPC DA трех параметров.



Тип	Описание	Полное имя	Значение	Качество	Время изменения
F		SCEC.SCEC_Kuz...	800,00000000	хорошее: 200 - CALCULATED	21.03.2018 13:39...
F		SCEC.SCEC_Kuz...	1300,00000000	хорошее: 200 - CALCULATED	21.03.2018 13:39...
F		SCEC.SCEC_Kuz...	1386,00000000	хорошее: 200 - CALCULATED	21.03.2018 13:39...

Подписан на 3 сигналах.

Рисунок 4 – Сигналы трех параметров вентиляционной установки

Каждая строка таблицы указывает на полученный сигнал того или иного параметра. В качестве примера, можно увидеть, что значение сигнала параметра «t_kruv_a» на момент времени 21.02.2018 13:39 было равным 800, и так как сигнал был хорошего качества, данные можно считать достоверными.

1.4 Формат описания производственных данных для ERP

Стандарт B2MML (business-to-manufacturing markup language) определяет протокол взаимодействия ERP и MES систем, который позволяет описывать структуру данных о производстве, состоянии оборудования, описания оборудования и так далее. B2MML поддерживается всеми крупнейшими производителями ERP систем, в том числе SAP, Baan, Oracle, JD Edwards и Microsoft [10].

Стандарт B2MML представляет язык описания данных, который основывается на формировании XML-схемы, реализующей описание объектной модели.

Ниже показан пример структуры B2MML, в которой описывается оборудование, его ID, описание, свойство оборудования, описание свойства оборудования, значение, типа данных и единицы измерения.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-16"?>
<EquipmentClass>
  <ID>1</ID>
  <Description>Krauss-Maffei 35CX-180</Description>
  <EquipmenProperty>
    <ID>ClampProcess</ID>
    <Description>Clamp Pressure</Description>
    <Value>
      <ValueString>350</ValueString>
      <DataType>integer</DataType>
      <Units>kN</Units>
    </Value>
  </EquipmenProperty>
</EquipmentClass>
```

Интеграционный сервис, используя данный стандарт, реализует открытый интерфейс для предоставления данных на уровень ERP. Структура B2MML позволяет описывать данные параметров оборудования на производственном предприятии.

1.5 Требования к интеграционному сервису

Основным требованием к интеграционному сервису является то, что он должен быть масштабируемым и распределенным. Для этого интеграционный сервис должен быть выполнен с учетом основных принципов SOA (сервис-ориентированная архитектура). Архитектуру SOA удобно использовать в больших распределенных системах, где компоненты системы не зависят от изменения других компонентов [11].

Под масштабируемостью понимается разделение сервиса на отдельные его модули, структура и логика которых не зависят друг от друга, а также возможность подключения и отключения их. Обеспечение независимости модулей дает возможность их взаимозаменяемости, где один модуль может быть заменен на другой, более усовершенствованный [11].

Распределенность позволяет размещать модули сервиса на разных серверах, например, с целью уменьшения нагрузки на каждый из серверов.

Модули интеграционного сервиса должны работать независимо друг от друга. А значит они должны иметь слабое сцепление.

Сцепление модулей определяется как мера относительной независимости модулей. Независимые модули могут быть модифицированы без переделки каких-либо других модулей. Слабое сцепление более желательно, так как это означает высокий уровень независимости модуля. Модули считаются полностью независимыми, если каждый из них не содержит информации о другом модуле.

Требования к разработке каждого модуля интеграционного сервиса можно описать как функциональные и нефункциональные.

1.5.1 Требования к модулю сбора данных

Модуль должен отвечать следующим функциональным требованиям:

- производить сбор данных из OPC HDA сервера с периодичностью указанной в файле конфигурации;

- поддерживать динамическое добавление новых параметров оборудования, которые указываются в базе данных;
- производить сбор данных тех параметров, которые указаны в базе данных, в таблице «params»;
- пытаться восстановить подключение в случае потери подключения к серверу OPC HDA с периодом в одну минуту;
- поддерживать динамическую загрузку конфигурации без необходимости перезапуска службы;
- поддерживать протоколирование, используя журнал событий Windows и файл протоколирования.

Модуль должен отвечать следующим нефункциональным требованиям:

- реализован как Windows-служба;
- конфигурироваться с использованием XML-файла;
- работать в операционных системах версий Windows 7, Windows 8, Windows 8.1 и Windows 10;
- в качестве системы управления базами данных должен использоваться PostgreSQL.

1.5.2 Требования к модулю предоставления данных

Модуль должен отвечать следующим функциональным требованиям:

- взаимодействовать с клиентами по протоколу HTTP;
- предоставлять данные по следующим GET-запросам:

<p>Для вывода данных об оборудовании без значений параметров: http://address:8080/equipment</p> <p>Для вывода данных об оборудовании со значениями параметров в промежутке времени: http://address:8080/equipment?id=ID&beg=dd.ММ.yyyy_hh:mm:ss&end=dd.ММ.yyyy_hh:mm:ss</p> <p>Для вывода данных о физическом активе оборудования со значениями параметров в промежутке времени: http://address:8080/equipment?id=ID1&phys_active_id=ID2&beg=dd.ММ.yyyy_hh:mm:ss&end=dd.ММ.yyyy_hh:mm:ss</p>

- предоставлять данные всего парка параметров на производстве без значений параметров;
- производить сбор данных о параметрах оборудования с сервера БД;
- предоставлять данные о параметрах в запрашиваемом промежутке времени;
- поддерживать динамическую загрузку конфигурации без необходимости перезапуска службы;
- предоставлять информацию в соответствии с B2MML;
- поддерживать протоколирование, используя журнал событий Windows и файл протоколирования.

Модуль должен отвечать следующим нефункциональным требованиям:

- реализован как Windows-служба;
- конфигурироваться с использованием XML-файла;
- работать в операционных системах версий Windows 7, Windows 8, Windows 8.1 и Windows 10;
- в качестве системы управления базами данных должен использоваться PostgreSQL.

1.6 Модель базы данных MES системы

Одной из важнейших составляющих MES-системы является база данных, которая работает под СУБД PostgreSQL [12]. Ниже представлен фрагмент базы данных, в котором заключены таблицы, необходимые для информационного взаимодействия с интеграционным сервисом. Каждая из представленных таблиц кроме «param_values» заполняется вручную диспетчером или оператором MES-системы.

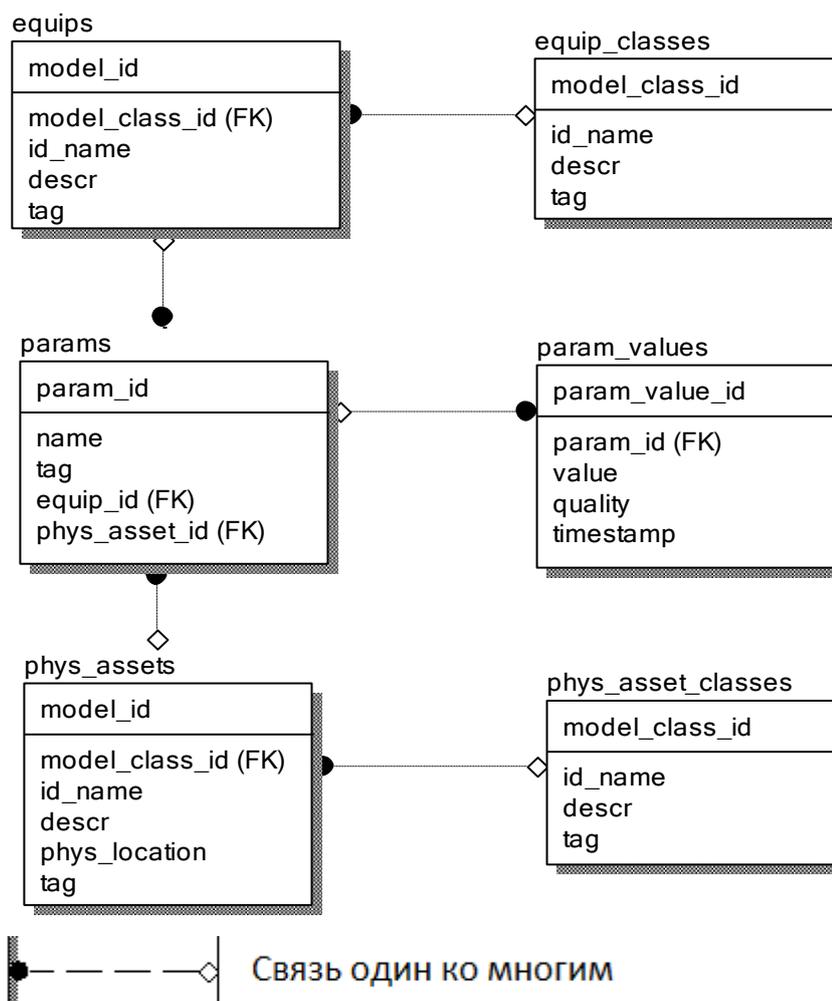


Рисунок 5 – Фрагмент модели базы данных

Ниже представлены таблицы, которые содержатся в представленной модели базы данных.

Таблица 1 – «equip_classes» - хранит информацию о классах оборудования. Каждое оборудование на производстве относится одному из классов этой таблицы.

Поле	Тип	Обязательность	Описание
model_class_id (PK)	bigint	✓	УИД класса оборудования
id_name	text		Название класса оборудования
descr	text		Описание класса оборудования
tag	text	✓	Тэг класса оборудования

Таблица 2 – «equips» - хранит информацию об оборудовании.

Поле	Тип	Обязательность	Описание
model_id (PK)	bigint	✓	УИД оборудования
model_class_id (FK)	bigint	✓	УИД класса оборудования
id_name	text		Название оборудования
descr	text		Описание оборудования
tag	text	✓	Тэг оборудования

Таблица 3 – «phys_assets» - хранит информацию о физических активах.

Поле	Тип	Обязательность	Описание
model_id (PK)	bigint	✓	УИД физического актива
model_class_id (FK)	bigint		УИД класса физического актива
id_name	text		Название физического актива
descr	text		Описание физического актива
phys_location	text		Местоположение физического актива в производстве
tag	text	✓	Тэг физического актива

Таблица 4 – «phys_assets_classes» - хранит информацию о классах физических активов.

Поле	Тип	Обязательность	Описание
model_class_id (PK)	bigint	✓	УИД класса физического актива
id_name	text		Название класса физического актива
descr	text		Описание класса физического актива
tag	text	✓	Тэг класса физического актива

Таблица 5 – «params» - хранит информацию параметрах. Параметр может принадлежать к оборудованию либо к физическому активу оборудования.

Поле	Тип	Обязательность	Описание
param_id (PK)	bigint	✓	УИД параметра
name	text		Название параметра
tag	text	✓	Тэг параметра
equip_id (FK)	bigint	✓	УИД оборудования
phys_asset_id (FK)	bigint		УИД физического актива

Таблица 6 – «param_values» - хранит информацию о значениях параметров во времени.

Поле	Тип	Обязательность	Описание
param_value_id (PK)	bigint	✓	УИД значения параметра
param_id (FK)	bigint	✓	УИД параметра
value	text		Значение параметра
quality	text		Качество сигнала параметра
Timestamp	timestamp		Временная метка значения параметра

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕГРАЦИОННОГО СЕРВИСА

Концепция SOA-архитектуры основана на модульном подходе к разработке программного обеспечения. Основное достоинство SOA состоит в том, что такая архитектура позволяет строить распределенные слабосвязанные модули, слабая связь (или ее отсутствие) между модулями даёт возможность менять один модуль на другой, не затрагивая остальные [11].

2.1 Архитектура интеграционного сервиса

На рисунке 6 представлена общая структурная схема интеграционного сервиса в рамках MES системы. Из данной схемы видно, что интеграционный сервис взаимодействует с базой данных, файлом конфигурации, системным журналом, файлом для ведения записей о работе сервиса (далее – для протоколирования), уровнем ERP и с уровнем АСУ ТП, источником в котором выступает сервер OPC HDA. На этом рисунке интеграционный сервис представлен как объект, состоящий из двух модулей. Из рисунка видно, что модули используют один и тот же файл конфигурации. Целесообразность данного решения объясняется тем, что SOA-архитектура может масштабироваться, включая в себя другие модули, поэтому настройку каждого из них быстрее и удобней производить из одного места. Для этого конфигурационный файл должен содержать настройки каждого из модулей. В случае если модули будут распределены на разных серверах, то каждый из них будет использовать свой конфигурационный файл. Но если возникнет необходимость расположить модули на один сервер, то данный файл для них будет един.

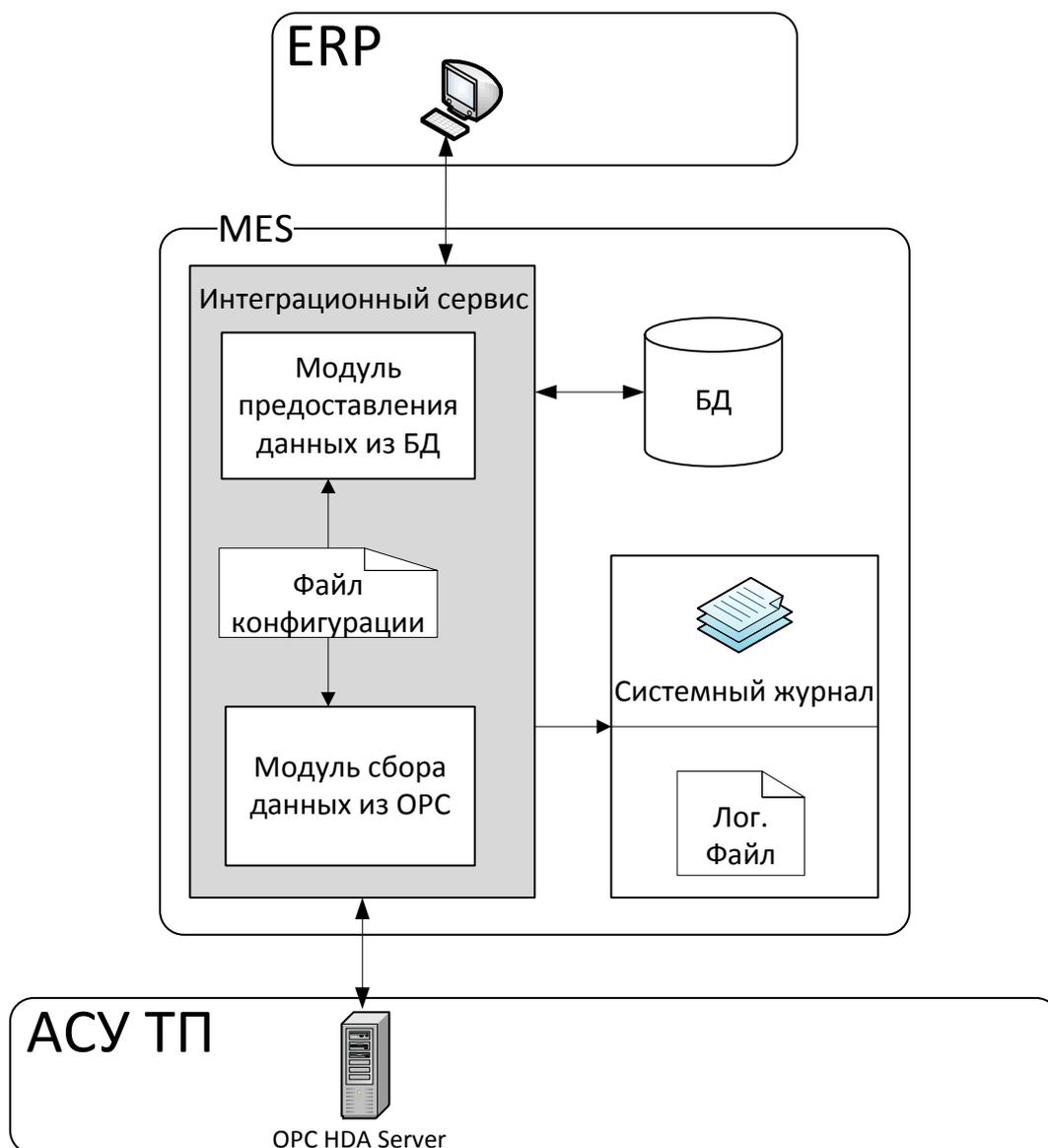


Рисунок 6 – Интеграционный сервис в MES-системе

Декомпозируем модули интеграционного сервиса на компоненты с указанием информационного взаимодействия между ними, получив таким образом архитектуру приложения. Разработанная архитектура интеграционного сервиса представлена на рисунке 7.

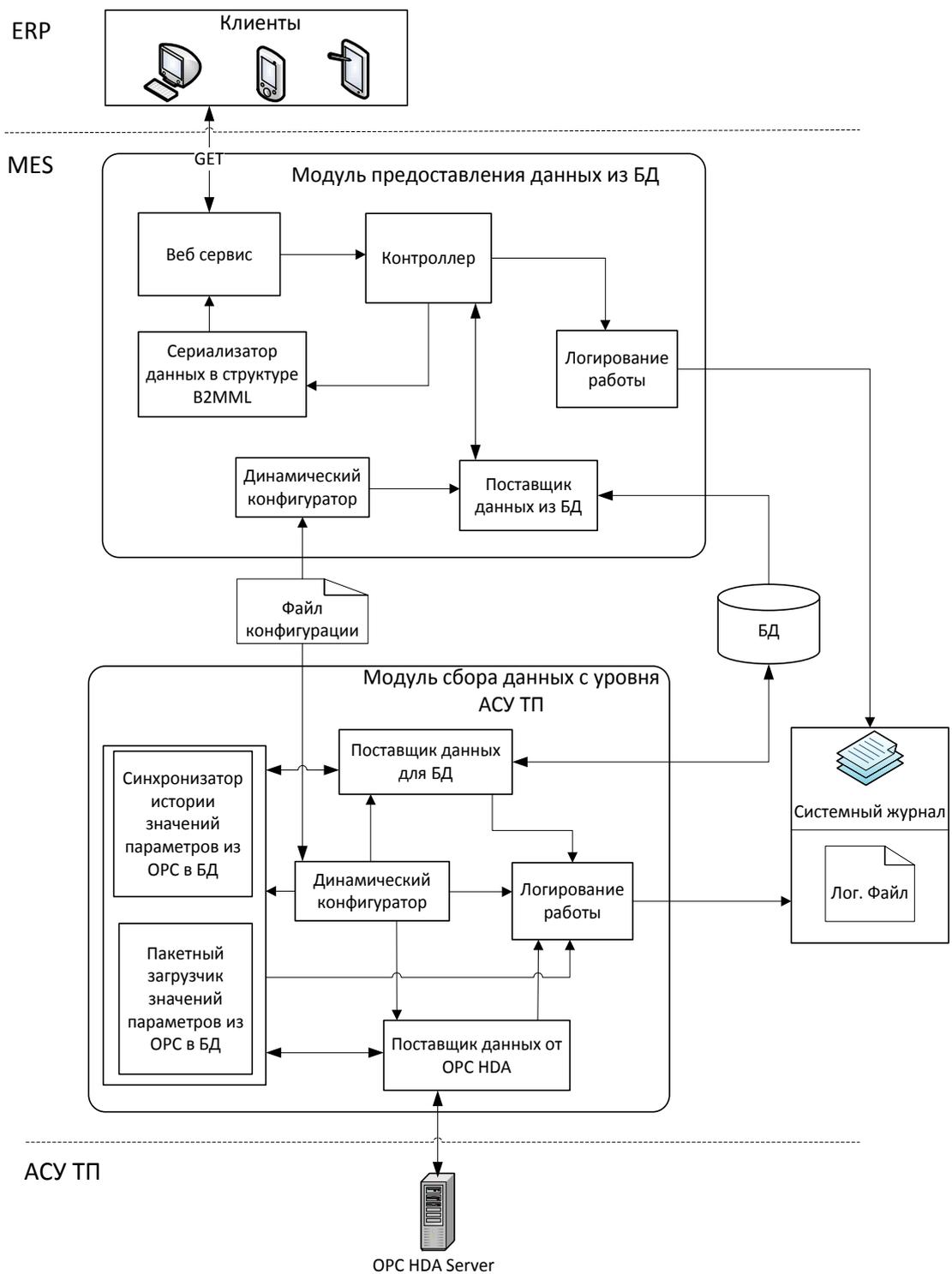


Рисунок 7 – Архитектура интеграционного сервиса передачи данных

Рассмотрим более подробно архитектуру каждого модуля интеграционного сервиса.

2.1.1 Модуль сбора данных с уровня АСУ ТП

Функциональность модуля реализуют следующие компоненты:

- поставщик данных для БД;
- поставщик данных от OPC HDA;
- динамический конфигуратор;
- синхронизатор истории значений параметров из OPC HDA в БД;
- пакетный загрузчик значений параметров из OPC HDA в БД;
- протоколирование работы.

Компонент «поставщик данных для БД» служит для работы с базой данных. Функции компонента «Поставщик данных для БД»:

- осуществляет подключение к базе данных;
- осуществляет запрос списка параметров, хранящихся в БД MES (таблица «params»);
- запись значений параметров в таблицу базы данных «param_values»;
- протоколирование работы компонента.

Компонент «Поставщик данных от OPC HDA» предназначен для осуществления запросов значений параметров из сервера OPC HDA в указанное время. Так как значения параметров запрашиваются с заданной периодичностью, может возникнуть ситуация, когда в определенной временной точке значение параметра в OPC HDA сервере будет отсутствовать. Рисунок 8 наглядно иллюстрирует данную проблему.

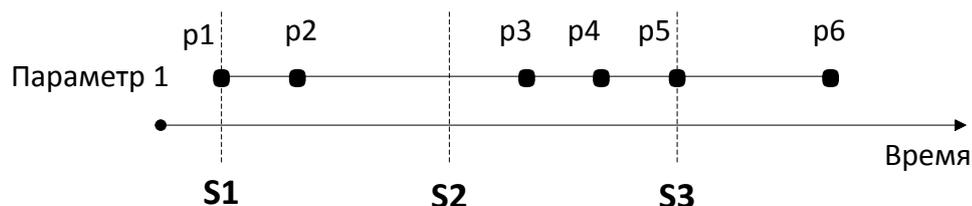


Рисунок 8 – Получение значения параметра из OPC HDA

На данном рисунке показан некоторый параметр. Лежащие точки на нем это значения, которые хранятся в OPC HDA сервере. Отрезками S показаны срезы, по которым происходит сбор значений параметра с определенным периодом. Как можно заметить, в момент среза S2 в OPC HDA сервере значений не оказалось. Данная проблема решается следующим образом: необходимо забирать близлежащее значение от среза, но не далее чем находится следующий срез. В данном примере в качестве значения на момент среза S2 будет приниматься значение, находящееся в точке р3, так как она находится ближе всего.

Функции компонента:

- получение доступа к OPC HDA серверу;
- получение значений сигналов параметров в указанном времени;
- проверка подключения сервера OPC HDA;
- протоколирование работы компонента.

Компонент «Синхронизатор истории значений параметров из OPC в БД» предназначен для того, чтобы синхронизировать историю значений параметров в таблице БД «param_values» в случае недостающих значений другого параметра. Под синхронизацией понимается восполнение истории одного параметра относительно другого приблизительно на одинаковые промежутки времени. Для наглядного понимания на рисунке 9 описана проблема, где история собранных значений параметров во времени асинхронна.

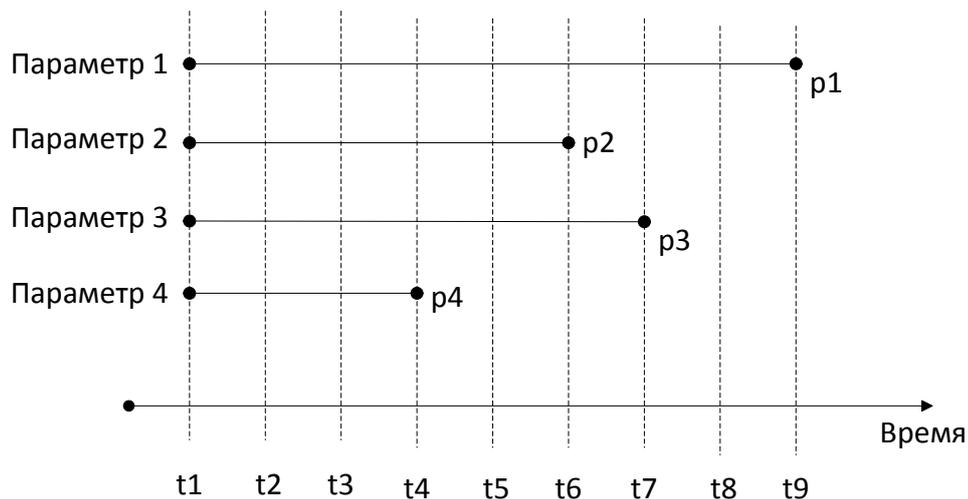


Рисунок 9 – Значения параметров в БД во времени

На рисунке 9 показаны значения четырех параметров во времени. Расстояние между пунктирными линиями представляет периодичность сбора данных. Каждая пунктирная линия характеризует временной срез значений параметров. На рисунке видно, что значения параметров не синхронизированы во времени. Такая картина может сложиться по различным причинам. Например, был удален параметр из списка базы данных, в таблицы «params» и сбор значений по этому параметру был прекращен. В какой-то момент времени оператор MES-системы может вернуть запись в таблицу «params» и модуль должен восполнить историю этого параметра. Восполнение истории должно происходить поочередно для каждого из параметров.

Еще подобная ситуация может сложиться в случае, если значения параметров по каким либо причинам перестали поступать из OPC HDA сервера. В этом случае значения параметров будут отсутствовать, так как данных для восстановления истории нет.

В результате синхронизации будут восполнены значения каждого из параметров до точки p1, тем самым история значений параметров будет синхронизирована.

Функции компонента «Синхронизатор истории значений параметров из OPC в БД»:

- прохождение поочередно по каждому из параметров в таблице БД «params», докачка данных из ОРС в БД до значения параметра, чья запись была последней в таблице БД «param_values»;
- протоколирование работы компонента.

Компонент «Пакетный загрузчик значений параметров из ОРС в БД» предназначен для пакетного сбора значений параметров. Данный загрузчик принимает список параметров и производит сбор значений по всем параметрам сразу. Этот компонент целесообразно использовать, когда история значений всех параметров уже синхронизирована. Следовательно, все параметры в БД в таблице «param_values» имеют последнее значение примерно в одной метки времени.

Функции компонента «Пакетный загрузчик значений параметров из ОРС в БД»:

- получение списка значений всех параметров в таблице БД «params» и запись полученных значений в таблицу «param_values»;
- протоколирование работы компонента.

Компонент «Динамический конфигуратор» взаимодействует со всеми внутренними компонентами модуля. Данный компонент предназначен для того, чтобы изменять конфигурацию модуля без необходимости его перезапуска.

Компонент «Протоколирование работы» нужен для удобного, способа ведения записей о работе модуля. Данный компонент посредством конфигурации может производить запись событий как в файл протоколирования, так и в системный журнал Windows.

На рисунке 10 представлен алгоритм работы данного модуля.

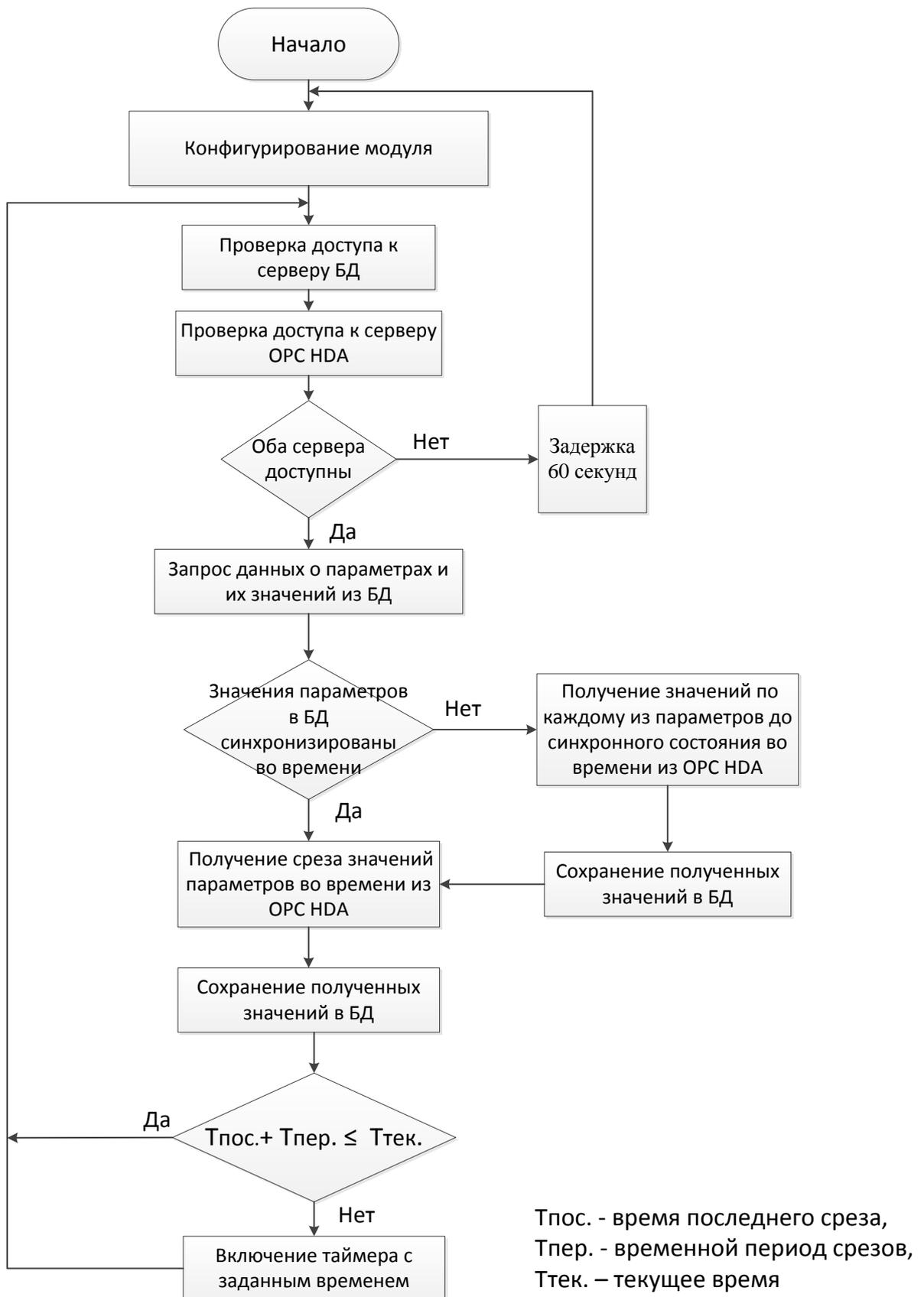


Рисунок 10 – Алгоритм модуля сбора данных с уровня АСУ ТП

2.1.2 Модуль предоставления данных из БД

Функциональность модуля реализуют следующие компоненты:

- поставщик данных для БД;
- веб-сервис;
- контроллер;
- сериализатор данных в структуре B2MML;
- динамический конфигуратор;
- протоколирование работы.

Компонент «Поставщик данных из БД» (рис. 7) служит для работы с базой данных. Функции компонента «Поставщик данных из БД»:

- осуществляет подключение к базе данных;
- осуществляет запрос данных об оборудовании, о классе оборудования, физических активов, о классе физических активов, параметров и значений этих параметров хранящихся в БД MES (таблицы «equips», «equip_classes», «phys_assets», «phys_assets_classes», «params», «param_values»);
- протоколирование работы компонента.

Компонент «Веб-сервис» предназначен для маршрутизации между клиентом и контроллером, именно он «слушает» запросы от клиентов.

Компонент «Контроллер» является связующим звеном всего модуля. Он содержит в себе всю основную логику приложения. В ходе обработки GET-запроса он запрашивает данные о параметре из БД, которыми интересуется клиент, получает информацию о том, какому оборудованию принадлежит параметр, является ли параметр параметром физического актива, к какому классу принадлежит оборудование и значение самого параметра. После собранной информации передаёт её компоненту «Сериализатор данных в структуре B2MML».

Компонент «Сериализатор данных в структуре В2ММЛ» получает необходимые данные, которые передает ему в свою очередь контроллер. Далее он формирует данные в соответствии со стандартом В2ММЛ способом XML-сериализации и передает их клиенту посредством компонента «Веб-сервис».

Компонент «Динамический конфигуратор» взаимодействует только с компонентом «Поставщик данных для БД». Данный компонент предназначен для того, чтобы изменять конфигурацию модуля без необходимости его перезапуска.

Компонент «Протоколирование работы» нужен для удобного, способа ведения записей о работе модуля. Данный компонент посредством конфигурации может производить запись событий как в файл протоколирования, так и в системный журнал Windows.

На рисунке 11 представлен алгоритм данного модуля.

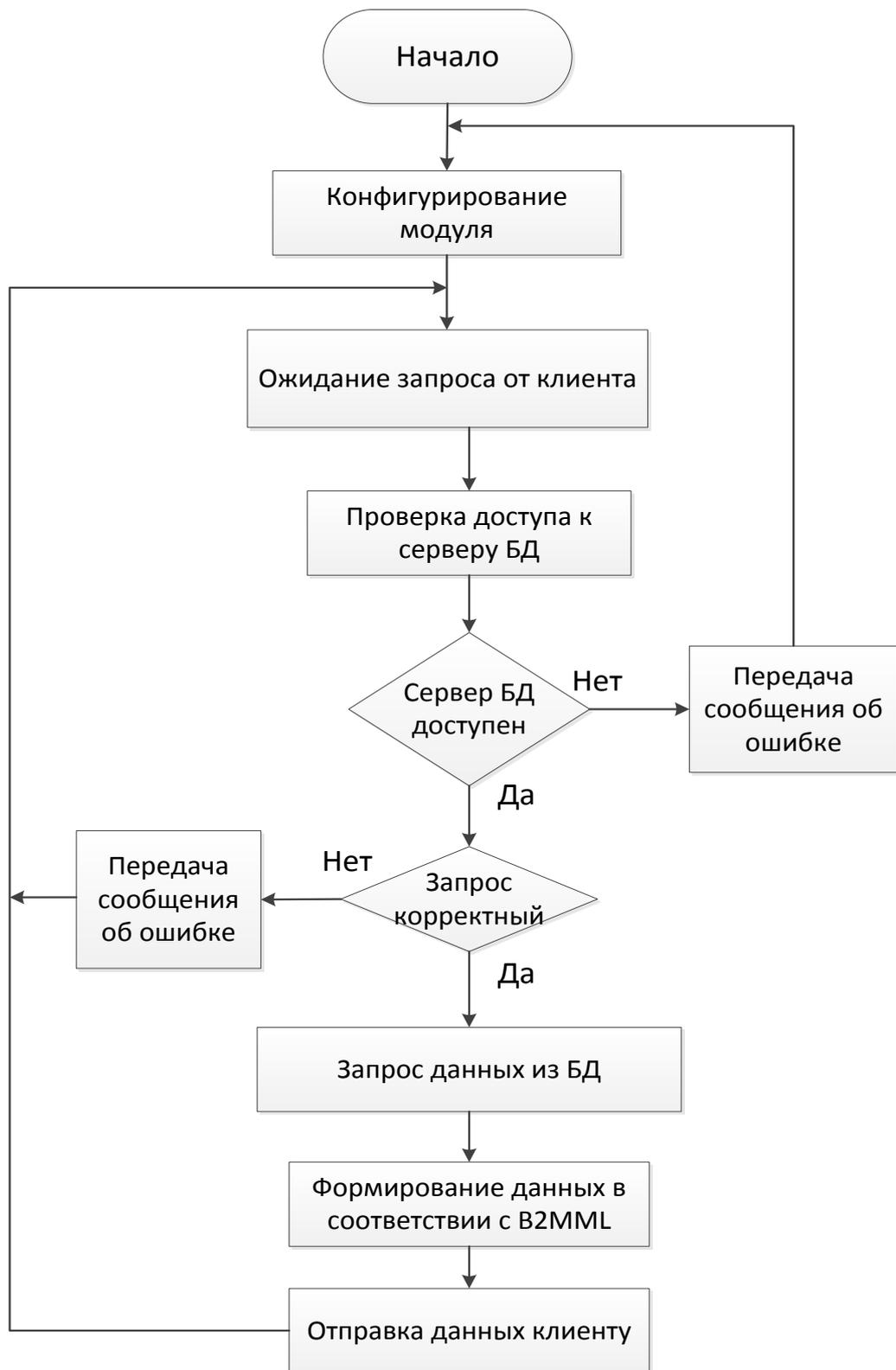


Рисунок 11 – Алгоритм модуля предоставления данных из БД

2.2 Структура конфигурационного файла

Конфигурационный файл нужен для управления настройками модулей интеграционного сервиса, и содержит в себе:

- сетевой адрес сервера системы управления базы данных;
- имя пользователя базы данных;
- имя базы данных;
- пароль для доступа к базе данных;
- сетевой адрес OPC HDA сервера;
- флаги, которые определяли бы способы протоколирования;
- путь до файла протоколирования.

В результате была разработана структура конфигурационного файла, пример которой представлен ниже:

```
<configurations>
  <ServiceConfig Name="Basic service configuration">
    <requestTimeout>300000</requestTimeout>
    <logToFile>OFF</logToFile>
    <logToSystem>ON</logToSystem>
    <pathLogFile>D:\test.log</pathLogFile>
  </ServiceConfig>
  <DbConfig Name="PostgreSQL server configuration">
    <dbName>postgres</dbName>
    <dbUser>postgres</dbUser>
    <dbPassword>pass</dbPassword>
    <dbAddress>127.0.0.1</dbAddress>
  </DbConfig>
  <OpcConfig Name="OPC server configuration">
    <opcAddress>10.13.0.116</opcAddress>
  </OpcConfig> </configurations>
```

3. РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕГРАЦИОННОГО СЕРВИСА

Каждый модуль реализован в виде службы Windows, т.е. представляет собой приложение, автоматически запускаемое системой при загрузке Windows и выполняющееся вне зависимости от статуса пользователя.

Служба Windows является приложением, которое, может запускаться в ходе загрузки операционной системы. Каждая служба Windows предназначена для выполнения конкретной операции. Существуют, например, службы обновления, служба времени, служба печати, служба безопасности, сетевые службы Windows и другие. Автоматический запуск и постоянная работа служб Windows позволяет операционной системе выполнять необходимые операции, причем пользователь не должен явно давать какую-либо команду или запускать соответствующую программу[13].

3.1 Язык программирования и среда разработки

В качестве интегрированной среды для программирования была выбрана среда программирования Microsoft Visual Studio 2015, с использованием языка программирования C#. Данная среда выгодно отличается эффективностью и надежностью. К тому же C# предоставляет разработчику комфортные условия и широкие возможности для создания проектов разной сложности в том числе и Windows-служб [14].

3.2 Использование компонентов

В разработке интеграционного сервиса были использованы динамические подключаемые библиотеки (DLL). Использование данных компонентов упрощает и ускоряет процесс разработки. Следующие разделы дают краткое описание каждого из них.

3.2.1 Nlog framework

Nlog framework применяется для реализации протоколирования в программном продукте [15]. Применение протоколирования является хорошим способом найти и отследить всю информацию как о работе программного продукта, так и о действиях пользователя. Протоколирование позволяет программисту диагностировать текущее состояние или причину падения программы без использования отладчика.

Используется в обоих модулях интеграционного сервиса. Данный фреймворк позволяет производить протоколирование как в файл, так и в системный журнал в Windows. NLog позволяет производить его настройку непосредственно в коде.

3.2.2 Entity framework

Entity Framework является одним из самых популярных методов взаимодействия с базами данных в .NET. В отличие от двух других, описанных выше способов, Entity Framework позволяет оперировать коллекциями объектов, которые называются сущностями и абстрагироваться от данных, представленных в виде строк и столбцов в реляционной базе данных. Важным преимуществом Entity Framework является возможность выполнения запросов LINQ, которые отправляются на обработку базе данных и возвращают строго типизированные объекты. Используя Entity Framework. Именно технология Entity Framework применяется в разрабатываемом проекте [16].

3.2.3 OPC Foundation

DLL библиотеки от организации OPC Foundation дают возможность подключаться по всем актуальным на сегодняшний день протоколам OPC, включая OPC HDA. Данные библиотеки легко использовать для получения

как значения одного параметра, так и нескольких. Используется в модуле сбора данных из OPC в БД [17].

3.3 Создание дистрибутива интеграционного сервиса

Дистрибутив — это форма распространения программного обеспечения. Установка дистрибутива включает в себя размещение всех необходимых программному обеспечению файлов в соответствующих местах файловой системы. Для создания дистрибутива была использована программа CreateInstall [18].

CreateInstall представляет из себя инсталлятор, который позволяет управлять процессом установки модулей интеграционного сервиса. Сценарий установки представляется в виде последовательности команд. Использование языка программирования Gentee в качестве скриптового языка установок, расширяет возможности создаваемых установочных программ. В конечном счете, специалисту будет доступен процесс установки и деинсталляции.

На рисунке 12 показано окно установки дистрибутива.

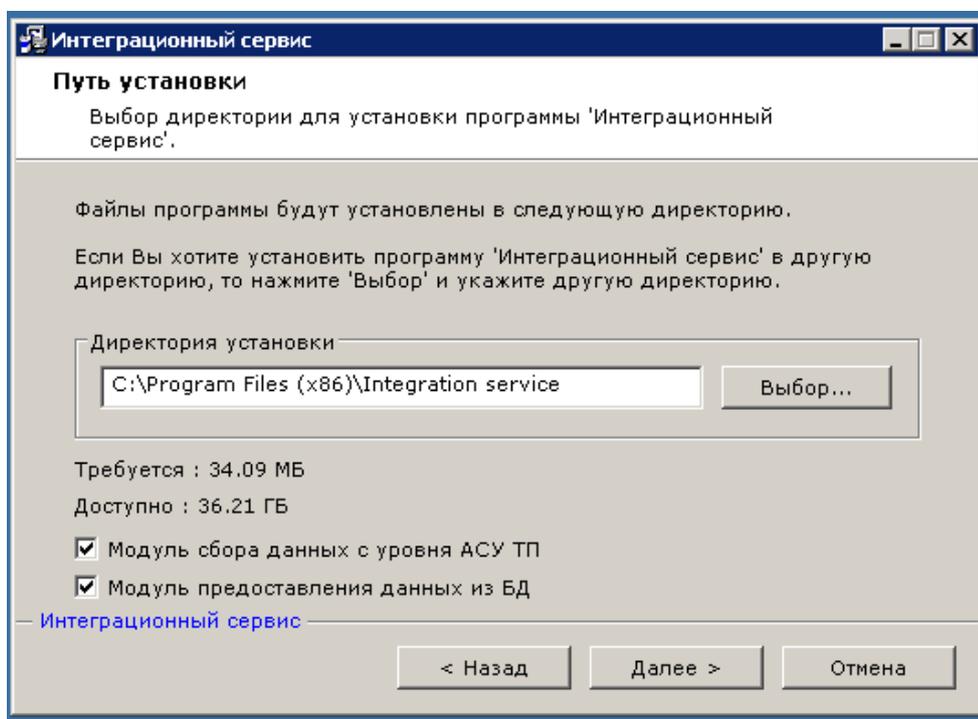


Рисунок 12 – Выбор модулей и пути для последующей установки

3.4 Результаты работы интеграционного сервиса

Для получения структуры данных об оборудовании, его физических активов, и параметров можно выполнить следующий запрос по HTTP протоколу:

<http://10.13.0.116:8080/equipment>

Вывод данных в структуре B2MML:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-16"?>
<B2MML xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <EquipmentClass>
    <EquipmentClassName>Вентиляционная установка</EquipmentClassName>
  </EquipmentClass>
  <Equipment>
    <EquipmentName>Вентиляционная установка VC15</EquipmentName>
    <EquipmentId>1</EquipmentId>
    <PhysicalAsset>
      <PhysicalAssetName>Вентилятор 1</PhysicalAssetName>
      <PhysicalAssetId>1</PhysicalAssetId>
      <Parameter>
        <Description>Ток фазы A</Description>
      </Parameter>
      <Parameter>
        <Description>Ток фазы C</Description>
      </Parameter>
    </PhysicalAsset>
    <PhysicalAsset>
      <PhysicalAssetName>Вентилятор 2</PhysicalAssetName>
      <PhysicalAssetId>2</PhysicalAssetId>
      <Parameter>
        <Description>Ток фазы A</Description>
      </Parameter>
      <Parameter>
        <Description>Ток фазы C</Description>
      </Parameter>
    </PhysicalAsset>
    <Parameter>
      <Description>Температура канала</Description>
    </Parameter>
  </Equipment>
</B2MML>
```

```
</Parameter>
</Equipment>
</EquipmentClass>
</B2MML>
```

Для получения структуры данных об оборудовании, его физических активов, и параметров, включая значения параметров можно выполнить следующий запрос:

```
http://10.13.0.116:8080/equipment/1?beg=28.04.2018_8:00&end=28.04.2018_8:00
```

В данном запросе указано, что пользователя интересует оборудование, идентификатор которого равен одному с временным промежутком времени. Ниже представлен результат работы по данному запросу:

Вывод данных в структуре B2MML:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-16"?>
<B2MML xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <EquipmentClass>
    <EquipmentClassName>Вентиляционная установка</EquipmentClassName>
    <Equipment>
      <EquipmentName>Вентиляционная установка VC15</EquipmentName>
      <EquipmentId>1</EquipmentId>
      <PhysicalAsset>
        <PhysicalAssetName>Вентилятор 1</PhysicalAssetName>
        <PhysicalAssetId>1</PhysicalAssetId>
        <Parameter>
          <ParamId>2</ParamId>
          <Description>Ток фазы A</Description>
          <EquipmentProperty>
            <Value>199</Value>
            <Quality>222</Quality>
            <Timestamp>2018-04-28T10:00:03+07:00</Timestamp>
          </EquipmentProperty>
          <EquipmentProperty>
            <Value>400</Value>
```

```

        <Quality>200</Quality>
        <Timestamp>2018-04-28T10:05:03.455866+07:00</Timestamp>
    </EquipmentProperty>
</Parameter>
<Parameter>
    <ParamId>3</ParamId>
    <Description>Ток фазы C</Description>
    <EquipmentProperty>
        <Value>1390</Value>
        <Quality>200</Quality>
        <Timestamp>2018-04-28T10:03:03.968645+07:00</Timestamp>
    </EquipmentProperty>
    <EquipmentProperty>
        <Value>0</Value>
        <Quality>goodLocalOverride</Quality>
        <Timestamp>2018-04-28T10:05:03.156072+07:00</Timestamp>
    </EquipmentProperty>
</Parameter>
</PhysicalAsset>
<Parameter>
    <ParamId>1</ParamId>
    <Description>Температура канала</Description>
    <EquipmentProperty>
        <Value>12,2336</Value>
        <Quality>good</Quality>
        <Timestamp>2018-04-28T10:03:05.53781+07:00</Timestamp>
    </EquipmentProperty>
    <EquipmentProperty>
        <Value>12,2336</Value>
        <Quality>good</Quality>
        <Timestamp>2018-04-28T10:05:03.156072+07:00</Timestamp>
    </EquipmentProperty>
</Parameter>
</Equipment>
</EquipmentClass>
</B2MML>

```

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Данный раздел магистерской диссертации посвящен анализу и оценке технико-экономической эффективности проекта по созданию MES-системы. В не зависимости от характера проекта, будь он научный или практический, работа над ним имеет экономическую составляющую, оценка которого дает полную картину его значимости.

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Разрабатываемый программный комплекс «MES» системы предназначен для внедрения в отрасль горнодобывающей промышленности. На рынке имеются два конкурента: «PolyPlan» компании «Фобос» и «1С MES» компании «1С». На карте сегментирования данные компании обозначены, как А и Б соответственно. Фирмой «В» является компания «ЭлеСи», разрабатывающая данную MES-систему.

Ниже приведена карта сегментирования рынка. Критерии сегментирования: размер компании и сферы внедрения.

Таблица 7 – Карта сегментирования рынка

	Сфера внедрения системы			
		Горнодобывающая промышленность	Пищевая промышленность	Машиностроение
Размер компании	Крупные	Б, В	Б	А, Б
	Средние	А, В	А, Б	А
	Мелкие	В	-	А

Разрабатываемая MES-система в виду своей модульной концепции будет востребована в любых масштабах горнодобывающего предприятия. Это достигается тем, что заказчику могут быть необходима только часть функций MES-системы, от этого может меняться состав программного комплекса. Благодаря этому данная разработка сможет позиционировать себя

как гибкое решение для любого размера компании, где стоимость будет определяться в зависимости от необходимых модулей программного комплекса.

Таким образом, наша компания будет иметь возможность занять нишу по продаже и внедрению MES-систем и будет востребована компаниями любых масштабов.

4.2 Анализ конкурентных технических решений

Проблема конкуренции стоит остро не только в западных странах, но и в России. Особенно важен аспект выведения новых товаров и услуг на рынок, способных удовлетворить потребности клиентов. Данный анализ позволит объективно оценить конкурентов и скорректировать ход научного исследования. Анализ проводится при помощи оценочной карты, предоставляющей анализ нескольких конкурентов, где B_{ϕ} – вес показателя по отношению к фирме, B_{k1} , B_{k2} – вес показателя по отношению к конкурентам, K_{ϕ} – конкурентоспособность научной разработки, K_{k1} , K_{k2} – конкурентоспособность конкурента. Конкурентами являются такие системы, как «PolyPlan» компании «Фобос» и «1С MES» компании «1С».

Таблица 8 – Оценочная таблица для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерии	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	B_{k1}	B_{k2}	K_{ϕ}	K_{k1}	K_{k2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Графический интерфейс пользователя	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
2. Функциональные возможности	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
3. Скорость загрузки веб-страницы	0,05	5	3	5			
4. Защищенность данных	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
5. Гибкость системы под нужды пользователя	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
6. Степень соответствия современным требованиям	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
Экономические критерии оценки эффективности							

1. Уровень проникновения на рынок	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
2. Цена	0,1	5	3	2	0,5	0,3	0,2
3. Послепродажное обслуживание	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
4. Финансирование научной разработки	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
5. Срок выхода на рынок	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
6. Наличие сертификации разработки	0,05	5	3	3	0,25	0,15	0,15
Итого	1	Конкурентоспособность			4,45	3,85	3,65

Коэффициент конкурентоспособности фирмы относительно конкурента рассчитывается по следующей формуле: $K_{kc} = \frac{K_{\phi}}{K_{kn}}$.

При расчете коэффициента конкурентоспособности научного исследования относительно «PolyPlan» компании «Фобос» получим: $K_{kc} = \frac{4,45}{3,85} = 1,15$, а относительно «1С MES» компании «1С» - $K_{kc} = \frac{4,45}{3,65} = 1,22$.

Коэффициенты конкурентоспособности научного исследования относительно обоих конкурентов имеют значения больше единицы, следовательно, можно говорить о конкурентоспособности данной работы, что дает возможность заинтересовать данным предложением партнеров и инвесторов.

4.3 SWOT – анализ

SWOT - анализ позволяет обнаружить угрозы, возможности, сильные и слабые стороны исследования, что является комплексным анализом проекта. Рассмотрим вышеприведенные факторы, используя матрицу SWOT.

Таблица 9 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны проекта:</p> <p>С1. Модульная структура.</p> <p>С2. Распределенность.</p> <p>Возможность распределять нагрузку между несколькими ЭВМ.</p> <p>С3. Регулируемая стоимость.</p> <p>С4. Масштабируемость.</p> <p>Возможность внесения модификаций для расширения функционала.</p>	<p>Слабые стороны проекта:</p> <p>Сл1. Малая популярность приложения.</p> <p>Сл2. Для каждого потребителя требуется индивидуальный подход.</p> <p>Сл3. Экономический спад</p> <p>Сл4. Смена спроса</p> <p>Сл5. Продукты-заменители</p>
--	--	--

	<p>С5. Защищенность данных. С6. Высокое качество разрабатываемого продукта. С7. Поддержка и сопровождение продукта. С8. Компетентность руководства.</p>	
<p>Возможности: В1. Расширение функционала приложения. В2. Увеличение рекламы продукта. В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт. В4. Регулирование стоимости. В5. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>С4В1За счет масштабируемости есть возможность увеличить функционал MES-системы, что привлечет клиентов. С1С2С3С5С7С8В3 Модульная структура, распределенность, регулируемая стоимость, надежность вводимых данных, поддержка и сопровождение продукта привлекает клиентов. С6В2При транслировании рекламных роликов возможно увеличить количество пользователей. С6В4При высоком качестве продукта возможно снизить цену для покупателей, за счет внедрения того набора модулей, который необходим клиенту. Такая ценовая политика привлечет потенциальных клиентов. С3С6В5Если конкурентные компании повысят цену на продукт, клиентов привлечет низкая цена на наш продукт.</p>	<p>Сл1В1Чтобы увеличить популярность приложения следует расширить функционал MES-системы и начать рекламную акцию. Сл4В2Увеличить спрос на программный комплекс MES-системы можно путем продвижения веб-приложений. Сл4В4Регулирование стоимости за счет внедрения только необходимых модулей влечет за собой непопулярность остальных модулей. Сл3Сл5В5Повышения стоимости аналогичных MES-систем конкурентов возможно по причине экономического спада, падения спроса или возникновения более сильного конкурента.</p>
<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса на разрабатываемый продукт. У2. Появление более сильного конкурента. У3. Уменьшение целевой аудитории. У4. Изменение законодательства РФ. У5. Рост требований потребителей.</p>	<p>У1С1С3С5Избежать угрозы отсутствия или падения спроса, разработав MES-систему, позволяющую быстро обрабатывать запросы пользователя, и безопасно хранить оперативные данные. Помимо этого стимуляцией спроса является снижение стоимости продукта. У2С3С6При появлении серьезного конкурента возможно урегулирование цены, расширение целевой</p>	<p>У1Сл3При падении или исчезновении спроса на продукт возможно приостановление данного проекта. У2Сл2При появлении конкурента следует расширить опции MES-системы. У3Сл1Сл5Целевая аудитория может уменьшиться вследствие нахождения MES-системы со схожим функционалом и малой популярностью MES-</p>

	<p>аудитории. У3С3С7 При уменьшении целевой аудитории следует снизить цену на продукт, выпустить обновление продукта.</p>	<p>системы для горнодобывающей промышленности. У4Сл1 При изменении законодательных актов РФ клиенты откажутся от пользования данной продукцией (например, если они будут вынуждены отказаться от ОС Windows). У5Сл2Сл3 Несвоевременная поддержка программного комплекса MES-системы может привести к снижению конкурентной позиции, а также экономическому спаду компании.</p>
--	--	---

Исходя из матрицы, можно определить следующие направления развития проекта: С4В1, С1С2С3С5С7В3, С6В2, С6В4, С3С6В5, Сл1В1, Сл4В2, Сл4В4, Сл3Сл5В5, У1С1С3С5, У2С3С6, У3С3С7, У1Сл3, У2Сл2, У3Сл1Сл5, У4Сл1, У5Сл2Сл3.

Таким образом, выполнив SWOT-анализ можно сделать вывод, что на данный момент преимущества разрабатываемой MES-системы значительно преобладают над её недостатками. Все имеющиеся несовершенства можно устранить, воспользовавшись перечисленными выше возможностями.

4.4 Организация и планирование работ

В данном разделе составляется список проводимых работ, определяются их исполнители и продолжительность. Так как число исполнителей не превышает двух, линейный график работ является наиболее удобным и компактным способом представления данных планирования.

График выполнения научно-исследовательской работы представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение	НР	НР – 100%

исходных данных		
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 50% И – 50%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 30% И – 70%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 50% И – 50%
Анализ аналогов программного продукта обеспечения	НР, И	НР – 20% И – 80%
Проектирование программного обеспечения	НР, И	НР – 10% И – 90%
Разработка программного продукта	И	И – 100%
Тестирование ПО	И	И – 100%
Анализ результатов	И	И – 100%
Оформление пояснительной записки	И	И – 100%
Проверка работы	НР, И	НР – 60% И – 40%

Примечание к таблице 10: НР — научный руководитель; И — инженер.

4.4.1 Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ может осуществляться опытно-статистическим методом. Для расчета ожидаемого значения продолжительности работ

$t_{ож}$ применяются две оценки: t_{min} и t_{max} (метод двух оценок).

$$t_{ож} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5} \quad (1.1)$$

где t_{min} — минимальная продолжительность работ, чел/дн;

t_{max} — максимальная продолжительность работ, чел/дн.

Для построения линейного графика рассчитывается длительность этапов в рабочих днях, а затем осуществляется её перевод в календарные

дни. Расчёт продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях $T_{РД}$ выполняется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \times K_{Д} \quad (1.2)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ ($K_{ВН}=1$);

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{Д}=1.2$).

Расчёт продолжительности этапа в календарных днях осуществляется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} * T_{К} \quad (1.3)$$

где $T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{РД}$ – продолжительность выполнения этапа в рабочих днях;

$T_{К}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}} \quad (1.4)$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни, $T_{КАЛ} = 365$;

$T_{ВД}$ – выходные дни, $T_{ВД} = 52$;

$T_{ПД}$ – праздничные дни, $T_{ПД} = 10$.

Подставив значения в формулу 1.4, получим следующий результат:

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

В таблице 11 приведена длительность этапов работ и число исполнителей, занятых на каждом этапе.

Таблица 11 – Временные показатели проведения научного исследования

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Длительность работ, чел/дн.			
		<i>t_{min}</i>	<i>t_{max}</i>	<i>t_{ож}</i>	<i>ТРД</i>		<i>ТКД</i>	
					НР	И	НР	И
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	2,0	4,0	2,8	3,36	0	4,05	0
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	5,0	7,0	5,8	3,48	3,48	4,19	4,19
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	8,0	10,0	8,8	3,17	7,40	3,82	8,92
Разработка календарного плана	НР, И	6,0	8,0	6,8	4,08	4,08	4,92	4,92
Анализ аналогов программного продукта обеспечения	НР, И	6,0	9,0	7,2	1,73	6,91	2,08	8,33
Проектирование программного обеспечения	НР, И	7,0	14,0	9,8	1,18	10,58	1,42	12,75
Разработка программного продукта	И	10,0	16,0	12,4	0	14,88	0	17,93
Тестирование ПО	И	11,0	17,0	13,4	0	16,08	0	19,38
Анализ результатов	И	6,0	9,0	7,2	0	8,64	0	10,41
Оформление пояснительной записки	И	5,0	6,0	5,4	0	6,48	0	7,81
Проверка работы	НР, И	5,0	8,0	6,2	4,46	2,98	5,38	3,59
Итого:				85,8	21,5	81,5	25,9	98,2

Таблица 12 – Календарный план-график проведения работ

№ работ	НР	И	Продолжительность выполнения работ										
			Март			Апрель			Май			Июнь	
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
1	4,05	0	■										
2	4,19	4,19	■	■									
3	3,82	8,92		■	■								
4	4,92	4,92			■	■							
5	2,08	8,33				■	■						
6	1,42	12,75					■	■					
7	0	17,93						■	■				
8	0	19,38							■	■			
9	0	10,41									■	■	
10	0	7,81										■	■
11	5,38	3,59											■

■ - НР; ■ - И.

4.4.2 Расчет накопления технической готовности

В данном разделе производится оценка текущих результатов работы над проектом. Величина накопления готовности работы показывает, на сколько процентов по окончании текущего этапа выполнен общий объем работ по проекту в целом.

Степень готовности определяется формулой:

$$CГ_i = \frac{TP_i^H}{TP_{общ}} = \frac{\sum_{k=1}^i TP_k}{TP_{общ}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m TP_{km}}{\sum_{k=1}^I \sum_{j=1}^m TP_{km}}, \quad (1.5)$$

Где $TP_{общ}$ – общая трудоемкость проекта;

$TP_i(TP_k)$ – трудоемкость i -го (k -го) этапа проекта, $i = \overline{1, I}$;

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.

Таблица 13 – Нарастание технической готовности работы

Этап	TP _i , %	СГ _i , %
Постановка целей и задач, получение исходных данных	3,26	3,26
Составление и утверждение технического задания	6,75	10,01
Подбор и изучение материалов по тематике	10,25	20,26
Разработка календарного плана	7,93	28,19
Анализ аналогов программного продукта и алгоритмического обеспечения	8,39	36,6
Проектирование алгоритмического обеспечения	11,42	48,0
Разработка программного продукта	14,45	62,45
Тестирование ПО	15,62	78,07
Анализ результатов	8,39	86,46
Оформление пояснительной записки	6,29	92,75
Проверка работы	7,22	100

4.5 Расчёт сметы затрат на выполнение проекта

Состав затрат на научно-исследовательскую работу состоит из всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данного исследования. Так как научно-исследовательская работа проводилась на домашнем компьютере, без аренды помещения и в программном обеспечении с бесплатной студенческой лицензией расчет сметной стоимости производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- оплата услуг связи;
- прочие (накладные расходы) расходы.

4.5.1 Расчёт затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость всех материалов, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ.

Таблица 14 – Расчёт затрат на материалы

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Бумага формата А4 для принтера	Уп.	1	290	290
Картридж для принтера	Шт.	1	599	599
Итого				889

Транспортно-заготовительные расходы (ТРЗ) составляют 5% от отпускной цены материалов. Расходы на материалы с учётом ТРЗ:

$$C_{MAT} = 889 * 1,05 = 933,5 \text{ руб.}$$

4.5.2 Расчёт заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и студента, а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоёмкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

Величина месячного оклада научного руководителя (МОНР) получена из открытых данных, размещенных на официальном сайте Национального исследовательского Томского политехнического университета. Величина месячного оклада инженеров (МОИ) берется как месячный оклад инженера кафедры.

Основной расчет фонда заработной платы выполняется по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \text{МО} / N, \quad (1.6)$$

где МО – месячный оклад, руб.;

N– количество рабочих дней в месяц, при шестидневной рабочей неделе – N=24,91, а при пятидневной рабочей неделе – N=20,58.

Среднедневная заработная плата научного руководителя равна:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \frac{26\,300}{24,91} = 1\,055,8 \frac{\text{руб.}}{\text{раб. день}}$$

А среднедневная тарифная заработная плата инженеров равна

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \frac{14874,45}{20,58} = 722,76 \frac{\text{руб.}}{\text{раб. день}}$$

Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях взяты из таблицы 11. Для перехода от тарифной суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку необходимо будет тарифную сумму заработка исполнителя, связанной с участием в проекте умножить на интегральный коэффициент. Интегральный коэффициент находится по формуле:

$$K_{II} = K_{IP} * K_{\text{дон.ЗП}} * K_P \quad (1.7)$$

где K_{IP} – коэффициент премий, $K_{IP} = 1,1$;

$K_{\text{доп.ЗП}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты, при шестидневной рабочей неделе $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$, а при пятидневной рабочей неделе

$K_{\text{доп.ЗП}} = 1,113$; K_p – коэффициент районной надбавки, $K_p = 1,3$.

Результаты вычислений представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес	ЗП _{дн-т} руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	26300	1055,8	21,5	1,699	38566,79
И	14874,45	722,76	81,5	1,59	93658,85
Итого:					132225,64

4.5.3 Расчет отчисления на социальные нужды

Взнос в социальные фонды установлен в размере 30,2% от заработной платы. Размер взноса рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{соц}} = C_{\text{ЗП}} * 0,302 \quad (1.8)$$

где $C_{\text{ЗП}}$ – размер заработной платы.

Подставив необходимые значения в формулу 1.8 получим:

$$C_{\text{соц}} = 132225,64 * 0,302 = 39932,14 \text{ руб.}$$

4.5.4 Расчет затрат на электроэнергию

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} * t_{\text{об}} * C_{\text{э}} \quad (1.9)$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт; $t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час;

$C_{\text{э}}$ – тариф на 1 кВт/час.,

$C_{\text{э}} = 5,8 \text{ руб./кВт*час.}$

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 11 для инженера ($T_{рд}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$T_{об} = T_{рд} * K_t \quad (1.10)$$

где K_t – коэффициент использования оборудования по времени,
 $K_t = 0.9$

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{об} = P_{ном} * K_C \quad (1.11)$$

где K_C – коэффициент загрузки;

$P_{ном}$ – номинальная мощность оборудования, кВт. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Таблица 16 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты $\Delta_{об}$, руб.
Персональный компьютер инженера	586,8	0,09	306,3
Итого:			306,3

4.5.5 Расчет амортизационных расходов

Для расчета амортизационных расходов используется формула:

$$САМ = \frac{N_A * Ц_{об} * t_{рф} * n}{F_d} \quad (1.12)$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$Ц_{об}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР, стоимость ПК инженера – 20 500 руб.;

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, $t_{рф} = 81,5 * 8 = 652$ часов;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования;

F_d – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, $F_d = 298 * 8 = 2384$ часа.

N_A определяется по формуле:

$$N_A = \frac{1}{C_A} \quad (1.13)$$

где C_A – срок амортизации, который можно получить из постановления правительства РФ «О классификации основных средств, включенных в амортизационные группы» Для электронно-вычислительной техники C_A свыше 2 лет до 3 лет включительно. В данной работе примем $C_A=2,5$ года.

Тогда

$$N_A = \frac{1}{2,5} = 0,4$$

Таким образом,

$$C_{AM}(ПК) = \frac{0,4 * 20500 * 652 * 1}{2384} = 2242,6 \text{ руб}$$

4.5.6 Расчет расходов на услуги связи

Расходы на услуги связи определены наличием подключения к сети Интернет на компьютере, использованном в данной работе.

Ежемесячная оплата, согласно тарифу провайдера, составляет 400 рублей. В соответствии с таблицей 12, трудоемкость выполняемой задачи составляет четыре календарных месяца. Таким образом, сумма расходов на услуги связи составляет $4*400 = 1600$ руб. Общая сумма расходов $C_{CB}=1600$.

4.5.7 Расчет прочих расходов

Прочие расходы следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов. Они находятся по формуле:

$$C_{ПРОЧ}=(C_{МАТ} + C_{ЗП} + C_{СОЦ} + C_{ЭЛ.ОБ} + C_{AM} + C_{CB})* 0.1 \quad (1.14)$$

где $C_{МАТ}$ – расходы на материалы, руб.;

$C_{ЗП}$ – основная заработная плата, руб.;

$C_{\text{соц}}$ – расходы на единый социальный налог, руб.;

$C_{\text{эл.об.}}$ – расходы на электроэнергию, руб.;

$C_{\text{ам}}$ – амортизационные расходы, руб.;

$C_{\text{св}}$ – расходы на услуги связи, руб.

Подставив полученные выше результаты, получим:

$$C_{\text{проч}} = (933,5 + 132225,64 + 39932,14 + 306,3 + 2242,6 + 1600) \cdot 0,1 = 17724,02 \text{ руб.}$$

4.5.8 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта.

Таблица 17 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	933,5
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	132225,64
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	39932,14
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.об.}}$	306,3
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	2242,6
Расходы на услуги связи	$C_{\text{св}}$	1600
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	17724,02
Итого:		194964,2

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 194964,2$ руб

4.5.9 Расчёт прибыли

Прибыль следует принять в размере 20% от полной себестоимости разработки. Прибыль составляет:

$$194964,2 \cdot 0,2 = 38992,84 \text{ руб.}$$

4.5.10 Расчёт НДС

НДС составляет 18% от суммы затрат на разработку и прибыли:

$$(194964,2+38992,84)*0,18 =42112,27 \text{ руб.}$$

4.5.11 Цена разработки НИР

Цена разработки научно-исследовательской работы равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС:

$$194964,2+ 38992,84 + 42112,27=276069,31 \text{ руб.}$$

4.6 Оценка научно-технического уровня НИР

Научно-технический уровень характеризует влияние проекта на уровень и динамику обеспечения научно-технического прогресса в данной области. Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности, планируемых и выполняемых НИР, используется метод балльных оценок. Балльная оценка заключается в том, что каждому фактору по принятой шкале присваивается определенное количество баллов. Обобщенную оценку проводят по сумме баллов по всем показателям. На ее основе делается вывод о целесообразности НИР.

Интегральный показатель научно технического уровня НИР определяется по формуле:

$$I_{\text{НТУ}} = \sum_{i=1}^3 R_i * n_i, \quad (1.15)$$

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.

Частные оценки уровня n_i и их краткое обоснование приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Оценка научно-технического уровня НИР

Фактор НТУ	Значимость	Уровень фактора	Выбранный балл	Обоснование выбранного балла
Уровень новизны	0,4	Относительно новая	4	Решение использует уникальные данные, формирующиеся на основе данных других сервисов проекта
Теоретический уровень	0,3	Разработка способа	3	Элементарный анализ связей
Возможность реализации	0,3	В течение первых лет	8	Быстрая разработка с помощью различных инструментальных средств

Интегральный показатель научно-технического уровня составляет:

$$I_{НТУ} = 0,4*4 + 0,3*3 + 0,3*8 = 4,9.$$

Таблица 19– Оценка уровня научно-технического эффекта

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

Таким образом, научно-исследовательская работа имеет средний уровень научно-технического эффекта.

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В выпускной квалификационной работе разрабатывается интеграционный сервис передачи данных между АСУ ТП и MES. Интеграционный сервис предназначен осуществлять сбор данных из АСУ ТП в MES-систему, и позволяет передать их на уровень ERP по стандарту B2MML. Работа над проектом осуществлялась в одном из кабинетов с персональными компьютерами, в компании «ЭлеСи».

5.1 Производственная безопасность

Таблица 20 – Опасные и вредные факторы при выполнении работы за компьютером

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Работа за компьютером	1. Отклонение показателей микроклимата; 2. Превышение уровней шума и вибрации; 3. Превышение показателей показателей электромагнитного излучения 4. Психофизические факторы 5. Электромагнитное излучение	1. Электрический ток	Приводятся нормативные документы, которые регламентируют действие каждого выявленного фактора с указанием ссылки на список литературы. Например, параметры микроклимата устанавливаются СанПиН 2.2.4-548-96 [21].

5.1.1 Повышенное Электромагнитное излучение

При работе компьютера вокруг него образуется электромагнитное поле, деионизирующее окружающую среду, что делает воздух сухим, слабо ионизированным.

Согласно СанПиН 2.22.542-96 [19] напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг монитора по электрической составляющей должна быть не более:

- в диапазоне частот 5 Гц ÷ 2 кГц – 25 В/м;
- в диапазоне частот 2 кГц ÷ 400кГц – 2,5 В/м.

Плотность магнитного потока должна быть не более:

- в диапазоне частот 5 Гц ÷ 2 кГц – 250 нТл;
- в диапазоне частот 2 кГц ÷ 400кГц – 25 нТл.

Возможные способы защиты от ЭМИ:

- использование жидкокристаллический монитор, т.к. его излучение значительно меньше, чем у мониторов с электроннолучевой трубкой.
- расположение монитора и системного блока компьютера максимально удаленно от оператора.
- сокращение времени работы за компьютером и увеличение количества перерывов в работе.
- применение ионизаторов воздуха для увеличения количества легких отрицательных ионов в воздухе.

5.1.2 Повышенные показатели микроклимата

По степени физической тяжести работа инженера-программиста относится к категории лёгких работ по Сан Пин № [2.2.4.548-96]. В соответствии с временем года и категорией тяжести работ определены параметры микроклимата согласно требованиям СанПиН 2.2.4.548 – 96 [20] и приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата по СанПиН 2.2.4.548 – 96.

Период года	Температура, °С					Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	Оптимальная	Допустимая на рабочих местах				Оптимальная	Допустимая	Оптимальная, не более	Допустимая, не более
		Верхняя		Нижняя					
		Пост.	Не пост.	Пост.	Не пост.				
Холодный	22 – 24	25	26	21	18	40 – 60	75	0,1	0,1
Теплый	23 – 25	28	30	22	20	40 – 60	70	0,1	0,1

В помещении, где производится разработка температура и влажность воздуха поддерживается в заданных в таблице пределах. Кроме того, имеется автоматическая система кондиционирования, очищающая и нагревающая (охлаждающая) поступающий в кабинет воздух.

Таким образом, нет необходимости в принятии дополнительных мер для создания благоприятных условий.

5.1.3 Освещенность рабочей зоны

По санитарно-гигиенических нормам СанПиН 2.2.4.548 – 96 [20] рабочее место должно иметь естественное и искусственное освещение. При работе должен быть отчетливо виден процесс деятельности, без напряжения зрения и прямого попадания лучей источника света в глаза.

Работа за компьютером относится к IV разряду зрительной работы средней точности СП 52.13330.2011. Наименьший размер объекта различения составляет 0.5 – 1 мм. По нормам госта СП 52.13330.2011 [20] рекомендуемая освещенность помещения для данного разряда 400 лк (таблица 22).

Таблица 22 – нормы освещенности по госту СП 52.13330.2011

Разряд зрительной работы	Характеристик а	Подразряд	Освещенность (комбинированная система), Лк	Освещенность (общая система), Лк
IV	Средней точности	Б	500	200

Требования к освещению рабочих мест, оборудованных персональным компьютером, показаны в таблице 23 в соответствии с нормами госта СП 52.13330.2011 [21].

Таблица 23 – Требования к освещению на рабочих местах по госту СП 52.13330.2011

Освещенность на рабочем столе	300-500 лк
Освещенность на экране ПК	не выше 300 лк
Блики на экране	не выше 40 кд/м ²
Прямая блескость источника света	200 кд/м ²
Показатель ослеплённости	не более 20
Показатель дискомфорта	не более 15
Отношение яркости:	
– между рабочими поверхностями	3:1–5:1
– между поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации:	не более 5%

5.1.4 Повышенный уровень шума

Продолжительное воздействие шума может привести к ухудшению слуха или даже к его полной потере, снижает работоспособность.

Стандарт 2.2.4/2.1.8.562 – 96 [22] распространяется на технологическое оборудование, машины и другие источники шума, которые создают в воздушной среде все виды шумов.

Предельно допустимые нормы по госту 12.1.003-83 [23] уровня шума для рабочих мест приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Допустимые уровни звукового давления и уровня звука на рабочих местах по госту 12.1.003-83

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в активной полосе частот, Гц								Уровни звука, дБ
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
А	71	61	54	49	45	42	40	38	50

А – помещение конструкторских бюро, лаборатории для теоретических работ.

Возможные способы снижения шума:

- Звукоизоляция помещений смежных с шумным производственным участком.
- Акустический экран
- Средства индивидуальной защиты (наушники, беруши).
- прочистка вентилятора от пыли или заменить полностью.

5.1.5 Психофизические факторы

Основную часть времени разработчик-программист проводит за работой на персональном компьютере, в следствие чего может ухудшиться зрения, а также возникнуть проблемы со здоровьем в результате неправильной рабочей позы.

Необходимо отрегулировать настройки персонального компьютера, чтобы не было негативного влияния на зрение работника. Для этого необходимо [24]:

- настроить яркость дисплея на приемлемый для глаз уровень;
- увеличить шрифт на экране для удобного чтения;
- настроить контрастность и насыщенность цветов, чтобы глаза не утомлялись во время длительной работы за компьютером.

Во-вторых, рабочее место должно быть максимально удобным, т.к. в результате неправильной позы могут возникнуть проблемы с шейными и поясничными отделами позвоночника. Для организации правильной рабочей позы, а также организации отдыха работника необходимо соблюдать требования, описанные в документе СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [19]:

- расстояние от экрана монитора до глаз работника должно составлять 60 - 70 см;
- высота, ширина и глубина рабочего стола должна быть комфортной;

- рабочий стул должен быть удобным и регулироваться по высоте и углам наклона спинки;
- экран монитора должен быть антибликовым;
- каждые 2 часа необходимо делать небольшие перерывы по 20 минут;
- работа за компьютером не должна превышать 6 часов.

Несоблюдение вышеуказанных правил может привести к получению работником травмы или развития заболевания. Поэтому на предприятии должен проводиться плановый медицинский осмотр всех работников для контроля за состоянием здоровья сотрудников.

5.1.6 Электробезопасность

ПЭВМ и периферийные устройства являются потенциальными источниками опасности поражения человека электрическим током. При работе с компьютером возможен удар током при соприкосновении с токоведущими частями оборудования.

Согласно с СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03 [24] рабочие места с ПЭВМ должны быть оборудованы защитным занулением; подача электрического тока в помещение должна осуществляться от отдельного независимого источника питания; необходима изоляция токопроводящих частей и ее непрерывный контроль; должны быть предусмотрены защитное отключение, предупредительная сигнализация и блокировка.

Помещение, в котором расположено рабочее место, относится к категории без повышенной опасности, и соответствует установленным условиям согласно с ГОСТ 12.1.019–85 [26]:

- напряжение питающей сети 220 В, 50 Гц;
- относительная влажность воздуха 50%;
- средняя температура около 24°C;
- наличие непроводящего полового покрытия.

5.2 Экологическая безопасность

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы загрязнения атмосферы не происходило, т.к. никаких выбросов в воздух не происходило, также никакого влияния не оказывается на гидросферы, в связи с отсутствием сбросов в водоем.

Утилизация люминесцентных ламп: Такие лампы нельзя выкидывать в мусоропровод или уличные контейнеры, а нужно отнести в свой районный ДЕЗ (Дирекция единичного заказчика) или РЭУ (Ремонтно-эксплуатационное управление), где есть специальные контейнеры. Там они принимаются бесплатно, основанием должна служить утилизация в соответствии с Управлением Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека [30]

Загрязнение литосферы может происходить бытовыми отходами. Наиболее рациональным способом защиты от этого является переработка мусора. Основным отходом в процессе работы была макулатура, ее утилизация происходит на станции вторсырья.

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией является возникновение пожара, так как на рабочем месте располагается большое количество ЭВМ. В соответствии с нормами пожарной безопасности [27], помещения с ЭВМ относятся к категории В (пожароопасные).

Основные причины возникновения возгораний:

- нарушение правил эксплуатации электрического оборудования, эксплуатация его в неисправном состоянии;
- перегрузка электрических сетей;
- применение неисправных осветительных приборов, электропроводки и устройств, дающих искрение, замыкание и т.п.;
- курение в неустановленных местах.

- Для предупреждения возгораний в помещении необходимо соблюдать следующие мероприятия:

- соблюдать установленный режим эксплуатации электрических сетей, компьютеров и других устройств;
- соблюдать противопожарные нормы и правила при установке оборудования;
- проводить технические осмотры и планово-предупредительные ремонты оборудования и технических средств противопожарной защиты и пожаротушения (огнетушители) согласно утвержденного графика.

В помещении должен быть установлен углекислотный огнетушитель типа ОУ-5 для тушения пожаров.

При возникновении пожара здание необходимо покидать в соответствии с планом эвакуации, которые размещены на каждом этаже.

План эвакуации приведен на рисунке 13.

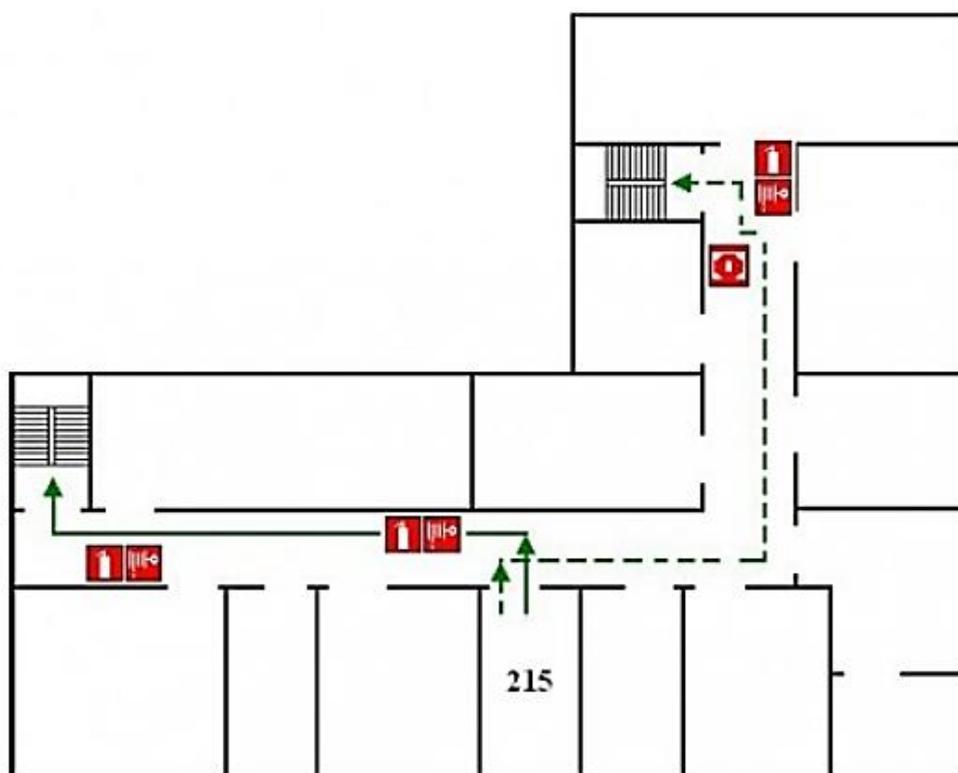


Рисунок 13 – План эвакуации при пожаре и чрезвычайных ситуациях из помещения офиса г. Томск Ул. Алтайская, 161А, – 2 этаж, 215 кабинет

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

При разработке проектных решений в вычислительных центрах не обязателен режим сокращенного рабочего дня, достаточно установление перерывов в работе.

Работа в вычислительном центре относится к классу 2 – допустимые условия труда, при которых уровень факторов среды и трудового процесса, не превышает уровней, установленных гигиеническими нормативами для рабочих мест, а возможные изменения функционального состояния организма восстанавливаются во время регламентированного отдыха или к началу следующей смены. В связи с этим дополнительных льгот и компенсаций работникам этой области не предусмотрено.

Органы, регулирующие соблюдение федерального законодательства и нормативных правовых актов: Федеральная инспекция труда, Государственная экспертиза условий труда Федеральная служба по труду и занятости населения (Минтруда России Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Госгортехнадзор, Госэнергонадзор, Госатомнадзор России) Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Госсанэпиднадзор России)).

5.5 Организационные мероприятия обеспечения безопасности рабочей зоны

При выполнении выпускной квалификационной работы основная нагрузка приходится на центральную нервную систему, так как происходит умственная работа. При проектировании необходимо организовать комфортные условия для полноценной работы.

По нормам СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03 [24] на протяжении рабочего дня должны быть регламентированы перерывы для качественной работы. Время

перерывов в течение рабочей смены устанавливается с учетом её длительности, вида и категории трудовой деятельности.

Заключение

В рамках выполнения магистерской диссертации была реализована функция MES-системы, которая обеспечивает интеграцию уровней информационных систем горнодобывающего предприятия.

В ходе работы были определены наиболее распространенные промышленные стандарты OPC, выполнен обзор функций системы MES, изучен стандарт описания данных B2MML, описаны технические требования, описана физическая модель базы данных и определены преимущества SOA-архитектуры.

В результате была спроектирована архитектура программных модулей интеграционного сервиса, были описаны алгоритмы работы модулей, разработан модуль осуществляющий сбор данных из OPC HDA сервера, разработан модуль предоставляющий данные в структуре B2MML, разработана структура файла конфигурации этих модулей и был создан дистрибутив для установки программных модулей.

Список используемых источников

1. MES-системы. Взгляд изнутри, Е. Андреев, Н. Куцевич, И. Куцевич, 240с, 2015.
2. Организация производства и управление предприятием [Текст]: учебник / под ред. О.Г. Туровца. -М.: ИНФРА-М, 2004. - 493с
3. Как успешно внедрить MES: советы профессионалов. Пол Бранденбург (Paul Brandenburg), для InTech[Электронныйресурс]. Режимдоступа:<http://ua.automation.com/content/kak-uspeshno-vnedrit-mes-sovety-professionalov>. Дата доступа: 14.05.2018
4. Интегрированные системы проектирования и управления: SCADA-системы, И. А. Елизаров, А. А. Третьяков, А. Н. Пчелинцев, В. А. Погонин, В. Н. Назаров, П.М. Оневский, 2015.
5. Порядок создания, модернизации и сопровождения АСУТП, Федоров Ю. 2011, 511 с.
6. Общие сведения о SCADA Infinity [Электронный ресурс] URL: <http://elesy.ru/scada-infinity.aspx> (дата обращения 25.05.2018)
7. Обзор технологии OPC (дата обращения 12.05.2018): <http://www.opcfoundation.org/Downloads/Overview/OPC%20Overview%201.00.pdf>
8. Применение технологии OPC, Ковязин Р.Р. 2013. 16 с. [Электронный ресурс] URL: http://www.ict.edu.ru/ft/001796/vestnik10_8.pdf (дата обращения 11.05.2018)
9. Энциклопедия АСУ ТП, Денисенко В. И. 389 с. [Электронный ресурс] URL: <http://www.bookasutp.ru/OPC-technology.pdf> (дата обращения 01.05.2018)
10. Всё, что Вы хотели знать об ISA-95 [Электронный ресурс] URL: http://mescenter.ru/mesaconf/presentations/mesa2009_201_levering_isa.pdf (дата обращения 15.05.2018)

11. Компас в мире сервис-ориентированной архитектуры (SOA), 2007, 256 с.
12. Свободная объектно-реляционная система управления базами данных PostgreSQL [Электронный ресурс] URL: <https://www.postgresql.org/> (дата обращения 15.05.2018)
13. Знакомство с приложениями служб Windows [Электронный ресурс] URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/framework/windows-services/introduction-to-windows-service-applications> (дата обращения 15.03.2018)
14. Создание служб Windows Communication Foundation, Джувел Лева, 592с, 2008.
15. Компонент протоколирования в программном обеспечении [Электронный ресурс] URL: <http://www.nlog-project.org> (дата обращения 15.05.2018)
16. Общие сведения об Entity Framework [Электронный ресурс] URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/framework/data/adonet/ef/overview> (дата обращения 15.05.2018)
17. Решения для работы с протоколами OPC [Электронный ресурс] URL: <https://opcfoundation.org> (дата обращения 15.05.2018)
18. Инсталлятор CreateInstall [Электронный ресурс] URL: <http://www.createinstall.ru/> (дата обращения 18.05.2018)
19. СанПиН 2.22.542-96 Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. М.: Госкомсанэпиднадзор, 1996.
20. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.
21. СП 52.13330.2011 Свод правил. Естественное и искусственное освещение.
22. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.

23. ГОСТ 12.1.003-83 Шум Общие требования безопасности, 1983.
24. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
25. Словари и энциклопедии [Электронный ресурс]. URL: http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_medicine/
26. ГОСТ 12.1.019–85 Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты, 1985.
27. НПБ 105-95. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности, утв. Приказом ГУ ГПС МВД РФ от 31.10.95 № 32.
28. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для вузов. – М.: Изд-во Юрайт, 2013. – 671с.
29. Постановление от 30 декабря 2003 г. N 794 О Единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_159106/ (дата обращения 15.05.2018)
30. Статья «Как утилизировать Люминесцентную лампу» [Электронный ресурс] URL: <http://есоб3.ru/lampalum.html> (дата обращения 15.05.2018)

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Design of integration Service

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ6Б	Азаров Игорь Сергеевич		

Научный руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Ковин Роман Владимирович	к.т.н.		

Консультант ОИТ ИШИТР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мирошниченко Евгений Александрович	к.т.н.		

Консультант-лингвист ОИЯ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Диденко Анастасия Владимировна	к. ф. н.		

Design of the Integration service architecture

The concept of SOA architecture is based on a modular approach to software development. The main advantage of SOA is that such architecture allows to build distributed loosely modules, weak communication (or its absence) between modules enables to change one module to another, without affecting other.

Figure 6 presents the overall structural scheme of the integration service within the MES system. From this diagram it can be seen that the integration service interacts with the database, the configuration file, the system log, the file to record the operation of the Service (hereinafter-for logging), the level of ERP and the level of APCS, the source of which is the server OPC HDA. In this figure, the integration service is represented as an object consisting of two modules. The figure shows that the modules use the same configuration file. The feasibility of this solution is explained by the fact that SOA architecture can be scaled, including other modules, so the configuration of each of them is faster and more convenient to make from one place. To do this, the configuration file must contain the settings of each module. In case the modules will be distributed on different servers, each of them will use its own configuration file. But if there is a need to place the modules on one server, then this file will be one for them.

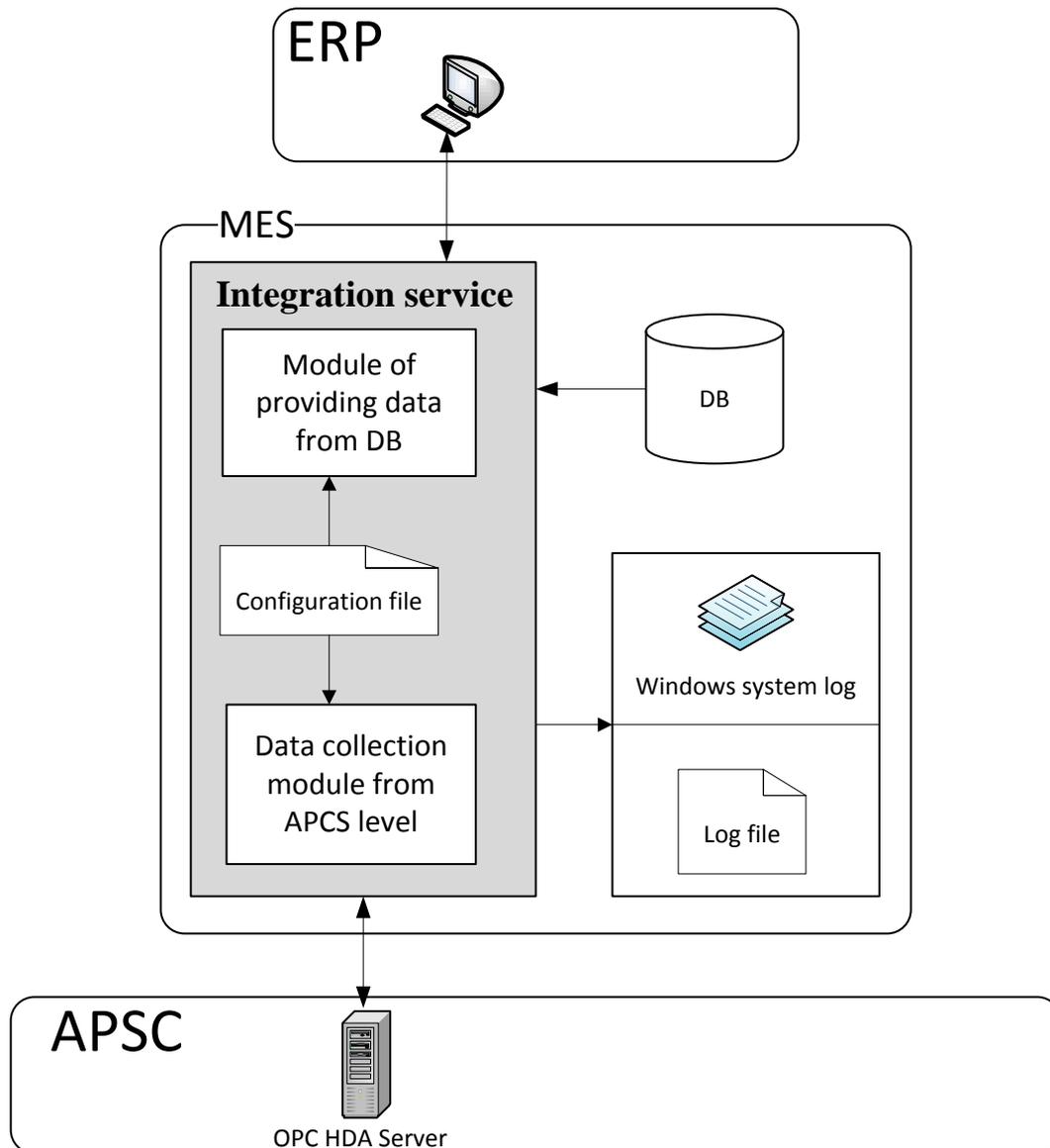


Figure 6 – Integration service in MES-system

Decomposition of modules of integration service on components with indication of information interaction between them allows to get the application architecture in this way. The developed architecture of the integration service is shown in Figure 7.

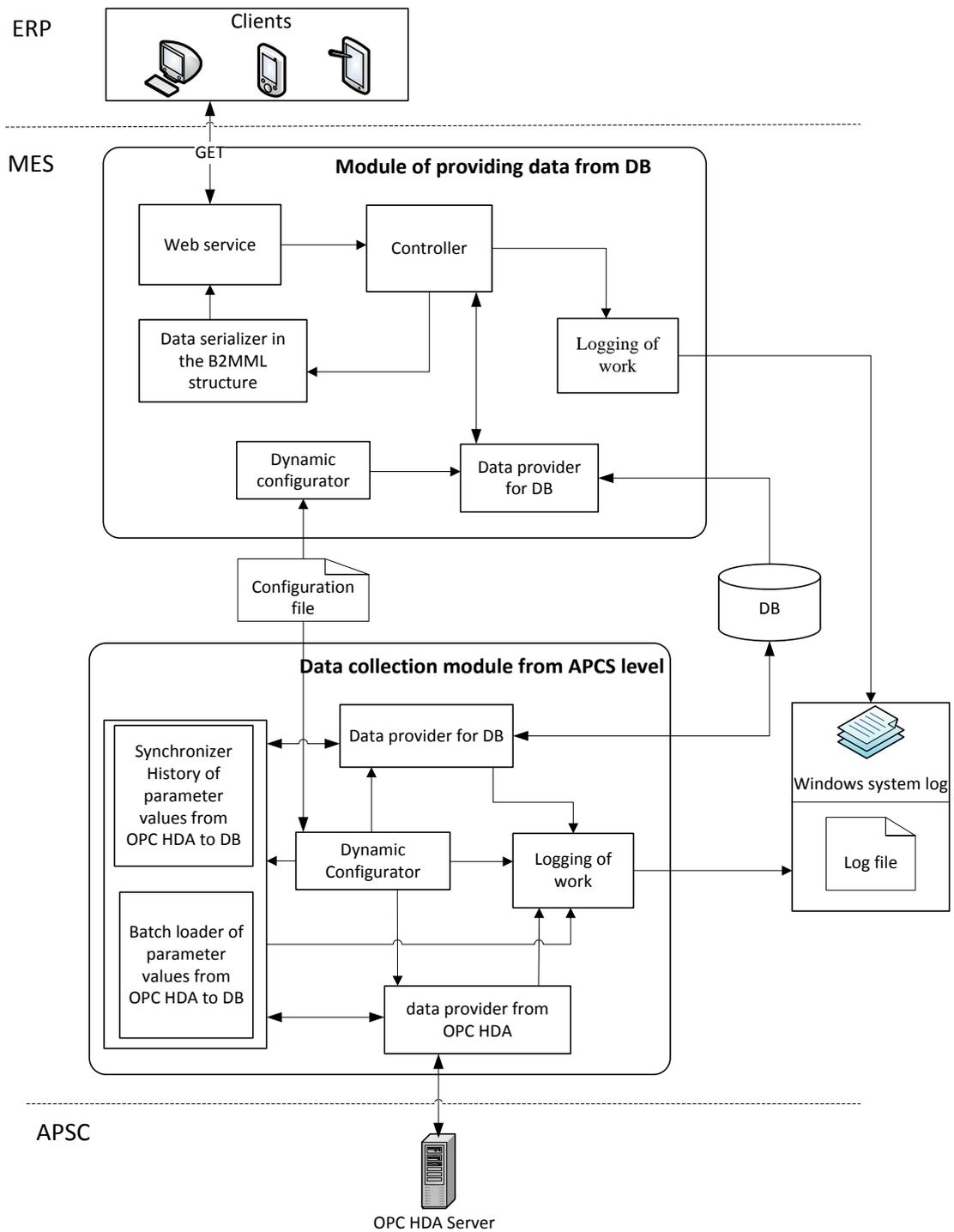


Figure 7 – Architecture of the integration data service

The following sections describe in detail the architecture of each module of the integration service.

Data collection module from APCS level

Module functionality implements the following components:

- data provider for DB;
- data provider from OPC HDA;
- dynamic Configurator;
- synchronizer History of parameter values from OPC HDA to DB;
- batch loader of parameter values from OPC HDA to DB;
- logging of work.

The «Data provider for DB» component is used to work with the database and has the following functions:

- connecting to a database;
- requesting the list of parameters stored in MES db (table "params");
- recording of parameter values in the database table «param_values»;
- logging of the component.

The «OPC HDA Data Provider» component is designed to query parameter values from the OPC HDA server at a specified time. Because parameter values are requested at a specified frequency, there may be a situation where the value of the parameter in the OPC HDA server is absent at a specific time point. Figure 8 illustrates this problem.

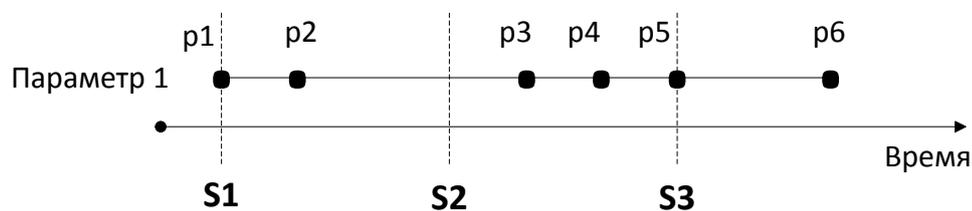


Figure 8 – Getting the parameter value from OPC HDA

This figure shows some parameter. The underlying points on it are the values that are stored in the OPC HDA server. Segments *S* show the slices by which the parameter values are collected with a specific period. Figure 8 shows

that at the moment of S2 slice in OPC HDA server the values were not found. This problem is solved in the following way: it is necessary to pick up a nearby value from a slice, but not further than the next slice. In this example, the value at the time of the S2 slice will be the one that is in the P3 point because it is the closest.

The following are the functions of the «OPC HDA Data Provider»:

- accessing OPC HDA server;
- receipt of values of parameters signals in the specified time;
- checking the connection of the OPC HDA server;
- logging of the component.

The component «Synchronizer history of parameter values from OPC to DB» is intended to synchronize the history of parameter values in the DB table "param_values" in case of missing values of another parameter. Synchronization refers to refilling the history of one parameter relative to the other at approximately the same time intervals. For clear understanding, figure 9 describes problem where the history of the collected parameter values is asynchronous in time.

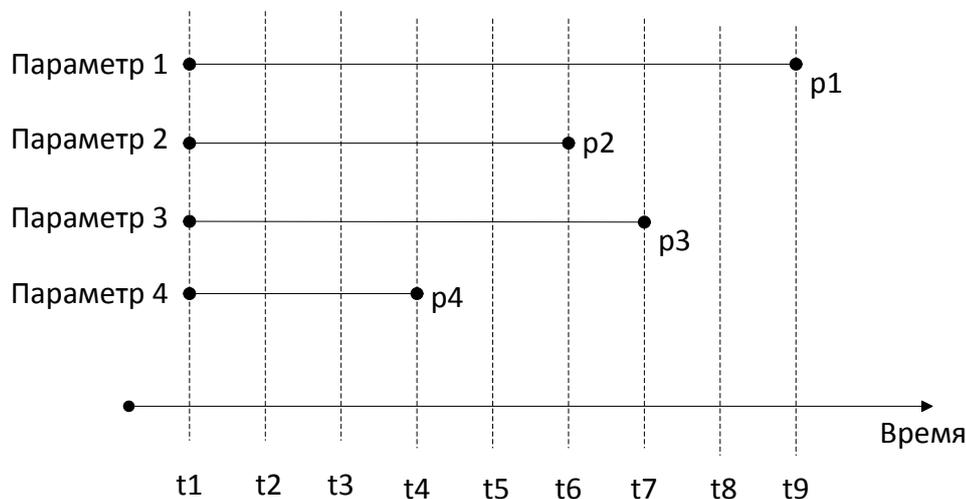


Figure 9 – Values of parameters in the DB in time

The figure shows the values of the four parameters in time. The distance between dashed lines represents the frequency of data collection. Each dotted line characterizes the time slice of the parameter values. The figure shows that the parameter values are not synchronized in time. Such a picture can be formed for

various reasons. For example, a parameter was removed from the list of databases in the tables «params» and the collection of values by this parameter was terminated. At some point in time, the MES system operator can return the entry to the «params» table and the module must complete the history of that parameter. The completion of the history should occur alternately for each of the parameters.

Another similar situation can arise if the values of parameters for some reasons have ceased to come from the OPC HDA server. In this case, the parameter values will be absent because there is no data to restore the history.

As a result of synchronization, the values of each parameter will be filled to the point p1, thus the history of the parameter values will be synchronized.

The following are the functions of the «Synchronizer of the history of parameter values from OPC to the database» (Fig. 7):

- Passing alternately on each of the parameters in the table of db "params", the pumping of data from OPC to db to the value of the parameter, whose record was the last in the table of DB «param_values»;
- logging of the component.

The Component «Batch loader of parameter values from OPC to database» is designed for batch collection of parameter values. This loader accepts a list of parameters and collects values for all parameters at once. This component is useful when the history of all parameters is already synchronized. Therefore, all parameters in the database in the table "param_values" have the last value in about one timestamp.

Functions of the component «Batch loader of parameter values from OPC to DB»:

- get a list of values of all parameters in the table of DB «params» and record the received values in the table «param_values»;
- logging of the component.

The "Dynamic configurator" component interacts with all internal components of the module. This component is designed to change the configuration of the module without having to restart it.

The "Logging work" component is needed for a convenient method of keeping records about the operation of the module. This component through the configuration can record events both in the log file and in the Windows system log.

Figure 10 shows the algorithm of this module.

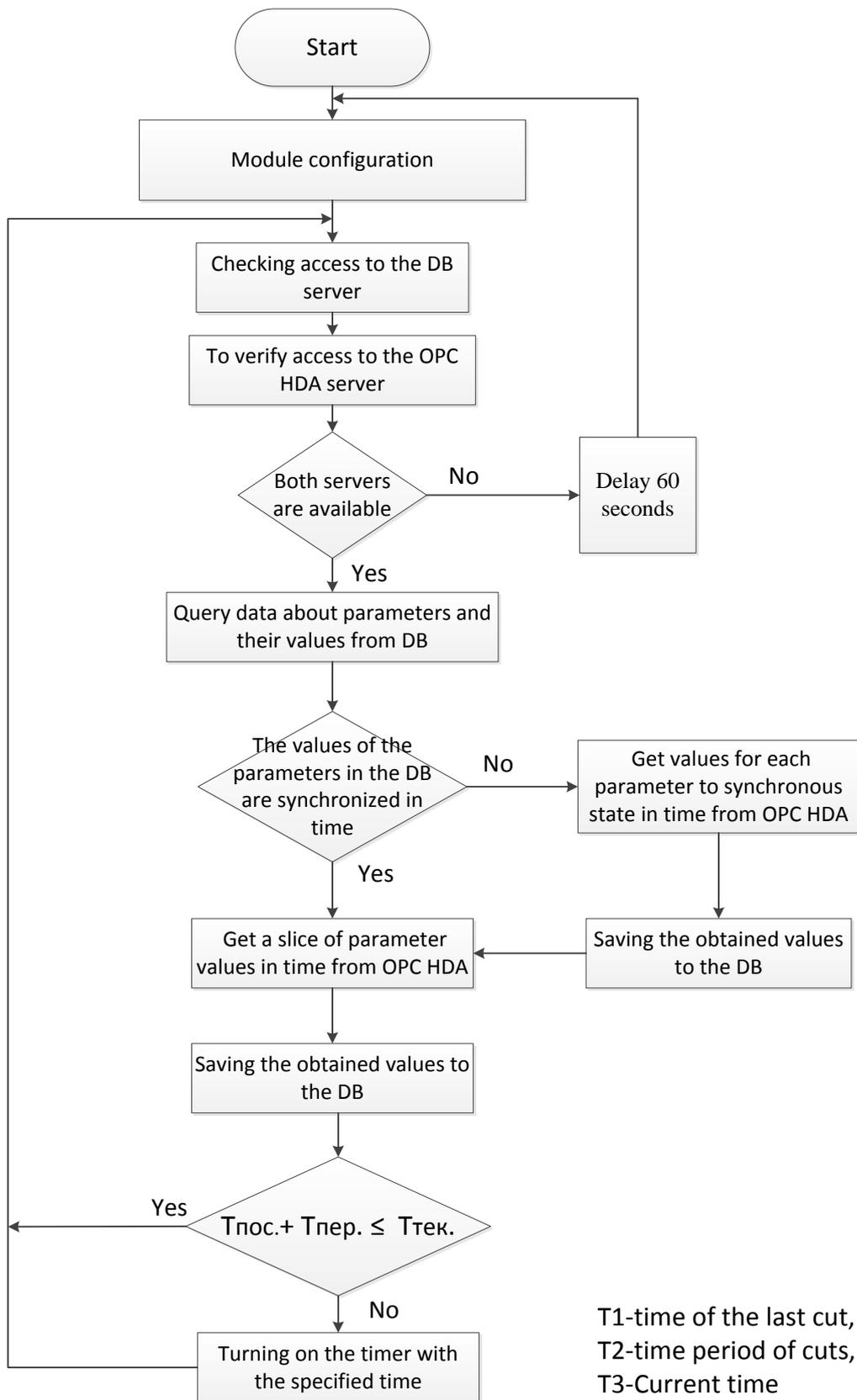


Figure 10 – Algorithm of data collection module from the level of APCS

Module of providing data from DB

Module functionality implements the following components:

- data provider for DB;
- dynamic configurator;
- web service;
- controller;
- data serializer in the B2MML structure;
- logging of work.

The «Data provider for DB» component is used to work with the database and has the following functions:

- connects to the database;
- makes a request for data on equipment, hardware class, physical Assets, about the class of physical Assets, parameters and values of these parameters stored in MES db (Tables "equips", "equip_classes", "phys_assets", "phys_assets_classes", "params", "param_values");
- logging of the component.

The «Web service» component is designed to route between a client and a controller, and the primary function is to listen for requests from clients.

The «Controller component» is the link of the entire module. It contains all the main logic of the application. During the processing of the GET request, it requests data about the parameter from the database that the client is interested in, gets information about which equipment the parameter belongs to, whether the parameter is a parameter of the physical parameter asset, to which class belongs the equipment and the value of the parameter itself. After collecting information, it passes it to the component «Data Serializer in the B2MML structure».

The «Data Serializer in the B2MML structure» component receives complete data about each parameter that the controller sends to it in turn. Next, it

generates the data in accordance with the B2MML standard by XML serialization and passes them to the client through the Web Service component.

Figure 11 shows the algorithm of this module.

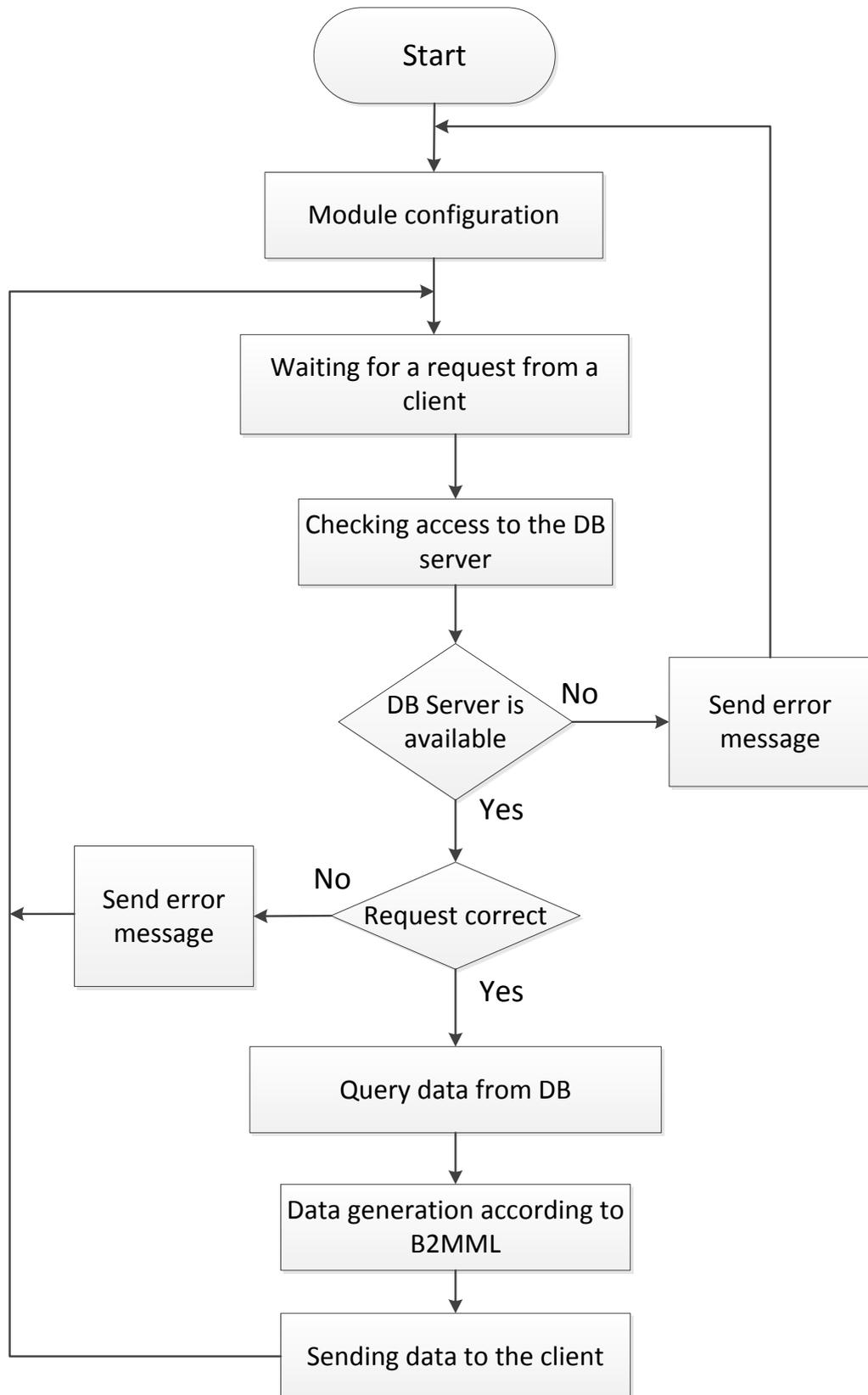


Figure 11 - Algorithm of the module providing data from the database

Structure of the configuration file

The configuration file is needed to manage the settings of the integration service modules, and contains:

- network address of the database management system server;
- database user name;
- the name of the database;
- password for accessing the database;
- network address of the OPC HDA server;
- flags that define the methods of logging;
- path to the log file.

As a result, the structure of the configuration file was developed, an example of which is presented below:

```
<configurations>
  <ServiceConfig Name="Basic service configuration">
    <requestTimeout>300000</requestTimeout>
    <logToFile>OFF</logToFile>
    <logToSystem>ON</logToSystem>
    <pathLogFile>D:\test.log</pathLogFile>
  </ServiceConfig>
  <DbConfig Name="PostgreSQL server configuration">
    <dbName>postgres</dbName>
    <dbUser>postgres</dbUser>
    <dbPassword>pass</dbPassword>
    <dbAddress>127.0.0.1</dbAddress>
  </DbConfig>
  <OpcConfig Name="OPC server configuration">
    <opcAddress>10.13.0.116</opcAddress>
  </OpcConfig> </configurations>
```