

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

Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки 11.04.04 «Электроника и микроэлектроника»  
 Отделение материаловедения

**МАГИСТЕРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Модернизация переносной станции контроля цементирования скважин СКЦ-02</b> УДК <u>621.3.032.2:537.534.7:537.523.5</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ61	Сазонов Андрей Владимирович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Карнаухова Анна Алексеевна	кандидат физико- математических наук		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Старикова Екатерина Васильевна	кандидат философских наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Ахмеджанов Рафик Равильевич	доктор биологических наук		

По разделу на английском языке

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Парнюгин Александр Сергеевич	кандидат педагогических наук		

По технической части

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зам. директора по контролю цементиро вания	Сенибратов Владислав Владимирович			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электроника и наноэлектроника	Яковлев Виктор Юрьевич	доктор физико- математических наук		

Томск – 2018 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результ ата	Результат обучения
<b>Универсальные компетенции</b>	
P1	Способность <i>совершенствовать</i> и развивать свой <i>интеллектуальный и общекультурный уровень</i> , добиваться <i>нравственного и физического совершенствования</i> своей личности, обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности.
P2	Способность <i>использовать иностранный язык</i> в <i>профессиональной сфере</i> .
P3	Способность применять на практике <i>навыки и умения в организации</i> научно-исследовательских и производственных работ, в <i>управлении коллективом</i> , использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности
P4	Способность использовать методологические основы <i>научного познания и творчества</i> , научную информацию в развитии отрасли, навыки проведения работ с использованием <i>современных информационных технологий</i> ; синтезировать и критически резюмировать информацию.
<b>Профессиональные компетенции</b>	
P5	Способность применять <i>углубленные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания</i> в междисциплинарном контексте в инновационной инженерной деятельности в области электроэнергетики и электротехники.
P6	Способность <i>ставить и решать инновационные задачи</i> инженерного анализа в области электроэнергетики и электротехники с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний, аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности
P7	Способность выполнять <i>инженерные проекты</i> с применением оригинальных методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества электроэнергетического и электротехнического производства в условиях жестких экономических и экологических ограничений.
P8	Способность выполнять инновационные <i>инженерные исследования</i> в области электроэнергетики и электротехники, включая критический анализ данных из мировых

	информационных ресурсов.
Р9	Способность проводить <i>технико-экономическое обоснование</i> проектных решений; выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда; определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса.
Р10	Способность проводить <i>монтажные, регулировочные, испытательные, наладочные</i> работы электроэнергетического и электротехнического оборудования.
Р11	Способность осваивать <i>новое</i> электроэнергетическое и электротехническое <i>оборудование</i> ; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт.
Р12	Способность разрабатывать <i>рабочую проектную и научно-техническую документацию</i> в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; организовывать метрологическое обеспечение электроэнергетического и электротехнического оборудования; <i>составлять оперативную документацию</i> , предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы

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

---

Школа ИШНПТ

Направление подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»

Отделение школы Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_ Яковлев

В.Ю.

(Подпись)

(Дата)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
4НМ61	Сазонов Андрей Владимирович

Тема работы:

«Модернизация переносной станции контроля цементированя скважин СКЦ-02»

Утверждена приказом ректора

№ 3853/с от 29.05.2018 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

11.06.2018

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

Исходные данные к работе	
	Станция контроля цементированя: <ul style="list-style-type: none"><li>• плотность от 1000 до 2200 кг/м<sup>3</sup>,</li><li>• расход до 85 м<sup>3</sup>/ч,</li><li>• давление до 40 МПа,</li><li>• температура от -40 до +100 °С.</li></ul> Модуль XВee Программное обеспечение Watcher Нормативная документация по правилам техники безопасности

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- обзор источников информации по теме ВКР</li> <li>- описание станции контроля цементированья</li> <li>- проведение расчетов</li> <li>- сборка и испытания модифицированной станции</li> <li>- разработка макета для ПО Watcher</li> <li>- оценка коммерческого потенциала и перспективности</li> <li>- анализ вредных и опасных факторов на рабочем месте</li> </ul>
<b>Перечень графического материала</b>	Презентация в формате MS Powerpoint

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Старикова Екатерина Васильевна
Социальная ответственность	Ахмеджанов Рафик Равильевич
По разделу на английском языке	Парнюгин Александр Сергеевич
По технической части	Сенибратов В.В.

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**

**Description of cement control station SKC-02**

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	12.03.2018 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ ТПУ	Карнаухова А.А.	к.ф.-м.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ61	Сазонов Андрей Владимирович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА**  
**«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И**  
**РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студент:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
4НМ61		Сазонов Андрей Владимирович	
<b>Институт</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ВЭСЭ</b>
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	11.04.04. «Электроника и наноэлектроника»
<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>			
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, информационных и человеческих		При проведении научно-исследовательского проекта используется лаборатория №1 ООО «СИБНЕФТЕПРОМ».	
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов		В исследовании задействованы два человека: Научный руководитель проекта и студент.	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования			
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>			
1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения		Описание потенциального потребителя, карта сегментирования, SWOT анализ	
2. Планирование этапов и выполнения работ по НИР (определение состава работы, определение действующих лиц, установление длительности и трудоемкости работы)		Планирование научно-исследовательских работ, определение действующих лиц, длительности и трудоемкости работ.	
<b>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):</b>			
1. Оценочная карта конкурентных технических решений			
2. Матрица SWOT			
3. Иерархическая структура работ			
4. Календарный план проекта			
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>			

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Старикова Екатерина Васильевна	Кандидат философских наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ61	Сазонов А.В.		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4НМ61	Сазонов Андрей Владимирович

<b>Институт</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ВЭСЭ</b>
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Электроника и наноэлектроника

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Объект исследования – Разработка и модернизация переносной станции контроля цементированной скважин. Рабочее место – полевые условия. Область применения – нефтяная промышленность.</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты;</li> <li>– (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты)</li> </ul>	<p>Основными вредными факторами являются:</p> <p>1.1.1 Гамма-источник типа ОСГИ-700-2р с радионуклидом NA-22</p> <p>Основными опасными факторами являются:</p> <p>1.2.1 Повышенное давление 1.2.2 Пожароопасность 1.2.3 Поражение электрическим током</p>
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны;</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> </ul>	<p>2.1 Защита селитебной зоны 2.2 Защита атмосферы 2.3 Защита гидросферы 2.4 Защита литосферы</p>

<p>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды</p>	
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	<p>3.1 Взрыв 3.2 Газонефтеводопроявление 3.3 Пожар</p> <p>Меры по предупреждению пожара:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности;</li> <li>- соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения;</li> <li>- своевременно проводить ТО и ППР эл.установок,</li> <li>- в электросетях должны устанавливаться аппараты защиты;</li> <li>- строго соблюдать требования приказа о противопожарном режиме, особенно по курению и пользованию открытым огнем;</li> <li>- исключить применение скруток для соединения электропроводов, кабеля;</li> </ul> <p>При завершении работы (перед закрытием помещения):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- отключить все потребители электроэнергии;</li> <li>- убрать неиспользованные сменные материалы, отходы и горючий мусор из помещения; закрыть форточки на окнах.</li> </ul> <p>При возникновении пожара, воспламенении горючих веществ работник лаборатории должен:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- без промедления сообщить об этом по телефону в пожарную охрану (при этом необходимо назвать место возникновения пожара, а также сообщить свою фамилию);</li> <li>- принять меры по вызову к месту пожара своего непосредственного руководителя или другого ответственного лица;</li> <li>- покинуть зону воздействия опасных факторов пожара, воздействующих на организм человека, за пределы помещения</li> </ul>



	или здания, в которых возник пожар; - отключить электрооборудование, электрические приборы, аппараты, стенды и электропитание в помещении, где возник пожар; - приступить к ликвидации пожара, используя первичные средства пожаротушения.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности. – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства 4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор отделения контроля и диагностики ИШНКБ	Ахмеджанов Рафик Равильевич	д-р биол. наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ61	Сазонов Андрей Владимирович		

## Реферат

Выпускная диссертационная работа содержит 130 с., 23 рис., 15 табл., 20 источников, 2 прил.

Ключевые слова: нефтегазовая отрасль, станция контроля цементирования СКЦ-02, модуль XВее, передача данных.

Объектом исследования является переносная станция СКЦ-02 и передача данных с помощью модуля XВее по каналу радиосвязи.

Целью данной диссертационной работы является модернизация СКЦ-02 для снижения времени обработки данных и экономических затрат.

В процессе исследования проводился анализ параметров коммерчески доступных датчиков: давления, расхода, температуры, плотности, а также СКЦ в целом. Произведена организация настройки и передачи данных регистратор – ноутбук с помощью модуля XВее. Собран регистратор и оптимизирована схема его подключения к радиомодулю. Также был создан макет для программного обеспечения для регистрации и отображения данных.

В результате исследования реализован способ передачи данных со станции СКЦ на ПК по каналу радиосвязи, позволяющий не только предотвратить некачественное цементирование скважины, но и оперативно управлять процессом крепления за счет дистанционной обработки поступающих данных.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: СКЦ-02 производит измерение, регистрацию и контроль следующих параметров: плотность (от 1000 до 2200 кг/м<sup>3</sup>), расход (до 85 м<sup>3</sup>/ч), давление (до 40 МПа), температура (от -40 до +100 °С). Радиомодуль XВее имеет десяти разрядный АЦП, требует минимальную мощность и обеспечивает надежную доставку данных между удаленными устройствами, работающими в диапазоне ISM 2,4 ГГц. Дальность действия передачи данных в здании до 40 метров, прямая видимость до 120 метров.

Скорость передачи данных вместе со служебной информацией в эфире составляет 250 кбит/с.

Область применения: Станция СКЦ-02 используется в нефтегазовой отрасли при цементировании скважин, проведении их капитального ремонта, ремонтно-изоляционных работах. СКЦ-02 может использоваться в различных технологиях, где происходит прокачка жидкостей различных плотностей.

Экономическая эффективность/значимость работы. Как показывает анализ результатов испытаний, передача данных по радиоканалу позволяет снизить, по сравнению с передачей данных по сигнальному кабелю, время обработки данных примерно на 2 часа, а стоимость затрат ориентировочно с 50000 до 15000 рублей. Экономическая значимость работы, подтверждается актом внедрения результатов работы в компании ООО «СИБНЕФТЕПРОМ».

В будущем планируется произвести модернизацию станций СКЦ, как использующихся в компании в настоящее время, так и планирующихся к приобретению.

## **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

АЦП – аналого-цифровой преобразователь

БП – блок питания

ЗР – заключительные работы

Крепление скважин – процесс укрепления стенок буровых скважин обсадными трубами и тампонажным раствором

ПК – персональный компьютер

ПО – программное обеспечение

Радиосвязь – это электрическая связь, которая осуществляется с помощью радиоволн

СКЦ – Станция контроля цементировани скважин.

ЦКОД – цементировочный клапан обратный дроссельный – применяют для предотвращения обратного движения раствора при цементировании, предотвращения флюидопроявления через внутренний канал труб и облегчения веса обсадной колонны труб при погружении ее в буровой раствор

ЭДС – электродвижущая сила

## Оглавление

Введение.....	15
1. Окончательные, заключительные работы по креплению скважин.....	18
2. Выбор станции контроля цементирования для модернизации	
2.1 Критерии выбора.....	21
2.2 Станция контроля цементирования «Раствор-М».....	22
2.3 Станция контроля цементирования «СКЦ-Леуза».....	24
2.4 Станция контроля цементирования «СКЦ-01».....	26
2.5 Станция контроля цементирования «СКЦ-02».....	28
3. Описание станции СКЦ-02	
3.1 Особенности конструкции.....	30
3.2 Назначение и принцип работы датчиков.....	31
3.3 Регистратор.....	36
4. Технология реализации беспроводной передачи данных	
4.1 Обоснование выбора передачи данных по радиоканалу.....	40
4.2 Принцип работы и основные характеристики модуля XBee.....	40
4.3 Режимы управления и варианты прошивок.....	45
4.4 Выводы по разделу.....	48
5. Оптимизация блока регистрации данных.....	50
6. Организация передачи данных с передатчика XBee Series 2 на приемник XBEE-PRO RF.....	53
7. Макет для программной регистрации данных с датчиков.....	56
8. Оптимизация конструкции СКЦ-02.....	60
9. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	62
10. Социальная ответственность.....	91
Заключение.....	115
Список литературы.....	117

Приложение А Раздел на английском языке.....	119
Приложение Б АКТ внедрения.....	130

## Введение

Сооружение нефтяной и газовой скважины представляет собой два последовательных процесса: бурение скважины и ее крепление. В понятие «крепление скважин» входят такие работы, как спуск обсадных колонн и их цементирование. Процесс закачки цементного раствора в затрубное пространство называется процессом цементирования. Этот процесс – заключительная операция цикла бурения и важнейший этап сооружения скважины. От качества цементирования зависят надежность разобщения пластов, продолжительность эксплуатации скважин и разработка всего месторождения в целом. Стоимость скважин, особенно глубоких, высока, а ущерб от некачественного их крепления может быть еще большим. От качества крепления зависит жизнеспособность всего сооружения, так как процесс цементирования скважин – операция необратимая, ремонт и восстановление их связаны со значительными затратами средств и времени.

Главная цель, которая преследуется во время этого процесса, заключается в полном замещении бурового раствора цементным, который называют иначе тампонажным [1]. Введенный раствор должен затвердеть в течение определенного временного интервала и превратиться в цементный камень. Цементирование необходимо для:

- создания надежного, долговечного канала для добычи нефти (газа);
- укрепления неустойчивых пород;
- изоляции вскрытых пластов один от другого;
- предохранения колонны обсадных труб от смятия и коррозии;
- закрепления колонны обсадных труб на любом расстоянии от забоя.

Главной причиной некачественного цементирования скважины является отклонение от параметров, заданных технологической картой и планом ведения работ по креплению скважины [2].

Станция контроля цементирования осуществляет сбор и фиксацию информации о процессе цементирования на всех этапах проведения работ –

от подготовки ствола скважины путем прокачки буферной жидкости до закачки в заданные интервалы специального тампонажного раствора и получения давления «СТОП» [3].

При цементировании скважин наблюдается острая проблема при сборе данных и их безопасной передачи на информационный носитель. Данные со станции СКЦ передаются на ПК с помощью сигнального кабеля, который в свою очередь, подвергается частым механическим повреждениям (пробой изоляции кабеля, перелом, пагубное воздействие окружающей среды и т.д.), таким образом, происходит сбой сбора данных, что отрицательно влияет на процесс цементирования скважин в целом.

Для решения этой проблемы в данной работе рассмотрим передачу данных с помощью беспроводного канала радиосвязи. На сегодняшний день большое развитие в области передачи данных получили беспроводные сети – сети радиосвязи. Это объясняется удобством их использования, дешевизной и приемлемой пропускной способностью. Исходя из текущей динамики развития, можно сделать вывод о том, что по количеству и распространенности беспроводные сети в скором времени превзойдут проводные сети. Эта динамика непосредственным образом влияет на требования к защите информации в беспроводных сетях. В данной работе подробно рассматривается передача данных по радиоканалу, с применением модулей XBee series 2 и XBEE-PRO RF.

Целью моей диссертационной работы является модернизация переносной станции контроля цементирования скважин СКЦ-02. Для ее достижения поставлены следующие задачи:

1. изучить нормативные документы, регламентирующие работу станции контроля цементирования;
2. выбрать СКЦ для модернизации;
3. выбрать подходящие датчики: давления, температуры, расхода, плотности;
4. собрать регистратор и оптимизировать схему его подключения;



5. реализовать передачу данных регистратор – ноутбук с помощью канала радиосвязи на базе беспроводного модуля XBee;
6. написать макет для программного обеспечения регистрации данных.

## 1 Окончательные, заключительные работы по креплению скважин

Основные этапы бурения показаны на рис. 1. Начальным этапом работ является бурение направления глубиной от 50 до 300 метров большим диаметром, далее направление цементируется, затем продолжается бурение кондуктора глубиной от 900 до 1500 метров меньшим диаметром, далее кондуктор цементируется. Завершающим этапом является бурение эксплуатационной колонны самым меньшим диаметром и ее креплением. Так же бурится и крепится хвостовик (согласно плану работ) [4].

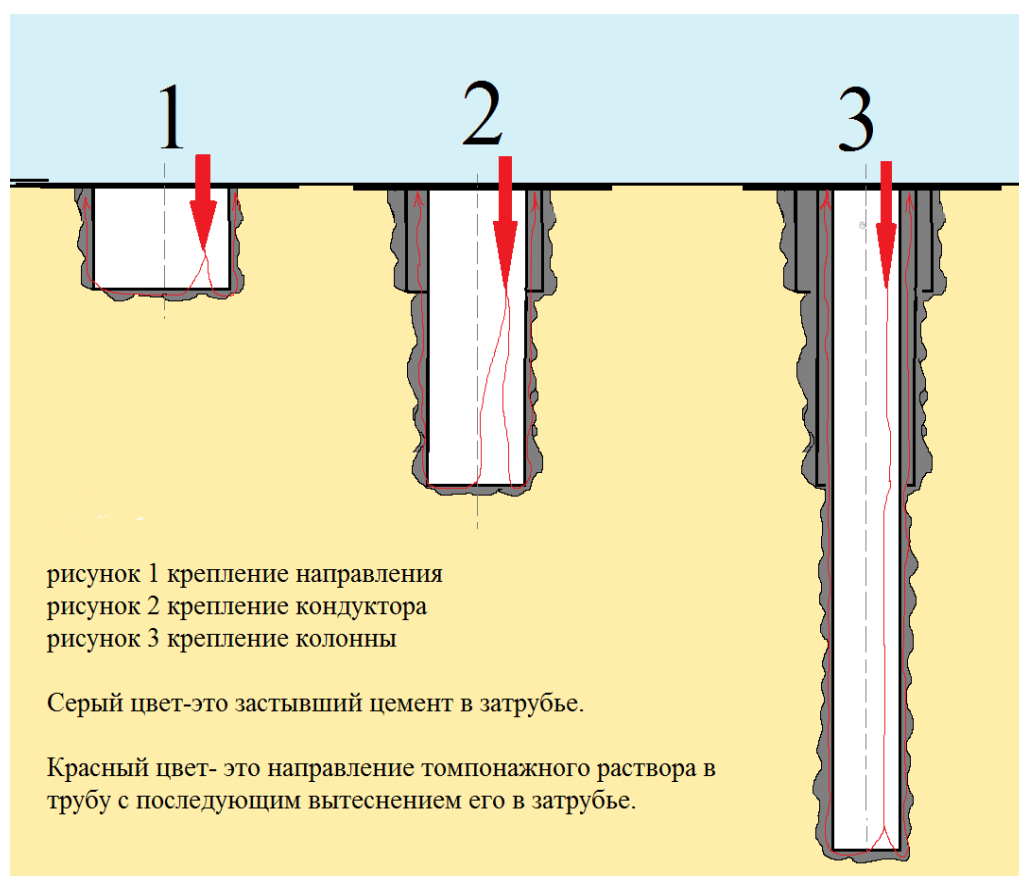


Рисунок 1. Этапы бурения: 1 – бурение направления и его цементирование (закачки тампонажного раствора в трубу с последующим его вытеснением в затрубье, как показано красными стрелками); 2 – бурение кондуктора и его цементирование; 3 – бурение эксплуатационной колонны и ее крепление

Процесс закачки тампонажного раствора начинается с расставления тампонажного флота (тампонажниками). Флот включает в себя такие агрегаты как (см. рис. 2) УСО-16 (корова), ЦА-320 (агрегат качающий), УС-6-30, БМ [4]. Линия (шланг) от станции СКЦ подбивается к цементировочной головке, находящейся на роторе буровой установки.

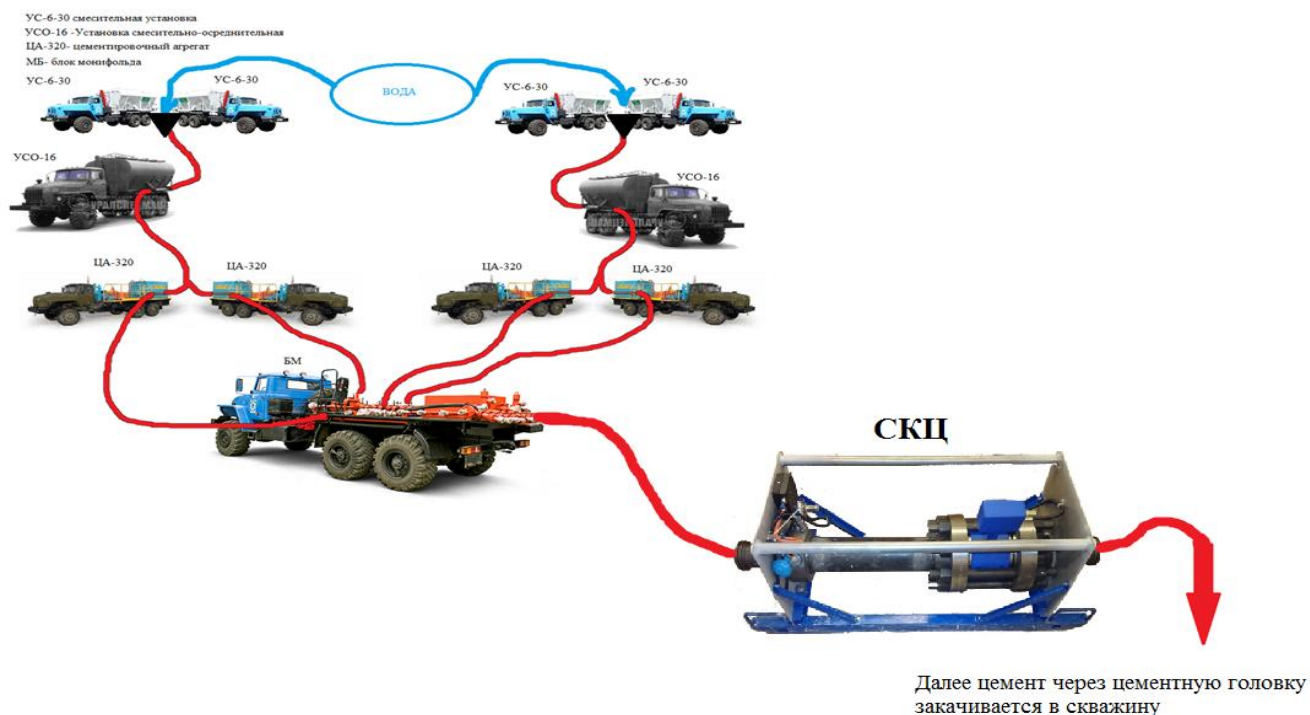


Рисунок 2. Расставление тампонажного флота и обвязка шлангами нагнетательных линий к станции контроля цементирования

Перед цементированием скважины выдается план работ на спуск и крепление. Первым этапом производят гидравлическую опрессовку нагнетательных линий, давлением 250 атм. (согласно плану работ). Далее происходит закачка жидкостей:

1. буферная жидкость (вода с добавлением примесей);
2. гельцемент (легкий цемент с малой плотностью  $1,40 \text{ г/см}^3$ );
3. цемент плотностью  $1,80 \text{ г/см}^3$ ;
4. продавочная жидкость (буровой раствор плотностью  $1,16 \text{ г/см}^3$ ).

Продавочная пробка садится в ЦКОД и наблюдается давление «СТОП», которое превысит рабочее давление продавки на 25–30 кгс/см, давление

сравливают до атмосферного и оставляют скважину на ожидание затвердевания цемента.

Оператор СКЦ фиксирует процесс цементирование скважины с использованием специального программного обеспечения и по окончании работ составляет акт, содержащий данные в графическом виде, затем предоставляет график буровому мастеру, инженеру-технологу, инженеру по ЗР. На графике отображаются следующие данные: давление в скважине, объем закачанной жидкости, температура, плотность раствора.

## **2 Выбор станции контроля цементирования для модернизации**

### **2.1 Критерии выбора**

В данном разделе рассматриваются наиболее распространенные типы станций контроля цементирования. Необходимо выбрать наиболее оптимальный вариант для использования в компании ООО «СИБНЕФТЕПРОМ».

Основными критериями выбора являются: масса и габариты станции, параметры датчиков станции. Выбор параметров датчиков определяется техническим планом работ. Датчики должны удовлетворять следующим требованиям по измеряемым параметрам:

- плотность – диапазон измерения плотности растворов (1000–2200) кг/м<sup>3</sup>, пределы допускаемой абсолютной погрешности при измерении плотности растворов не более  $\pm 10$  кг/м<sup>3</sup>;
- температура – диапазон измерения температуры растворов от минус 40 до плюс 100 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности при измерении температуры составляет не более  $\pm 0,5$  °С;
- давление – диапазон измерения давления от 0 до 25 МПа, пределы допускаемой относительной погрешности при измерении давления не более  $\pm 1\%$ ;
- расход – верхний предел измерения расхода – 85 м<sup>3</sup>/ч, относительная погрешность при измерении объемного расхода в диапазоне расходов от 0 до 100 м<sup>3</sup>/ч, не более 1%.
- параметр напряжения – физическая величина, значения которой равно работе эффективного электрического поля, необходимое напряжение 24В.

Ниже приводится обзор технических характеристик основных применяемых станций контроля цементирования.

## 2.2 Станция контроля цементирования «Раствор-М»

Внешний вид станции контроля цементирования «Раствор-М» приведен на рис. 3. Можно видеть, что она состоит из следующих блоков: цифровое табло, соединительная коробка с блоком питания, блок электроники, ноутбук, измерительный модуль в сборе с датчиками.



Рисунок 3. Внешний вид станции «Раствор-М», где 1 – цифровое табло, 2 – соединительная коробка с блоком питания, 3 – блок электроники, 4 – ноутбук, 5 – измерительный модуль в сборе с датчиками

В состав станции входят датчики давления, расхода, плотности и температуры, технические характеристики которых приведены ниже.

Датчик давления

- Напряжения питания +24В
- Диапазон измерения давления от 0 до 40 МПа
- Относительная погрешность  $\pm 1\%$
- Выходной сигнал - постоянный ток от 4 до 20 мА

Расходомер РГР-100

- Диаметр проходного сечения 100 мм

- Измеряемый расход от 0 до 100 м<sup>3</sup>/с
- Рабочее давление от 0 до 40 МПа
- Основная погрешность измерения ±1.5%
- Выходной сигнал, соответствующий диапазону измерений от 0 до 10 В
- Температура окружающего воздуха от -40 до +50°C

Датчик плотности (радиоизотопный)

- Напряжения питания +12 В
- Диапазон измерения плотности 0,8 – 2,2 г/м<sup>3</sup>
- Относительная погрешность ± 2%
- Уровень выходного сигнала 0 – 5 В
- Радиоактивный источник Ам-241

Датчик температуры

- Напряжения питания + 24В
- Диапазон измерения температуры от -30 до +100 °С
- Относительная погрешность ± 0.5%
- Уровень выходного сигнала 0 – 5В

Проанализировав технические характеристики данной станции можно выделить следующие недостатки, препятствующие использованию станции «Раствор-М» в технологическом процессе:

- относительная погрешность датчика плотности высока, что приводит к некорректным показаниям;
- диапазон датчика температуры не соответствует требуемым условиям работы;
- отсутствует защитный кожух от ударов;
- большие габариты и масса расходомера (габаритные размеры 1000x230x365 миллиметров, масса 60кг) [5].

### 2.3 Станция контроля цементирования «СКЦ-Леуза»

Внешний вид станции контроля цементирования «СКЦ-Леуза» приведен на рис. 4. Конструктивно она похожа на станцию «Раствор-М». Отличие заключается в конструкции, массе и расположенных в станции датчиков (расходомер, температура, давление, плотность).

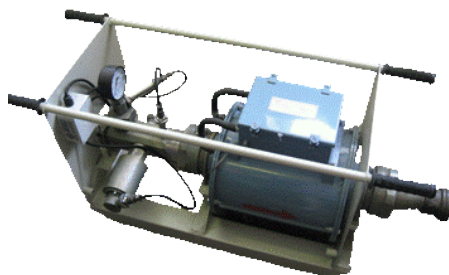


Рисунок 4. Внешний вид станции «СКЦ-Леуза»

Ниже приведены технические характеристики входящих в состав станции датчиков.

#### Датчик давления

- Напряжение питания +12В
- Диапазон измерения давления от 0 до 40МПа
- Относительная погрешность + 0,5%
- Уровень выходного сигнала от 0 до 5В

#### Расходомер РГР-100

- Напряжение питания +220В
- Диаметр проходного сечения 100 мм
- Диапазон измерения расхода от 0 до 100 м<sup>3</sup>/ч
- Рабочее давление 0-40МПа
- Основная погрешность измерения ±1.5%
- Температура окружающего воздуха -40...+50°С

#### Датчик плотности (радиоизотопный):

- Диапазон измерения плотности 0,6 - 2,2 г/ м<sup>3</sup>
- Относительная погрешность ± 15%
- Уровень выходного сигнала 0 – 5В



- Радиоактивный источник Ам-241
- Датчик температуры
- Диапазон измерения температуры от 0 до 100 °С
- Относительная погрешность  $\pm 0.5\%$
- Уровень выходного сигнала 0 - 5В
- Напряжения питания + 12В

Проанализировав технические характеристики данной станции можно выделить следующие недостатки, препятствующие использованию станции «СКЦ-Леуза» в технологическом процессе:

- высокое напряжение питания датчика расходомера;
- датчик плотности не соответствует напряжению питания +24В;
- датчик температуры не совпадает с заданными техническими характеристиками;
- отсутствует защитный кожух от ударов;
- неудобство при транспортировке, большие габариты и масса расходомера (РГР-100) [6].

## 2.4 Станция контроля цементирования «СКЦ-01»

Внешний вид основных узлов станции контроля цементирования «СКЦ-01» приведены на рис. 5. Как видно из рисунка, она состоит из следующих блоков: блок питания, выносное табло, расходомер электромагнитный, плотномер, ноутбук, принтер.



Рисунок 5. Внешний вид станции «СКЦ-01»

Ниже приведены технические характеристики входящих в состав станции датчиков.

Датчик давления

- Напряжение питания +12 В
- Диапазон измерения давления от 0 до 40МПа
- Относительная погрешность + 0,5%
- Уровень выходного сигнала от 0 до 10В

Расходомер РГР-100

- Напряжение питания +24 В
- Диаметр проходного сечения 100 мм.

- Диапазон измерения расхода от 0 до 180 м<sup>3</sup>/ч
- Рабочее давление 0–40МПа
- Основная погрешность измерения ±1%
- Температура окружающего воздуха от -40 до +100°С
- Датчик плотности (радиоизотопный)
- Диапазон измерения плотности 0,75 – 2,4 г/см<sup>3</sup>
- Относительная погрешность ± 1.5%
- Уровень выходного сигнала 0 – 5В
- Напряжения питания +12В
- Датчик температуры
- Диапазон измерения температуры от –40 до +100 °С
- Относительная погрешность ± 0.5%
- Уровень выходного сигнала 0 – 5В
- Напряжения питания + 12В

Проанализировав технические характеристики данной станции можно выделить следующие недостатки:

- низкое напряжение питания датчиков давления, плотности и температуры;
- избыточный запас диапазона измерения плотности (на 95 м<sup>3</sup>/ч, что влияет на цену узла и приводит к излишним затратам на оборудование);
- отсутствует защитный кожух от механических повреждений;
- при эксплуатации не допускаются удары по конструкции, кроме соединений БРС [7].

## 2.5 Станция контроля цементирования «СКЦ-02»

Внешний вид станции контроля цементирования «СКЦ-02» приведен на рис. 6. Конструктивно она подобна «СКЦ-Леуза» за исключением технических характеристик датчиков.

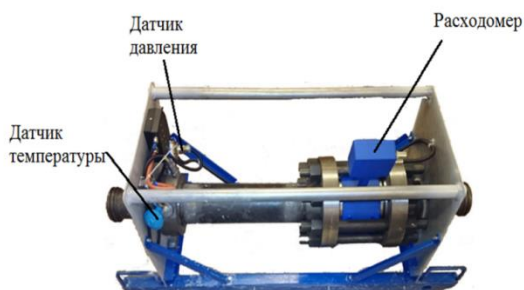


Рисунок 6. Внешний вид станции «СКЦ-02»

Технические характеристики датчиков, входящих в состав станции, приведены ниже.

### Датчик давления

- Напряжение питания +24В
- Выходной сигнал – постоянный ток от 4 до 20 мА
- Диапазон измерения давления от 0 до 40МПа
- Относительная погрешность + 0,5%

### Расходомер РГР-100

- Напряжение питания +24В
- Верхний предел измерения расхода - 85 м<sup>3</sup>/ч.
- Диаметр проходного сечения 100 мм.
- Диапазон измерения расхода от 0 до 100 м<sup>3</sup>/ч
- Рабочее давление 0-40Мпа
- Основная погрешность измерения ±1%

### Датчик плотности (радиоизотопный)

- Диапазон измерения плотности 0,75 - 2,4 г/см<sup>3</sup>
- Относительная погрешность ± 1.5%
- Уровень выходного сигнала от 4 до 20 мА

- Напряжения питания +24В

Датчик температуры

- Диапазон измерения температуры от -40 до +100 °С
- Относительная погрешность  $\pm 0.5\%$
- Верхний предел измерения расхода - 85 м<sup>3</sup>/ч.
- Уровень выходного сигнала от 4 до 20 мА
- Напряжения питания + 24В [8].

Сравнивая характеристики представленных выше станций, можно видеть, что технические характеристики датчиков и станции СКЦ-02 в целом максимально соответствуют предъявляемым требованиям, однако требуется механическая доработка конструкции.

### **3 Описание станции «СКЦ-02»**

#### **3.1 Особенности конструкции**

Станция контроля цементирования СКЦ-02 предназначена для контроля цементирования посредством регистрации технологических параметров: температуры, плотности, расхода, давления тампонажного раствора, буферных и продавочных жидкостей, поступающих по трубопроводу высокого давления к цементировочной головке на устье скважины, записи и отображения параметров цементирования в режиме реального времени на дисплее компьютера с передачей текущей информации ответственному за процесс крепления скважины.

СКЦ имеет модульную конструкцию, оптимизированную по массогабаритным параметрам, что обеспечивает возможность ее мобильной транспортировки любым видом транспорта (в том числе вертолетом), удобство монтажа и технического обслуживания.

Отличительные особенности станции СКЦ:

- компактность и малый вес конструкции;
- мобильность и простота установки измерительного модуля в горизонтальном и в вертикальном положении;
- возможность градуировки датчиков в производственных условиях;
- возможность передачи значений измеряемых параметров во внешние системы обработки данных [8].

Состав станции СКЦ:

- Технологическая линия с датчиками «ТЛД», в том числе:
  - Блок детектирования «БД – 6 - 5» плотномер «ИПБ-1к-7»;
  - Кассета излучателя «СН-1»;
  - Расходомер «Взлет ППД-113»;
  - Датчик давления «ДМ 5007»;
  - Датчик температуры «ТС 5008»;
- Регистратор «РСКЦ», в том числе:
  - Блок питания;

- Блок обработки информации «БОИ-4»;
- Источник вторичного питания «Взлет ИВП-24.24 »;
- Блок питания «ОВЕН»;
- Аналогово-цифровой преобразователь «Е14-440».
- Персональный переносной компьютер;
- Программное обеспечение;
- Комплект кабелей связи.

### **3.2 Назначение и принцип работы датчиков**

В данном разделе представлены данные по устройству, принципам работы и технологическому назначению используемых датчиков.

#### *Плотномер «ИПБ-1к-7»*

Данный плотномер предназначен для бесконтактного измерения основного параметра плотности пульп и жидких сред в трубопроводах и различных технологических установках.

Он обеспечивает экспрессное непрерывное определение плотности в полевых условиях и преобразование полученного значения плотности в выходной токовый сигнал, а также управление аварийной сигнализацией при выходе основного параметра за пределы заданного промежутка.

Принцип его действия основан на регистрации изменения плотности потока гамма-излучения, вызванного изменением плотности протекающих по трубопроводу пульп или растворов. Регистрация (см. рис. 7) осуществляется блоком детектирования, который устанавливается на трубопроводе в месте распределения чувствительной зоны с противоположной стороны от излучателя. Поток гамма-излучения, исходящий от излучателя, ослабляется контролируемым материалом и регистрируется БД, в котором этот поток преобразуется в последовательность статически распределенных импульсов со средней частотой следования импульсов прямо пропорциональной, плотности потока излучения. Ослабление гамма-излучения (средней частотой

следования импульсов) происходит в соответствии с известной экспоненциальной зависимостью от плотности  $D$ :

$$n(D)=A*\exp(-B*D), \quad (1)$$

где  $A$  и  $B$  – коэффициенты, связанные с активностью излучателя, энергией гамма-квантов, диаметром и толщиной стенок труб [9].

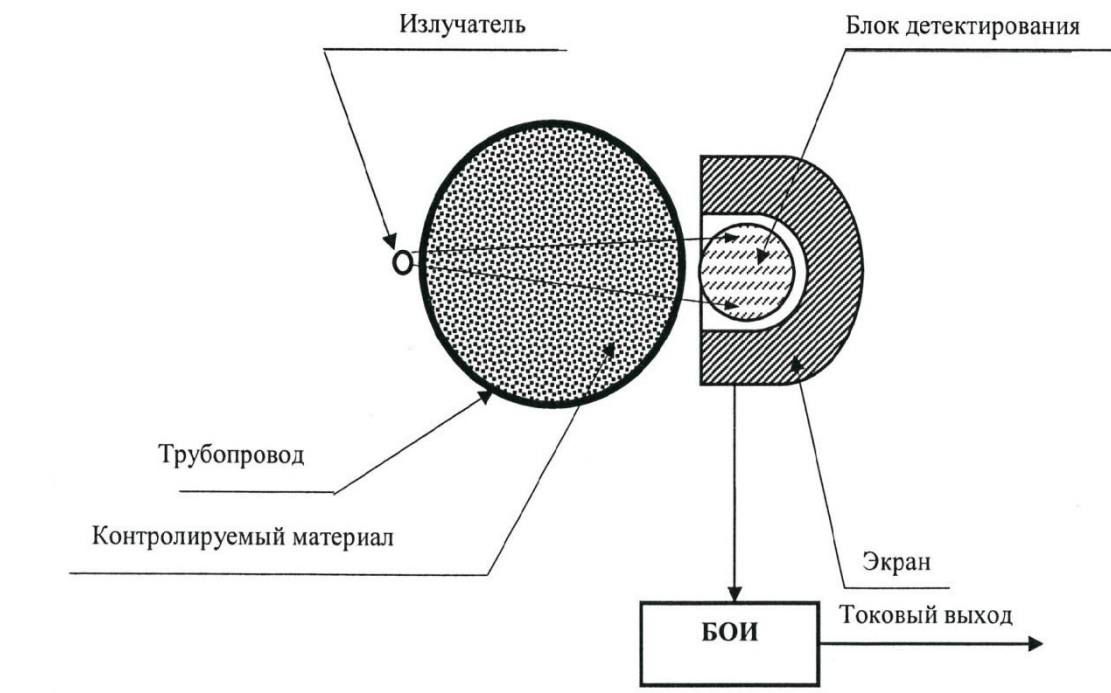


Рисунок 7. Структурная схема датчика контроля плотности

Импульсы от БД по кабелю поступают на блок БОИ-4, который преобразует среднюю частоту следования импульсов в значение плотности. Информация о частоте и плотности, усреднённых за время измерения, отображается на дисплее БОИ.

#### *Блок детектирования «БД – 6 - 5»*

Блок детектирования предназначен для преобразования, поступающей на его детектор плотности потока гамма-излучения в пропорциональную ей частоту следования импульсов.

Конструктивно блок выполнен в герметичном круглом металлическом корпусе из нержавеющей стали. Подключение кабелей от блока информации осуществляется через разъёмы, расположенные в торцевой части корпуса.



Для предупреждения несанкционированного доступа блок детектирования опломбирован. Чтобы произвести демонтаж, необходимо удалить пломбировочную массу из отверстия и с помощью специального ключа извлечь узел детектирования из корпуса.

Гамма-кванты, проходящие через детектор, образуют в нем световые вспышки, которые с помощью ФЭУ преобразуются в импульсы анодного тока. ФЭУ и детектор Na механически соединены резиновой манжетой и дополнительно поджаты друг к другу пружиной для оптического контакта детектор и ФЭУ притёрты на вазелине [10].

#### *Расходомер «Взлет ППД-113»*

Данный блок предназначен для измерения среднего объёмного расхода и объёма электропроводящих жидкостей в широком диапазоне температур и проводимостей, в том числе, минерализованной оборотной воды. Основная сфера применения расходомера «ВЗЛЁТ ППД», это системы поддержания пластового давления на нефтепромыслах.

Принцип работы расходомера основан на измерении ЭДС индукции, возникающей в объёме электропроводящей жидкости, движущейся в магнитном поле, создаваемом электромагнитной системой во внутренней полости проточной части первичного преобразователя расхода.

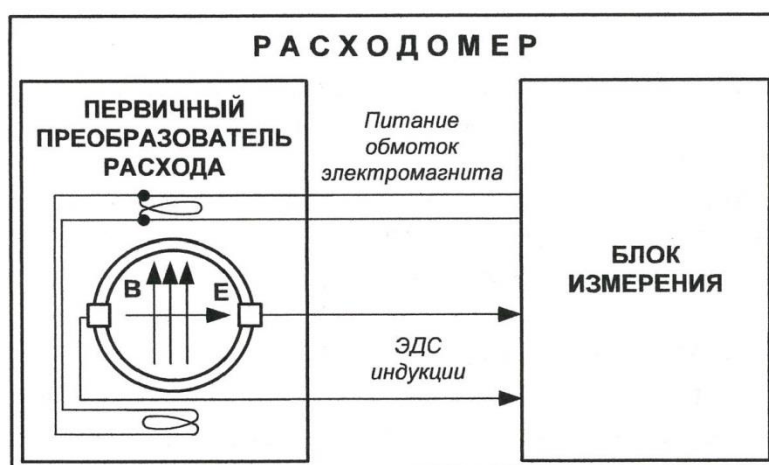


Рисунок 8. Структурная схема расходомера

ППД представляет собой полый магнитопроницаемый цилиндр (см. рис. 8), снаружи которого размещены обмотки электромагнита. Внутренняя поверхность цилиндра имеет электроизоляционное покрытие. Для съёма электроизмерительного сигнала в стенках цилиндра диаметрально расположены два электрода, контактирующие с контролируемой жидкостью.

ЭДС индукции  $E$  пропорциональна средней скорости потока жидкости  $v$ , расстоянию между электродами  $d$  (внутреннему диаметру первичного преобразователя) и магнитной индукции  $B$ :

$$E = k \cdot B \cdot d \cdot v, \quad (2)$$

где  $k$  – коэффициент пропорциональности.

Для данного типоразмера расходомера  $B$  и  $d$  – величины постоянные.

Значение ЭДС не зависит от температуры, вязкости и проводимости жидкости при условии, что проводимость превышает значение, указанное в технических характеристиках. С учётом формулы для ЭДС индукции расход  $Q$  определяется следующим образом [11]:

$$Q = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot v = \frac{\pi \cdot d}{4 \cdot k \cdot B} \cdot E \quad (3)$$

#### *Датчик давления «ДМ 5007»*

Данный датчик предназначен для работ в системах автоматического управления, контроля и регулирования производственных процессов с целью преобразования абсолютного давления, избыточного давления, разрежения, разности давлений, избыточного давления – разрежения в унифицированный сигнал постоянного тока.

Датчик состоит из корпуса, мембранного тензопреобразователя и электронного преобразователя. Его схема приведена на рис. 9. Напряжение питания поступает на вход блока защиты (7), который предотвращает выход из строя датчика при неправильной полярности напряжения питания. С выхода блока защиты напряжение поступает на вход стабилизатора тока (2), предназначенного для ограничения тока потребления датчика. В цепь питания тензопреобразователя (3) представляющего собой тензорезистивный

мост, включен генератор тока(5) управляемый блоком температурной компенсации (4). Подаваемое давление воздействует через мембрану на тензорезистивный мост, изменяя его сопротивление. В результате этого воздействия на выход тензорезистивного моста формируется сигнал напряжения пропорционально давлению. Этот сигнал усиливается усилителем (6) и далее преобразуется в ток (рис. 9) [12].

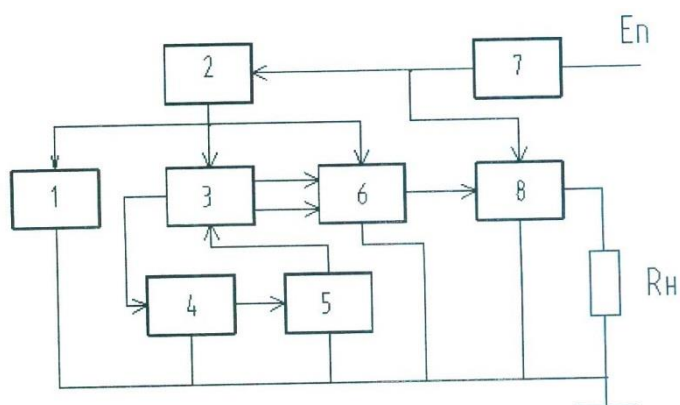


Рисунок 9. Структурная схема датчика давления

#### *Датчик температуры «ТС 5008»*

Датчик предназначен для работы в системах автоматического управления, контроля и регулирования производственных процессов с целью преобразования температуры жидких и газообразных не агрессивных сред, в том числе и пара, в унифицированный токовый выходной сигнал, а также является комплектующими изделиями.

Датчик состоит из корпуса, термочувствительного элемента и электронной платы преобразователя «сопротивление – ток». Термочувствительный элемент (ЧЭ) выполнен в виде терморезистора, помещённого внутри защитной арматуры.

Схема датчика показана на рис. 10. Напряжение питания поступает на вход блока защиты (5), которое предотвращает выход из строя датчика при неправильной полярности напряжения питания. С выхода блока защиты напряжение поступает на вход стабилизатора тока (2), обеспечившего

питание стабилизатора напряжения (1), чувствительного элемента (3) и усилителя рассогласования (4).

Под воздействием температуры измеряемой среды меняется сопротивление ЧЭ, в результате чего на выходе формируется сигнал рассогласования, пропорциональный температуре среды измерения, который усиливается услителем (4) и далее преобразуется в ток.

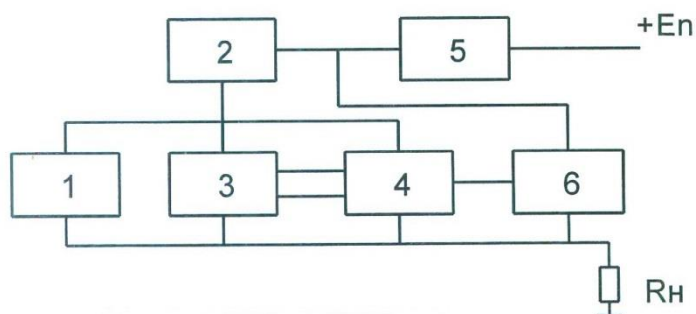


Рисунок 10. Датчик температуры с выходным сигналом от 4 до 20 мА

### 3.3 Регистратор

Регистратор – это железная конструкция, к которой подключается кабель от станции СКЦ-02. Внешний вид блока регистрации «РСКЦ», использующегося в СКЦ-02, приведен на рис. 11.

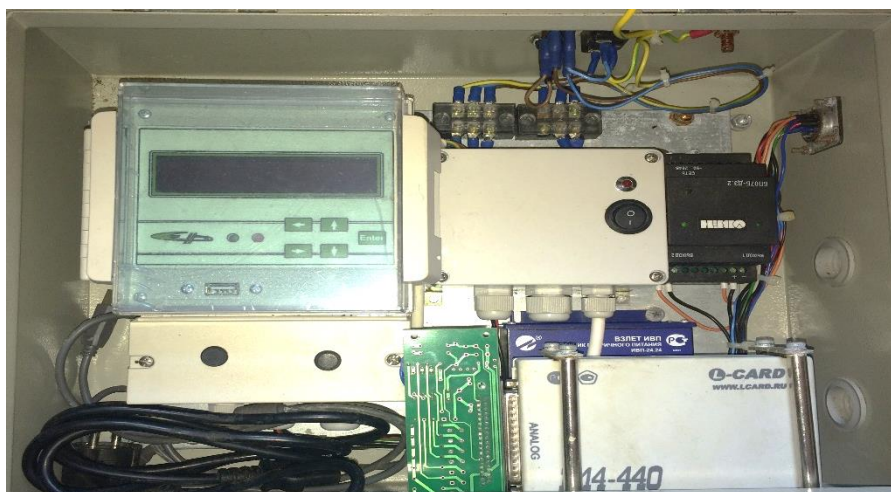


Рисунок 11. Внешний вид регистратора «РСКЦ»

Регистратор включает в себя источники питания:

- блок питания плотномера;
- источник вторичного питания «Взлет ИВП 24»;

- блок питания датчиков давления и температуры., которые преобразуют напряжение переменной питающей сети (220В) в постоянное стабилизированное напряжение +24В.

Так же в составе регистратора расположен блок обработки информации «БОИ-4» (который преобразует средние частоты следования импульсов от блока детектирования в основной измеряемый параметр, а он в свою очередь отображается на элементах индикации) и аналогово-цифровой преобразователь «Е14-440» (осуществляющий обработку аналоговой и цифровой информации в составе персональных IBM-совместимых компьютеров) [13].

*Блок питания* предназначен для преобразования напряжения питающей сети в постоянное стабилизированное напряжение +24 В.

*Блок обработки информации «БОИ – 4»*

Он предназначен для преобразования средней частоты следования импульсов от блока детектирования в сигнализируемый параметр, который отображается на элементах индикации. Блок имеет интерфейсы аналоговой токовой петли и дискретного линейного сигнала [14].

*Источник вторичного питания «Взлет ИВП-24»*

Он предназначен для преобразования сетевого напряжения переменного тока  $\approx 154...264$  В (50/60 Гц) в стабилизированное напряжение постоянного тока  $= 12/24$  В  $\pm 2$  % с гальванической изоляцией выходных цепей от питающей сети.

Источник вторичного питания содержит печатную плату с контактными колодками, предназначенными для подключения входных и выходных кабелей питания. Плата размещается в корпусе, выполненном из алюминиевого сплава. Доступ к контактным колодкам для подключения кабелей питания осуществляется либо со стороны лицевой панели, либо со стороны нижней панели. Рядом с контактными колодками выходного напряжения располагается индикатор работы ИВП (зеленого свечения). Крепление ИВП на объекте выполняется на DIN-рейку с помощью

кронштейна, расположенного на тыльной стороне пластмассового корпуса ИВП, либо с помощью специальных кронштейнов, устанавливаемых на тыльной стороне металлического корпуса ИВП [15].

#### *Блок питания «ОВЕН»*

Промышленный блок питания ОВЕН предназначен для питания стабилизированным напряжением постоянного тока широкого спектра радиоэлектронных устройств – релейной автоматики, контроллеров и т. п.

Максимальная выходная мощность: 15, 30 и 60 Вт. Блок питания имеет номинал выходного напряжения 24В [16].

Блок питания выпускается в пластиковых корпусах с креплением на DIN-рейку. Применяется для построения систем электропитания различной сложности [16].

#### *Аналогово-цифровой преобразователь «E14-440»*

Он предназначен для построения многоканальных измерительных систем ввода, вывода и обработки аналоговой и цифровой информации в составе персональных IBM- совместимых компьютеров. Имеет 16 дифференциальных каналов с общей землей, Максимальная частота преобразования 400 кГц, Пределы допускаемой относительной основной погрешности частоты преобразований АЦП  $\pm 0,005\%$ , тип логики транзисторно-транзисторная (ТТЛ). Выходной ток на 1 канал TTL – не более  $\pm 4$  мА, питание осуществляется от шины USB [17].

*Персональный переносной компьютер*, входящий в состав блока регистрации, должен удовлетворять минимальным системным требованиям:

- работа под ОС Windows 7;
- процессор AMD A-6;
- установленная память 4,00 ГБ
- 64-разрядная операционная система

#### *Программное обеспечение*

Программное обеспечение контроля цементирования Watcher осуществляет в реальном масштабе и времени прием, оперативную

обработку данных от датчиков технологических параметров и обеспечивает выдачу результатов измерения в графической, текстовой или в любой удобной для восприятия форме на экране монитора или на принтере.

*Комплект кабелей связи*

Кабель используется для передачи данных от станции СКЦ до регистратора. Он состоит из оплетки и десяти жил, работает при температуре от  $-40$  до  $+40$  °С. На данный момент не имеет аналогов в России.

## **4 Технология реализации беспроводной передачи данных**

### **4.1 Обоснование выбора передачи данных по радиоканалу**

На сегодняшний день большое развитие в области передачи данных получили беспроводные сети – сети радиосвязи. Это объясняется удобством их использования, дешевизной и приемлемой пропускной способностью. Исходя из текущей динамики развития, можно сделать вывод о том, что по количеству и распространенности беспроводные сети в скором времени превзойдут проводные сети. Эта динамика непосредственным образом влияет на требования к защите информации в беспроводных сетях. В данной работе подробно рассматривается беспроводная сеть, с применением модулей XBee Series 2 и XBEE-PRO RF.

Радиосети (беспроводные сети) обеспечивают обмен данными между локальными компьютерными сетями, когда использование традиционных кабельных технологий затруднено или нецелесообразно (дорого). Примером эффективного использования беспроводной технологии радиодоступа является обеспечение связи между сегментами локальных сетей при нехватке финансовых средств, отсутствии разрешения на проведение кабельных работ или отказе телефонной станции в аренде выделенного канала. В закрытых помещениях прокладка кабеля может оказаться невозможной из-за неразборного пола или при запрете монтажных работ. Основой любой беспроводной сети служит ее протокол. Как правило, протокол регламентирует топологию сети, маршрутизацию, адресацию, порядок доступа узлов сети к каналу передачи данных, формат передаваемых пакетов, набор управляющих команд для узлов сети и систему защиты информации [18].

### **4.2 Принцип работы и основные характеристики модуля XBee**

Модули XBee были разработаны для работы в рамках протокола ZigBee и поддерживают уникальные потребности недорогих беспроводных сетей с низким энергопотреблением. Модули требуют минимальной



мощности и обеспечивают надежную доставку данных между удаленными устройствами.

ZigBee – это открытый стандарт беспроводной связи для различных систем автоматизации: «Умный дом», «Интеллектуальное здание», системы управления технологическими и бизнес процессами, системы безопасности и так далее. Технология ZigBee позволяет создавать самоорганизующиеся и самовосстанавливающиеся беспроводные сети с автоматической ретрансляцией сообщений. Сети ZigBee при относительно небольших скоростях передачи данных обеспечивают гарантированную доставку пакетов и защиту передаваемой информации.

Стандарт ZigBee предусматривает использование частотных каналов в диапазонах 868 МГц, 915 МГц и 2,4 ГГц. Наибольшие скорости передачи данных и наивысшая помехоустойчивость достигаются в диапазоне 2,4 ГГц. Поэтому большинство производителей микросхем выпускают приемопередатчики именно для этого диапазона, в котором предусмотрено 16 частотных каналов с шагом 5 МГц.

Скорость передачи данных вместе со служебной информацией в эфире составляет 250 кбит/с. При этом средняя пропускная способность узла для полезных данных, в зависимости от загруженности сети и количества ретрансляций, может лежать в пределах 5 ... 40 кбит/с.

Расстояния между узлами сети составляют десятки метров при работе внутри помещений и сотни метров на открытом воздухе. За счет ретрансляций зона покрытия сети может значительно увеличиваться [19].

Для создания беспроводной связи, в данной работе применяются два модуля XBee Series2 и XBEE-PRO RF (см. рис. 12).

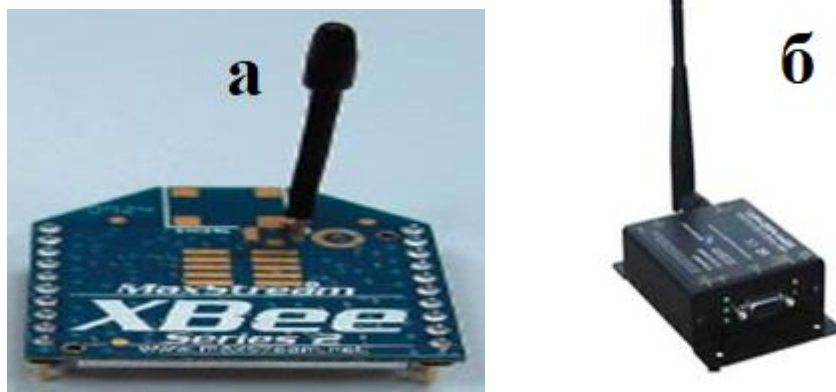


Рисунок 12. Используемые для создания радиоканала модули: *а* – модуль Xbee Series 2, *б* – модуль XBEE-PRO RF.

Модули Xbee выполнены на однокристальном чипе EM-250, который представляет собой трансивер IEEE 802.15.4 и 16-разрядный микроконтроллер на ядре XAP2b со встроенной памятью 128 кбайт. Большой объем Flash-памяти позволил разместить в собственное ПО от MaxStream, которое предоставляет доступ к стеку ZigBee с помощью упрощенного интерфейса в виде AT-команд, или так называемых API-фреймов.

Встроенное ПО поддерживает ряд служебных функций, реализованных на определенных выводах модуля, например, светодиод индикации успешного запуска и присоединения к сети, кнопка для отправки уведомления на координатор или выход аналоговой индикации уровня принимаемого сигнала.

Существуют определенные требования к монтажу модуля Xbee. Он был разработан для установки в розетку (гнездо), которая не требует пайки при установке его на плату (см. рис. 13). Комплекты разработки Xbee содержат платы интерфейса RS-232 и USB, которые используют двадцать контактных гнезда для приема модулей.

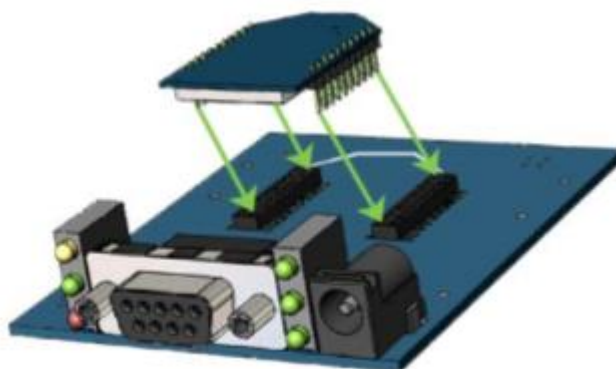


Рисунок 13. Монтаж модуля Xbee Series 2 на интерфейсной плате RS-232

Розетки, используемые на платах разработки Digi, производятся компанией Century Interconnect. Модули были разработаны для работы в рамках протокола ZigBee и поддерживают уникальные потребности недорогих беспроводных сетей с низким энергопотреблением. Модули требуют минимальной мощности и обеспечивают надежную доставку данных между удаленными устройствами. Модули работают в диапазоне ISM 2,4 ГГц [19].

В табл. 1 приведена сводная информация по сигналам выводов модуля Xbee Series 2.

Таблица 1.

Сигналы выводов модуля Xbee Series 2 [19]

№	Название	Направление	Описание
1	VCC	-	Питание
2	DOUT	Выход	Данных UART
3	DIN / CONFIG	Вход	Данные UART
4	DIO8	Любой	Цифровой ввод-вывод 8
5	RESET	Вход	Сброс модуля (импульс сброса должен быть не менее 200 нс)
6	PWM0 / RSSI / DIO10	Выход	ШИМ выход 0 / Индикатор мощности принимаемого сигнала / цифровой вход / выход

7	PWM / DIO11	Любой	Цифровой ввод / вывод 11
8	Reserved	-	Не соединять
9	DTR / SLEEP_RQ / DIO8	Вход	Контроль спящего режима или цифровой вход-выход 8
10	GND	-	Земля
11	DIO4	Любой	Цифровой ввод-вывод
12	CTS / DIO7	Любой	Управление потоком данных Clear-to-Send или цифровой ввод / вывод 8
13	ON / SLEEP	Выход	Индикатор состояния модуля
14	Reserved	-	Не соединять
15	Associate / DIO0	Любой	Ассоциированный индикатор, цифровой ввод / вывод 6
16	RTS / DIO6	Любой	Управление обменом данных, цифровой ввод-вывод 6
17	AD3 / DIO3	Любой	Аналоговый вход 3 или цифровой ввод-вывод 3
18	AD2 / DIO2	Любой	Аналоговый вход 2 или цифровой ввод-вывод 2
19	AD1 / DIO1	Любой	Аналоговый вход 1 или цифровой ввод-вывод 1
20	AD0 / DIO0	Любой	Аналоговый вход 3 или цифровой ввод-вывод 3

Используемое для настройки радиоканала программное обеспечение ZigBee имеет следующие особенности:

- поддержка режимов API и AT;
- спящие конечные устройства с пробуждением по линии вывода или таймеру;
- увеличенное число ретрансляций для адресных передач (команда NH);
- расширенный идентификатор 64 бит PAN ID (команды EI, OE);
- конфигурирование профиля ZigBee (команда ZS);
- удаленное конфигурирование модулей в режиме API.

### **4.3 Режимы управления и варианты прошивок**

Модули поставляются с уже загруженным ПО, реализующим один из двух вариантов управления — с помощью AT-команд (прозрачный режим) или API-фреймов. Кроме этого, прошивка модуля также различается в зависимости от сетевой функции узла в ZigBee сети – координатор или роутер/конечное устройство. Таким образом, модуль может поставляться с одной из 4 возможных прошивок:

- 1.0xx — прозрачный режим, координатор;
- 1.1xx — управление API-фреймами, координатор;
- 1.2xx — прозрачный режим, маршрутизатор/конечное устройство;
- 1.3xx — управление API-фреймами, маршрутизатор/конечное устройство.

Каждый из модулей может быть перепрограммирован под любую сетевую роль и управление тем или иным методом. Это можно сделать с помощью бесплатно распространяемой программы X-CTU. Следует помнить, что все модули, работающие в рамках одной ZigBee-сети, должны иметь единый тип управления.

*Координатор*

Это устройство запускает сеть и управляет ею. Координатор формирует сеть, является центром управления сети и доверительным центром (trust-центром) – устанавливает политику безопасности и задает настройки во время подключения устройства к сети, отвечает за ключи безопасности.

#### *Маршрутизатор*

Маршрутизатор расширяет область покрытия сети, осуществляет динамическую маршрутизацию в обход препятствий, восстанавливает маршруты в случаях перегрузки сети или отказа какого-либо устройства. Маршрутизаторы могут присоединяться к координатору и другим маршрутизаторам, а также поддерживать дочерние устройства. Маршрутизаторы осуществляют маршрутизацию пакетов по сети и должны быть готовы к передаче данных в любой момент времени. Поэтому эти узлы не используют режимов пониженного энергопотребления и имеют стационарное питание. Их количество в сети должно быть достаточным для обслуживания требуемого количества спящих узлов. Максимальное количество спящих узлов, обслуживаемых одним маршрутизатором – 32.

#### *Конечное устройство*

Может принимать и отправлять сообщения, но не может транслировать пакеты и осуществлять маршрутизацию. Конечные устройства подключаются к маршрутизатору или координатору и не могут поддерживать дочерних устройств.

В данной работе применяется топология точка-точка (координатор-конечное устройство) Самый простой вариант организации сети из двух устройств. Как правило, узлы этой сети являются равноправными, то есть сеть одноранговая. Расстояние на которое будут передаваться данные составляет около 10 метров.

#### *Прозрачный режим*

Модули с версиями программного обеспечения 1.0xx (координатор) и 1.2xx (маршрутизатор/конечное устройство) поддерживают работу в прозрачном режиме. При работе в прозрачном режиме все последовательные

данные, полученные через вывод DIN, будут отправлены в эфир, а полученные из эфира данные будут отправлены через вывод DOUT на хост-приложение. При этом узлы могут находиться вне прямой радиовидимости. В этом случае ретрансляцию сообщений будут осуществлять другие маршрутизаторы. Таким образом, в прозрачном режиме модули выступают как заменители последовательного интерфейса, предлагая вместо проводных линий беспроводный канал.

В прозрачном режиме модули настраиваются с помощью AT-команд, для чего необходимо переключиться в специальный режим управления. Для перехода в режим управления необходимо подать специальную последовательность символов (по умолчанию «+++»), причем до и после подачи этой последовательности необходимо выдержать паузу заданной длительности. Данный механизм предотвращает случайный переход в режим управления, даже если в отсылаемых данных встречаются подряд три символа «+».

#### *Управление с помощью API-фреймов*

Режим управления с помощью API-фреймов позволяет более гибко управлять модулем и получать дополнительную информацию о принимаемых пакетах данных, например адрес отправителя или уровень сигнала для принятого пакета. Работа в режиме API упрощает многие операции, такие как:

- передача данных на множество адресов без перехода в режим управления;
- получение статуса о доставке для каждого из отправленных RF-пакетов;
- идентификация исходного адреса для каждого полученного пакета.

Модули со следующими версиями программного обеспечения поддерживают работу в режиме API: 1.1xx (координатор) и 1.3xx (маршрутизатор/конечное устройство). Работа с API, основанная на фреймах,

расширяет возможности хост-приложения по управлению модулем. Например, для отправляемых данных можно в самом теле фрейма задать адрес получателя или после каждой отправки данных можно получать специальный фрейм, уведомляющий об успешном или неуспешном прохождении информации до точки назначения через узлы ZigBee-сети. Фреймы данных на передачу, получаемые модулем через вывод DIN (вывод 3), включают [19]:

- фрейм данных для передачи другому узлу сети;
- фрейм управления (эквивалент AT-команд).

Фреймы данных, принимаемые модулем, могут быть следующих типов:

- фреймы приема RF-данных от другого модуля сети;
- ответ модуля на фрейм управления;
- оповещение — перезапуск, активация и деактивация ассоциирования и т. д.

#### **4.4 Вывод по разделу**

Для исправления большинства выявленных недостатков будем использовать модули радиопередач XBee Series2 и XBEE-PRO RF., что облегчит условия эксплуатации, даст возможность избежать механических повреждений кабеля, предоставит условия для более точной и стабильной передачи данных, избавит обслуживающий персонал от проблем с транспортировкой сигнального кабеля до места работ.

Таким образом модули XBee являются оптимальным решением для построения сети ZigBee. Применение модулей не требует изучения ZigBee-спецификации, компиляции приложения и программирования модулей. Благодаря встроенному стеку ZigBee и простому набору управляющих команд, создание рабочей сети возможно при минимальных затратах времени.



Предлагаемые компанией Digi различные сетевые протоколы позволяют строить беспроводные сети, оптимизированные под конкретные требования пользовательского приложения.

## **9 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-технического исследования, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научного исследования;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- произвести оценку социальной и экономической эффективности исследования.

**Оценка коммерческого потенциала и перспективности  
проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и  
ресурсосбережения**

***Потенциальные потребители результатов исследования***

В ходе выполнения работы была реализована передача данных со станции СКЦ на ПК по каналу радиосвязи, с помощью модуля XВее. Модуль XВее используется для систем автоматизации: «Умный дом», «Интеллектуальное здание», системы управления технологическими и бизнес процессами, системы безопасности.

Появление возможности использования столь мощного исследовательского инструмента позволит получить бесперебойную передачу данных и сократит время на их обработку. Исследование в силу своей специфики будет иметь своим целевым рынком следующие предприятия:

- АО «СНПХ»
- ООО «Профтранс»
- ООО «Томскбурнефтегаз
- ООО «БСК «ГРАНД»

Таблица 3– Карта сегментирования рынка услуг по использованию  
результатов исследований

Компании	осведомленных о продукте	заинтересованных	намеренные использовать
АО «СНПХ»	+		
ООО «Профтранс»		+	
ООО «Томскбурнефтегаз			+
ООО «БСК «ГРАНД»			+

**Выводы:** Основными сегментами применения станции СКЦ являются компании ООО «Томскбурнефтегаз» и ООО «БСК «ГРАНД».

Разрабатываемая технология будет востребована в нефтяных компаниях, деятельность которых направлена на добычу и бурение нефтяных и газовых скважин.

*Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения*

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках: технические характеристики разработки; конкурентоспособность разработки; уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.); бюджет разработки; уровень проникновения на рынок; финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, пример которой приведен в таблице 4.1. Для этого необходимо отобрать не менее трех-четырех конкурентных товаров и разработок.

Таблица 4 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Передача данных по каналу радиосвязи	0,2	5	2	4	1	0,4	0,8
2. Надежность в обслуживании	0,05	5	3	4	0,2	0,15	0,2
3. Масса	0,05	4	2	3	0,2	0,1	0,15
4. Габариты	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
5. Безопасность	0,05	5	1	1	0,25	0,05	0,05
6. Переносной регистратор	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
7. Простота эксплуатации	0,05	4	3	3	0,2	0,15	0,15
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	5	2	2	0,5	0,2	0,2
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	4	3	3	0,2	0,15	0,15
3. Цена	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
5. Послепродажное обслуживание	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25

6. Финансирование научной разработки	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
7. Срок выхода на рынок	0,05	5	3	2	0,25	0,15	0,1
Итого	1	66	43	45	4,7	2,85	3,25

К1 – Станция контроля цементирования СКЦ-02

К2 – Станция контроля цементирования «СКЦ-Леуза»

К2- Станция контроля цементирования «Раствор-М»

Анализ показал, что как технические, так и экономические критерии станции СКЦ-02 на нынешний момент развития могут заинтересовать потенциальных покупателей, среди которых нефтяные компании. Так же получилось определить критерии, которые нуждаются в дальнейшей проработке для наилучшего внедрения в станцию СКЦ.

### ***SWOT-анализ***

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Составление итоговой матрицы SWOT-анализа.

Таблица 5 - Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1. Быстрая передача и обработка данных по каналу радиосвязи</p> <p>С2. Высокая многофункциональность радиомодуля</p> <p>С3. Модернизированная схема подключения</p> <p>С4. Удобство использования</p> <p>С5. Дистанционное управление</p> <p>С6. Мобильность</p> <p>С7. Высокий спрос продукта</p> <p>С8. Проведение экспериментов в лаборатории</p> <p>С9. Наличие бюджетного финансирования.</p> <p>С10. Квалифицированный персонал</p> <p>С11. Наличие опытного научного руководителя</p> <p>С12. Актуальность проводимого исследования</p> <p>дистанционное управление</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки</p> <p>Сл2. “Старение кадров”, уход квалифицированных специалистов в другие сферы и предприятия.</p> <p>Сл3. Ограниченность исходных данных</p> <p>Сл4. Большой срок поставок материалов и комплектующих, используемые при проведении научного исследования</p>
--	---	---

<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В2. Снижение таможенных пошлин на материалы, используемые при научных исследований</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p> <p>В4. Возможность создания партнерских отношений с другими компаниями</p> <p>В5. Большой потенциал применения радиомодуля</p>	<p>Поддержка со стороны компании ООО «СИБНЕФТЕПРОМ» очень сильно скажется на продвижении исследования и ускорит темпы результатов исследования.</p>	<p>Помощь компании ООО «СИБНЕФТЕПРОМ» может выразиться в уменьшении стоимости пользования установкой.</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Развитая конкуренция технологий производства</p> <p>У2. Изменение курса иностранной валюты</p>	<p>Компания заинтересована в новых разработках и в последние годы стало всё больше средств вкладывать в финансирование новых технологий. Чем быстрее результаты исследования будут внедрены в производство, тем быстрее исчезнут факторы, угрожающие развитию исследования. В</p>	<p>На данный момент слабые стороны связаны с выходом из строя элементов оборудования и долгой поставкой для проведения исследования.</p>



У3.Ограничения на экспорт технологии У4.Снижение цены на нефтепродукты	на дальнейшем возможна заинтересованность крупных компаний в финансировании проекта и его развития.	
---	---	--

*По результатам SWOT-анализа можно сделать вывод о том, что проведение дальнейших исследований и открытие новых перспектив, по усовершенствованию установки и сотрудничеству с большим количеством компаний могут способствовать выше перечисленным сильным сторонам НИП.*

Основными рекомендациями по направлению развития исследования являются:

- Усовершенствование взаимодействия между различными подразделениями предприятия, четкое распределение ответственности и полномочий на каждый вид деятельности, оценивание понимания сотрудниками своих задач и заинтересованности в общем результате работы;

- Стимулирование развития работ по улучшению качества, систематическое совершенствование методов и средств обеспечения и контроля качества, стимулирование научно-практической деятельности;

- Оптимизация организационно – производственного процесса, повышение производительности труда, сокращение себестоимости продукции - уменьшения затрат на этапах производства изделий.

## **Планирование этапов и выполнения работ проводимого научного исследования**

### ***Структура работ в рамках научного исследования***

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

В данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и произведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 3.

<b>Основные этапы</b>	<b>№ раб</b>	<b>Содержание исследовательской части работ</b>	<b>Содержание технической части работ</b>	<b>Должность исполнителя</b>
Разработка тех. задания	1	Составление и утверждение технического задания	Получение технического задания и его согласование.	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Сбор необходимых данных, технических параметров оборудования, изучения технологического процесса.	Студент
	3	Выбор направления исследований	Выбор способа проведения технической стороны исследования и его обоснование; составление математических моделей.	Руководитель, студент
	4	Календарное планирование работ по теме	Составление графика выполнения работ на всех этапах	Руководитель
Теоретические исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Проведение теоретических расчетов, а затем необходимых экспериментов для их подтверждения.	Студент
Обобщение и оценка результатов	6	Оценка эффективности полученных результатов	Анализ результатов проведенного научно-технического исследования, выдача рекомендаций относительно решаемой задачи.	Руководитель, студент
	7	Составление пояснительной записки	Составление отчета о проделанной работе, с указанием проблематики проводимого исследования, результатов и	Студент

			принятых технических решений.	
Обобщение и оценка результатов	8	Публикация полученных результатов	Передача результатов исследования заказчику и их внедрение в процесс производства.	Научный руководитель

Таблица 6 - Перечень этапов работ и распределение исполнителей

## ***Планирование этапов и выполнения работ проводимого научного исследования***

### *Структура работ в рамках научного исследования*

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} \quad (1)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;  $t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} \quad (2)$$

где  $T_{p_i}$  – продолжительность одной работы, раб.дн.;  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.  $Ч_i$  – численность

исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

В таблице 4 приведены ожидаемая трудоемкость и время выполнения работ.

#### *Разработка графика проведения научного исследования*

Наиболее удобным и наглядным в данном случае является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта. Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}} \quad (3)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = \frac{365}{247} = 1.48 \quad (4)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году (пятидневная рабочая неделя);

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  необходимо округлить до целого числа. Все рассчитанные значения сведены в таблицу 4.



Название работы	Трудоёмкость работ						Исполни- тели	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$			
	$t_{min}$ , чел- дни		$t_{max}$ , чел- дни		$T_{ожі}$ , чел- дни							
	Науч.рук.	Студент	Науч.рук.	Студент	Науч.рук	Студент	Науч.рук.	Студент	Науч.рук	Студент	Науч.рук	Студент
Составление и утверждение технического задания	2	-	4	-	2,8	-	1	-	2,8	-	4	-
Подбор и изучение материалов по теме	-	14	-	21	-	16,8	-	1	-	16,8	-	25
Выбор направления исследований	2	4	3	5	2,4	4,4	1	1	2,4	4,4	4	7
Календарное планирование работ по теме	3	-	7	-	4,6	-	1	-	4,6	-	7	-
Проведение теоретических расчетов и обоснований	-	21	-	28	-	23,8	-	1	-	23,8	-	35

Оценка эффективности полученных результатов	3	7	5	14	3,8	9,8	1	1	3,8	9,8	6	15
Составление пояснительной записки	-	5	-	10	-	5	-	1	-	5	-	7
Публикация полученных результатов	2	-	4	-	2,8	-	1	-	2,8	-	4	-

Таблицы 7. Временные показатели

Итого длительность работ – 114 календарных дней.

На основе таблицы 5 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта, с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени написания ВКР. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Календарный план-график построенный для максимального по длительности второго варианта исполнения работ рамках научно-исследовательского проекта приведен в таблице 5:

**Вывод:** общее число работ составило 8. Ожидаемая трудоемкость работ для научного руководителя составила 16 чел-дней, для студента-исполнителя составила 60 чел-дней. Общая максимальная длительность выполнения работы составила 114 календарных дней.

№	Вид работ	Исполнители	Т <sub>кi</sub> , кал. дн	Продолжительность выполнения работ											
				Февраль			Март			Апрель			Май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания	Науч. рук.	4	■											
2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент	25		■	■									
3	Выбор направления исследования	Науч. рук., студент	11				■	■							
4	Календарное планирование работ по теме	Науч. рук.	7					■							
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент	35						■	■	■	■			
6	Оценка эффективности полученных результатов	Науч. рук., студент	21										■	■	
7	Составление пояснительной записки	Студент	7											■	■
8	Публикация полученных результатов	Науч. рук.	4												■

Таблица 8. - Календарный план-график проведения НИР (Диаграмма Ганта)



Научный Руководитель



Студент

### *Бюджет научного исследования*

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета научного исследования используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты научного исследования;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

#### *Расчет материальных затрат научного исследования*

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые со стороны и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса;
- покупные комплектующие изделия, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;

– материалы, покупные комплектующие изделия, используемые в качестве объектов исследований.

Некоторое оборудование: датчик давления, температуры, расходомер и плотномер являются собственностью компании, поэтому в расчет показателей затрат не берутся.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i * N_{расхi}, \quad (5)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;  $N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);  $C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);  $k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Основные работы для ВКР проводились за установкой в экспериментальной комнате отдела и на ПК. Эксперименты проводились 13 дней по 3 часа (39 часов), мощность установки 10 кВт/час.

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$C_{эл} = C_{эл} \cdot P \cdot F_{об} \quad (6)$$

где  $C_{эл}$  – тариф на промышленную электроэнергию (4 руб. за 1 кВт·ч);  $P$  – мощность оборудования, кВт;  $F_{об}$  – время использования оборудования, ч.

$$C_{эл} = 4 \cdot 10 \cdot 13 = 520 \text{ руб.}$$

Материальные затраты находятся по формуле:

$$C_m = C_{эл} + C_{вд} + C_{материал}, \quad (7)$$

Расчет затрат представлен в таблице 9.

Таблица 9 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы ( $Z_m$ ), руб.
Электроэнергия	кВт/ч	130	4	520
Бумага формата А4	Упаковка	1	200	200
Картридж	Штука	1	600	600
Ручка	Штука	1	30	30
Тетрадь	Штука	1	60	60
Итого				1410

### ***Основная заработная плата научно-производственного персонала***

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20–30 % от тарифа или оклада.

Расчет основной заработной платы сводится в табл. 10.

Таблица 10. - Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел. дн.	Зарботная плата, приходящаяся на один чел. дн., руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), руб
1	Составление и утверждение технического задания	Науч. рук.	4	1294	5176
2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент	25	132	3300
3	Выбор направления исследования	Науч. рук., студент	11	1294 132	14234 1452
4	Календарное планирование работ по теме	Науч. рук.	7	1294	9058
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент	35	132	4620
6	Оценка эффективности полученных результатов	Науч. рук., студент	21	1294 132	27174 2772
7	Составление пояснительной записки	Студент	7	132	924



8	Публикация полученных результатов	Науч. рук.	4	1294	5176
<b>Итого:</b>					<b>73886</b>

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (8)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;  $Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12–20 % от  $Z_{осн}$ ).

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя (лаборанта, студента) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} * T_{раб} = 1294 * 31 = 40121 \text{ руб.}, \quad (9)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;  $T_{раб}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;  $Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_{м} * M}{F_{д}} = \frac{20000 * 11,2}{225} = 1294 \text{ руб.}, \quad (10)$$

где  $Z_{м}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5–дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6–дневная неделя;  $F_{д}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 10).

Таблица 10 – Баланс рабочего времени

<b>Показатели рабочего времени</b>	<b>Руководитель</b>	<b>Студент</b>
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	109	109
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	31	41
Действительный годовой фонд рабочего времени	225	215

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_6 * (k_{пр} + k_d) * k_p = 20000 * 1,3 = 26000 \text{ руб.}, \quad (11)$$

где  $Z_6$  – базовый оклад, руб.;  $k_{пр}$  – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);  $k_d$  – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);  $k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 11.

Таблица 11 - Расчёт основной заработной платы

<b>Исполнители</b>	<b><math>Z_{гс}</math>, руб.</b>	<b><math>k_p</math></b>	<b><math>Z_M</math>, руб</b>	<b><math>Z_{дн}</math>, руб.</b>	<b><math>T_p</math>, раб. дн</b>	<b><math>Z_{осн}</math>, руб.</b>
Руководитель	20000	1,3	26000	1294	31	40121
Студент	2642	-	2642	132	25	3288
Итого						43409

### ***Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала***

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы). Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10- 15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}} = 40121 * 0,12 = 4815 \text{ руб.}, \quad (12)$$

где  $Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата, руб.;  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной зарплаты;  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата, руб.

В таблице 12 приведена форма расчёта дополнительной заработной платы.

Таблица 12– Расчёт дополнительной заработной платы

<b>Исполнитель</b>	<b><math>k_{\text{доп}}</math></b>	<b><math>Z_{\text{осн}}</math>, руб.</b>	<b><math>Z_{\text{доп}}</math>, руб</b>
Руководитель	0,12	40121	4815
<b>Итого</b>			<b>4815</b>

### ***Отчисления на социальные нужды***

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 * (40121 + 4815) = 13480 \text{ руб.}, \quad (13)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

### ***Накладные расходы***

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 - 90 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

Накладные расходы в ТПУ составляют 25–35 % от суммы основной и дополнительной зарплаты работников, участвующих в выполнении темы. Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,4 * (40121 + 4815) = 17363 \text{ руб.}, \quad (14)$$

где  $k_{\text{накл}}$  – коэффициент накладных расходов, равный  $30 + 10 = 40$  %.

Где дополнительные 10% учитывают амортизацию.

### **Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта**

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы “Исследование физических процессов формирования интенсивных потоков плазмы на основе сильноточного вакуумного дугового разряда применительно к Z-пинчам” является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 13.

Таблица 13 - Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
---------------------	-------------

1. Расчет материальных затрат научного исследования	1410
2. Затраты по основной заработной плате	43409
3. Затраты по дополнительной заработной плате	4815
4. Отчисления на социальные нужды	13480
5. Накладные расходы	17363
<b>Бюджет затрат НИИ</b>	<b>80477</b>

### **Выводы:**

В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были решены следующие задачи.

Проведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования на примере SWOT-анализа, результат которого показал большой потенциал применения методики, а также возможность быстрого выхода на внутренний рынок обеспечены актуальностью данного исследования.

Определена структура работ и количество исполнительных работ. Разработан календарный план график для проведения НИИ. Общее число работ составило 8. Определена трудоемкость проведения работ. Ожидаемая трудоемкость работ для научного руководителя составила 16 чел-дней, для

студента-исполнителя составила 60 чел-дней. Общая максимальная длительность выполнения работы составила 114 календарных дней.

Определен бюджет НИР, который составил 80477 рублей

Следует отметить важность для проекта в целом проведенных в данной главе работ, которые позволили объективно оценить эффективность проводимого научно-технического исследования.